

INŽENJERSKA KOMORA CRNE GORE
STRUKOVNA KOMORA ELEKTRO INŽENJERA

TREĆI DANI

ELEKTRO INŽENJERA IKCG

ZBORNİK RADOVA - 2019.



ZBORNİK RADOVA

PODGORICA, 24. - 25. OKTOBAR 2019.

INŽENJERSKA KOMORA CRNE GORE
STRUKOVNA KOMORA ELEKTRO INŽENJERA

TREĆI DANI

ELEKTRO INŽENJERA IKCG

ZBORNİK RADOVA

PODGORICA, 24. - 25. OKTOBAR 2019.

CIP - Каталогизација у публикацији
Национална библиотека Црне Горе, Цетиње

ISSN 2704-520X = Dani elektroinženjera IKCG
COBISS.CG-ID 14752772

IZDAVAČ

Inženjerska komora Crne Gore
Strukovna komora elektro inženjera
Podgorica, Bul. Džordža Vašingtona 31

ZA IZDAVAČA

Srđan Laković, dipl.ing.el.

ODGOVORNI UREDNICI

Željko Maraš, dipl. ing. el.
Prof. dr Milovan Radulović, dipl. Ing. el

ORGANIZACIONI ODBOR

Željko Maraš, dipl. ing. el., predsjednik
Ratko Vujović, dipl. ing. el., potpredsjednik
Prof. dr Milovan Radulović, dipl. ing. el., predsjednik Programskog odbora
Šeljko Redžepagić, dipl. ing. el.
Rajko Radusinović, dipl. ing. el.
Sandra Šipčić, dipl. ing. el.
Mićun Nikitović, dipl. ing. el.
Hajdana Božović, dipl. ing. el.

TEHNIČKI UREDNIK

Blažo Veljović

ŠTAMPA I POVEZ

Grafo Group, Podgorica

TIRAŽ

400 primjeraka

Zbornik radova

TREĆI DANI ELEKTRO INŽENJERA IKCG

ZBORNİK RADOVA

Podgorica, 2019.

UVODNA RIJEČ PREDSEDNIKA STRUKOVNE KOMORE ELEKTRO INŽENJERA IKCG



Poštovane kolegice i kolege,

Prošle godine, u Zborniku radova sa stručnog skupa “DRUGI DANI ELEKTRO INŽENJERA IKCG”, na ovom istom mjestu, mogli ste da pročitate da smo Vam obećali da će održavanje ovog stručnog skupa preći u tradiciju i da ćemo se potruditi da sve naredne skupove poboljšavamo, kako u organizacionom, tako i u programskom dijelu.

Nadali smo se Vašoj podršci, kao i podršci nadležnih državnih institucija i naših poslovnih prijatelja i partnera.

Rezultat svega onoga što smo Vam tada obećali i čemu smo se nadali, na najbolji način se može vrednovati i kroz Zbornik radova koji će biti prezentovani na ovogodišnjem stručnom skupu “TREĆI DANI ELEKTRO INŽENJERA IKCG”.

Slogan „Od ideje do realizacije“, koji je utkan i u naziv jednog od ovogodišnjih radova, na najbolji način oslikava ideju vodilju organizatora ovogodišnjeg stručnog skupa. Spektar tema kojima se autori/ke radova bave je raznolik.

Dio radova koji su sadržani u Zborniku imaju za temu tehnička rješenja, koja je trebalo idejno osmisliti, pretočiti u projekte i u konačnom ih i realizovati.

Posebno važno je da su ti projekti realizovani u Crnoj Gori i da su u njima, od ideje do realizacije, učestvovali/e crnogorski/e elektro inženjeri/ke.

Osim ovih tema, u Zborniku ćete naći i jedan broj radova koji se bave temom primjene standarda u projektovanju i realizaciji elektro inženjerskih rješenja.

Ukupan broj radova iz godine u godinu raste, tako da ste ove godine u prilici da u Zborniku pročitate 15 izuzetno kvalitetnih radova, koji su urađeni od strane autora/ki ili grupa autora/ki, članova/ica Strukovne komore elektro inženjera, kao i od eminentnih stručnjaka/inja iz Crne Gore i inostranstva.

Organizator istrajava u namjeri da edukacije, osim stručnom usavršavanju, budu namijenjene druženju i obnavljanju postojećih i uspostavljanju novih međusobnih kontakata članova/ica Strukovne komore elektro inženjera, kao i kontakata sa svim njihovim i našim prijateljima i poslovnim partnerima, iz zemlje i inostranstva.

U ime Organizacionog odbora, zahvaljujem se gostima iz Crne Gore i inostranstva, bivšim i sadašnjim članovima/icama IKCG i Strukovne komore elektro inženjera, autorima/kama koji/e su se odazvali/e našem pozivu i uložili/e trud na pripremi i prezentovanju radova, osoblju Sekretarijata IKCG, kao i našem domaćinu, „Imanju Knjaz“, na tradicionalnom gostoprimstvu.

Dužan sam da se zahvalim članovima/icama Organizacionog odbora, a posebno predsjedniku Programskog odbora prof. dr Milovanu Raduloviću, na uloženom vremenu i trudu u pripremi stručnog dijela skupa i Zbornika radova.

Do sljedeće godine, u ovo isto vrijeme, kada ćemo se družiti na stručnom skupu „ČETVRTI DANI ELEKTRO INŽENJERA IKCG“, srdačno Vas pozdravljam i želim Vam ugodan boravak i uspješan rad.

Dobro došli!

Željko Maraš, dipl. ing. el.

Predsjednik Strukovne komore elektro inženjera IKCG

SADRŽAJ

HVDC LINK CRNA GORA-ITALIJA – ISPITIVANJE I PUŠTANJE U POGON 11

Nikola Kuljača, Damiano Borri, Michele Pantini, Srđan Milović,
Marija Mrdak - Terna Crna Gora d.o.o., Podgorica
Ivan Asanović, Aleksa Knežević - CGES a.d. Podgorica

NAJNOVIJI PRAVILNICI I TRENDVI U OBLASTI VRHUNSKOG SPORTSKOG OSVETLJENJA.....29

Mladen Šupić - Signify International B.V. Ogranak Beograd
Vladimir Popović - Ing-Invest d.o.o, Žarko Pavlović- La Collina, Podgorica
Momčilo Petrović - Elektrotehnički Institut Nikola Tesla, Beograd

ELEKTRO MOBILNOST JUČER, DANAS I SUTRA.....39

Igor Ban - Piraex d.o.o., Zagreb

ULOGA BEŽIČNIH MREŽA

PETE GENERACIJE U SMART CITY/SYSTEMS/BUILDING KONCEPTU 51

Uglješa Urošević - Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet, Podgorica

IMPLEMENTACIJA BMS/RMS SISTEMA I INTEGRISANIH SISTEMA TEHNIČKE ZAŠTITE NA PRIMJERU KOMPLEKSA PORTONOVI63

Vidak Kovačević, Danilo Đalović - Telemont d.o.o., Podgorica

ZAMJENA ELEKTROENERGETSKE OPREME I UGRADNJA NOVOG SISTEMA UPRAVLJANJA U POGONU 3DD POSTROJENJA HPV U TE PLJEVLJA 81

Kosta Strunjaš - Tangenta d.o.o., Nikšić

IMPLEMENTACIJA DIGITALNE KOMBINACIONE BRAVE 89

Ivan Martinović - Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet, Podgorica

OD IDEJE DO REALIZACIJE – MALA HIDROELEKTRANA “BISTRICA MAJSTOROVINA”	105
Natalija Radonjić, Ljubiša Bošković - Sistem-mne d.o.o., Podgorica	
AMM SISTEM NA SREDNJEM NAPONU SA PRAĆENJEM UKLOPNIH STANJA (MINISCADA)	115
Aleksandar Duković - Mezon d.o.o., Danilovgrad	
UTICAJ MALIH SOLARNIH ELEKTRANA NA ULOGU POTROŠAČA ELEKTRIČNE ENERGIJE U SISTEMU I PERFORMANSE ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA....	133
Dušan Vučić - Crnogorski operator tržišta električne energije	
„ZERO NET ENERGY“ (ZNE) MODEL – INTEGRACIJA FOTONAPONSKIH SISTEMA U DISTRIBUTIVNU MREŽU	149
Lazar Komar, Igor Strugar - Sienersys d.o.o., Podgorica	
О НОВОМ ПРАВИЛНИКУ ЗА ДАЛЕКОВОДЕ	163
Никола Вучинић, Сарадник “Нетинвест”- а д.о.о, Београд	
OSNOVE STANDARDA EN50600 I EN1047-2 U PROJEKTIRANJU I IZVOĐENJU SUVREMENIH DATA CENTARA	183
Dejan Dokmanović - RITTAL d.o.o., Zagreb	
MAŠINA ZA SLAGANJE LEŽAJA.....	215
Ranko Proroković - Javno komunalno preduzeće Kotor	
SISTEMI ZA SKLADIŠTENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE - IZVEDBE, KONEKCIJA SA MREŽOM I TROŠKOVI INSTALACIJE	233
Martin Čalasan - Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet, Podgorica	

HVDC LINK CRNA GORA-ITALIJA – ISPITIVANJE I PUŠTANJE U POGON

Nikola Kuljača, Damiano Borri, Michele Pantini, Srđan Milović,
Marija Mrdak - Terna Crna Gora d.o.o., Podgorica
Ivan Asanović, Aleksa Knežević - CGES a.d. Podgorica

KRATAK SADRŽAJ

HVDC interkonekcija Crna Gora-Italija (MONITA projekat) je najveći, najznačajniji i najkompleksniji elektroenergetski projekat u Crnoj Gori. Projekat se sastoji iz više cjelina, 500 kV podmorskog kabla, dvije konvertorske stanice u Italiji i Crnoj Gori, kao i mrežnoj infrastrukturi za povezivanje kabla na elektroenergetske sisteme Italije i Crne Gore. U okviru mrežne infrastrukture za povezivanje kabla na elektroenergetski sistem Crne Gore biće izgrađena TS 400/110/35 kV Lastva, ulaz-izlaz postojećeg dalekovoda 400 kV Podgorica Trebinje, kao i Dalekovod 400kV Lastva-Pljevlja 2 [1][2].

Nakon deset godina aktivnosti na ovom projektu, realizacija je u završnoj fazi i osim elektromontažnih radova na navedenim objektima, započeta su ispitivanja pojedinih djelova [9]. Takođe, treba da počnu i ispitivanja linka kao cjeline.

U radu su dati tehnički podaci HVDC linka i prezentirana su ispitivanja koja su obavljena i koja se trenutno obavljaju na trafostanici Lastva, konvertorskim stanicama i podmorskom kablu.

Ključne riječi: HVDC Italija-Crna Gora, MONITA, podmorski kabl, konvertorska stanica.

HVDC LINK MONTENEGRO-ITALY – TESTING AND COMMISSIONING

SUMMARY

HVDC link Montenegro-Italy (MONITA project) is the largest, the most important, as well as the the most complex electroenergetic project in Montenegro. The project consists of several parts, 500 kV DC submarine and underground cable system, two converter stations, one in Italy (Cepagatti) and one in Montenegro (Kotor), as well as the network infrastructure to connect the cable to the power systems of

Italy and Montenegro. In the context of associated infrastructure in Montenegro will be constructed SS 400/110/35 kV Lastva, input-output of the existing 400 kV transmission line Podgorica-Trebinje, as well as the 400 kV transmission line Lastva-Pljevlja 2 [1][2].

After ten years of activities, project realization has reached the final phase and the commissioning test has started [9].

This paper presents the technical data of the HVDC link, and tests that have already performed, or should be carried out on the substation Lastva, converter stations and submarine cable.

Key words: HVDC Italy-Montenegro, MONITA, submarine cable, converter station, testing.

1. GENERAL

About 10 years ago the feasibility studies for a new interconnection project started between Italy and Montenegro and in 2011 a Project Coordination Agreement (PCA) was signed in order to launch the implementation of the link. According to the general framework of the PCA, Italian transmission system operator is in charge of the implementation of the HVDC link (including cable and converter stations) and in charge of the grid connections in Italy, while Montenegrin operator is in charge of the implementation of the grid connections in Montenegro (including almost 190km of new Overhead Lines 400kV and a new transformer station 400/110/35kV).

It is expected that the implementation of this project will solve current problems with capacity and continuity of the power supply in the consumer area of central Italy and Montenegro, which are highly expressed during the summer tourist season, extend capabilities to provide mutual support and to increase the operational reliability of the power systems in this two Countries. The construction of this interconnection will eventually result in the merge of two markets, which should benefit from the lower price of electricity for end users. Also, this project gave full meaning to the future strengthening of the transmission network of Montenegro and the Balkans, and is expected also to be a strong incentive to build new sources of electricity in the region.

2. BASIC DATA OF THE HVDC LINK

The HVDC system applied in the MONITA project can be summarized according to the following scheme (second marine cable will be laid in a second phase according to PCA):

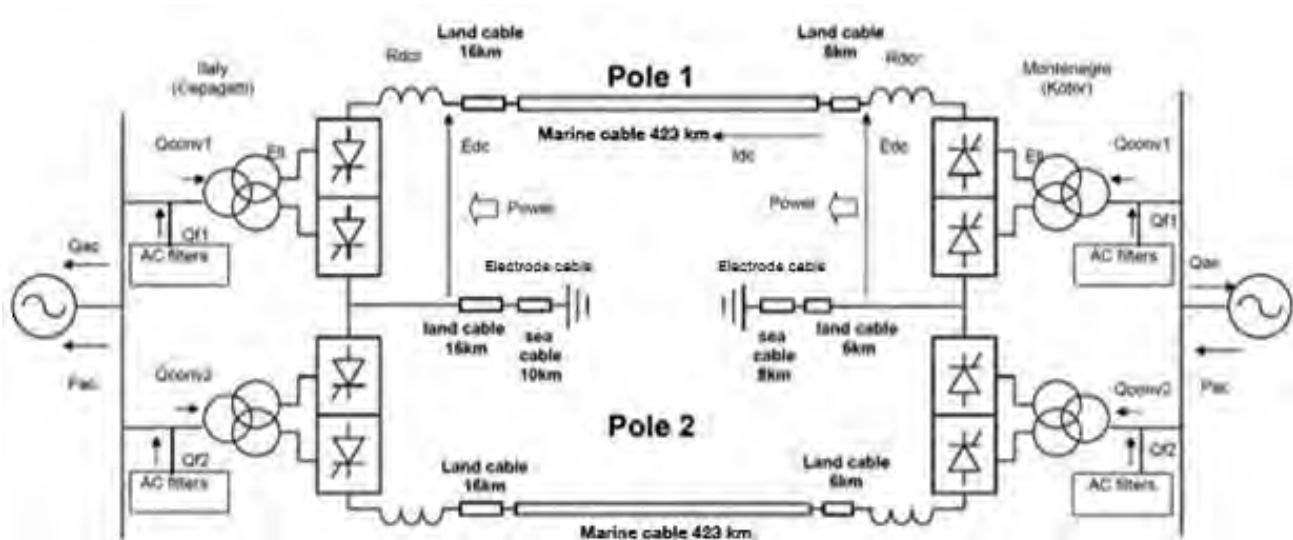


Figure 1. Basic scheme of the link

The basic technical data are showed in the table below.

Table I. Basic technical data of the HVDC link

Nominal voltage:	VDC = 500 kV
Nominal power:	PDC = 1000 MW
Configuration:	bipolar with marine electrodes
Conversion technology:	LCC (line-commuted converter)
Power flow:	Bidirectional
Cable type:	MI (mass impregnated)

2.1. CABLES: SUBMARINE AND UNDERGROUND CABLES 500 KV DC, MV CABLES AND OPTICAL CABLE

The HVDC cables that connect the two Countries consists of an underground cable link from the converter station Villanova-Italy to the Italian shore (length 16 km), a submarine cable link between the shores of the two Countries (length 423 km) and an underground cable from the Montenegrin shore to the converter station Lastva-Montenegro (length 6 km) [6]. Additionally, there are two MV cables connecting the converter stations to the electrodes.

Submarine cable system is typically part of special projects, therefore specific testing procedures have to be followed, in particular for type, factory (routine and acceptance) and after installation testing. Taking into account the peculiarities of every project (different cross sections, different water depths etc.), tests in factory shall be performed for every single project.

The Figure 4 represents a typical section of marine HVDC CABLE (Al 1900 mm²), with a cable diameter 14 cm.

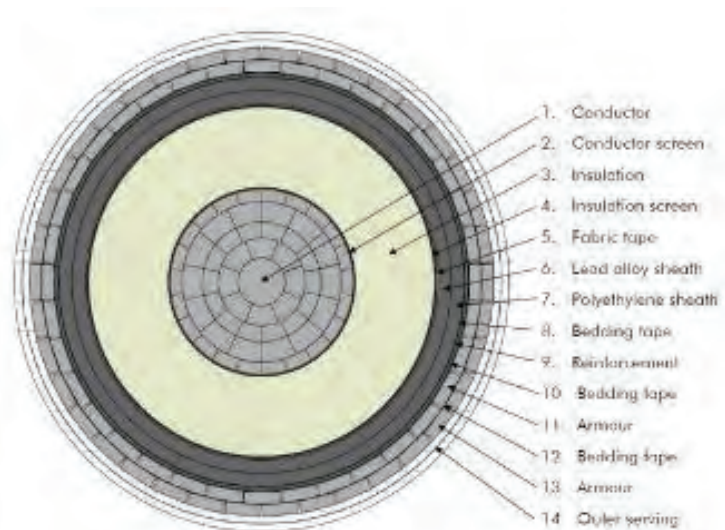


Figure 4. Cross section of marine HVDC CABLE

The installation of HVDC marine cable at high depth is a critical aspect and just a limited number of vessels in the world are qualified to perform the activity. These cable laying ships today can transport up to 7,500 tons of cable in a single laying campaign.

The underground HVDC cables are installed in tranches along the terrestrial route. In MONITA project, the design on Montenegrin side has been characterized by the absence of existing viability in the majority of the corridor defined for the implementation of infrastructures. These circumstances caused the necessity to realize a new track for laying of cables.



Figure 5: phase of submarine cable laying (Montenegrin side)

2.2. CONVERTER STATIONS

Converter stations are twin plants on both the sides of the HVDC link (Cepagatti in Italy and Kotor in Montenegro [5]). General layout of converter station are given on Figure 6.

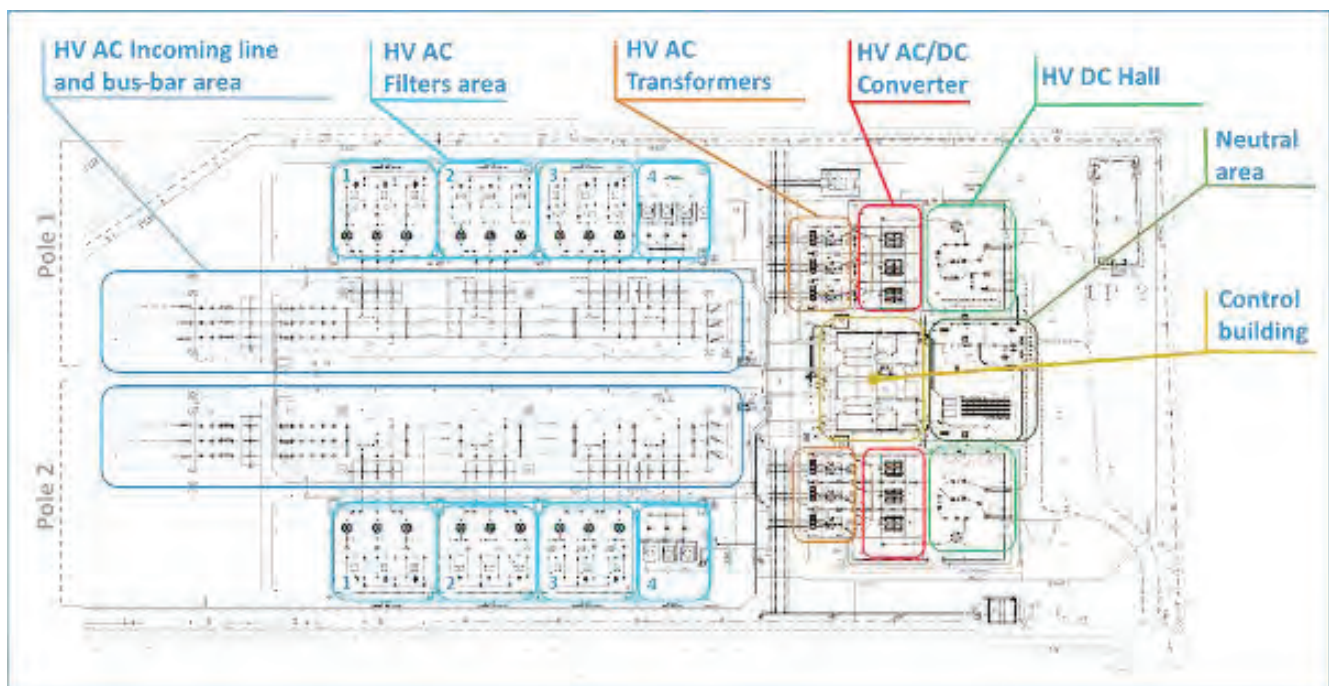


Figure 6: General layout of converter station (Kotor side)

The layout of the converter station consists of the AC part (including incoming lines, busbars, filters and converter transformers) that is located outside, while the DC part is located inside the buildings (converter and HVDC equipment) and outside (MVDC equipment for neutral part).

The filters area includes mainly resistors, capacitors, reactors, disconnectors, circuit breakers, current and voltage transformers).

For each pole, 3 single phase transformers are present (230 MVA) with 2 bushing on AC side and 4 on DC side (for Δ and Y connections to the converter).

The thyristor valve converter is one of the main components in HVDC system. The valves are arranged as Multiple Valve Units (MVU) inside the valve hall. Combining three MVU, we get the structure called

12-pulse bridge converter, where the thyristors are combined in three arms.

In order to limit the temperature of the valves, the closed cooling water system keeps the heat out of the building.

In HVDC building, the smoothing reactor is present as far as all the equipment necessary to switch in every possible configuration of the link (disconnectors, cable terminations, voltage divider, current transducer).

2.3. SUBSTATION LASTVA

The 400/110/35 kV substation Lastva is a facility which is planned for the connection of the HVDC link with high voltage transmission network in Montenegro. It is located between Budva and Tivat, in Lastva Grbaljska area.

Via 400 kV OHLs, SS Lastva will be connected to substations Podgorica 2 and Pljevlja 2 (located in Montenegro), substation Trebinje (located in Bosnia and Herzegovina), and also with the converter station, by means of two short transmission lines. Substation Lastva is also very important for the provision of sufficient capacity and stability of the power supply on the Montenegrin coast. Via 110 kV transmission lines, it is connected to the substation Budva, Tivat and Kotor which represent significant points in the power consumption of this part of Montenegro. The 35 kV plant is planned for auxiliary supply of the substation and converter station, and also for distribution area between Budva and Tivat. Transformation 400/110 kV has a capacity of 2 x 300MVA, while the transformation of 110/35 kV is planned for a capacity of 2 x 40 MVA, but at this stage will be built one transformer 20 MVA only.

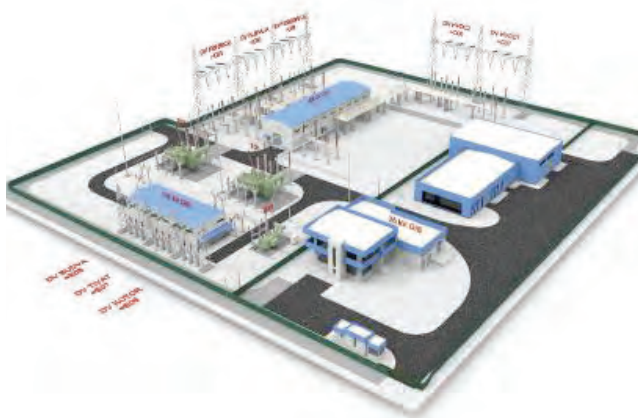


Figure 7: 3D model of the SS Lastva



Figure 8: Layout of hydrological design

Lastva substation is completely done in GIS implementation, i.e. on all three voltage levels will be constructed as the compact gas-insulated switchgear. Figure 7. shows a 3D model of the substation. All three GIS plants will be located in buildings, which significantly make it easy to install, protect plants from inclement weather (especially from salty environment in the coast) during operation and significantly improves the visual effect and impact on the environment. 400 kV is planned with two bus-bar systems, five OHL bays, two transformer bays, one coupling bay, as well as with a space for the 6 spare bays. 110 kV is planned with two bus-bar systems, the three OHL bays, the three transformer bays, one coupling bay, as well with the space for a nine spare fields. 35 kV is planned with two sections of the bus bars, the eight OHL feeders, four transformer feeders and one section feeder.

All parts of the MONITA project were specific, because off very demanding construction works on the location. The civil designs has been huge and complex due to the presence of flysch with bad mechanical features, low permeability of soil, presence of surface waters in proximity of ground level and presence of slope in some parts of the area. The Figure 8 is showing the complete complex (Converter Station and SS Lastva together) incorporated in the environment.

3. TESTINGS OF THE HVDC CABLE

The submarine and underground cables and accessories used in the project are based on MI (mass impregnated) HVDC technology and their testing has been done according to the specific normative recommendations (for type, factory and after installation testing), mainly defined in the CIGRE Recommendations [3] [4], for mechanical and electrical testing, which have been integrated with some additional specific testing protocols. During type testing, both the submarine and the underground cables have been tested towards the most severe conditions of operation, considering i.e. the maximum depth of installation, pulling forces in the longest HDD sections, bending and other peculiar mechanical stresses (such as abrasion and external corrosion), thermal cycles and load conditions, short circuit and surge impulses, etc... Testing in factory has been also very demanding and has been performed in full accordance with the relevant Standards (CIGRE Recommendations [3] [4] in particular).

At the end of the installation, the entire HVDC cable system (including Italian and Montenegrin underground cable sections, the submarine section and all of the connected joints and terminations) has been tested. For verifying the presence of any major cable abnormalities and also for future diagnostic purposes a Time Domain Reflectometry (TDR) test has been firstly performed. By applying an impulse having some hundreds of volts in peak to the complete HVDC cablesystem (from Italy side) with an open end at the opposite extremity (Montenegro side) it has been possible to make the impulse travel along the entire cable and reflect back to the voltage source where its reflection signal has then been recorded. The recorded waveform shown no abnormalities along the cable length and also will be stored and used as a basic “fingerprint” for future diagnostic purposes. This test had also some “symbolic” value as it was the moment when a small electrical signal has been transmitted for the first time between the two countries by the MONITA HVDC link. Afterwards, the same day, the entire HVDC cable system have been tested applying for 700kV DC (which is 1,4 times the rated voltage of 500kV as prescribed by the Standards [4]). The test has been performed gradually rising the voltage to 700kV DC. After the prescribed period of 15min at 700kV and during the next descent of the applied voltage (and discharge phase) no breakdown has been detected which assured that the test has positively passed and that the cable can be safely put in operation.



Figure 9 - Final checks to the cable termination and generator before the 700kV test on the complete MONITA HVDC cable system in the DC hall of the Converter Stations of Kotor (MNE).

4. TESTINGS IN THE HVDC STATION

All equipment in the converter station have been tested in factory basing on international technical standards; tests on site have been completed for pole 1. Here below is reported a brief description of more interesting tests performed on site according to IEC standards.

4.1. FILTERS

In this paragraph, the tests on main equipment are described.

For the capacitors, following tests have been performed:

- Capacitance measurements: Performed on all units in the bank, it gives the benefit of having a reference value of the capacitance from a measurement with own measuring equipment for future maintenance.
- Unbalance current: The purpose with the measurement of the unbalance current is to verify that the capacitor bank has been properly balanced. The unbalance current has to be regular checked and measured values noted. In the event of faults, the unbalance current changes by degrees. Small continuous deviations can be explained by temperature variations.

For the resistors, following tests have been performed:

- Measurement of the cold resistance value

After the transport, the cold resistance value have been verified.

For the shunt reactors, following tests have been performed:

- Short circuit impedance.
- Measurement of turn ratio.
- Winding insulation resistance to ground.
- Insulation resistance of core, shields and core clamps.
- Windings ohm resistance.
- Insulation resistance of wiring diagram.
- Oil dielectric strength.
- Quantity of gas dissolved in oil.
- Check of quantity of water in oil.
- Capacity and Tan Delta.
- SFRA measurement.
- Verification of the proper functioning of wiring diagram.

4.2. CONVERTER TRANSFORMERS

Test and inspections performed at side are the following:

- Measurement of insulation resistance of core
 - Core and armature,
 - Armature and tank,
 - Core and tank.
- Measurement of the frequency response (SFRA),

This measurement is carried out for reference and measured value will be an initial data for future maintenance work

- Check of the internal pressure for:
 - The dry air (DA) pressure inside of all the bushings turret
 - The gas pressure in related bushings
- Internal connection and inspection:
 - Checking the insulating oil
 - Measure insulation resistance between core and clamp
 - Measure insulation resistance between clamp and tank
 - Visual check of inside tank

After vacuuming and oil filling under vacuum it was done check of oil leakage and oil level adjustment and some final tests have been performed to confirm the positive installation of the transformer.

4.3. CONVERTER

The procedure for testing of the converter consists in:

1. Tests and inspections at the end of the Quadruple Valve installation:
initial verifies the correct assembly of the complete structure, ensuring that all the components and parts are assembled correctly and have no damages by transportation. External cables and optical fiber cables connection are also checked. There are specific tests to verify that Quadruple Valves are installed with correct distance. As for the cooling system, it is verified the flow rate of the water, that there is no air inside the cooling circuits, water leakage and water conductivity are checked.

Following the list of performed tests:

- a. Quadruple Valve visual inspection
- b. Confirmation with the size
- c. Measuring the distance
- d. Checking of cooling system
- e. Voltage grading circuit check among series connected modules in one valve
- f. Voltage grading circuit check among series connected thyristors in one module

2. Tests and inspections at the end of assembly Valve Base Electronic (VBE):

First tests and inspection have confirmed that all components and parts are assembled correctly, have no damages by transportation and that the realization is according to the approved drawings.

After these, it has been tested the wiring continuity for metal and optical fiber cable, as far as communication verification of VBE with Master control, Station computer, Thyristor valve, AC busbar protection panel.

Following the list of performed tests:

- a. VBE Visual inspection
- b. Check the external metal cables and optical fiber cable connection
- c. Measurement of insulation resistance
- d. Measurement of control power supply
- e. Confirmation of input/output signal
- f. Gate Pulse check

3. Combination test of Quadruple Valve and VBE:

During third phase of tests, interaction between Quadruple Valve and VBE is checked, in particular the monitoring and firing systems. Following the main tests performed.

- a. FV (Forward Voltage) and RV (Reverse Voltage) signal check
- b. Checking of LD power (LASER Diode optical power)
- c. Firing check (Thyristor turn-on check)

5. TESTINGS IN THE SS 400/110/35 KV LASTVA

Commissioning tests in the SS 400/110/35kV Lastva consist of wide variety of different tests, depending on the part of equipment being tested. All tests have been done according to IEC standards. In the following paragraphs, there is a brief summary of the most important test:

5.1 GIS 400KV

Correct functionality of equipment and dielectric integrity of insulation are the most important on-site tests. Before the main tests on switchgear, it is necessary to check if all the preconditions for start of the test are fulfilled, such as availability of power sources for testing devices or weather conditions. In case of SS Lastva, both GIS 400kV and GIS 110kV are situated inside buildings, which is a favorable condition for performing tests, as well as during operation. Following tests were performed:

1. High Voltage and Partial Discharge Measurement

High Voltage Test was done as a Power Frequency Withstand Voltage Test. The testing device in use was test generator WRV 3/680. The transformer is connected to the GIS via SF6/air bushing. According to IEC 62271-203 [7], this test was to be performed in 3 phases (Figure 10):

1. Duration of the first phase is 15 minutes. During this phase, test voltage U_{c1} (phase to ground) is equal to 120% of rated voltage of the GIS U_r (phase to ground) [7]:

$$U_{c1} = \frac{1.2 * U_r}{\sqrt{3}} \approx 290kV, U_r = 420kV$$

2. Duration of the second phase is 3 minutes. During this phase, test voltage U_{c2} (phase to ground) is equal to rated GIS voltage (phase to phase):

$$U_{c2} = U_r = 420kV$$

3. The purpose of the first two phases of this test is to prepare the insulation for the major test voltage, which is significantly higher than the rated voltage of the equipment. This is why they are called Conditioning Test 1 and Conditioning Test 2. Third phase is the actual high voltage test, which is one-minute long. If there is no dielectric breakdown during the test, it can be considered successful. Test voltage U_{ds} is calculated in relation to Lightning Impulse Voltage ULI as follows [7]:

$$U_{ds} = 0.45 * 0.8 * U_{LI} = 513kV, U_{LI} = 1425kV$$

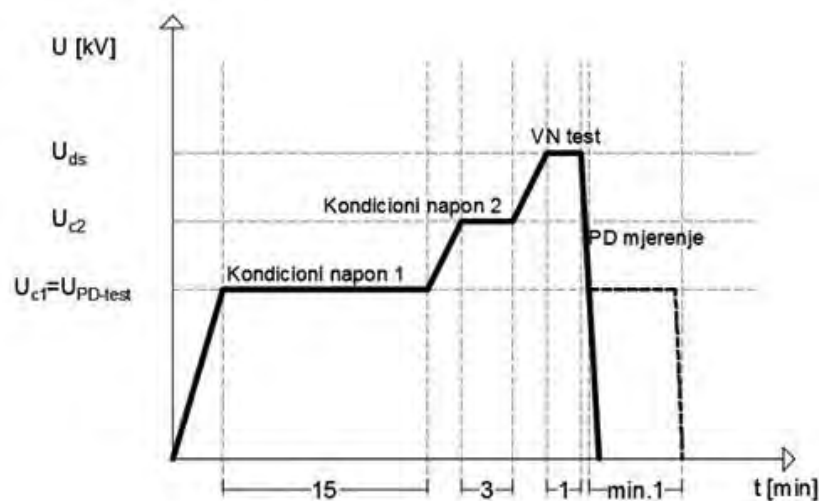


Figure 10. Test timeline

Because of high capacitance of the switchgear, it was not possible to perform the test in one take. This is why it was divided into several sections that were separately tested one by one. Figure 11 shows one of those sections:

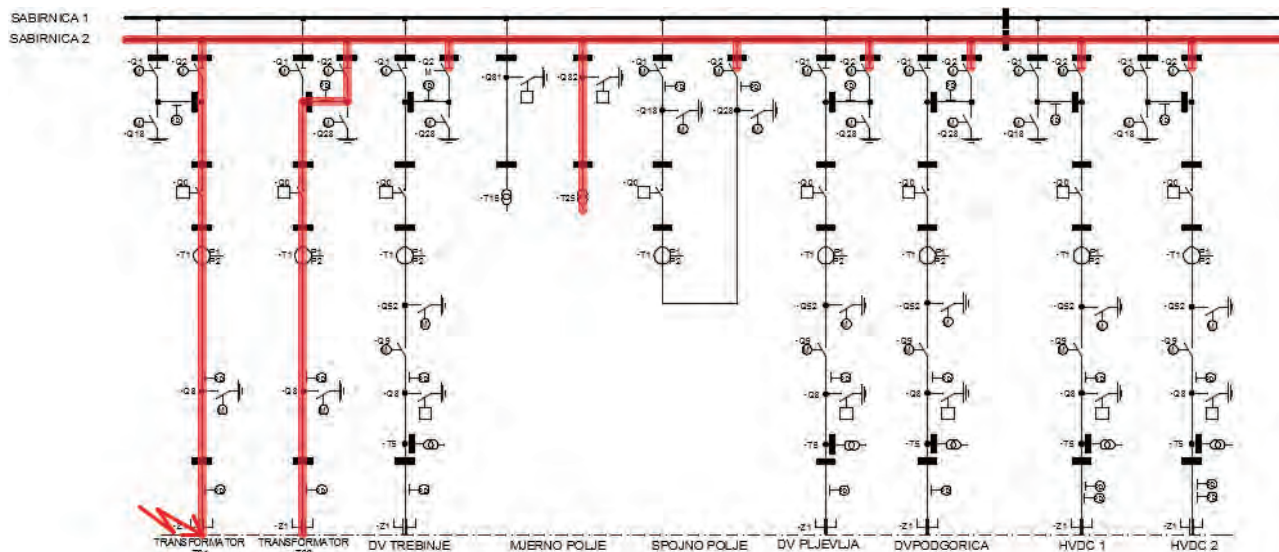


Figure 11. Test Section 1 of HV PD Test on GIS 400kV

Figure 12 shows a test report with the test results for Section 1 in phase C.

Immediately after High Voltage Test is over, the test voltage is lowered to a value which is equal to Conditioning Voltage 1. During the next one minute, the Partial Discharge Test is performed. Method of measurement is with ultra-high frequency (UHF) sensors, which are connected to link boxes in the switchgear (there are three such boxes in each bay). Criteria for this test is less than 5pC.

2. Other test, which include:
 - a. Measurement of resistance of main circuit with a 100A DC source.
 - b. Measurement of ratio, accuracy class and polarity of current transformers.
 - c. Measurement of ratio, accuracy class and insulation resistance of voltage transformers.
 - d. SF6 gas measurements (pressure and alarms).
 - e. Indications check
 - f. Commissioning of disconnectors and earthing switches.
 - g. Commissioning of circuit breakers.

Test section: Prüfabschnitt: 1		Bays: Felder: =C01,C02			including busbar: mit Sammelschiene: BB1		
Test voltage Prüfspannung (kV)	Test frequency Prüffrequenz			Test time Prüfzeit (min)	Capacitance current Ladestrom		
	Pole A Pol A (Hz)	Pole B Pol B (Hz)	Pole C Pol C (Hz)		Pole A Pol A mA	Pole B Pol B mA	Pole C Pol C mA
290	-	-	95,7	15	-	-	900
420	-	-	95,0	3	-	-	1300
515	-	-	95,0	1	-	-	1600

Figure 12. Test Report for HV Test on Section 1 of GIS 400kV

5.2 GIS 110kV

Procedure for testing of GIS 110kV is identical to that of GIS 400kV, which is why in this paper there will only be shown figures and regulations for High Voltage and Partial Discharge Tests. High Voltage test is done in the same way, with a difference in duration of test intervals. Duration of Conditioning Phase 1 is 10 minutes, while duration of Conditioning Phase 2 is 5 minutes. The test voltage values U_{c1} , U_{c2} and U_{ds} are, as follows [7]:

$$U_{c1} = U_{PD-TEST} = \frac{1.2 * U_r}{\sqrt{3}} \approx 85kV, U_r = 123kV$$

$$U_{c2} = 1.2 * U_r = 148kV, U_r = 123kV$$

$$U_{ds} = 0.45 * 0.8 * U_{LI} = 198kV, U_{LI} = 550kV$$

Figures 13 and 14 show which bays were included in the Section 1 test, as well as test results:

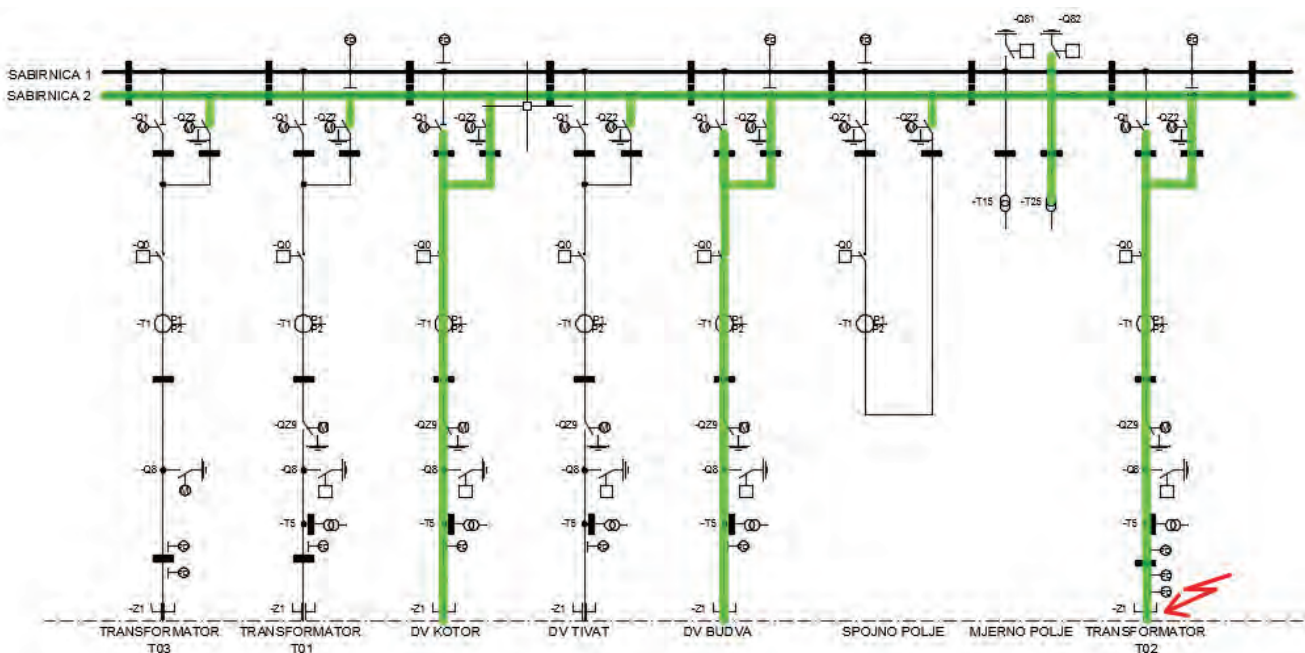


Figure 13. Test Section 1 of HV PD Test on GIS 110kV

Test section: Prüfabschnitt: 1		Bays: Felder: =C01,C02			Including busbar: mit Sammelschiene: BB1		
Test voltage Prüfspannung (kV)	Test frequency Prüffrequenz			Test time Prüfzeit (min)	Capacitance current Ladestrom		
	Pole A Pol A (Hz)	Pole B Pol B (Hz)	Pole C Pol C (Hz)		Pole A Pol A mA	Pole B Pol B mA	Pole C Pol C mA
290	-	-	95,1	15	-	-	900
420	-	-	95,0	3	-	-	1300
515	-	-	95,0	1	-	-	1600

Figure 14. Test Report for HV Test on Section 1 of GIS 400kV

5.3 CONTROL AND PROTECTION EQUIPMENT

In this paper, Control and Protection Tests will be divided into subgroups and listed accordingly:
Control Tests for 400kV and 110kV:

- a. Tests on 6MD bay control unit, which is installed in all 400kV and 110kV bays:
 - Current and voltage measurement
 - Control function
 - Synchro check function
 - Binary inputs check
 - Binary outputs check
 - LED check
 - Interlocking test

- b. Tests on Voltage Regulator Tapcon 230 Expert, which is only installed in 110kV bays of power transformers T01, T02 and T03:
 - Current and voltage measurements
 - Limit values
 - Manual control
 - Automatic voltage regulation
 - Binary inputs check
 - Binary outputs check
 - LED check
 - c. Backup Panel alarm indications
 - d. Measuring transducer test
 1. Protection Tests for 400kV and 110kV- protection devices used in SS Lastva are:
 - a. Transformer differential protection
 - b. Overcurrent/Earthfault protection
 - c. Overcurrent protection tertiary side
 - d. Busbar protection bay device
 - e. Busbar protection central unit
 - f. Line distance protection REL 670
 - g. Line distance protection 7SA612
 - h. Line differential protection

- i. Overcurrent protection
Depending on type of protection and its purpose, following test were performed:
 - a. Measurements
 - b. Binary inputs check
 - c. Binary outputs check
 - d. LED check
 - e. Function keys check
 - f. Distance protection (for line distance protection)
 - g. Power swing (for line distance protection)
 - h. Autoreclosure (for line distance protection)
 - i. Backup overcurrent (for line distance protection)
 - j. Directional earth fault (for line distance protection)
 - k. Switch on to fault (for line distance protection)
 - l. Overload protection (only for line distance protection 7SA612)
 - m. Differential protection (for transformer differential protection)
 - n. Restricted earth fault (for transformer differential protection- T03)
 - o. Phase overcurrent (for transformer differential protection- T03)
 - p. Phase overcurrent IDMT (for transformer differential protection- T03)
 - q. Earth overcurrent (for transformer differential protection- T03)
 - r. Thermal overload protection (for transformer differential protection- T03)
 - s. Mechanical protection- External trip (for transformer differential protection- T03)
 - t. Temperature measurement- RTD box (for transformer differential protection- T03)
 - u. Overcurrent DMT (Overcurrent protection)
 - v. Overcurrent IDMT (Overcurrent protection)

2. Control and Protection Tests for 35kV- Both control and protection function are realized with a multifunctional relay 7SJ62. Tests performed in 35kV are:
 - a. Current and voltage measurements
 - b. Control function
 - c. Overcurrent protection
 - d. Reverse interlocking
 - e. Breaker failure
 - f. Binary inputs
 - g. Binary outputs
 - h. LED
 - i. Interlocking tests

3. Metering Tests:
 - a. Current and voltage measurements
 - b. Functional testing signals from metering cubicle to =X01+X02 and =RTU+RTU cubicle

4. SCADA Tests:
 - a. =RTU+RTU Control Cubicle OMS Tests
 - b. =X01+X02 Auxiliaries and Communication Cubicle Tests
 - c. Station Control Cubicle RTU Tests
 - d. Substation Control and Auxiliary Communication Tests
 - e. Interlocking
 - f. Licenses



Figure 15. Power transformer 300MVA 400/110/10.5 kV

5.4 POWER TRANSFORMERS

The transformation of 400/110kV in SS Lastva has a capacity of 2x300MVA. However, at the moment there is only one transformer of 300MVA in operation. Autotransformer 400/110/10.5±8x1.25%kV (Figure 15) was installed and tested according to standard procedure of CGES [8]. SAT for this transformer contained following tests:

1. Measurement of magnetization current with low voltage 3x380V, 50Hz source. This test showed no sign of change in symmetry of magnetic core.
2. Measurement of winding resistance with high current resistance meter up to 20A. Criteria for the test is that difference in measured values between two phases must be below 2%. Measurements are performed in all positions of tap changer. Results confirmed that condition of windings is satisfactory (Figure 16 represents winding resistance (y-axis) of each phase depending on tap position (x-axis)).
3. Insulation resistance test was performed with a 5kV Megaohmmeter. Test was done at perfect conditions (20°C), so no recalculation was needed. Measurement was done in 8 test positions, each time taking one minute to get the final value. Criteria for this test is more than 1000MΩ, while absorption coefficient, which is a ratio of measured values between 60 and 30 seconds, must be no less than 1.1. The transformer satisfied these requirements.
4. Measurement of capacitance and dielectric loss $\text{tg}\delta$ with a bridge circuit, with 10kV AC source. This method tests geometry of windings, as well as insulation condition. Dielectric loss results were below 0.5%. Capacitance measurement is a method that requires tracking and comparison of results during a long time period, and therefore initial results do not need special assessment.
5. Leakage inductance measurement was performed in two limit positions and middle position for all phases. Results in all phases were equable.

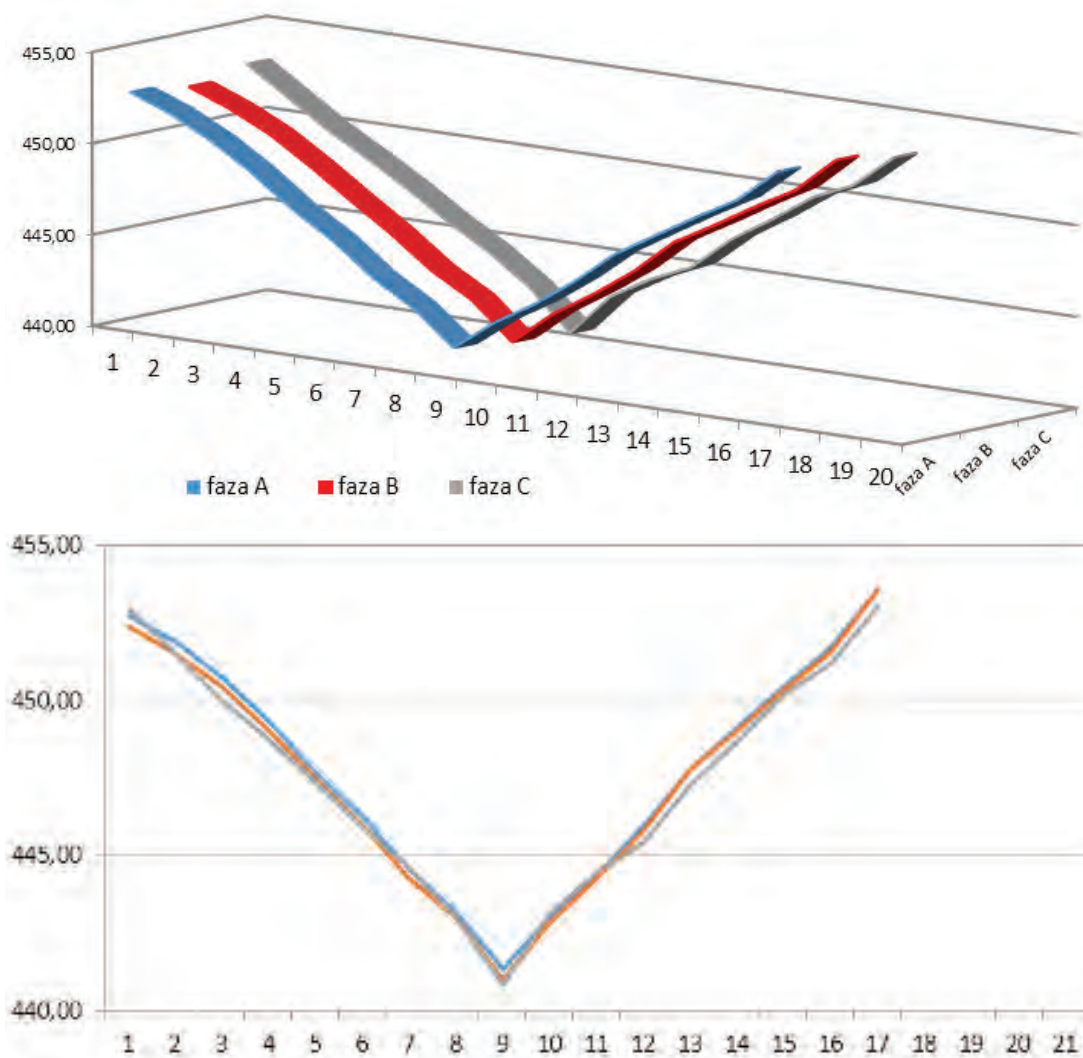


Figure 16. Winding resistance measurement of transformer T02 300MVA in 3D and 2D

Power transformer 20MVA currently installed in Lastva 110/36.75/10.5±10x1.5kV (Figure 17) has a vector group YNyn0+d5. The cooling system is ONAN/ONAF. The transformer was subjected to following tests during SAT:

1. Measurement of magnetization current with low voltage source. The results were normal and according to star connection of the primary windings.
2. Transformation ratio.
3. Insulation resistance test- tests were performed on a hot day, at 31 °C. Nevertheless, values were significantly higher than necessary.
4. Dielectric strength of oil was measured at 280kV/mm (required condition is minimum 240kV/mm).

Auxiliary supply of SS Lastva is powered from the 35kV busbars via two auxiliary transformers 35/0.4±2x2.5% 630kVA. Their vector group is Dyn5. During the SAT, the transformers were subjected to insulation resistance tests.



Figure 17. Power Transformer 110/36.75/10.5 kV 20MVA



Figure 18. Main Supply Cubicles in SS Lastva AC/DC room

5.5 AUXILIARY SUPPLY

Besides mentioned auxiliary transformers, auxiliary supply of SS Lastva consists of following elements:

a. Two Diesel Generators, 650kVA installed apparent power each. Supply voltage is industrial low voltage 400V, 50Hz. Rated speed is 1500rpm. To determine functionality of both generators, following tests were done:

- a. Mode off test
- b. Mode manual-initial start test
- c. Mode manual- genset transfer order test
- d. Mode automatic test
- e. Test of input signals
- f. Test of output signals
- g. Output signals from control unit
- h. Real condition test

b. UPS-System, which consists of rectifiers, inverters and batteries (two of each kind). Previous to main tests, preconditioning tests were performed, which include inspection of mechanical conditions, terminals check and mains input check. After it was established that there are ideal conditions to start the tests, following tests were performed:

a. Rectifiers (Main rectifier 1, Main rectifier 2, Auxiliary rectifier 1, Auxiliary rectifier 2):

- Float charging
- Boost charging
- Battery test
- Mains failure
- High DC voltage
- Deep discharge battery
- Earth fault

- Battery circuit fault
- Load circuit fault
- Emergency bypass
- Switching unit fault
- Filter board fault
- Reset button

b. Inverter AC power supply:

- Inverter operation
- Mains operation
- Static switch fault
- Inverter fault
- Static switch blocked
- DC voltage $<1.95V/c$
- DC voltage $<1.8 V/c$
- Earth fault
- Load MCB tripped
- MCB F11,F12 tripped
- Resett button

c. Battery 1 and Battery 2- battery discharge test.

6. TESTING OF THE HVDC LINK PERFORMANCES (COMMISSIONING)

The commissioning is the final phase of tests and it's necessary to verify the functionality of the inter-connection.

These tests consist firstly in the energisation of parts of the link and afterwards in the power transmission tests (low and high power) of the entire HVDC link.

During the power transmission tests, for each configuration of the link, main functionality have been tested (i.e. current control, power control, frequency regulation activation, etc..).

- The first phase of commissioning consists in the energization of the plant, starting from AC part (transformers and filters) up to the converter.

- The second phase consists of the energization of the converter, the DC equipment and the HVDC cable concluding the open line test (OLT).

- The energisation and the open line test of the Pole 1 of the Kotor HVDC converter station has been succesfully performed in April 2019.

- After OLT all the equipment are verified and it's possible to carry out the third phase consisting in the low power transmission tests.

- The first energy transmission of the MONITA HVDC link (with a power of approx. 50MW) has been successfully performed in May 2019.

- During the 4th and last phase, the interconnection has to be tested up to full power in order to verify the performances of all the components and sub-systems.

- The first energy transmission at full power (with a power of approx. 600MW) using Pole 1 of the converter stations, has been succesfully performed in June 2019.

- From July 2019 the commissioning tests of the Pole 2 of the converter stations are ongoing (i.e. energization, open line tests and low power transmission tests have already been succesfully performed within September 2019, next high power tests Pole 2 are on schedule).

7. CONCLUSION

The project of HVDC undersea interconnection between Montenegro and Italy is one of the most important power infrastructure projects in these two countries and in the region. Because of that it is high priority project for the transmission company Terna and CGES, as well as the Government of Montenegro. Bearing in mind the size of this project and the complexity of the applied equipment technology, it is clear that the complex and extensive testing that are mentioned above have been carried out.

The author's intention was to meet expert public more closely with the project itself and the various extensive testings carried out on the project, including the final commissioning tests of the complete HVDC link, which are currently in their very final stage.

8. REFERENCES

- [1] RZUP-Podgorica, Dalekovod-Zagreb, "Detaljni prostorni plan za koridor dalekovoda od Crnogorskog primorja do Pljevalja i podmorski kabal Italija-Crna Gora"
- [2] V. Čakić, M. Debogović, "Glavni elektrotehnički projekat Izgradnje TS 400/110/35 kV Lastva 1. faza (knjige E0, E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E10, E11, E12)"
- [3] CIGRE Recommendation Electra No. 171,1997 "Recommendations for mechanical tests on submarine cables"
- [4] CIGRE Recommendation Electra No. 189, 2000 "Recommendations for tests of power transmission DC cables for a rated voltage up to 800 kV"
- [5] Main design - converter station (EG0, E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, M1 books)
- [6] Main design - 500 kV HVDC marine and terrestrial cable - part in Montenegro (EG0, E1, E2, E3, E4)
- [7] IEC 62271-203 - Gas insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV
- [8] G. Martinović, P. Mijajlović, "Metodologija kvantitativne procjene stanja energetskih transformatora"
- [9] I.Asanovic, A.Knezevic, D.Borri, M.Pantini, N.Kuljaca S.Milovic, M.Mrdak "TESTINGS OF THE HVDC LINK MONTENEGRO-ITALY" - VI Savjetovanje CG KO CIGRE (17.05.2018)

NAJNOVIJI PRAVILNICI I TRENDOVI U OBLASTI VRHUNSKOG SPORTSKOG OSVETLJENJA

Mladen Šupić - Signify International B.V. Ogranak Beograd
Vladimir Popović - Ing-Invest d.o.o, Žarko Pavlović- La Collina, Podgorica
Momčilo Petrović - Elektrotehnički Institut Nikola Tesla, Beograd

KRATAK SADRŽAJ

Referat se bavi najnovijim pravilnicima i trendovima iz oblasti vrhunskog (High-end) sportskog osvetljenja fudbalskih stadiona i košarkaških dvorana.

Nove preporuke UEFA su u poslednjih nekoliko godina značajno uticale na promenu koncepta osvetljenja fudbalskih stadiona. Novi zahtevi koje je UEFA definisala uzrokovali su prilagođavanje sistema osvetljenja čak i vrhunskih stadiona. U regionu, gde i dalje preovlađuju rešenja osvetljenja sa stubova, nekada je jako teško ili čak nemoguće ostvariti svaki definisani svetlotehnički zahtev.

U radu su predstavljene i analizirane poslednje preporuke FIBA i ULEB za osvetljenje košarkaških dvorana, kao i njihova primena.

Autori kroz rad prenose iskustva iz prakse sa stadiona i košarkaških dvorana na kojima su učestvovali u projektovanju i realizaciji sistema osvetljenja.

Ključne riječi: Vrhunsko (High-end) sportsko osvetljenje, FIFA, UEFA; FIBA, ULEB.

1. UVOD

Sistem osvetljenja fudbalskog terena treba da obezbedi optimalne uslove u okviru zahtevanog nivoa osvetljenja kako bi se osiguralo da igrači, zvanična lica, gledaoci i TV emiteri mogu da učestvuju i uživaju u meču bez ometanja. Tokom projektovanja osvetljenja, trebalo bi primeniti smernice navedene u pravilnicima i preporukama kako bi se uspostavio visokokvalitetni sistem osvetljenja koji zadovoljava zahteve odgovarajuće klase osvetljenosti definisane od strane UEFA ili FIFA.

Osnovna briga treba da bude da se igračima i zvaničnim licima obezbede optimalni uslovi za nastup. Sistem osvetljenja ne sme da ih ometa tokom meča, ali i s druge strane da stvori gledaocima ugodno okruženje bez blještanja i omogući im da jasno vide utakmicu.

Televizijskim servisima su potrebni određeni uslovi za osvetljenje kako bi se omogućili TV prenosi visoke rezolucije. Ova potreba danas diktira zahteve za nivoima osvetljenosti koje je neophodno ostvariti na sportskim terenima.

Pozicioniranje projektora ima ogroman uticaj na ostvarene uslove osvetljenja. Ovo je jedan od ključnih problema koji je neophodno rešiti tokom projektovanja. Pozicije svetiljki imaju direktan uticaj na nivo osvetljenosti i ravnomernost osvetljenosti u svim ravnima, a takođe utiču na stvaranje senki i na vizuelni komfor igrača, zvaničnih lica i gledaoca. Poslednjih godina arhitektonski i estetski zahtevi doveli su u pitanje smernice za projektovanje osvetljenja. Novi stadioni su često projektovani i izgrađeni na načine koji zahtevaju da sistem osvetljenja terena deluje u skladu sa traženim standardom, a istovremeno ostane veran arhitektonskom dizajnu. Danas je mnogo primera stadiona u Evropi koji imaju sisteme osvetljenja koji nisu u skladu sa preporukama, ali pružaju dobre uslove osvetljenja. UEFA preporučuje da se svi novi projekti osvetljenja fokusiraju pre svega na obezbeđivanje udobnosti svim korisnicima, a pre svega igračima, istovremeno pružajući vrhunske uslove za televizijske prenose.

Za osvetljenje košarkaških dvorana najčešće se koriste preporuke FIBA i ULEB. U radu su prikazani zahtevi važećih dokumenata ove dve organizacije koji se odnose na sistem osvetljenja.

Pravilnik FIBA [5] veoma detaljno definiše fotometrijske zahteve. Zahtevi ULEB su nešto drugačiji, a u Pravilniku ULEB Evrolige detaljno su dati i zahtevi za osvetljenjem gledališta.

2. PREPORUKE UEFA I FIFA

2.1. PRAVILNIK O STADIONSKOJ INFRASTRUKTURI UEFA (2010/2018) [1], [4]

Ovi propisi primenjuju se za UEFA takmičenja. Oni regulišu minimalne strukturne kriterijume koje stadion treba da ispuni da bi se klasifikovao (prema rastućem redosledu) kao UEFA kategorija 1, 2, 3 ili 4. Što je veća kategorija, stroži su i brojniji kriterijumi. Ovi dokumenti dalje određuju odgovornosti za nadgledanje poštovanja propisa sa strukturalnim kriterijumima za traženu kategoriju stadiona i određište uslova pod kojima UEFA administracija može odobriti izuzeće.

2.2. TEHNIČKE PREPORUKE FIFA (2011) [2]

Ovo je peto izdanje tehničkih preporuka i zahteva FIFA za fudbalske stadione koje uključuje važna ažuriranja o osvetljenju, napajanju, komunikacijskim sistemima...

Cilj dokumenta je kao i uvek: pomoći svima koji su uključeni u projekat projektovanja, izgradnje i upravljanja fudbalskim stadionom radi stvaranja objekta u kome ljudi mogu bezbrižno uživati u fudbalu.

2.3. UEFA VODIČ ZA OSVETLJENJE TERENA (2016) [3]

Ovaj dokument sadrži skup preporuka koje su razvijene kao odgovor na mnoge zahteve koje je UEFA dobila za pružanje detaljnih tehničkih informacija o potrebnom nivou osvetljenja. Zahtevi za osvetljenje UEFA navedeni su u Pravilniku o stadionskoj infrastrukturi. Za finala ili finalne turnire, ugovori o organizovanju mogu sadržavati posebne klauzule koje se tiču osvetljenja. Ovaj vodič ima za cilj da pomogne tehničkim dobavljačima da ispune definisane zahteve, uzimajući u obzir nedavna tehnološka dostignuća i potrebe TV emitera. Vodič za osvetljenje terena razvila je UEFA u konsultaciji sa firmom IIS (International Illuminance Services) da obezbedi usvajanje najboljih iskustava iz prakse u projektovanju i realizaciji sistema osvetljenja fudbalskih terena.

2.4.. PRORAČUNSKO POLJE

Tabela 1: Proračunska polja definisana različitim dokumentima UEFA i FIFA

	UEFA 2010	FIFA 2011	UEFA 2016	UEFA 2018
polje	nije definisano	10x10m	8x12 tačaka uključujući spoljne linije terena	8x12 tačaka uključujući spoljne linije terena
visina	Eh na površini terena Ecam 1,5m iznad terena	1m iznad terena	1m iznad terena	1m iznad terena

Osnovna promena proračunskog polja definisana je u UEFA vodiču za osvetljenje terena (2016) i kasnije preuzeta u Pravilniku iz 2018. godine.

2.5. IZVORI SVETLOSTI

Tabela 2: Zahtevane karakteristike izvora svetlosti

	UEFA 2010	FIFA 2011	UEFA 2016	UEFA 2018
Tk	nije definisano	> 4000 K	5000-6200K	nije definisano
Ra	nije definisano	>= 65	>= 80	nije definisano

Pravilnici UEFA ne definišu zahtevanu temperaturu boje svetlosti, kao ni indeks reprodukcije boje korišćenih izvora. Ove vrednosti definisane su u FIFA dokumentu i UEFA vodiču, a zahtevi se razlikuju.

2.6. FOTOMETRIJSKI KRITERIJUMI

Tabela 3: Zahtevani fotometrijski parametri

	UEFA 2010 Kategorija 4	FIFA 2011 Klasa V	UEFA 2016 Elitni nivo A	UEFA 2018 Kategorija 4
Ecam (Ev)	> 1400 lx	> 2000 lx	> 1500 lx (Ev)	> 1000 lux (Ev)
U1 i U2	0,4 / 0,6	0,6 / 0,7	0,4 / 0,5	0,4 / 0,5
Eh	nije definisano	3500 lux	> 2000 lx	> 1400 lux
U1 i U2	nije definisano	0,6 / 0,8	0,5 / 0,7	0,5 / 0,7
GR	nije definisano	< 50	< 50	nije definisano
nagib		< 70°	< 70°	

Fotometrijski parametri, prikazani u tabeli gore, pokazuju kako se zahtevani nivo osvetljenosti za najviše kategorije razlikuju u različitim dokumentima, uz primetno značajno više zahteve FIFA.

2.7. FOTOMETRIJSKI ZAHTEVI U REŽIMU ISPADA MREŽNOG NAPAJANJA

Tabela 4: Zahtevani nivoi osvetljenosti u slučaju prekida mrežnog napajanja

	UEFA 2010 Kategorija 4	FIFA 2011 Klasa V	UEFA 2016 Elitni nivo A	UEFA 2018 Kategorija 4
Ecam (Ev)	> 800 lx	> 2000 lx	> 600 lx (Ev)	
Eh		3500 lux	> 1000 lx	> 900 lux

2.8. PRIMER IZ PRAKSE – GRADSKI STADION U NIKŠIĆU



Slika 1. Instalacija osvetljenja Gradskog stadiona u Nikšiću

Osvetljenje fudbalskog terena Gradskog stadiona u Nikšiću izvedeno je u skladu sa važećim zahtevima UEFA za stadione najviše kategorije. Korišćeni su projektori sa metal-halogenim izvorima čije karakteristike su takve da obezbeđuju idealnu temperaturu boje svetlosti i indeks reprodukcije boja za TV prenose.

Tabela 5: Ostvareni i zahtevani fotometrijski parametri na fudbalskom terenu Gradskog stadiona u Nikšiću

Referentna veličina	Stadion FK Sutjeska Nikšić rezultati merenja	UEFA Kategorija 4 fotometrijski zahtevi
E _{hr}	2185 lx	1400 lx
U _{1h}	0.56	0.50
U _{2 h}	0.73	0.70
Ev sr-0°	1584 lx	> 1000 lx
U _{1v-0°}	0.37	0.4
U _{2v-0°}	0.54	0.5
Ev sr-90°	1230 lx	> 1000 lx
U _{1v-90°}	0.39	0.4
U _{2v-90°}	0.63	0.5
Ev sr-180°	1533 lx	> 1000 lx
U _{1v-180°}	0.37	0.4
U _{2v-180°}	0.55	0.5
Ev sr-270°	1212 lx	> 1000 lx
U _{1v-270°}	0.41	0.4
U _{2v-270°}	0.66	0.5
T _k *	5600K	5000-6200K
R _a *	>80	>80
GR*	<50	<50

3. PREPORUKE FIBA I ULEB

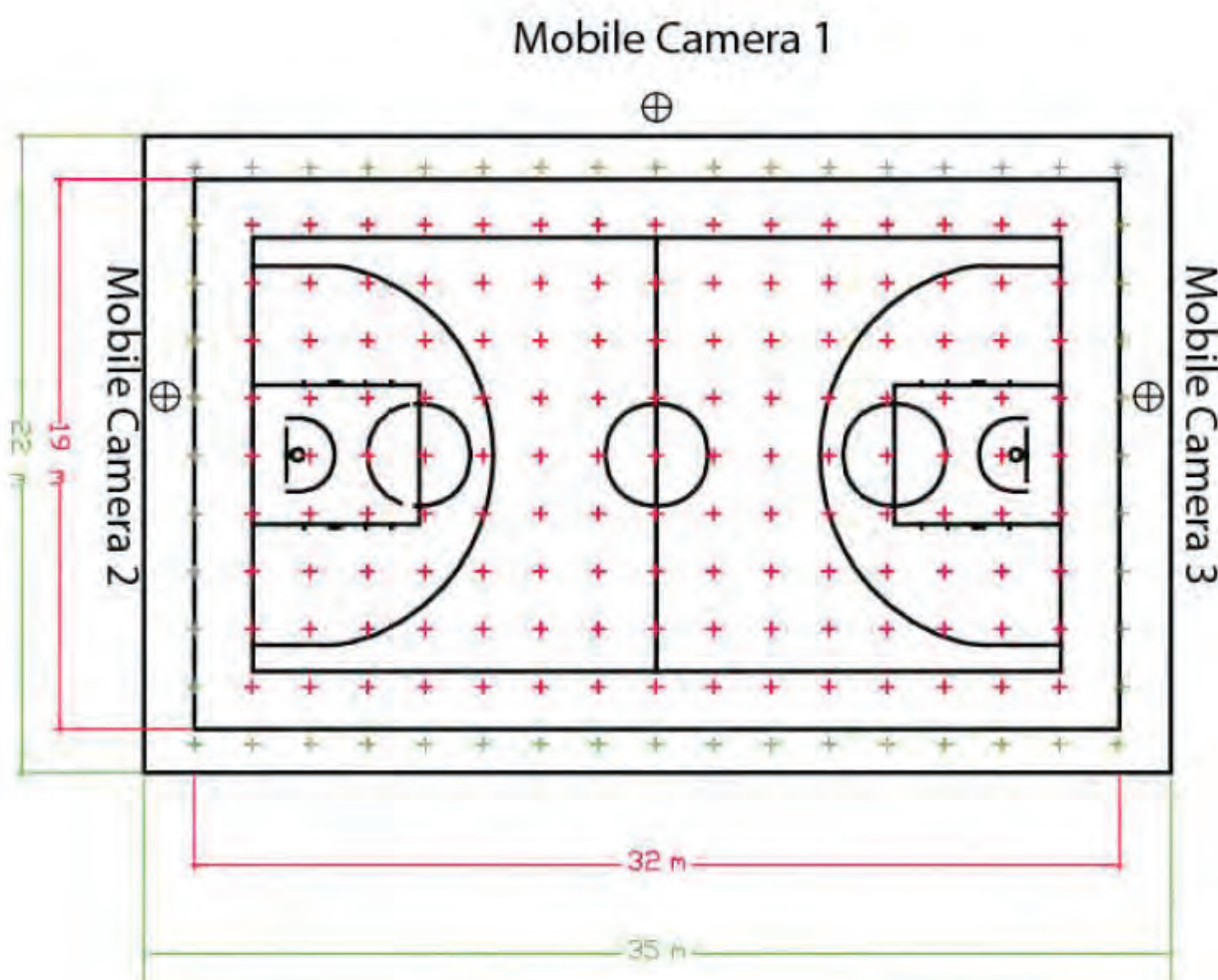
3.1. FIBA PRAVILNIK (2017) [5]

Zahteve za osvetljenja košarkaških dvorana FIBA za svoja takmičenja definiše u dokumentu [5].

Osnovni zahtev je da sistem osvetljenja mora ostvariti idealne uslove TV emiterima, a da pri tome ne sme predstavljati smetnju igračima i službenim licima.

3.2. PRORAČUNSKO POLJE

Fotometrijske proračune, kao i merenja, potrebno je raditi na proračunskom polju čije su tačke na međusobnom rastojanju od 2m, kao što je prikazano na slici 1.



Slika 2. Proračunsko polje prema FIBA preporukama

3.3. FOTOMETRIJSKI ZAHTEVI FIBA

Fotometrijski zahtevi FIBA dati su u tabeli 6. Vertikalna osvetljenost se proračunava i meri na visini od 1,5, a horizontalna osvetljenost na nivou poda.

Tabela 6: Fotometrijski zahtevi FIBA

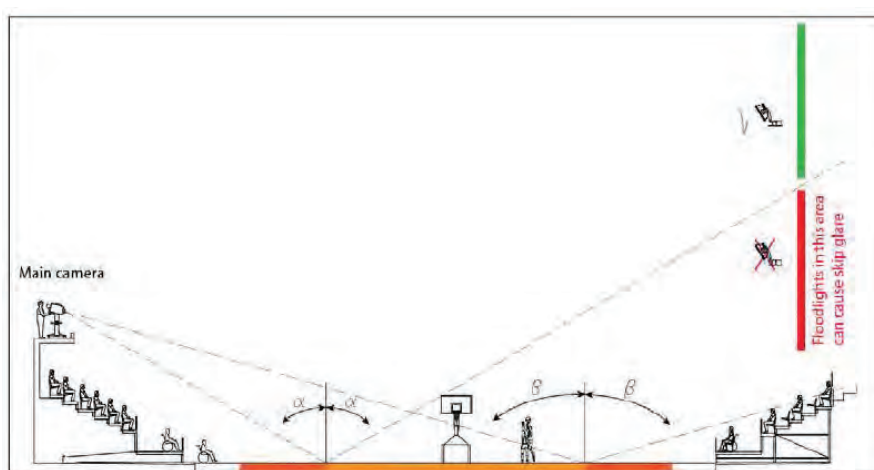
	Ecam			Ev				Eh		
	Ecamsr (lx)	min/max	min/sr	Evsr (lx)	min/max	min/sr	min/max u sve 4 ravni	Ehsr (lx)	min/max	min/sr
PPA 19x32m	2000	0,7	0,8	1700	0,7	0,8	0,6	1500-3000	0,7	0,8
TPA 22x35m	2000	0,6	0,7	1700	0,6	0,7	0,6	1500-3000	0,6	0,7

FIBA posebnu pažnju posvećuje eliminisanju blještanja u pravcu glavne TV kamere. Instalacije koje prouzrokuju efekat sličan prikazanom na slici 3 potrebno je izbegavati.



Slika 3. Neželjeno blještanje prema TV kameri

Kako bi se izbegle ovakve situacije, potrebno je voditi računa o pozicioniranju svetiljki. Na slici 4 prikazane su zabranjene i zone u kojima je potrebno pozicionirati svetiljke.



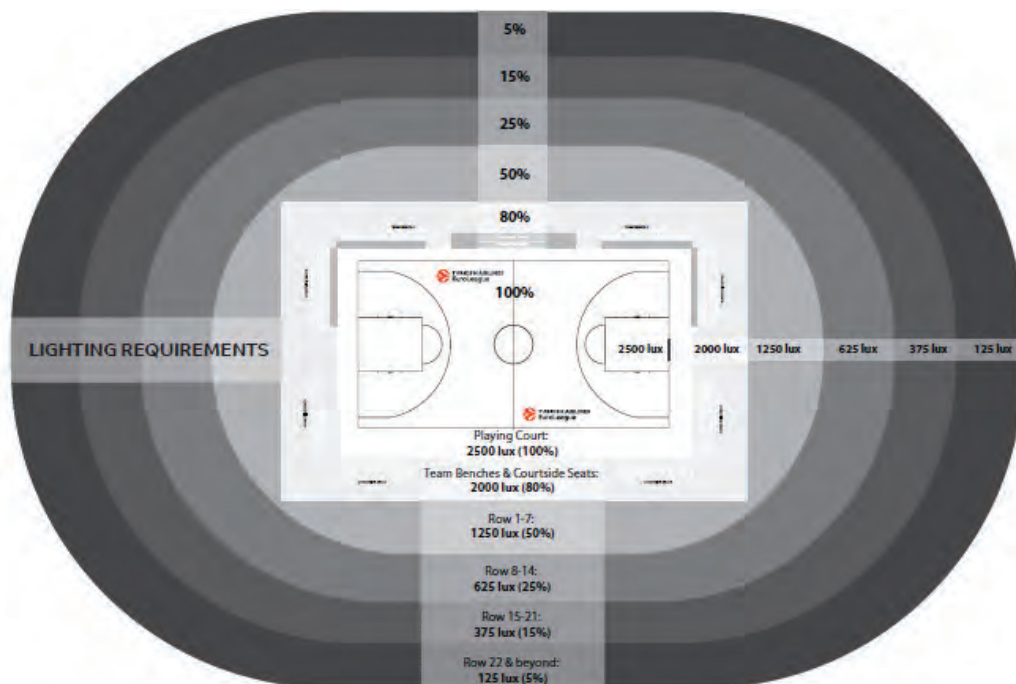
Slika 4. Preporučene pozicije svetiljki kako bi se izbeglo blještanje prema TV kameri

3.4. PRAVILNIK ULEB EVROLIGE (2016-2017) [6]

Zahteve za osvetljenja košarkaških dvorana za takmičenje u Evroligi ULEB definiše u dokumentu [6].

3.5. PRORAČUNSKO POLJE

Fotometrijski proračune, kao i merenja, potrebno je raditi na proračunskom polju prikazanom na slici 5.



Slika 5. Proračunsko polje sa zahtevanim nivoima osvetljenosti prema ULEB

3.6. FOTOMETRIJSKI ZAHTEVI ULEB

Prema zahtevima ULEB koji su definisani u dokumentu [6] neophodno je ostvariti:

$E_h \geq 2500 \text{ lx}$ (na terenu, na visini 1m iznad parketa),

$E_{cam} \geq 1500 \text{ lx}$ (na terenu, na visini 1m iznad parketa),

$E_h \geq 2000 \text{ lx}$ (u zoni oko terena do prvog reda tribina, na visini 1m iznad parketa).

Zahtevana horizontalna osvetljenost gledališta:

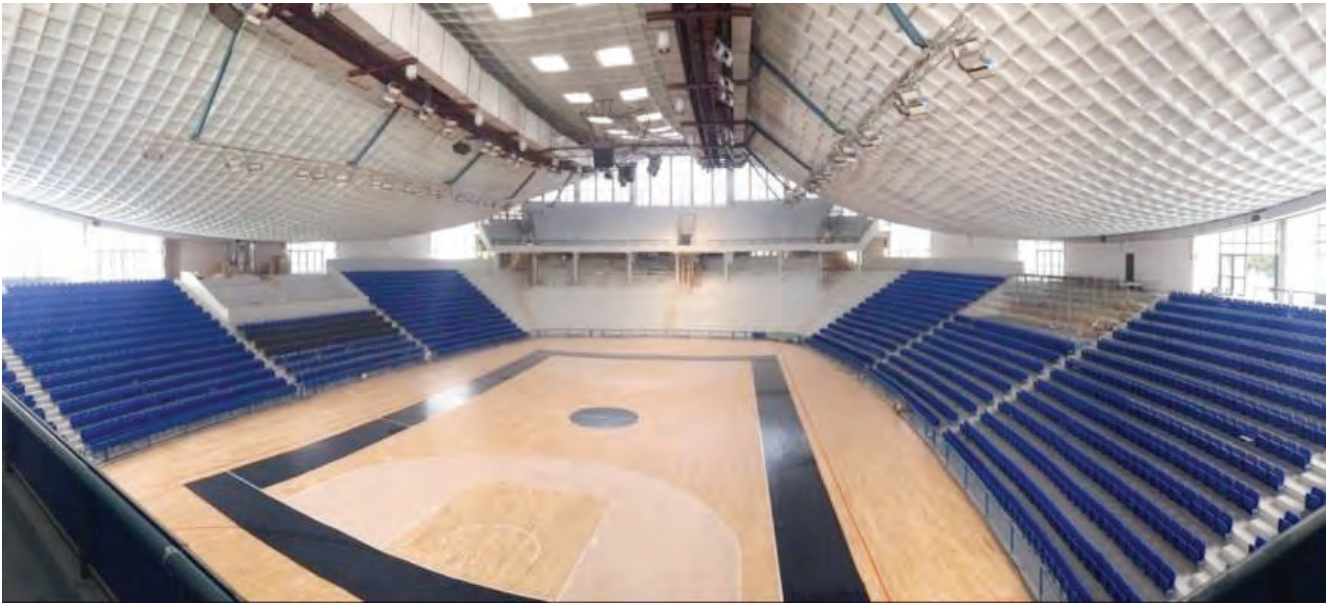
$E_h > 1250 \text{ lx}$ (1.-7. red),

$E_h > 625 \text{ lx}$ (7.-14. red),

$E_h > 375 \text{ lx}$ (14.-21. red),

$E_h > 125 \text{ lx}$ (od 22. reda).

3.7. PRIMER IZ PRAKSE – SH MORAČA



Slika 6. Instalacija osvetljenja sportske hale „Morača“

Osvetljenje sportske hale “Morače” rekonstruisano je 2018. godine zbog učešća KK Budućnost u ULEB Evroligi. Metal-halogeni projektori zamenjeni su LED projektorima, čime je smanjena instalisana snaga sistema osvetljenja za 50%. Pored toga, ispunjeni su svi svetlotehnički zahtevi definisani za ovo takmičenje. Korišćeni LED projektori imaju idealnu temperaturu boje svetlosti (5.700K), kao i izuzetan indeks reprodukcije boja ($R_a=90$). S obzirom na postignuti nivo i ravnomernost osvetljenosti, u hali su ostvareni uslovi za vrhunske TV prenose visoke rezolucije (HDTV).

Fotometrijska veličina	Zahtevana vrednost (Evroliga)	Rezultati merenja
E_h	2500lx	4314lx
E_{hmin}/E_{hsr}	>0,75	0,84
E_{hmin}/E_{hmax}	>0,6	0,76
E_{kamsr}	1500lx	2269lx
E_{kammin}/E_{kamsr}	>0,75	0,79
E_{kammin}/E_{kammax}	>0,6	0,63

4. ZAKLJUČAK

Postoji veliki broj preporuka iz oblasti vrhunskog sportskog osvetljenja. Ovaj rad bavi se osvetljenjem terena fudbalskih stadiona i košarkaških dvorana.

Analiza zahteva, koji definišu pravilnici različitih sportskih asocijacija, pokazala je da postoje značajne razlike između njih.

Vodič za osvetljenje fudbalskih terena [3] koji je UEFA objavila 2016. godine značajno je promenio pristup projektovanju. Najznačajnija promena u odnosu na prethodne pravilnike i preporuke jeste ukidanje zahtevane osvetljenosti u pravcu TV kamere i uvođenje zahteva za vertikalnom osvetljenošću u sve četiri referentne ravni. Nove zahteve mnogo je teže ispuniti kod instalacija sa četiri stuba nego što je to slučaj kada se projektori montiraju na krovu tribina sa svake strane terena.

FIBA je svoje zahteve redefinisala u dokumentu iz 2017. godine [5], ali je jasno da je veoma mali broj dvorana u svetu koje u potpunosti ispunjavaju sve navedene svetlotehničke uslove. S druge strane, za takmičenja u ULEB Evroligi, zahtevi su manje kompleksni i iako zahtevane vrednosti nisu niže, moguće ih je postići i u dvoranama sa standardnom instalacijom osvetljenja.

Primeri iz prakse na sportskim objektima u Crnoj Gori potvrđuju navedene zaključke.

5. LITERATURA

- [1] UEFA Stadium Infrastructure Regulations, Edition 2010.
- [2] FIFA Football Stadiums Technical recommendations and requirements, 5th edition 2011.
- [3] UEFA Stadium Lighting Guide, 2016.
- [4] UEFA Stadium Infrastructure Regulations, Edition 2018.
- [5] 2017 Official Basketball Rules, Basketball Rules & Basketball Equipment, valid as of 1st October 2017.
- [6] 2016-2017 Turkish Airlines Euroleague Bylaws, 2016.

ELEKTRO MOBILNOST JUČER, DANAS I SUTRA

Igor Ban - Piraex d.o.o., Zagreb

KRATAK SADRŽAJ

Ljudi su uvijek sanjali o električnom transportu. Razvojem prvih elektro motora dovoljno jakih da pokrenu vozila počeo je i razvoj elektro mobilnosti. Pravi zamah dogodio se otkrićem olovne baterije a njenim daljnjim razvojem elektro mobilnost je ušla u svoje prvo zlatno doba. Međutim, kako se motor sa unutarnjim izgaranjem razvijao, a Henry Ford razvio serijsku proizvodnju, tako je ta tehnologija prevladala i poslala električna vozila da čekaju neko bolje vrijeme. Jeftini transport je omogućio lakšu razmjenu dobara i pomogao stvoriti svijet kakav danas poznajemo, ali je isto tako pridonio i zagađenju naše planete jer je transport odgovoran za gotovo 30% emisija CO₂. Zaštita okoliša i razvoj novih tehnologija su bile glavni okidači koji su vratili električna vozila na scenu. Razvojem efikasnijih motora i dugotrajnijih baterija, električna vozila su doživjela novi procvat a svijest da trebamo zaštititi planetu na kojoj živimo su bila vjetar u leđa novoj tehnologiji. Sve to pred nas stavlja i nove izazove, velik broj električnih vozila zahtjeva i bolju infrastrukturu za punjenje, ona pak stvara veliki pritisak na mrežu koja nije projektirana za takva opterećenja. Sve to je stavilo velike izazove pred inženjere koji više nego ikada utječu na oblikovanje budućnosti. Novi sustavi pohrane energije, vehicle to grid (V2G) sustavi, ultra brze punionice i sustavi autonomne vožnje su najbolji odgovori inženjera na zahtjeve koje ova nova revolucija stavlja ispred njih. Sve to nas uvodi u čistu, svjetlu i električnu budućnost.

Ključne riječi: elektro mobilnost, električna vozila, e-punjači.

1. UVOD

Sve manje zalihe fosilnih goriva, zagađenost planeta, razvoj novih tehnologija i potreba za jeftinijim i efikasnijim oblicima transporta doveli su nas do nove revolucije u transportu. Kao što su automobili zamijenili konje, tako će u skoro vrijeme električni automobili zamijeniti automobile koji su pogonjeni motorima sa unutarnjim izgaranjem. Većina nas misli da je elektro mobilnost kompletno novo područje koje je zamah dobilo tek u posljednjem desetljeću, ali električna vozila imaju dugu povijest koja nas vodi čak do 19. stoljeća. Prvi pokušaji razvoja električnog vozila sežu u 1832. g. i počeli su kada je razvijen prvi elektro motor dovoljno jak da pogoni vozilo. Međutim, tadašnja tehnologija je bila iznimno ograničena i ta vozila su bila jedva dovoljno jaka da pogone same sebe. Ipak, razvojem olovne baterije i električna vozila su doživjela svoje prvo zlatno doba.

2. ELEKTRO MOBILNOST JUČER

2.1. PRVI POKUŠAJI

Prva električna vozila su bili modeli a njihov izum se pripisuje raznim ljudima. [1] Godine 1828. Anyos Jedlik je izumio ranu verziju elektromotora i napravio model automobila koji je bio njime pogonjen. Godine 1834. kovač iz Vermonta SAD Thomas Davenport je napravio sličnu napravu na malim kružnim tračnicama, 1834. godine profesor na sveučilištu u Groeningenu, Nizozemska i njegov asistent Christopher Becker su napravili mali model električnog automobila pogonjenog ne punjivim primarnim ćelijama. 1837. g. Škotski kemičar Robert Davidson je napravio prvi model električne lokomotive pogonjene galvanskim ćelijama. On je kasnije napravio i veliku lokomotivu koju je izložio 1841. godine na izložbi Kraljevskog društva umjetnosti u Škotskoj. Bila je teška 7.100 kg i mogla je nositi teret od 6.100 kg pri brzini od 6,4 km/h na udaljenosti od 2,4 km. Bila je čak i testirana na pruzi Edinbourgh – Glasgow ali je limitirana snaga baterija spriječila brojniju upotrebu.

2.2. PRVI PRAKTIČNI AUTOMOBILI

Punjive baterije koje su napokon omogućile značajniju pohranu energije su izumljene 1859. od francuskog fizičara Gastona Plantea. Tek 1881. drugi Francuski fizičar Camile Alphonse Faure je značajno unaprijedio dizajn baterija i tako omogućio njihovu proizvodnju na industrijskoj razini. [2] To je izravno dovelo do razvoja električnih vozila i njihove popularizacije u svakodnevnoj uporabi. Britanski izumitelj Thomas Parker je 1884. napravio prvi električni automobil koji je ušao u proizvodnju. Automobil je koristio njegove posebno dizajnirane punjive baterije. [3]



Slika 1. Prvi električni automobil Thomasa Parkera

Obzirom da ljudi uvijek teže obaranju rekorda i žele biti najbolji u svom području, tako su i u automobilizmu brzinski rekordi stvar prestiža pa je svakako vrijedno spomena da je prvi automobil koji je probio tada magičnu granicu od 100 km/h bio električni. Rekord je oborio belgijski vozač Camile Jenatzy 29. Aprila 1899. u svom automobilu Jamais Contente koji je postigao brzinu od 105.88 km/h.

2.3. ZLATNO DOBA ELEKTRIČNIH AUTOMOBILA

Interes za motornim vozilima je značajno rastao krajem 19. i početkom 20. stoljeća pa je tako i razvoj električnih automobila dobio svoj puni zamah. Godine 1897. u Londonu je uvedena prva flota električnih taksija koje je proizveo Walter C. Bersey. Uskoro su ti taksiji dobili nadimak „kolibrići“ zbog svog specifičnog zvuka. [4] Iste godine je i u New Yorku tvrtka Samuel's Electric Carriage and Wagon Company uvela 12 električnih taksija. U to vrijeme električni automobili su imali brojne prednosti pred konkurencijom. Nisu imali vibracija, smrad i buku benzinskih automobila. Također nisu zahtijevali mijenjanje brzina koje su trebali i parni i benzinski automobili. Parni automobili su također patili i od „hladnog starta“ koji je trajao i do 45 minuta tokom hladnih jutara. Korisnici su ih također preferirali jer nisu zahtijevali napor za startanje jer su tadašnji benzinski automobili koristili ručni starter „kurblu“. Električni automobili su bili iznimno dobro prihvaćeni među bogatijom klijentelom koja ih je koristila kao gradske automobile gdje je njihov manjak dometa manje dolazio do izražaja. Sjedinjene Američke Države su bile predvodnik novog vala pošto je do 1912. puno domaćinstava bilo spojeno na električnu mrežu pa je samim time i punjenje bilo olakšano. U to vrijeme u SAD-u je bilo registrirano 33.842 automobila od kojih je 40% bilo pogonjenih parom, 38% električnih i 22% benzinskih. Kako bi premostili problem ograničenog dometa i manjak infrastrukture za punjenje, predloženi su sustavi izmjene baterija. Koncept je prvi put pušten na tržište 1910. g. od strane kompanije General Vehicle Company. Usluga je bila dostupna sve do 1924. g. i vozačima je omogućila da u tom periodu pređu preko 7.000.000 km električnim vozilima. [5]

2.4. PAD ELEKTRIČNIH AUTOMOBILA

Nakon značajnog uspjeha početkom 20. stoljeća, uslijedio je pad i gubitak pozicije na tržištu. Uzroci tome bili su razni. Do 1920. značajno se razvila cestovna mreža između gradova što je zahtijevalo vozila sa znatno većim dometom. Diljem svijeta su otkrivena značajna nalazišta nafte što je dovelo do široke dostupnosti benzina a samim time i jednostavnijem i jeftinijem korištenju benzinskih automobila. Tadašnji električni automobili su imali brzinu od 24 do 32 km/h i slab domet između 50 i 65 km pa su benzinski automobili omogućavali brže i dulje putovanje i samim time električne automobile ograničili samo na korištenje u gradovima. Godine 1912. Charles Keating je izumio elektro pokretač za benzinske automobile što je eliminiralo potrebu za ručnim pokretanjem benzinskih automobila te je time izbio jedan od glavnih aduta iz ruku električnih automobila. Konačan udarac im je zadao Henry Ford pokretanjem masovne proizvodnje benzinskih automobila što im je prepolovilo cijenu. [6] Za usporedbu, cijena električnih automobila je nastavila rasti te je 1912. bila gotovo dvostruko veća od cijene benzinskog automobila. To je dovelo do toga da se većina električnih automobila prestala proizvoditi između 1910. i 1920. godine. Iako je upotreba električnih automobila prestala, električna vozila su se zbog svoje ekonomičnosti nastavila koristiti u raznim područjima gdje njihov kratak domet nije predstavljao manu kao što su viličari, laka dostavna vozila, automobili za golf itd. Godine su prolazile bez značajnog napretka u električnim automobilima jer je razvoj tehnologije benzinskih automobila bio na svom vrhuncu i motori sa unutarnjim izgaranjem su postajali sve efikasniji. Tek 1959. napravljen je pokušaj razvoja novog električnog automobila. Kompanija koja je proizvodila baterije, Nation Union Electric Company je razvila model Henney Kilowatt. Model je ušao u proizvodnju 1959. i imao je maksimalnu brzinu od 96 km/h te domet od oko 100 km. Iako je tvrtka imala velika očekivanja od njega, svega 47 primjeraka je prodano tokom dvije godine proizvodnje i proizvodnja je ugašena 1961. [7] Kupci su ga smatrali jednostavno preskupim pošto mu je cijena bila više nego dvostruka u odnosu na usporedive benzinske modele. Tako je razvoj novih električnih automobila pričekao neka bolja vremena.



Slika 2. Henney Kilowatt

3. ELEKTRO MOBILNOST DANAS

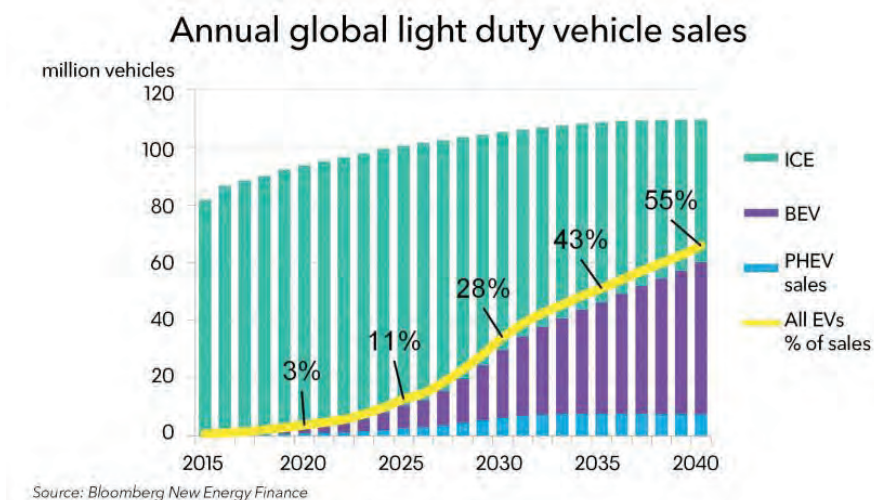
3.1. POKUŠAJ POVRATKA

Globalne naftne krize tokom 1970. i 1980. godina, ograničeni izvori fosilnih goriva kao i sve veća svijest o očuvanju okoliša bili su glavni razlozi koji su i dalje poticali ljude da razmišljaju o prijevozu na električni pogon. Naravno, postojale su i posebni zahtjevi koje su jedino električna vozila mogla ispuniti. Tako je nakon što je električni automobil bio prvi koji je probio magičnu granicu od 100 km/h, opet električni automobil imao čast biti prvo vozilo koje se vozilo na mjesecu. Lunar Roving Vehicle koji je bio dio misije Apollo 15 je ušao u povijest kao prvo vozilo koje se vozilo van naše planete. Polako je sve više kompanija predstavljalo konceptna vozila bazirana na svojim serijskim benzinskim modelima. Tako je General Motors 1976. predstavio Electrovette, 1990. su predstavili model GM Impact uz najavu da će početi proizvoditi električne automobile za prodaju na tržištu. Toyota je 1997. lansirala RAV4 EV, Honda 1997. EV Plus, Ford 1998. Ranger EV itd... Međutim, cijena i domet su još uvijek značajno utjecali na prihvatljivost tih vozila pa se broj proizvedenih primjeraka brojao u stotinama što je i dalje zanemariva brojka.

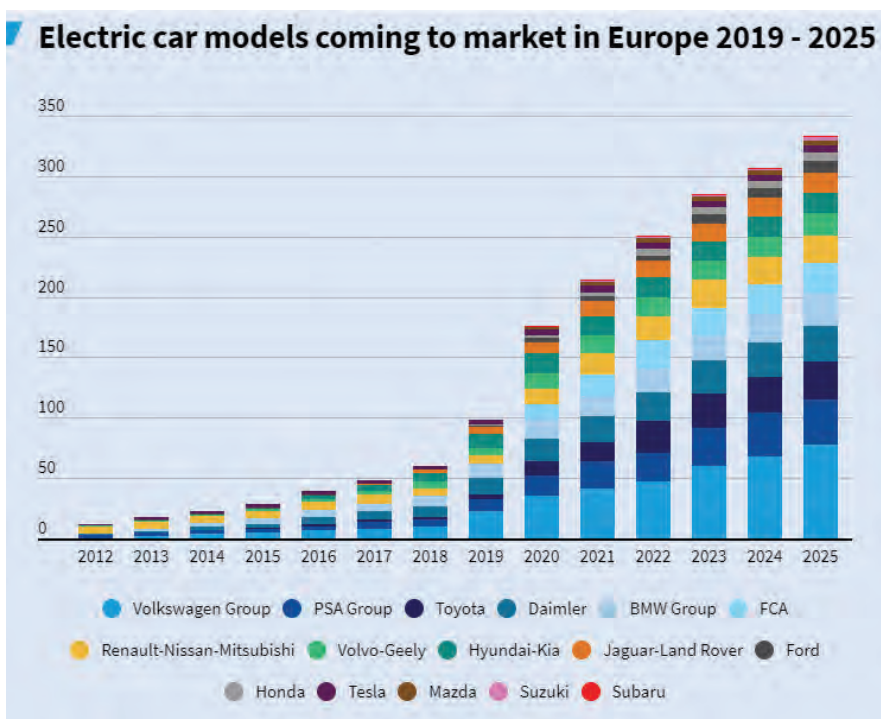
3.2. NOVO ZLATNO DOBA ZA ELEKTRIČNA VOZILA

Razvoj novih tehnologija u 21. stoljeću donio je novi zamah električnim vozilima. Litij-Ionske baterije su bile glavni katalizator razvoja i razlog zašto je 2004. tada mali start-up iz Kalifornije, Tesla Motors krenuo u razvoj potpuno električnog automobila. Oni su 2008. predstavili prvi serijski automobil koji je koristio litij-ionske baterije i postavili tada rekordan domet od preko 300 km sa jednim punjenjem. [8] Taj model se proizvodio sve do 2012. i prodan je u oko 2.500 primjeraka. Ostali proizvođači su još uvijek stidljivo gledali što oni rade ali su kasnije priznali da im je Tesla sa Roadsterom bio glavni okidač za razvoj električnih automobila. Mitsubishi je 2009. predstavio svoj model i-MiEV koji je bio prvi veliko serijski električni automobil u Japanu. Isti model se u Europi počeo prodavati tokom 2010. kao Peugeot i-On i Citroen C-Zero. Od 2010. se sve više proizvođača uključivalo u ovaj novi i uzbudljivi sektor. Tako je 2010. Nissan predstavio svoj model Nissan Leaf, slijedili su brojni drugi proizvođači sa manje ili više uspješnim modelima. Do 2013. je već preko 30 različitih modela vozilo cestama diljem svijeta i broj prodanih primjeraka im je po prvi put prešao stotine tisuća. Tesla je i u tome opet otišla korak dalje te je 2012. predstavila svoj Model S koji je opet postavio nove standarde konkurenciji sa dometom između 400 i 600 km ovisno o modelu. Do danas ih je isporučeno preko 250.000. To je bio dovoljan dokaz ostalim velikim proizvođačima automobila da krenu sa razvojem električnih vozila jer postoji velika potražnja za takvim vozilima. U današnje vrijeme svaki proizvođač automobila koji misli na budućnost u ponudi ima

barem jedno potpuno električno vozilo a najave za budućnost su fantastične. Tako je i jedan VW prošle godine objavio da razvija posljednju generaciju motora sa unutarnji izgaranjem te da će poslije 2025. svi njihovi modeli imati neki oblik elektro pogona. Danas se preko 300 milijardi dolara godišnje ulaže u razvoj novih vozila i sustava punjenja vozila pa više nema sumnje da je nova revolucija u transportu počela i da su električna vozila ušla u novo zlatno doba.



Slika 3. Predviđanje udjela električnih vozila u ukupnom prometu do 2040. [9]



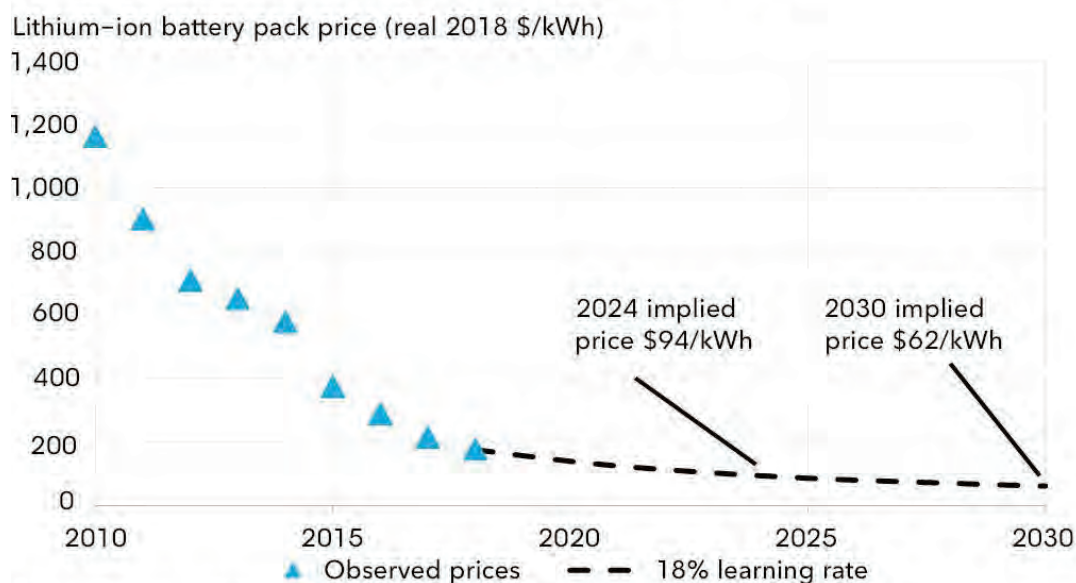
Slika 4. Broj modela električnih automobila u Europi po proizvođaču do 2025. [10]

3.3. EUROPSKA TRŽIŠTA DANAS

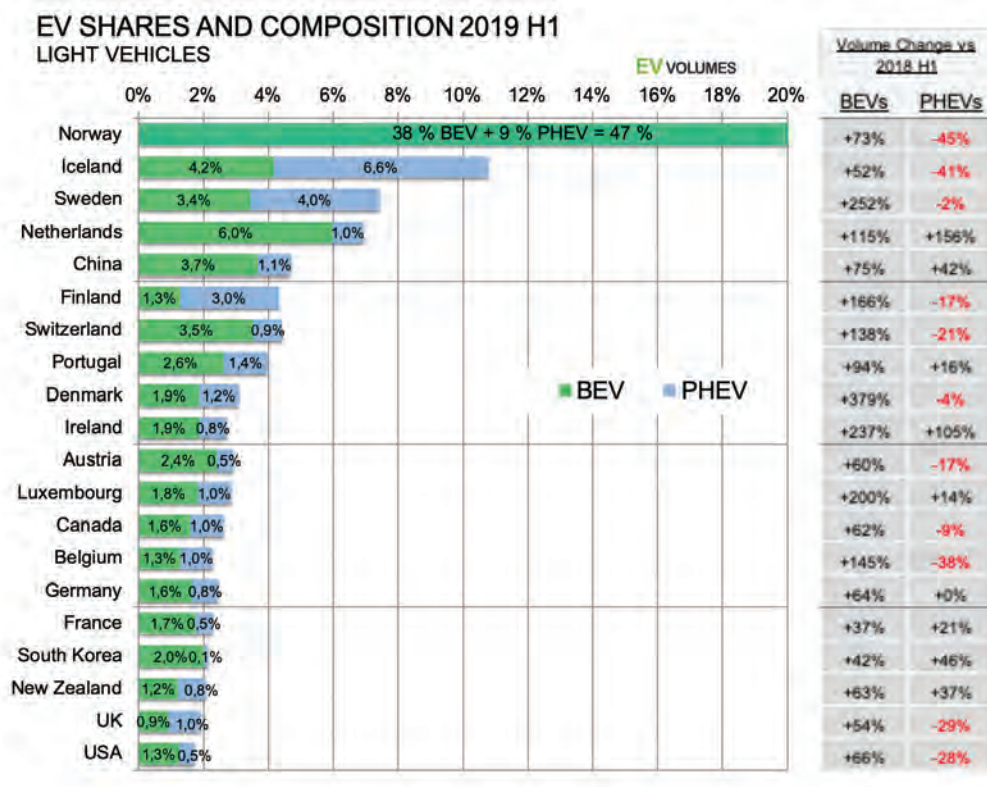
Iako nas tek u budućnosti očekuje najbolje od električnih automobila, na nekim tržištima već danas električni automobili ostvaruju zavidne rezultate. Vlade mnogih država snažno potiču elektro mobilnost te su pronašle atraktivne modele stimuliranja svojih građana na kupovinu električnih vozila. Neki benefiti koje su ponudili svojim građanima su oslobađanje od poreza na dodanu vrijednost za kupovinu električnih vozila, besplatne cestarine, parkiranja, trajekti i puno jeftinija registracija. Druge države daju izdašne poticaje za kupovinu električnih vozila pa na taj način stimuliraju kupnju. Sve to daje dobre re-

zultate u praksi pa na je nekim tržištima već danas prodaja električnih automobila gotovo 50% ukupno prodanih vozila a na ostalima snažno raste. Mnoge države su se obvezale da će transport učiniti potpuno čistim već u sljedećem desetljeću. Na razini Europe, Norveška je apsolutni lider pa je kombinirana prodaja potpuno električnih i plug-in hibridnih vozila dosegla udio od 47% u prvoj polovici 2019. g. a isto tako su se obvezali da će sva nova vozila već od 2025. biti električna te su na najboljem putu da to i ostvare. Ostale zemlje koje su se obvezale na zabranu prodaje vozila na fosilna goriva nisu daleko za njima pa su se tako Nizozemska, Irska, Švedska, Danska i Island obvezale na to do 2030, Francuska, Španjolska i Velika Britanija do 2040., dok se Njemačka na to obvezala do 2050. Neke ne europske zemlje su još ambicioznije u tome pa se tako npr. Costa Rica obvezala na zabranu prodaje benzinskih i dizelskih automobila već od 2021. a Južna Koreja već od sljedeće godine. Naša regionalna tržišta su manje kupovne moći i naravno da nije za očekivati da ćemo već kroz godinu ili dvije vidati velik broj električnih automobila u prometu. Za očekivati je da će se situacija promijeniti kroz koju godinu kada cijena električnih automobila drastično padne što svi proizvođači snažno najavljuju već kroz koju godinu. Na cijenu električnih vozila najviše utječe cijena baterija a ona posljednjih godina strahovito opada. Tako je 2010. prosječna cijena po kWh kapaciteta baterije bila 1.160,00 \$ dok je krajem 2018. prosječna cijena pala na 176,00 \$. [12] Predviđanja su da će cijena i dalje padati a magična granica je 100,00 \$ po kWh za koju se svi slažu da kada se ona probije, električni automobili će koštati kao i klasični. Očekuje se da bi se to trebalo dogoditi već 2023. ili 2024. Tada na izbor između klasičnog automobila sa motorom sa unutarnjim izgaranjem i električnog neće više utjecati cijena nego volja kupca.

Lithium-ion battery price outlook



Slika 5. Udio električnih vozila u ukupnoj prodaji za prvu polovicu 2019. [11]



Slika 6. Prosječna cijena Litij-ionskih baterija [12]

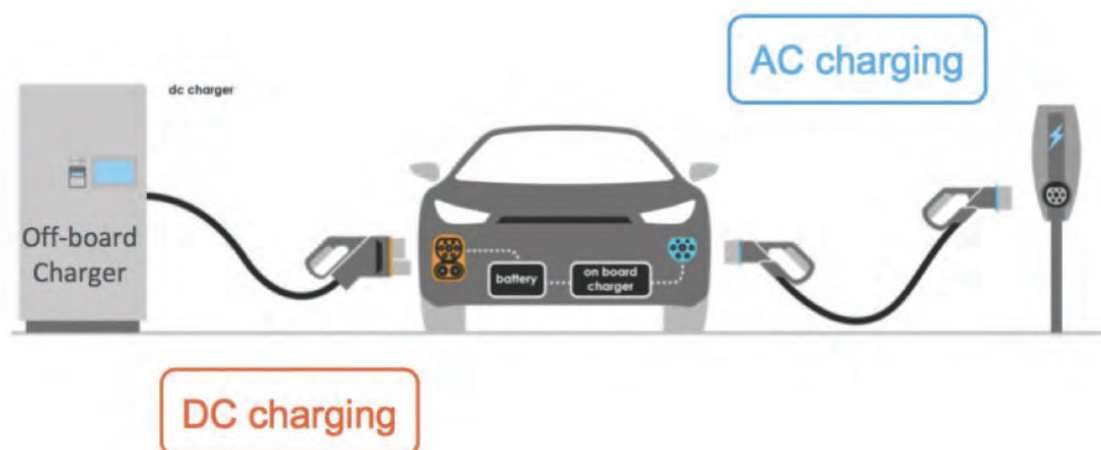
3.4. PUNJENJE ELEKTRIČNIH VOZILA I INFRASTRUKTURA

Punionice za električna vozila možemo podijeliti u tri osnovne grupe od kojih svaka ima svoju primjenu ovisno o lokaciji na kojoj se ugrađuje i vremenu koje korisnici tamo provedu.

Tabela 1: Podjela e-punjača obzirom na snagu

Vrsta punionice	Snaga
AC	3,7 kW – 43 kW
Brze punionice - DC	50 kW – 100 kW
Ultra brze punionice - DC	150 kW – 350 kW

Sama tehnologija AC i DC e-punjača se znatno razlikuje. Razlog tome je što se samo istosmjerna struja može skladištiti u baterijama vozila. Svako električno vozilo je opremljeno svojim AC-DC ispravljačem određenog kapaciteta i pripadajućim konektorom za punjenje preko AC e-punjača, dok su gotovo sva novija vozila paralelno opremljena i konektorom za brzo punjenje preko DC e-punjača. AC e-punjači su obični predajnici električne energije koji posjeduju kontrolnu i komunikacijsku elektroniku za komunikaciju sa automobilom te samo usmjeravaju energiju iz mreže prema ispravljaču unutar automobila sukladno kapacitetu tog istog ispravljača i stanju baterije. DC e-punjači u sebi imaju transformator električne energije i unutar svojeg kućišta ispravljaju energiju iz izmjenične u istosmjernu te je kao takvu šalju izravno u bateriju automobila te omogućavaju brže punjenje.

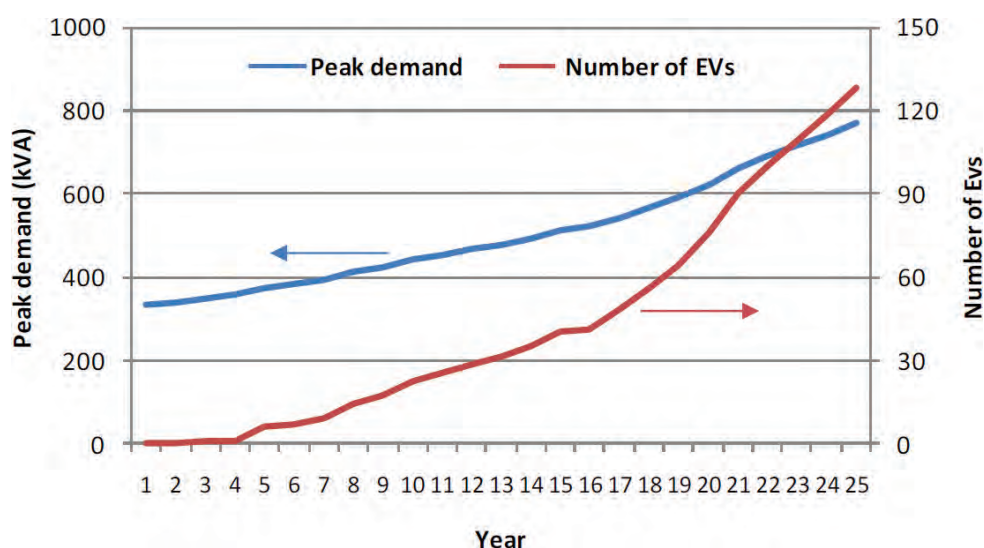


Slika 7. Shematski prikaz tipa punjenja električnog vozila

U samim počecima moderne elektro mobilnosti prosječan kapacitet baterije je bio između 15 kWh i 20 kWh dok je danas već između 50 i 60 kWh a neki ekskluzivni modeli imaju kapacitet od oko 100 kWh. Isto tako, broj automobila u prometu je bio zanemariv pa su za punjenje bile dovoljne AC punionice snage 11 kW ili 22 kW koje su i najrasprostranjenije. Isto tako, prije samo nekoliko godina su se brze punionice snage 50 kW smatrale tranzitnim punionicama koje su se instalirale uglavnom na prometnim pravcima i omogućavale punjenje baterije već za pola sata jer je i kapacitet baterije bio mali. Danas su AC e-punjači rezervirani isključivo za lokacije gdje korisnici duže vremena ostavljaju svoja vozila poput parkirališta zgrada, hotela, restorana, trgovačkih centara itd. dok su brzi e-punjači snage 50 kW postali tzv. „destination chargeri“ za lokacije na kojima korisnici borave u prosjeku sat do dva. Za tranzitne pravce razvijena je nova generacija e-punjača koji omogućavaju punjenje visokim snagama čak i do 350 kW te u kratkom roku omogućavaju korisniku da nastavi put. Infrastruktura za punjenje je ključan preduvjet za adaptaciju elektro mobilnosti. Bez dovoljnog broja punjača zasigurno neće doći do znatnog porasta vozača električnih automobila. Broj e-punjača je u stalnom porastu i procjene Europske unije su da na svakih 10 električnih automobila obavezno dolazi jedna javna e-punionica. Sve to stavlja postojeću elektro mrežu pred izazove sa kakvima se do sada još nije susrela i pred inženjerima je velik izazov kako će odgovoriti na ta pitanja.

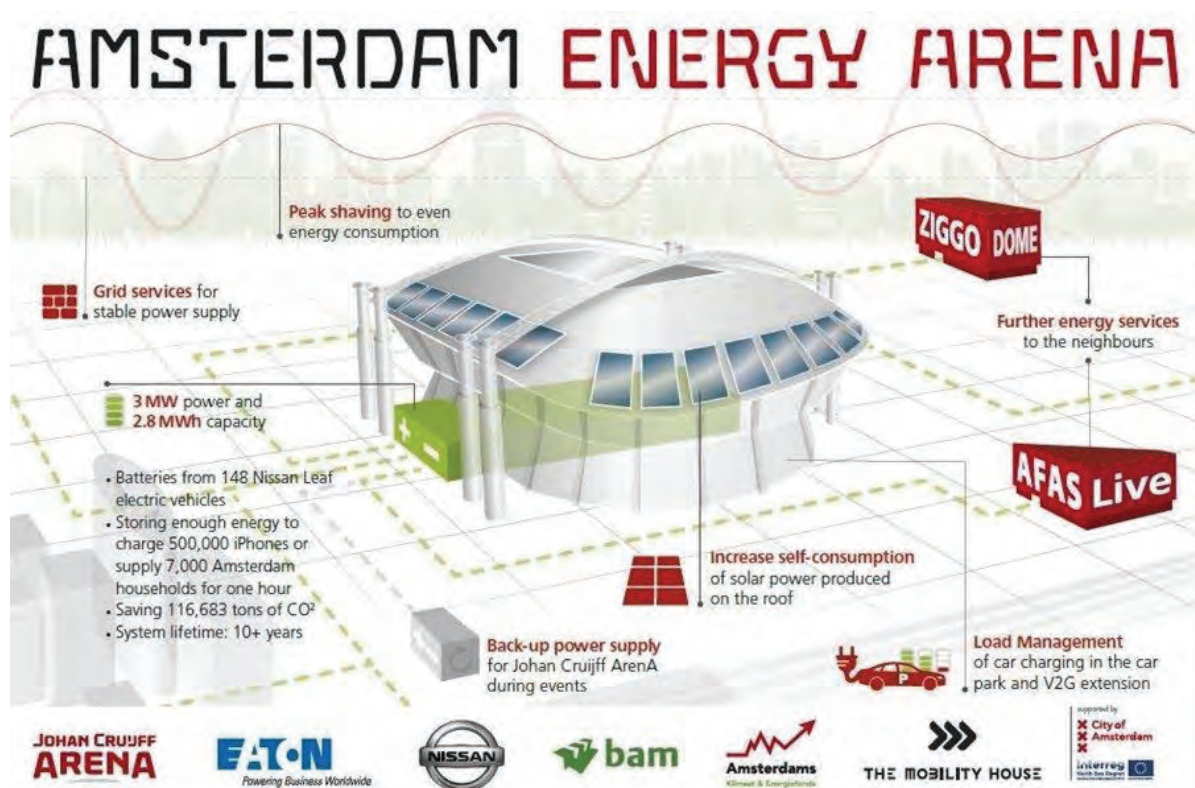
3.5. IZAZOVI MODERNE ELEKTRO MOBILNOSTI

Brzo uvođenje električnih vozila u prometnom sektoru će biti veliki izazov za rad distribucijske mreže. Ukoliko se punjenje električnih vozila ne stavi pod kontrolu, u distribucijskoj mreži će se pojaviti velika preopterećenja, posebno na mjestima gdje očekujemo veliku gustoću mjesta za punjenje kao što su skupine obiteljskih kuća, garaže, parkirališta, te ruralni dio mreže. Nužna su rješenja koja će minimizirati potrebe za dodatnim ulaganjima u mrežu, odnosno rješenja koja će smanjiti negativne učinke na distribucijsku mrežu uzrokovane električnim vozilima i mjestima za njihovo punjenje. Današnje mreže većinom su projektirane i građene još u vremenu kada električni automobili nisu bili niti u primisljima projekatnata tako da velika opasnost za preopterećenje mreže itekako postoji. U svijetu se rade brojne analize učinka električnih automobila na mrežu.



Slika 8: Ukupno vršno opterećenje mreže ovisno o broju EV-a tijekom razdoblja razmatranja [13]

Neka od rješenja koja inženjeri već danas implementiraju su sustavi inteligentnog punjenja koji pomažu u smanjenju vršnog opterećenja pojedinih lokacija. „Load balancing“ sustav omogućava dijeljene dostupne snage između klastera punionica. Na taj način moguće je umrežiti lokalnu mrežu punionica i odrediti im da zajednički efikasno raspodjeljuju energiju kako je kojoj punionici potrebno. Npr. sustav od 10 AC punionica snage 22 kW teoretski treba 220 kW kako bi sve mogle puniti maksimalnom snagom. U praksi jako je mali broj slučajeva kada će na svih 10 biti spojena vozila koja se uopće mogu puniti sa 22 kW tako da je „load balancingom“ moguće projektirati mrežu na 100 kW koja će inteligentno dijeliti energiju ovisno o potrebama na pojedinom priključnom mjestu i svima omogućiti zadovoljavajuću brzinu punjenja. Na taj način moguće je smanjiti opterećenje nekoliko puta. Još moderniji sustav je „dinamički load balancing“. To je sustav opremljen dodatnim senzorima i upravljačkim jedinicama koji aktivno mjeri potrošnju objekta i prema pred definiranim postavkama vršnog opterećenja na punionice propušta samo raspoloživu razliku energije između trenutnog i definiranog vršnog opterećenja. To su samo neki od primjera kako se inteligentni sustavi punjenja već u današnje vrijeme integriraju u postojeće mrežne sustave i pomažu smanjenju opterećenja mreže. Preduvjet za takove sustave su i inteligentne punionice koje aktivno prate potrošnju i opterećenje te su u svakom trenutku spojene na data centre iz kojih je moguće upravljati punionicama i aktivno pratiti potrošnju i opterećenje. Za budućnost se već testiraju nove tehnologije poput „Vehicle to grid“ (V2G) sustava koji će prilikom spajanja automobila na punionicu moći vraćati energiju nazad u mrežu i na taj način smanjiti opterećenje distribucijskog sustava prilikom najvećeg opterećenja. Velik razvoj elektro mobilnosti uz opterećenje distribucijskog sustava donosi i ekološke probleme koji se sami po sebi nameću. Baterijski sustavi za vozila su relativno kratkog vijeka trajanja i baterije nakon desetak godina eksploatacije gube svoja svojstva te se više ne mogu koristiti u vozilima. Zaštitnici okoliša sa pravom se pitaju što će biti sa tolikim baterijama kada jednog dana one završe svoj životni vijek u automobilima. Odgovor na taj problem je recikliranje baterija ponovnom uporabom. Naime, iako baterije vremenom gube svoja svojstva i kapacitet, njihovom prenamjenom u sustave pohrane za kućanstva moguće ih je koristiti još 20 do 30 godina. Takva upotreba baterija pomoći će i bržoj i lakšoj adaptaciji solarnih sustava. Primjeri za to već postoje u praksi te su se ti sustavi dokazali kao iznimno pouzdani. Poznati stadion Amsterdam Arena je postao CO2 neutralan zahvaljujući sustavu koji na krovu koristi 4.200 solarnih panela za generiranje električne energije koja se sprema u baterijski sustav snage 3 MW i kapaciteta 2,8 mWh. Taj sustav omogućava Amsterdamskoj areni efikasniji način upravljanja energijom ali i pomaže održavanju stabilnosti distributivne mreže grada Amsterdama pošto je u mogućnosti vraćati energiju nazad u mrežu tokom vršnog opterećenja.



Slika 9: Sustav pohrane energije stadiona Johan Crujff Arena u Amsterdamu [14]

4. ELEKTRO MOBILNOST SUTRA

4.1. AUTONOMNA VOZILA

Elektro mobilnost je visoko tehnološka grana koja za sobom povlači razvoj novih tehnologija. Efikasnost u upravljanju energijom i zahtjevi za sigurnosti u prometu potakli su razvoj pametnih vozila koja su uvijek spojena na Internet, komuniciraju međusobno i pomoću raznih senzora prate okoliš vozila te tako pomažu vozaču pri sigurnijoj vožnji. Radar, Lidar, GPS, Sonar i slični uređaji u zadnje vrijeme postaju sve napredniji i cjenovno pristupačniji te se sve više integriraju u vozila. Svi ti elementi zajedno potaknuli su razvoj autonomnih vozila. Lidar je jedan od najvažnijih elemenata autonomne vožnje. To je optički radar koji odašilje milijune malih laserskih zraka koje se odbijaju od elemenata u prostoru te povratkom u prijemnik stvaraju trodimenzionalnu sliku okoliša. Na temelju toga automobil može prepoznati svoju okolinu i pravodobno reagirati. Cijena Lidara je još 2010. bila oko 70.000,00 \$ te nije bila prihvatljiva za autoindustriju. Već postoje uređaji druge generacije koji su manjih dimenzija od onih sa početka desetljeća i sa cijenom od 250 \$. Danas se razvijaju uređaji treće generacije koji će biti veličine privjeska sa cijenom ispod 100 \$. To će omogućiti proizvođačima automobila da stvore senzorski sustav prihvatljive cijene koji u svakom trenutku snima svih 360° oko sebe i na vrijeme prepoznaje prepreku.

LIDAR: From \$70,000 to \$250



Slika 10. Kretanje cijene Lidara od 2010. do danas [15]

Autonomna vozila su uvijek bila san vozača koji bi se uskoro mogao pretvoriti u stvarnost. Autonomna vozila klasificiramo u nekoliko kategorija:

Tabela 2: Klasifikacija autonomnih vozila

Klasa	Opis
Level 0	Sustav automatski izdaje upozorenja vozaču i može blago intervenirati ali ne zadržava kontrolu nad vozilom.
Level 1	Sustav posjeduje djelomičnu kontrolu nad vozilom i sposoban je održavati brzinu ili udaljenost od vozila ispred, automatski zakočiti ili samostalno parkirati ali vozač mora i dalje imati kontrolu nad vozilom.
Level 2	Sustav je sposoban samostalno upravljati glavnim funkcijama vozila poput ubrzanja, kočenja i upravljanja ali vozač mora imati ruke na volanu i biti spreman u svakom trenutku reagirati.
Level 3	Sustav je sposoban samostalno upravljati glavnim funkcijama vozila te samostalno skretati i kretati se u ograničenom prometu. Vozač mora sjediti na mjestu vozača ali može obavljati sporedne zadatke poput tipkanja po mobitelu ili gledanja filma ali mora biti spreman intervenirati u kratkom vremenu ukoliko ga automobil na to upozori.
Level 4	Naprednija verzija Level 3 sustava u kojoj vozač na ograničenom području može čak i spavati ili napustiti vozačko mjesto. Sustav je ograničen na posebna područja opremljena vanjskim senzorskim sustavima i automobil ako se koristi van tih područja parkira sa strane ukoliko vozač ne preuzima kontrolu.
Level 5	Volan je opcija. Ljudska intervencija nije potrebna za upravljanje vozilom.

Danas u prometu već postoje vozila koja posjeduju Level 2 i čak Level 3 sustave autonomne vožnje. Level 4 i Level 5 vozila se intenzivno testiraju te je samo pitanje vremena kada će biti među nama. Prema predviđanjima stručnjaka, to će dovesti do poboljšane sigurnosti u prometu jer će se eliminirati ljudski faktor koji u najvećem broju slučajeva dovodi do nezgoda. Isto tako, ti sustavi će promijeniti svijet kakav poznajemo jer će se razvijati novi poslovni modeli car sharing usluga koji će eliminirati potrebu za posjedovanjem vozila. Isto tako, ako ne posjedujemo vozila nego su ona stalno u pokretu od korisnika do korisnika koji ih naručuje preko aplikacije, eliminira se potreba za velikim brojem parkirališta koja će biti moguće pretvoriti u zelene zone ili sagraditi nove stambene jedinice. Samim time trebala bi se poboljšati kvaliteta života u urbani sredinama.

5. ZAKLJUČAK

Novo zlatno doba električnih vozila je definitivno započelo. Povijest nas uči da su se ljudi i u prvom zlatnom dobu elektro mobilnosti borili sa sličnim problemima kao i mi danas poput cijene i dometa vozila ili nedostatne infrastrukture za punjenje i opterećenja distribucijskog sustava, ali danas je čovječanstvo na puno većem tehnološkom nivou i spremnije je odgovoriti na probleme i zahtjeve koji su stavljani pred njega. Isto tako, početkom stoljeća svijet je bio puno čistiji i nitko se nije brinuo za zaštitu okoliša kao danas. U današnje vrijeme elektro mobilnost više nije jedan od izbora, on je jedina opcija transporta koju imamo ako želimo čistiji i efikasniji svijet. Nove tehnologije i novi poslovni modeli koji proizlaze iz razvoja elektro mobilnosti otvaraju nove poslovne prilike i otvaraju nova radna mjesta. U svemu tome ključna će biti uloga inženjera koji će rješavati probleme koji dolaze i njihova sposobnost da oblikuju novi svijet koji je ispred nas. Proći će još dosta vremena dok električna vozila u potpunosti ne zavladaju prometom, ali to više nije daleka budućnost, to je promjena koja se događa već danas.

6. LITERATURA

- [1] Guarnieri, Massimo, "Looking back to electric cars" – Tehnološka konferencija: Porijeklo elektrotehnologija, Septembar 2012.
- [2] Public Broadcasting service: "Život i smrt električnih automobila " – Juni 2006.
- [3] The Daily Telegraph: "Prvi svjetski električni automobil proizveden od Viktorijanskog izumitelja" London – April 2009.
- [4] earlyelectric.com: "The early electric car site – car companies" – Novembar 2017.
- [5] Kirsch, David A. "Električna vozila i teret povijesti" – New Brunswick, New Jersey – Rutgers University Press. Pp. 153-162. - Juli 2000.
- [6] McMahan, D. "Some EV History / History of Electric Cars and Other Vehicles" – Econogics.com - Novembar 2009.
- [7] Westbrook M. "The Electric Car: Development and Future of Battery, Hybrid and Fuel-Cell Cars" – Institution of Electrical Engineers(UK) & Society of Automotive Engineers (USA) - 2001.
- [8] Shahan, Zachary. "Electric Car Evolution" – Clean Technica - April 2015.
- [9] Henze, Veronica. "Electric Vehicle Outlook" – Bloomberg New Energy Finance - Maj 2018.
- [10] Bannon, Eoin. "Electric surge: Carmakers electric plans across Europe 2019-2025" – Transport & Environment - Jul 2019.
- [11] Irle, Victor. "Europe Plug-in Sales for 2019 H1" – EV-volumes - Jul 2019.
- [12] Logan, Goldie-Scot. "A Behind the Scene Take on Lithium-ion Battery Prices" – Bloomberg New Energy Finance - Mart 2019.
- [13] „ITRES Tool for assessing the technical and economic impact of electric vehicles on distribution networks“, Imperial College London, 26.01. 2014.
- [14] EV Energy. "Energy storage system in Amsterdam ArenA now live!" – interregeurope.eu - Juli 2018.
- [15] Fitzgerald Weaver, John, "The math, and evidence all around you, that shows shared autonomous vehicles powered by solar power and batteries are inevitable" – Electrek.co - Maj 2016.

ULOGA BEŽIČNIH MREŽA PETE GENERACIJE U SMART CITY/ SYSTEMS/BUILDING KONCEPTU

Uglješa Urošević - Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet, Podgorica

KRATAK SADRŽAJ

Četvrta industrijska revolucija vodi ka nizu društvenih, političkih, kulturnih i ekonomskih transformacija koje će se odvijati u 21. vijeku. Oslanjajući se na široku dostupnost digitalnih tehnologija koje su bile rezultat treće odnosno digitalne revolucije, četvrta industrijska revolucija će biti vođena uglavnom konvergencijom digitalnih, bioloških i fizičkih inovacija. Tako vještačka inteligencija, proširena odnosno poboljšana stvarnost, robotika, autonomni sistemi, Internet of Things, taktilni internet, smart systems/building/home/grid itd. čine neke od ključnih osnova za smart city/world ili smart environment koncept.

Neizostavan dio svih spomenutih tehnologija je komunikacioni segment, koji treba da omogući pouzdan prenos velike količine podataka, uz što manje kašnjenje. Imajući u vidu koje je performanse moguće ostvariti uz bežične mreže četvrte generacije, jasno je da se u smart konceptu mora preći na nove komunikacione tehnologije, odnosno petu generaciju. Glavne karakteristike bežičnih mreža pete generacije su 1-10Gb/s konekcije do krajnjih tačaka, 1 ms end-to-end round trip kašnjenje, 1000x propusni opseg po jedinici površine u odnosu na 4G, 10-100x veći broj konektovanih uređaja, 99.999% dostupnost, percepcija od 100% pokrivenosti, 90% manji energetske zahtjevi u mreži i do deset godina trajanje baterije za low power machine-type uređaje.

U ovom radu će se dati uloga i neophodnost mreža pete generacije u smart city/systems/building konceptu, kao i primjer jedne od ključnih 5G tehnologija, masivnih MIMO sistema.

Ključne riječi: bežične mreže, 5G, smart koncept,

1. UVOD

Mobilne radio komunikacije su jedna od najbrže razvijajućih oblasti u telekomunikacijama. Njihov snažan razvoj započinje 1971. godine kada je Bell telephone Company predložila ćelijski (celularni) koncept mobilne radio-mreže. Sistemi prve i druge generacije celularnih mobilnih radio-komunikacionih sistema su prvenstveno bili namijenjeni za prenos signala govora. Mobilni radio-komunikacioni sistemi

treće generacije su omogućili integraciju u prenosu govornog signala i signala podataka. To su prvi mobilni radio-komunikacioni sistemi koji nisu prvenstveno namijenjeni govornim komunikacijama. Sistemi četvrte generacije podrazumijevaju all IP (Internet Protocol) mreže odnosno isključivo paketsku komutaciju, značajno veću spektralnu efikasnost, pružanje širokopojsasnih multimedijalnih servisa, tj. prenos signala veoma velikim brzinama, bez obzira na nivo mobilnosti korisnika. Sistemi pete generacije treba da omoguće 1000 puta veći kapacitet, 10 puta veću spektralnu i energetska efikasnost, 25 puta veću propusnost ćelije, gušću heterogenu mrežu, u poređenju sa mrežama četvrte generacije, zatim brzinu prenosa podataka od 10 Gb/s za malu i 1 Gb/s za veliku mobilnost korisnika, [1]-[3].

Sa druge strane smart city koncept podrazumijeva velike količine podataka koje treba prenijeti i obraditi uz odgovarajući kvalitet servisa koje bežične mreže ranijih generacija generalno ne ispunjavaju. Jedan od generatora razvoja smart koncepta svakako predstavljaju nove komunikacione tehnologije, što se razmatra dalje u radu. U posljednjem poglavlju je dat primjer poboljšanja koje je moguće ostvariti novim bežičnim tehnikama prenosa podataka odnosno masivnim MIMO (Multiple Input Multiple Output) sistemima.

2. SMART KONCEPT I 5G

Četvrta industrijska revolucija podrazumijeva smart koncept, odnosno smart zgrade, smart kuće, smart saobraćaj, smart proizvode, smart logistiku, smart mreže, poboljšanu realnost, vještačku inteligenciju, sa- jber fizičke sisteme, slika 1.



Slika 1. Neki od ključnih karakteristika četvrte industrijske revolucije

Jedna od definicija za Smart City (Boyd Cohen) je: "Pametni gradovi koriste informaciono-komunikacione tehnologije da bi se inteligentnije i efikasnije koristili raspoloživi resursi, što rezultira uštedom troškova i energije, poboljšanim pružanjem usluga i kvalitetom života i smanjenim uticajem na okolinu - a sve to podržava inovacije i low-carbon ekonomiju."

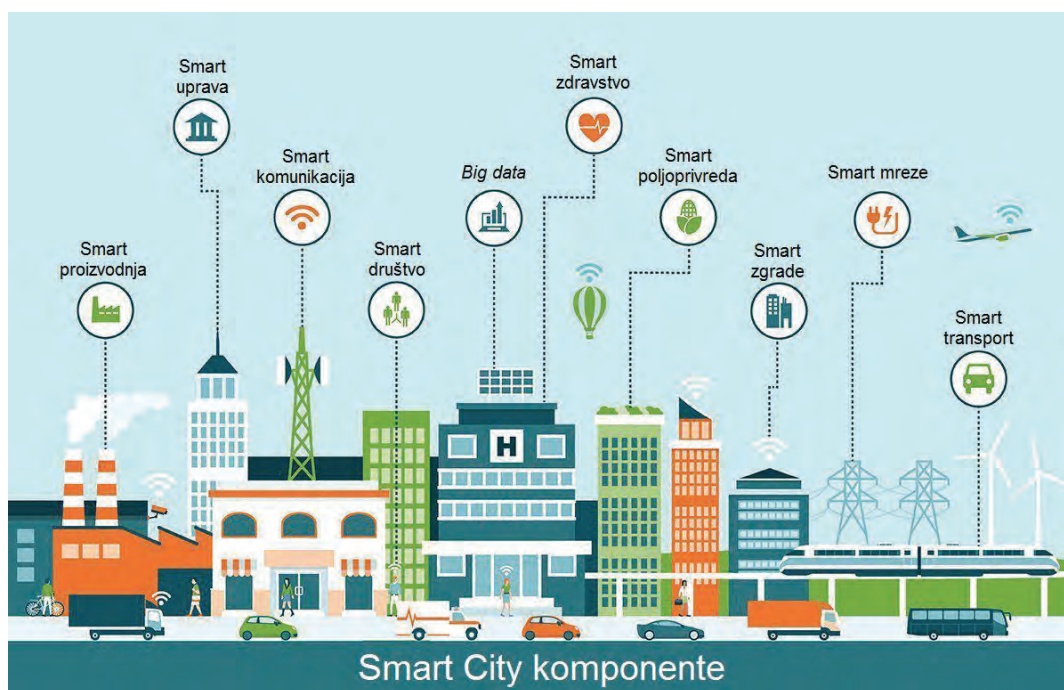
Koncept pametnih gradova nastao je u vrijeme kada se cijeli svijet suočio s jednom od najgorih ekonomskih kriza. 2008. god. IBM je započeo rad na konceptu 'pametnijih gradova' kao dio svoje inicijative za pametniju planetu. Početkom 2009. javljaju se inicijative evropskih gradova za pametnim i boljim javnim prevozom, davanje prednosti biciklizmu, stavlja se fokus na ekološku održivost i rješenja s niskim udjelom ugljenika.

Ubrzana urbanizacija, globalno zagrijavanje i klimatske promjene, povećanje broja stanovnika i potrošnja resursa, dovode do potrebe za rješavanjem problema globalnog okruženja, odnosno do smart elementa u svakom segmentu života.

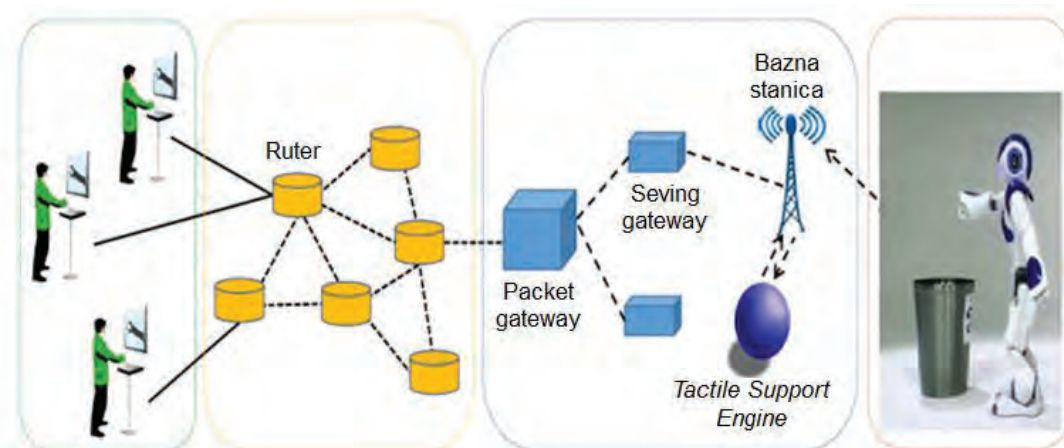
Tako se pod pojmom smart city podrazumijeva, [1]-[3]:

- Pametan stil života (Smart Living),
- Pametne zgrade i kuće (Smart Building & Home),
- Pametni transport (Smart Transportation),
- Pametno korišćenje energetske resursa (Smart Energy, Renewable generation & storage, AMI,PQM,PLM,OMS),
- Pametno upravljanje vodenim resursima (Smart Water Management),
- Pametno upravljanje otpadom (Smart Waste Management, Recycling of waste, residual management, Recovery of waste organics & Energy),
- Pametno obrazovanje (Smart Education, e-Education),
- Pametna uprava (Smart Governance, e-governance),
- Pametno liječenje (Smart Medical Facility, e-Medical),
- Pametne komunikacije (Smart Communications),
- Pametne mreže (Smart Networks),
- Pametan odnos prema životnoj sredini (Environmental Awareness).

Ilustrativni primjeri smart koncepta i aplikacija su dat na slikama 2, 3 i 4.



Slika 2. Primjer smart koncepta



Slika 3. Primjer smart koncepta, tactile internet



Slika 4. Primjer smart koncepta, telehirurgija

Lako se može zaključiti da smart koncept podrazumijeva velike količine podataka koje treba prenijeti u određenim situacijama sa ekstremnom pouzdanošću, ekstremno malim kašnjenjem, odnosno ekstremno velikim brzinama prenosa podataka.

Na primjer, u segmentu smart transporta, prilikom kretanja vozila od 100km/h, kašnjenje u prenosu podataka od više desetina ms ili od 1ms, između senzora, sistema za odlučivanje i aktuatora, znači razliku u mjestu kočenja od više metara. Što nekad može predstavljati granicu između tragičnog ishoda i izbjegavanja udesa. O nepouzdanom prenosu podataka i na osnovu toga pogrešno donijetih odluka u sistemu odlučivanja ne treba ni govoriti.

Dakle, bežične mreže pete generacije, zbog kvaliteta servisa kojeg omogućavaju, postaju neizostavan dio velikog broja smart city aplikacija i servisa, kritičnih po pitanju pouzdanosti, kašnjenja i količine podataka.

Mreže pete generacije se odlikuju time što treba da omoguće širokopojasni broadband pristup, masivni Internet of Things (IoT) i kontrolne servise sa kritičnim elementima. Dakle, ekstremni kapaciteti od 10Tb/s/km², ekstremne brzine prenosa podataka od više Gb/s, ekstremnu mobilnost korisnika, ultra malo kašnjenje manje od 1ms, ultra veliku pouzdanost maksimalno 1 od 100 miliona paketa se gubi, moćnu sigurnost (vlade, finansije, medicinske ustanove...), deep pokrivenost za teške i izazovne lokacije, ultra dugo trajanje baterija više od 10 godina, velika gustina milion mrežnih čvorišta/ km², deep awareness odnosno otkrivanje i samo optimizacija, [4]-[9]. Ključni servisi i karakteristike su dati na slikama 5, 6 i 7.

Unaprijeđeni mobilni broadband

Imerzivno iskustvo, hiper konektivnost

 3D UHD video	 Taktilni internet	 UHD video streaming
 Zahtjevni uslovi, npr. veliki skupovi	 Širokopojasni "fiber" do kuće	 Virtuelna realnost
Ekstremna propusnost multi Gb/s	Ultra malo kašnjenje ispod 1ms, end-to-end kašnjenje	Uniformno iskustvo uz mnogo više kapaciteta

Slika 5. 5G i Unaprijeđeni širokopojasni broadband

Ključne tehnologije koje koje treba da omoguće date aplikacije i karakteristike 5G mreža su masivni MIMO sistemi, device-to-device (D2D) komunikacija, mm talasi, green komunikacije, kognitivni radio, bežične softverski definisane mreže, masivni Internet of Things, virtuelizacije mrežnih funkcija, big data i cloud computing itd. slika 8 i 9.

Klasični MIMO sistemi omogućavaju da se uz korišćenje istih vremensko-frekvencijskih-energetskih resursa poveća pouzdanost prenosa, kapacitet i energetska efikasnost. Odnosno savršeno se uklapaju u smart koncept.

Masivni MIMO sistemi podrazumijevaju još veći broj predajnih i prijemnih antena u odnosu na klasične MIMO sisteme, pri čemu se planira korišćenje frekvencijskih opsega na više desetina i stotina GHz. Na taj način se omogućava praktična realizacija velikog broja antena, imajuću u vidu neophodnu prostornu separaciju između njih koja iznosi minimum pola od talasne dužine.

Novi predlozi MIMO tehnika koje omogućavaju poboljšanja postojećih MIMO sistema su dati u doktorskoj disertaciji [10] i radovima [11]-[16].

Masivni Internet of Things

Povezivanje bilo cega, bilo gdje, jeftinom i efikasnom komunikacijom

Pametni gradovi	Pametni domovi	Pametno mjerenje
Fitness, wearables	udaljeni senzori/aktuatori	Pracenje objekata

Energetska efikasnost višegodišnje trajanje baterije	Mala kompleksnost niska cijena uređaja i mreže	Long range deep pokrivenost
--	--	---------------------------------------

Slika 6. 5G i masivni IoT

Omogucavanje novih mission-critical kontrolnih servisa

Ultra pouzdani komunikacioni linkovi sa ultra malim kašnjenjem

Autonomna vozila	Robotika	Pametne energetske mreže
Industrijska autonomizacija	Avijacija	Medicina

Velika pouzdanost ekstremno mali gubici	Ultra malo kašnjenje ispod 1ms, end-to-end kašnjenje	Velika dostupnost višestruki linkovi za toleranciju ispada i mobilnost
---	--	--

Slika 7. 5G i kritični servisi



Slika 8. Ključne 5G tehnologije



Slika 9. Ključne 5G tehnologije

3. PRIMJER NOVOG DISTRIBUIRANOG MIMO SISTEMA ZA KREIRANJE VIRTUELNOG MIMO KANALA SA OSAM PREDAJNIH ANTENA

Primjenom MIMO sistema sa samo jednim predajnikom i prijemnikom ostvaruju se poboljšanja u odnosu na SISO (Single Input Single Output) modele. Međutim, postoje ograničenja zbog broja antena koje se mogu implementirati, a samim tim postoje i ograničenja u postignutom poboljšanju performansi. Jedno od rješenja za dodatna poboljšanja predstavlja uvođenje novih mrežnih čvorišta koja učestvuju u prenosu podataka, tipa novih baznih, relejnih ili mobilnih stanica, pri čemu se realizuje virtuelni ili distribuirani MIMO sistem koji se ponaša kao klasični MIMO.

U distribuiranim MIMO sistemima postignuti maksimalan broj virtuelnih predajnih i prijemnih antena ne zavisi isključivo od fizičkih dimenzija predajnika i radne frekvencije, već dominantno od broja mrežnih čvorišta koja učestvuju u prenosu. Osim dodavanjem novih mrežnih čvorišta, kooperativna transmisija se realizuje i između već postojećih čvorišta. Na ovaj način, iako nema veće cijene u pogledu broja elemenata u mreži, može doći do usložnjavanja sistema zbog porasta količine podataka koji se razmjenjuju između elemenata u mreži, zbog neophodne podrške kooperativnom prenosu, kao i zbog kompleksnosti algoritama prenosa i obrade velike količine informacija. Očigledno je da treba tražiti kompromis između nivoa kompleksnosti koji je neophodan za podršku određenom vidu kooperativnog prenosa i onoga što se takvom transmisijom može postići.

Kooperativni relejni sistemi sa distribuiranom realizacijom STBC (Space Time Block Codes) kodova su veoma pogodni za praktičnu implementaciju MIMO sistema, dok kooperacija preko relejnih stanica unosi najmanje kompleksnosti u poređenju sa ostalim načinima kooperacije. U [10] su razmatrane ortogonalne i kvazi ortogonalne STBC tehnike, namijenjene za klasične MIMO sisteme kod kojih je predajnik opremljen sa dvije odnosno četiri antene, pri čemu se za veći broj predajnih antena izvodi generalizacija. Pokazano je da se uz manji broj antena po mrežnom čvorištu, u poređenju sa klasičnim

MIMO sistemima, postiže isti red prostornog diversity-ja. Broj prijemnih antena može biti proizvoljan i ne utiče na algoritam prenosa. Red diversity-ja između bazne i mobilne stanice u datim rješenjima je iznosio proizvoljan broj prijemnih antena.

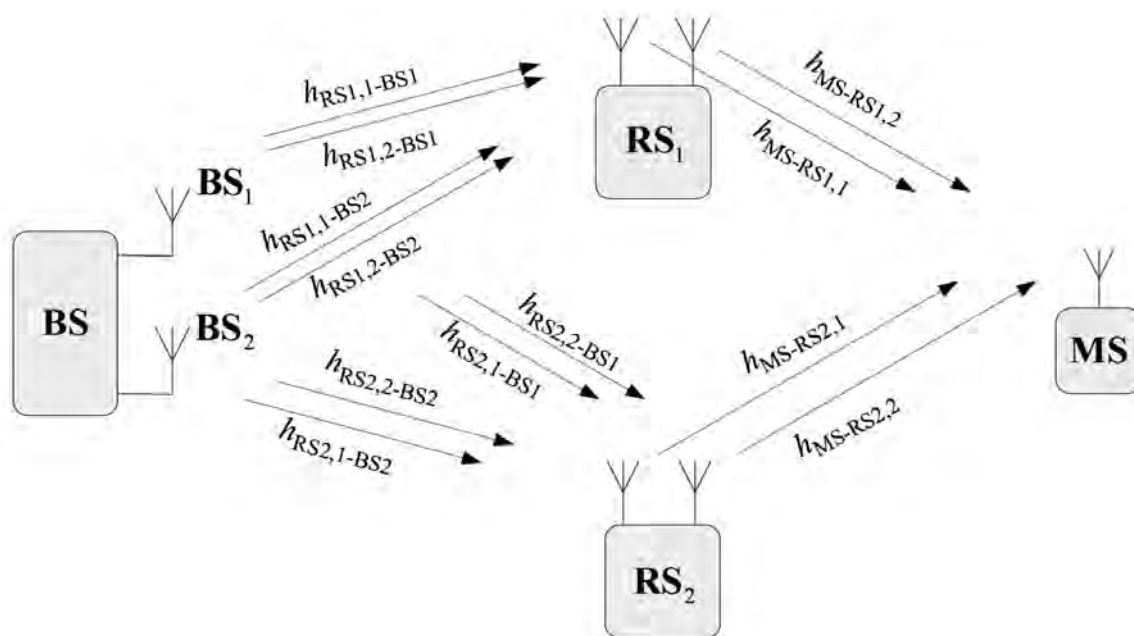
Za ostvarivanje boljih performansi jedan od pristupa je korišćenje STBC tehnika namijenjenih za sisteme sa većim brojem predajnih antena, odnosno ostvarivanje većeg reda diversity-ja. Takođe, pošto se za mobilne mreže pete generacije masivni MIMO sistemi predlažu kao jedna od tehnologija kojom treba ostvariti zacrtane ciljeve, u pogledu kvaliteta servisa rješenja sa velikim brojem antena, oni dobijaju na značaju.

Ovdje je u kratko opisano novo rješenje za distribuiranu realizaciju QOSTBC namijenjenog za MIMO sistem sa osam predajnih antena, [10]:

$$\mathbf{QOSTBC}_8 = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} a_1 & -a_2^* & -a_3^* & a_4 & -a_5^* & a_6 & a_7 & -a_8^* \\ a_2 & a_1^* & -a_4^* & -a_3 & -a_6^* & -a_5 & a_8 & a_7^* \\ a_3 & -a_4^* & a_1^* & -a_2 & -a_7^* & a_8 & -a_5 & a_6^* \\ a_4 & a_3^* & a_2^* & a_1 & -a_8^* & -a_7 & -a_6 & -a_5^* \\ a_5 & -a_6^* & -a_7^* & a_8 & a_1^* & -a_2 & -a_3 & a_4^* \\ a_6 & a_5^* & -a_8^* & -a_7 & a_2^* & a_1 & -a_4 & -a_3^* \\ a_7 & -a_8^* & a_5^* & -a_6 & a_3^* & -a_4 & a_1 & -a_2^* \\ a_8 & a_7^* & a_6^* & a_5 & a_4^* & a_3 & a_2 & a_1^* \end{bmatrix} \quad (1)$$

Ulazni simboli u predajnik su dati sa a_n , $n=1, \dots, 8$. Za svakih osam ulaznih simbola se koristi osam vremenskih slotova.

Predložena je nova šema za distribuiranu realizaciju virtuelnog MIMO kanala, slika 10.



Slika 10. Predloženi sistem za kreiranje virtuelnog 8x1 MISO kanala između bazne i mobilne stanice

Razmatrani model kooperativnog relejnog sistema uključuje jednu baznu, dvije relejne stanice i jednu mobilnu jedinicu. Bazna i relejna stanica su opremljene sa po dvije antene, dok mobilna jedinica ima jednu antenu. Bazna stanica može imati ulogu bilo kojeg predajnika, a relejne stanice ulogu bilo kojeg međuvorišta u smart sistemima.

Predložena tehnika obrade signala podrazumijeva da za svakih osam ulaznih informacionih simbola $a_n, n=1, \dots, 8$, bazna stanica generiše dvije sekvence simbola:

$$\mathbf{BS}_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} a_1 & -a_2^* & -a_3^* & a_4 & -a_5^* & a_6 & a_7 & -a_8^* \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\mathbf{BS}_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} a_2 & a_1^* & -a_4^* & -a_3 & -a_6^* & -a_5 & a_7 & a_8^* \end{bmatrix} \quad (3)$$

Koeficijent mobilnog radio kanala između i -te antene, $i=1,2$, na k -toj relejnoj stanici, $k=1,2$, i j -te antene na baznoj stanici, $j=1,2$, je $h_{RSk,i-BSj}$. Koeficijenti mobilnog radio kanala između mobilne jedinice i i -te antene, $i=1,2$, na k -toj relejnoj stanici je $h_{MS-RSk,i}$.

Prijemna sekvenca simbola na i -toj anteni k -te R stanice je:

$$\mathbf{RS}_{k,i,\text{in}} = \sum_{j=1}^2 \mathbf{BS}_j \cdot h_{RSk,i-BSj} + \mathbf{N}_{RSk,i} \quad (4)$$

$\mathbf{N}_{RSk,i}$ je AWGN matrica na i -toj anteni k -te R stanice:

$$\mathbf{N}_{RSk,i} = [n_{RSk,i,1} \ n_{RSk,i,2} \ \dots \ n_{RSk,i,8}] \quad (5)$$

Ovdje $n_{RSk,i,s}$, $s=1, \dots, 8$ predstavlja AWGN na i -toj anteni k -te R stanice u s -tom vremenskom slotu.

Na prvoj R stanici predajne sekvence simbola su:

$$\mathbf{RS}_{1,1,\text{out}} = \frac{1}{\sqrt{4}} \mathbf{RS}_{1,1,\text{in}} \quad (6)$$

$$\mathbf{RS}_{1,2,\text{out}} = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} -\mathbf{RS}_{1,2,\text{in}}^*(3) & -\mathbf{RS}_{1,2,\text{in}}^*(4) & \mathbf{RS}_{1,2,\text{in}}^*(1) & \mathbf{RS}_{1,2,\text{in}}^*(2) \\ -\mathbf{RS}_{1,2,\text{in}}^*(7) & -\mathbf{RS}_{1,2,\text{in}}^*(8) & \mathbf{RS}_{1,2,\text{in}}^*(5) & \mathbf{RS}_{1,2,\text{in}}^*(6) \end{bmatrix} \quad (7)$$

Za drugu R stanicu predajne sekvence su:

$$\mathbf{RS}_{2,1,\text{out}} = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} -\mathbf{RS}_{2,1,\text{in}}^*(3) & -\mathbf{RS}_{2,1,\text{in}}^*(4) & -\mathbf{RS}_{2,1,\text{in}}^*(1) & -\mathbf{RS}_{2,1,\text{in}}^*(2) \\ \mathbf{RS}_{2,1,\text{in}}^*(7) & \mathbf{RS}_{2,1,\text{in}}^*(8) & \mathbf{RS}_{2,1,\text{in}}^*(5) & \mathbf{RS}_{2,1,\text{in}}^*(6) \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\mathbf{RS}_{2,2,\text{out}} = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} \mathbf{RS}_{2,2,\text{in}}(3) & \mathbf{RS}_{2,2,\text{in}}(4) & -\mathbf{RS}_{2,2,\text{in}}(1) & -\mathbf{RS}_{2,2,\text{in}}(2) \\ -\mathbf{RS}_{2,2,\text{in}}(7) & -\mathbf{RS}_{2,2,\text{in}}(8) & \mathbf{RS}_{2,2,\text{in}}(5) & \mathbf{RS}_{2,2,\text{in}}(6) \end{bmatrix} \quad (9)$$

Prijemna sekvenca na M stanici je:

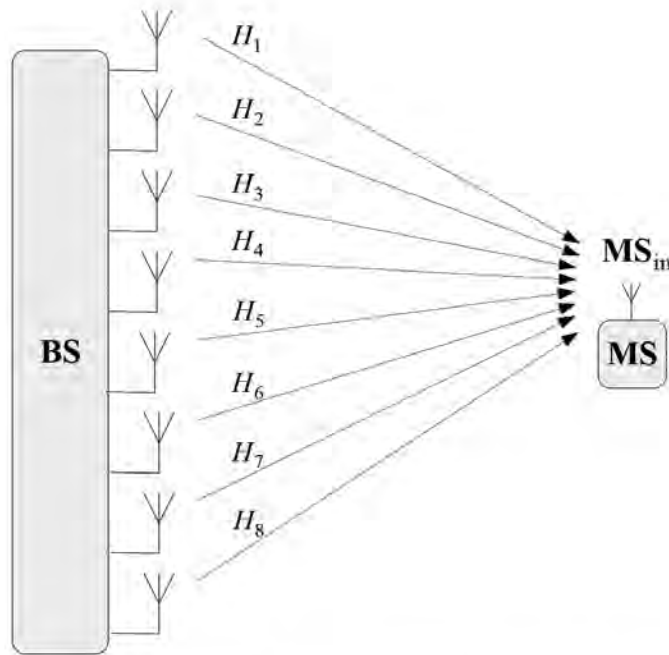
$$\mathbf{MS}_{\text{in}} = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^2 \mathbf{RS}_{k,i,\text{out}} \cdot h_{MS-RSk,i} + \mathbf{N}_{MS} \quad (10)$$

\mathbf{N}_{MS} je AWGN matrica na M stanici:

$$\mathbf{N}_{MS} = [n_{MS1} \ n_{MS2} \ \dots \ n_{MS8}] \quad (11)$$

Na ovaj način kreira se virtuelni 8x1 MISO kanal između bazne i mobilne stanice, slika 11, tj.:

$$\mathbf{MS}_{in}^T = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} a_1 & -a_2^* & -a_3^* & a_4 & -a_5^* & a_6 & a_7 & -a_8^* \\ a_2 & a_1^* & -a_4^* & -a_3 & -a_6^* & -a_5 & a_8 & a_7^* \\ a_3 & -a_4^* & a_1^* & -a_2 & -a_7^* & a_8 & -a_5 & a_6^* \\ a_4 & a_3^* & a_2^* & a_1 & -a_8^* & -a_7 & -a_6 & -a_5^* \\ a_5 & -a_6^* & -a_7^* & a_8 & a_1^* & -a_2 & -a_3 & a_4^* \\ a_6 & a_5^* & -a_8^* & -a_7 & a_2^* & a_1 & -a_4 & -a_3^* \\ a_7 & -a_8^* & a_5^* & -a_6 & a_3^* & -a_4 & a_1 & -a_2^* \\ a_8 & a_7^* & a_6^* & a_5 & a_4^* & a_3 & a_2 & a_1^* \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \\ H_5 \\ H_6 \\ H_7 \\ H_8 \end{bmatrix} + \mathbf{N}^T \quad (12)$$



Slika 11. Virtuelni 8x1 MISO kanal između bazne i mobilne stanice

Virtuelni koeficijenti mobilnog radio kanala između bazne i mobilne stanice su dati sa:

$$H_1 = h_{RS1,1-BS1} \cdot h_{MS-RS1,1} \quad (13)$$

$$H_2 = h_{RS1,1-BS2} \cdot h_{MS-RS1,1} \quad (14)$$

$$H_3 = h_{RS1,2-BS1}^* \cdot h_{MS-RS1,2} \quad (15)$$

$$H_4 = h_{RS1,2-BS2}^* \cdot h_{MS-RS1,2} \quad (16)$$

$$H_5 = h_{RS2,1-BS1}^* \cdot h_{MS-RS2,1} \quad (17)$$

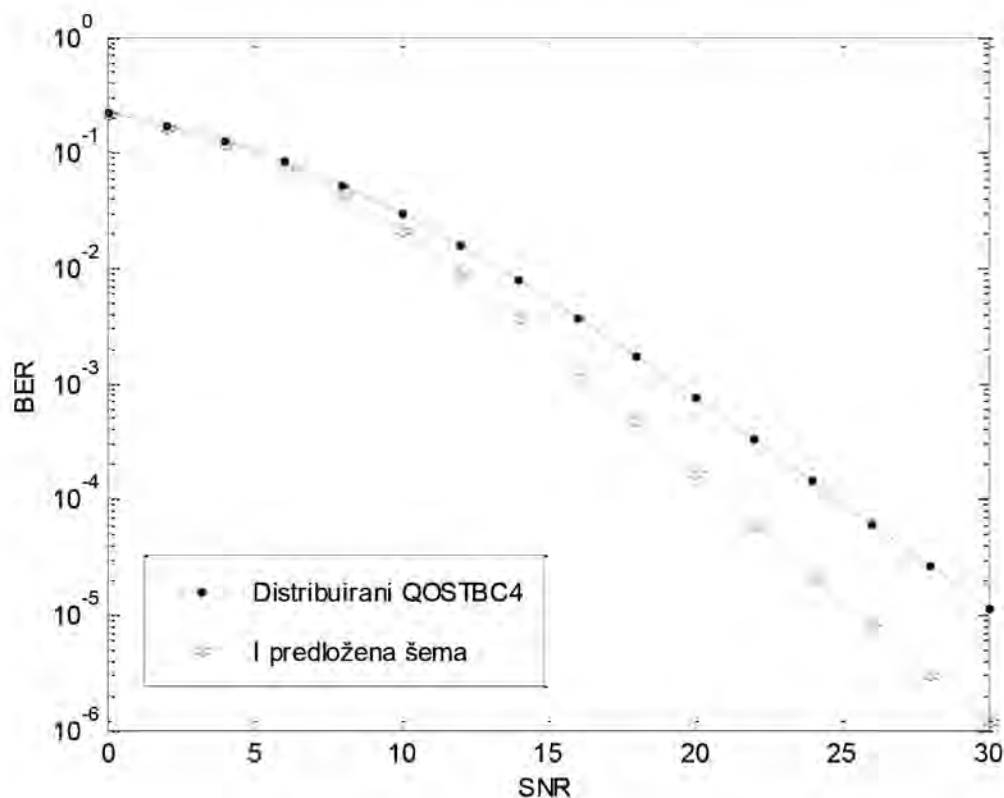
$$H_6 = h_{RS2,1-BS2}^* \cdot h_{MS-RS,21} \quad (18)$$

$$H_7 = h_{RS2,2-BS1} \cdot h_{MS-RS2,2} \quad (19)$$

$$H_8 = h_{RS2,2-BS2} \cdot h_{MS-RS2,2} \quad (20)$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{N} = & \mathbf{N}_{MS} + \frac{1}{\sqrt{4}} \mathbf{N}_{R1,1} \cdot h_{MS-RS1,1} + \\
& \frac{1}{\sqrt{4}} \left[-n_{R1,23}^* \quad -n_{R1,24}^* \quad n_{R1,21}^* \quad n_{R1,22}^* \quad -n_{R1,27}^* \quad -n_{R1,28}^* \quad n_{R1,25}^* \quad n_{R1,26}^* \right] \cdot h_{MR,12} + \\
& \frac{1}{\sqrt{4}} \left[-n_{R2,13}^* \quad -n_{R2,14}^* \quad -n_{R2,11}^* \quad -n_{R2,12}^* \quad n_{R2,17}^* \quad n_{R2,18}^* \quad n_{R2,15}^* \quad n_{R2,16}^* \right] \cdot h_{MR,21} + \\
& \frac{1}{\sqrt{4}} \left[-n_{R2,23}^* \quad -n_{R2,24}^* \quad -n_{R2,21}^* \quad -n_{R2,22}^* \quad n_{R2,27}^* \quad n_{R2,28}^* \quad n_{R2,25}^* \quad n_{R2,26}^* \right] \cdot h_{MR,22}
\end{aligned} \tag{21}$$

Vjerovatnoće greške predložene šeme i distribuiranog QOSTBC za četiri predajne antene, za QPSK, i 64QAM modulacije u funkciji SNR-a po bitu, su date na slikama 12 i 13. Pretpostavljena je idealna estimacija mobilnog radio kanala.



Slika 12. Vjerovatnoća greške po bitu na izlazu iz prijemnika distribuiranog QOSTBC₄ i predloženog postupaka obrade signala (QPSK modulacija, idealna estimacija kanala)

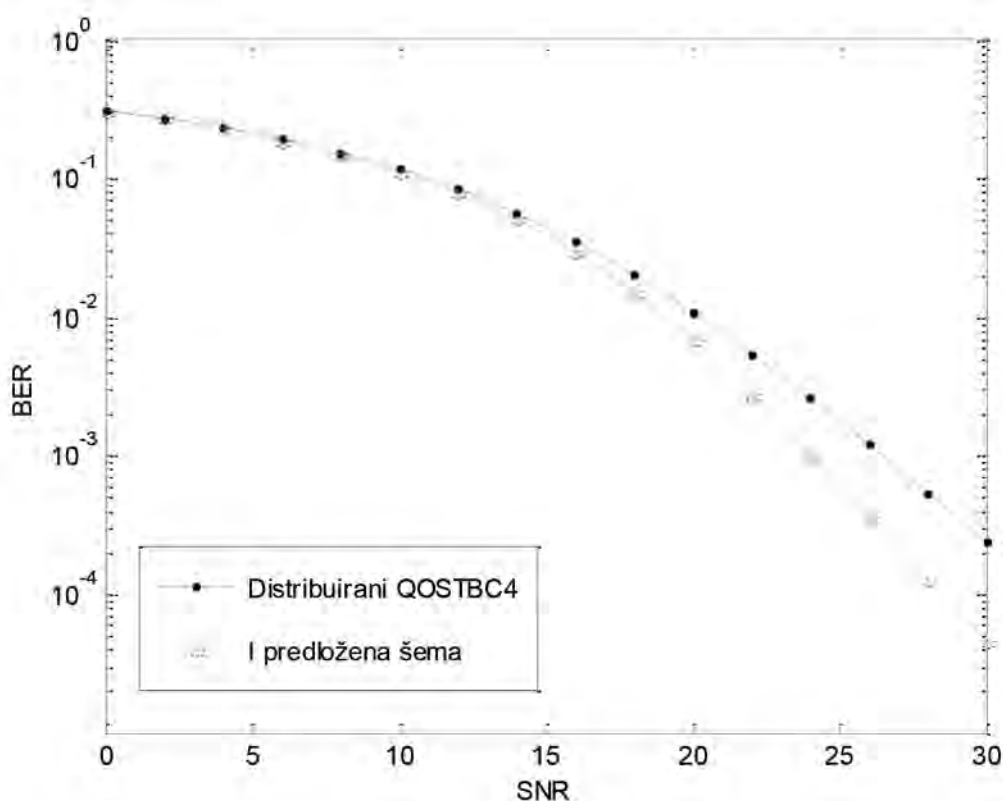
Uočava se da predložena šema pokazuje manju vjerovatnoću greške u poređenju sa virtuelnim QOSTBC₄, što je rezultat većeg reda *diversity*-ja. Takođe, veći SNR dobici se ostvaruju prvom predloženom šemom u poređenju sa drugom. Npr., u slučaju QPSK modulacije i BER vrijednosti od 10⁻⁵, se primjećuje da je za predloženu šemu zahtijevana vrijednost SNR-a manja za 4.7dB u odnosu na distribuirani QOSTBC₄. U slučaju 64QAM modulacije i BER vrijednosti od 10⁻³ zahtijevana vrijednost SNR-a za predloženu šemu je manja za 2.4dB u odnosu na distribuirani QOSTBC₄.

Za predloženo rešenje važi da broj prijemnih antena na mobilnoj jedinici može biti proizvoljan i ne utiče na bilo kakav način na postupak prenosa simbola na baznoj i relejnim stanicama. U slučaju

većeg broja prijemnih antena na mobilnoj jedinici, za svaku predloženu transmisionu šemu i dalje važi isti identičan postupak prijema, obrade i prenosa simbola.

Naravno, još veći broj prijemnih antena bi smanjio vjerovatnoću greške, odnosno masivni MIMO sistemi, npr. reda 16x16, 32x16, 64x16 itd. bi za redove veličina smanjili vjerovatnoću greške.

Ukoliko bi se primjenjivale prostorno-frekvencijske blok tehnike sve predložene transmisionne šeme bi ostale iste, samo bi se umjesto vremenskih slotova koristili različiti frekvencijski podnosioci. Moguće su i prostorno-vremensko-frekvencijske kombinacije, u zavisnosti od karakteristika mobilnog radio kanala. Takođe, predloženo rješenje ne zavisi od primijenjene modulacione šeme.



Slika 13. Vjerovatnoća greške po bitu na izlazu iz prijemnika distribuiranog $QOSTBC_4$ i predloženog postupaka obrade signala (64QAM modulacija, idealna estimacija kanala)

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisana suština smart city kocepta, neophodnost bežičnih mreža pete generacije u tom konceptu, kao i njihove karakteristike i tehnologije.

Dat je i konkretan primjer novog rješenja za realizaciju distribuiranog MIMO sistema, kojim se kreira virtuelni MIMO kanal sa osam predajnih antena. Pri tome broj prijemnih antena može biti proizvoljan, a broj predajnih antena se može analogijom sa predloženom transmisionom šemom povećati. Prikazana su poboljšanja u pogledu manje vjerovatnoće greške odnosno veće pouzdanosti.

Imajući u vidu da su MIMO sistemi, odnosno masivni MIMO sistemi jedna od ključnih tehnologija bežičnih mreža pete generacije, a da su 5G mreže od esencijalne važnosti za veliki broj kritičnih smart servisa i aplikacija, značaj opisanog rješenja dobija na značaju.

LITERATURA

- [1] Z. Sang, K. Li, "ITU-T standardisation activities on smart sustainable cities," IET Smart Cities, vol. 1, no. 1, pp. 3 - 9, August 2019.
- [2] P. Wilson, "State of smart cities in UK and beyond," IET Smart Cities, vol. 1, no. 1, pp. 19 - 22, August 2019.
- [3] Ş. Kolozali, M. Bermudez-Edo, "Observing the Pulse of a City: A Smart City Framework for Real-Time Discovery, Federation, and Aggregation of Data Streams," IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, no. 2, pp. 2651 - 2668, September 2018.
- [4] J. Guey, P. Liao, Y. Chen, A. Hsu, C. Hwang, G. Lin, "On 5G Radio Access Architecture and Technology," IEEE Wireless Communication, vol. 22, no. 5, pp. 2 - 5, October 2015.
- [5] E. Hossain, M. Hasan, "5G Cellular: Key Enabling Technologies and Research Challenges," IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, vol. 18, no. 3, pp. 11 - 21, June 2015.
- [6] D. Soldani, A. Manzalini, "Horizon 2020 and Beyond: On the 5G Operating System for a True Digital Society," IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 10, no. 1, pp. 32 - 42, March 2015.
- [7] S. Sun, B. Rong, R. Qingyang Hu, Y. Qian, "Spatial Domain Management and Massive MIMO Coordination in 5G SDN," IEEE Access, vol. 3, pp. 2238 - 2251, November 2015.
- [8] [H. Qilong, L. Shuang, Z. Hongli, "Mobile cloud sensing, big data, and 5G networks make an intelligent and smart world," IEEE Network, vol. 29, no. 2, pp. 40-45, April 2015.
- [9] S. Schwarz, M. Rupp, "Exploring Coordinated Multipoint Beamforming Strategies for 5G Cellular," IEEE Access, vol. 2, pp. 930 - 946, August 2014.
- [10] U. Urošević, "Rješenja za poboljšanje performansi kooperativnih relejnih sistema sa distribuiranim MIMO tehnikama", doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore, mart 2018. god.
- [11] U. Urošević, Z. Veljović, M. Pejanović-Djurisic, "MIMO Solution for Performance Improvements of OFDM-CDMA System with Pilot Tone", Wireless Networks, ISSN: 1022-0038 (Print Version), ISSN: 1572-8196 (Electronic Version), Vol. 19, Issue 8, pp. 2021-2028, Springer, November 2013.
- [12] U. Urošević, Z. Veljović, M. Pejanović-Djurisic, "A New Solution for Simple Cooperative Relaying", Wireless Personal Communications, ISSN: 0929-6212 (Print Version), ISSN: 1572-834X (Electronic Version), Vol. 75, Issue 2, pp. 1235-1250, Springer, March 2014.
- [13] Z. Veljović, U. Urošević, "Increasing Code Rate of the Cooperative Relaying with Virtual OSTBC", Wireless Personal Communications, ISSN: 0929-6212 (Print Version), ISSN: 1572-834X (Electronic Version), Vol. 83, Issue 1, pp. 399-410, Springer, July, 2015.
- [14] U. Urošević, Z. Veljović, "Improving BER performance of virtual QOSTBC", Wireless Networks, ISSN: 1022-0038 (Print Version), ISSN: 1572-8196 (Electronic Version), Vol. 22, Issue 8, pp. 2649-2657, Springer, November 2016.
- [15] Z. Veljović, U. Urošević, "New Solutions for Cooperative Relaying Implementation of OSTBC with 3/4 Code Rate", Wireless Personal Communications, ISSN: 0929-6212 (Print Version), ISSN: 1572-834X (Electronic Version), Vol. 92, Issue 1, pp. 51-61, Springer, January, 2017.
- [16] U. Urošević, Z. Veljović, "New Solutions for Distributed Realization of 8x1 MISO channel with QOSTBC", Wireless Personal Communications, ISSN: 0929-6212 (Print Version), ISSN: 1572-834X (Electronic Version), Vol. 97, Issue 2, pp. 1799-1812, Springer, November 2017.

IMPLEMENTACIJA BMS/RMS SISTEMA I INTEGRISANIH SISTEMA TEHNIČKE ZAŠTITE NA PRIMJERU KOMPLEKSA PORTONOVI

Vidak Kovačević, Danilo Đalović - Telemont d.o.o., Podgorica

KRATAK SADRŽAJ

U ovom referatu detaljno će biti prezentovana implementacija Building Management System / Room Management System (BMS / RMS) sistema, kao i implementacija integrisanih sistema tehničke zaštite na kompleksu Portonovi. Referat će prikazati sve faze implementacije, počevši od analize prvobitnog tehničkog rješenja, uočavanja mogućnosti unapređenja istog, uvođenje novih tehničkih rješenja kao i samu finalnu implementaciju i puštanje sistema u rad. Prolaskom kroz svaki od segmenata biće predstavljen kratak osvrt na savremene trendove u datoj oblasti, kao i primijer njihove primjene na predmetnom kompleksu.

Ključne riječi: building integration, building management, room management.

1. UVOD

Kao odgovor na potrebe za boljom, efikasnijom i pouzdanijom zaštitom objekata i ljudi u njima, u posljednjih 10 godina dolazi do naglog razvoja sistema tehničke zaštite. S jedne strane, unapređenjem ovih sistema i povećanjem njihove tehnološke funkcionalnosti obezbjeđuje se visok stepen pouzdanosti i robusnosti sistema. Međutim, to istovremeno povećava kompleksnost monitoringa i upravljanja ovakvim sistemima, pogotovo u situaciji kada postoji više različitih sistema tehničke zaštite implementirane na jednom objektu. Drugim riječima, efikasnost sistema je u velikoj mjeri uslovljena ljudskim faktorom, odnosno profesionalno-tehničkim sposobnostima operatera. U cilju prevazilaženja ovog nedostatka, dolazi do razvoja novih software-skih platformi sposobnih da kroz jedan aplikativni software vrše monitoring, upravljanje i međusobno povezivanje više različitih sistema tehničke zaštite. Upravo sposobnost međusobne integracije različitih sistema i postizanja određenog stepena automatizacije među njima, čine ove software idealnim rješenjem za implementaciju na kompleksima sa velikim brojem različitih sistema

i velikim brojem elemenata u njima.

Takođe, tehnologija koja postaje standard pri realizaciji kompleksa sa složenom funkcionalnošću jeste Building Management System (BMS). Ova tehnologija omogućava efikasan i brz monitoring i upravljanje svim tehnološkim sistemima i procesima implementiranim na kompleksu, kroz intuitivno softwaresko okruženje. Benefit ovakvog rješenja jeste automatizacija procesa u cilju optimizacije funkcionalnosti sistema i ostvarenja energetske efikasnosti, kroz integraciju svih tehnoloških sistema, kako mašinskih tako i elektro-energetskih.

U ovom radu, upravo dva ovakava sistema, Bosch Building Integration System (BIS) i Schneider Electric EcoStruxure BMS (Building Management System), će biti prezentovani na primjeru kompleksa Portonovi u Kumboru. Takođe, biće prikazane i objašnjene osnovne tehnologije koje su implementirane u integrisanim sistemima tehničke zaštite – sistemi video nadzora, detekcije požara i kontrole pristupa.

2. SISTEMI TEHNIČKE ZAŠTITE NA KOMPLEKSU PORTONOVI

Kompleks Portonovi lociran je u Kumboru, na prostoru bivše vojne kasarne i prostire se na površini od 26 hektara obuhvatajući 3.5 km morske obale. Građen kao turistički kompleks visoke kategorije, posjeduje preko 200 luksuznih rezidencijalnih jedinica, podzemnu garažu koja se prostire na površini od preko 30.000m², kao i savremenu marinu sa preko 200 vezova. U cilju zadovoljavanja visokih standarda u pogledu sigurnosti, implementirani su sistemi tehničke zaštite u skladu sa aktuelnim tehnološkim standardima.

2.1. SISTEM VIDEO NADZORA

Turistički kompleks Portonovi postavio je visoke zahtjeve i tehničke izazove za rješenje sistema video nadzora, imajući u vidu luksuz samog kompleksa, zaštite ljudi koji u njemu borave kao i skupocjenih materijalnih dobara.

Cilj je obezbjediti klijentu savremeno, skalabilno i dugotrajno rješenje, koje se uklapa u pažljivo dizajniranu arhitekturu kompleksa. Takođe, uzimajući u obzir njegovu veličinu bilo je potrebno isplanirati sistem koji neće ugroziti predviđenu mrežnu infrastrukturu.

2.1.1. POZICIJE KAMERA

Prvi izazov koji se nameće jeste definisati pozicije za instalaciju kamera. Uzimajući u obzir arhitektonski zahtjev da se na fasadama objekta ne postavljaju kamere, jedine dostupne pozicije u većini slučajeva bili su stubovi rasvjete. Ovakav način pozicioniranja zahtijeva implementaciju kamera koje imaju visok dinamički opseg osvijetljenja – WDR (Wide Dynamic Range), usljed velike razlike u osvijetljenosti između pozicije kamere i zone koja se posmatra. Projektovane kamere posjedovale su 57dB WDR što nije bilo adekvatno realnim uslovima montaže kamera. Kako bi se zadovoljio navedeni zahtjev, implementirane su kamere proizvođača Bosch tip Starlight 7000 sa WDR od 100dB.

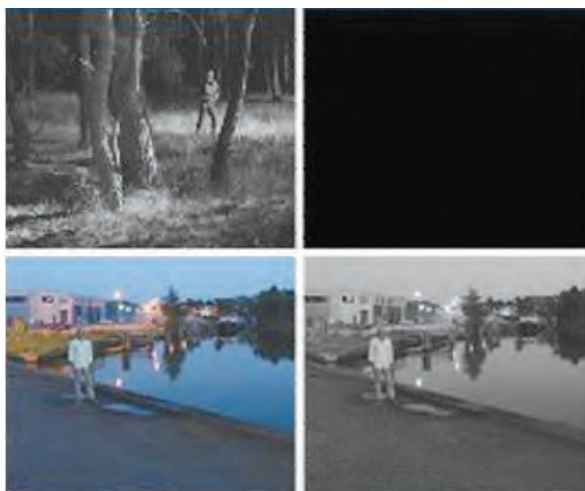


Slika 1. Primjer rada WDR tehnologije [1]

Na slici 1. se može vidjeti da senzor kamere sa WDR opcijom ima sposobnost da osvjetljenje slike prilagođava shodno dubini samog prostora. Odnosno jače osvijetljeni objekti poput ulične rasvjete ili dnevne svjetlosti biće prigušeni dok se svjetlost slabije osvijetljenih objekata pojačava, time dobijajući sliku sa ujednačenim nivoom osvjetljenja bez obzira na realne spoljašnje uslove.

Drugi dio izazova su pozicije koje zahtjevaju visok kvalitet video nadzora u djelovima gdje nema dovoljno osvjetljenja ili postojeće nije dovoljno za konvencionalna rješenja. Najveći broj ovih pozicija je bio vezan za Marinu i perimetar Portonovog, gdje postoji dosta prigušene svjetlosti.

Odabrana kamera omogućava prikazivanje video materijala visokog kvaliteta u boji u uslovima lošeg osvjetljenja, odnosno dovoljan je samo odsjaj nebeskih tijela za snimanje materijala u boji, zahvaljujući implementiranoj Starlight tehnologiji. Ovaj model ima prag osjetljivosti senzora na 0.017 lx, koji omogućava navedeno svojstvo (Slika 2.), u odnosu na projektovanu kameru koja je posjedovala samo 0.3 lx osjetljivost. Ovakav rezultat je postignut zahvaljujući kombinaciji novih CMOS senzora (1/3", 1312x1069 piksela) i softverskog algoritma za prigušivanje šuma.



Slika 2. Primjer rada Starlight tehnologije [1]

2.1.2. VIDEO ANALITIKA

Usljed veličine samog sistema video nadzora na kompleksu, preko 350 kamera, a u cilju ostvarenja svoje primarne svrhe preventivnog djelovanja i pravovremenog upozoravanja operatera na opasnost, u sistem video nadzora je bilo potrebno uvesti princip video analitike, koji nije bio predviđen projektovanim rješenjem. Implementirano je rješenje Intelligent Video Analytics ili iVA. Koncept podrazumijeva da se na kameri odvija cijeli proces analize video materijala i da gotove prerađene podatke (metadata) i video materijal kamera šalje direktno u sistem, bez potrebe za daljom obradom podataka. Na ovaj način, opterećenje centralnog dijela sistema svedeno je na minimum

Funkcije koje su implementirane kroz iVA tehnologiju:

- Detekcija obijanja: Kamera prepoznaje nagle promjene okoline koje sugerišu na namjerno ometanje njenog vidnog polja, kao što su fizičko prekrivanje ili pomjeranje kamere i zasljepljivanje kamere izvorom svjetlosti.
- Detekcija provale: Prisutnost u zabranjenoj zoni ili probijanje definisane virtuelne barijere.
- Zaštita imovine: Označavanje objekata koji treba da su nepomični. Njihovo uklanjanje sa pozicije će aktivirati alarmno stanje kamere.
- Praćenje plovila: Praćenje objekata na vodi i u nepovoljnim uslovima.
- Detekcija unešenog objekta: Ako se u vidno polje unese objekat (na primjer kofer ili paket) koji ostane nepomičan nakon unošenja, pokreće se tajmer sa predefinisanim vremenom. Kada vrijeme istekne aktivira se alarm. Tako da ako se predmet unese i ostavi u polju, nakon definisanog vremena upaliće se alarm kamere.

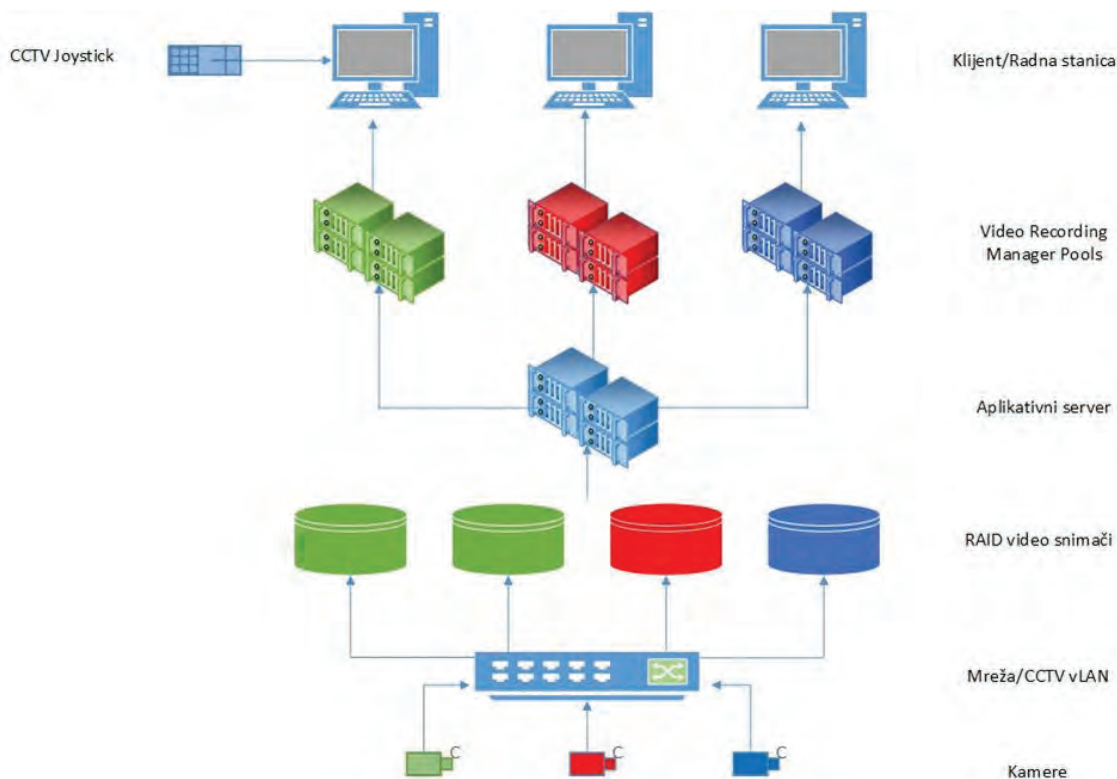
- Nagle promjene: Kao što su nagle promjene pravca ili veličine i brzine objekta.
- Prelazak granice ili zone: Funkcija koja se može iskoristiti kao zaštita perimetra ili u svrhu brojanja ljudi koji su prešli zamišljenu liniju ili borave u definisanoj zoni.

2.1.3. CENTRALNI DIO SISTEMA VIDEO NADZORA

Koncept video nadzora kao sistema tehničke zaštite zahtjeva nepogrešivost kad je riječ o snimanju video materijala preuzetog sa kamera. Shodno zahtjevima klijenta, sistem mora biti projektovan da podnese snimanja u definisanom vremenskom okviru u traženom kvalitetu snimljenog materijala. Nakon definisanja uslova snimanja potrebno je definisati arhitekturu sistema i njegove kapacitete, pritom ne ugrožavajući vertikalnu i horizontalnu skalabilnost sistema.

Na slici 3. prikazana je arhitektura centralnog sistema videonadzora implementiranog na kompleksu. Osnovu sistema čine kamere, povezane na mrežne komutatore sa različitim čvorišta u jednu virtuelnu mrežu. Kamere šalju video materijal "spakovan" pomoću H.265 kompresije za najbolji odnos kvalitet/veličina paketa.

Na istoj mreži sa kamerama su i mrežni video snimači Bosch serije DIVAR 6000, ukupnog kapaciteta 120TB kako bi podržali snimanje 350 kamera za 30 dana. Snimači su opremljeni diskovima RAID 5 i RAID 6 (Redundant Array of Independent Disks) topologije.



Slika 3. Arhitektura centralnog sistema video nadzora [1]

RAID 5 diskovi garantuju da se podaci neće izgubiti ukoliko se desi da jedan disk otkáže zbog kvara ili održavanja. Minimalno zahtjevana potreba je za tri diska koja čuvaju podatke i jedan disk koji nosi bitove parnosti. U slučaju oštećenja jednog diska koriste se bitovi parnosti i ostali diskovi kako bi se podaci vratili. U slučaju da je oštećen upravo disk sa bitovima parnosti, sistem će na osnovu prethodnih diskova napraviti novu sekvencu bitova parnosti.

RAID 6 koristi identičan princip, sa tim što dodavanjem još jednog diska u nizu dobija se mogućnost oštećenja do dva diska bez gubitka podataka.

Pristup snimačima se definiše iSCSI (Internet Small Computer Systems Interface) protokolom. Pravila

komunikacije su da kamera ili operater preko klijenta budu inicijatori komunikacije odnosno snimanja materijala. Na taj način se omogućava da kamere snimaju samo kada je potrebno ili kada je alarm aktiviran (ili to zahtjeva korisnik), čime se štedi prostor na diskovima.

Aplikativni server je server sa instaliranim BVMS (Bosch Video Management System) softverom za upravljanje sistemom. BVMS se koristi kao konfigurator i operater/klijent sistema. U režimu konfiguratora glavnu ulogu ima VRM (Video Recording Management).

VRM je softverski posrednik između korisnika, snimača i samih kamera. Glavna uloga je da upravo preko iSCSI protokola odgovara na zahtjeve korisnika, upućuje kamere da snimaju na određenom snimaču (ili dijelu jednog snimača), prikazuje live stream kamere ili upućuje snimače da prikažu snimak određene kamere.

Jedna od najznačajnijih uloga VRM-a jeste definisanje načina snimanja podataka, odnosno mogućnošću da materijal ravnomjerno rasporedi na sve diskove / snimače u sistemu. Dodavanjem novog snimača u sistem (pod istim VRM-om), VRM će početi da ispisuje po novom snimaču materijal sa ostalih snimača, kako bi ravnomjerno rasporedio opterećenje uređaja, kako samih diskova tako i iSCSI zahtjeva. Time se stiče i redukcija u snimanju materijala.

Budući da je VRM softverski koncept, dozvoljava i raslojavanje istih fizičkih resursa na virtuelnom nivou (slika 3).

Takođe, omogućeno je definisanje takozvanih "bazeni" po kojima se dijele kamere i snimači za različite korisnike. Pri tom se sve upravlja sa istog VRM-a, odnosno aplikativnog servera.

Postoje i dva pomoćna tipa VRM-a odnosno načina njegovog definisanja, a to su:

- Failover VRM: služi kao podrška (1 na 1) za drugi VRM. U slučaju greške ili pada glavnog VRM-a, failover VRM će preuzeti njegovu funkciju. Sve dok glavni VRM funkcionise fVRM je faktički uspavan (na stand by).
- Sekundarni VRM: predstavlja kopiju glavnog VRM-a. Moguće je definisati da samo grupa kamera snima na oba VRM-a ili da stream 1 svih kamera snima na prvom VRM-u a stream 2 na drugom. Služi kao dodatan vid redukcije.

VRM sa svojim osobinama osigurava veliku pouzdanost sistemu a opet ostaje fleksibilan za proširenja i podjele među korisnicima, pritom ne zahtijevajući dodatni hardver.

2.1.4. KAMERE SPECIJALNE NAMJENE

Usljed kompleksnih zahtjeva projekta, na Portonovi kompleks su implementirane i određene kamere specijalne namjene, kao što su:

- Kamere sa sočivom od 360 stepeni: Kako kompleks ima veliki broj ulaza gdje se ukrštaju prolazi, stepeništa i lift, u ovakvim prostorima idealna je upotreba takozvanih fisheye ili panoramskih 360 stepeni kamera koje omogućavaju da se jednim uređajem pokriju svi prilazi jedne takve prostorije.

Model u upotrebi je Bosch NIN-70122-F0A sa senzorom od 12MP.

Kamera je opremljena iVA tehnologijom, tako da je pogodna za definisanje tehničkih prostorija kao zabranjen prostor i za detektovanje gužvi na stepeništu ili liftu.

- Point-Tilt-Zoom kamera: Omogućava korisniku da kontroliše vidno polje kamere usmjeravajući njena sočiva.

Model u upotrebi je Bosch MIC 7000i, sa 30x optičkim i 6x digitalnim uvećanjem slike.

Kamera je opremljena Starlight i iVA tehnologijom sa unaprijeđenom varijantom koja joj omogućava da prati i fiksira definisanu metu koja je u pokretu. Pri tome završava sve sposobnosti video analitike i definisanja alarmnih stanja.

Takođe, kameru je moguće postaviti u režim patrole, tako da naizmjenično snima definisane sektore. Ukoliko detektuje pokret, moguće je definisati automatsko praćenje mete tokom patrole.

- Kamere za detekciju požara: U cilju unapređenja sistem za detekciju požara, savremene tehnologije detekcije se sve više oslanjaju i na primjenu sistema video nadzora. Implementiranje inovativnih

tehnologija na polju video analitike donjela je razvoj AVIOTEC modela kamera koje su sposobne za ranu detekciju dima i vatre.

Kamera posjeduje posebnu verziju iVA analitike koja analizira promjene u okruženju. Dim ima specifične algoritme po kojima se njegove čestice kreću kroz prostor. Implementirane kamere prepoznaju ove algoritme i time anuliraju lažne alarme, kao što su dim cigarete ili oblak prašine.

Pri samoj pojavi dima, kamera će prvo upozoriti operatera na dešavanja u njenom vidnom polju (bez alarmnog stanja). Nakon pojave plamena ili uvećanja dimne zavjese (u definisanim okvirima) kamera će alarmirati operatera ili ukoliko je definisano reagovati sa drugim sistemima.

Ovakva tehnologija, još uvijek ne može da zamijeni klasične zakonski definisane sisteme zaštite od požara, ali se može uspješno koristiti kao rana detekcija prije nego se požar proširi.

2.2. SISTEM KONTROLE PRISTUPA

Sistem kontrole pristupa predstavlja jedan od esencijalnih sistema tehničke zaštite.

Rastuća potreba za restrikcijom pristupa zgradama ili zonama, fleksibilnim evidencijama radnog vremena i prilagođavanja raznim vrstama elektro-prihvatnika i drugih sistema zaključavanja, stvara potrebu za jednostavnim i robustnim rješenjem sistema kontrole pristupa.

Uzimajući u obzir veličinu i kompleksnost projekta Portonovi, izabran je sistem kontrole pristupa proizvođača Bosch Security, zasnovan na Wiegand i MiFire tehnologijama.

2.2.1 MIFIRE TEHNOLOGIJA KOMUNIKACIJE

MiFire je tehnologija zasnovana na ISO/IEC 14443 tip A standardu i koristi frekvenciju od 13,56 MHz. Standardna enkripcija je zasnovana na AES i DES/triple DES standardima.

Prednost MiFire tehnologije jeste korišćenje jedne multifunkcionalne kartice za više različitih sistema bez ugrožavanja bezbjednosti podataka korisnika. AES i DES/triple metode enkripcije osiguravaju tu činjenicu baš kao i metod rada Bosch sistema kontrole pristupa.

Implementirani sistem ne upisuje podatke korisnika na kartici, već koristi jedinstven identifikacioni kod kartice kako bi kreirao bazu podataka korisnika odnosno njihovih kartica. Drugim riječima, na samoj kartici nema nikakvih podataka o korisniku, time ne dozvoljavajući zloupotrebu istih. Takođe, jedinstveni identifikacioni broj kartice nije moguće iskopirati i zloupotrijebiti na taj način.

Kartica neće emitovati svoj kod sve dok ne uđe u polje djelovanja čitača i ne dobije zahtjev za komunikaciju. Tek kada se uspostavi komunikacija, kartica predstavlja svoj kod čitaču i time ne dozvoljava mogućnost kopiranja kartice.

Jedina mana ovakvog sistema jeste što zbog same frekvencije prenosa i načina implementacije čitača, ne dozvoljava prenose odnosno očitavanja na velikoj udaljenosti od čitača. Tačnije direktan razmak između čitača i kartice ne može biti veći od 7cm. Postoje rješenja sa aktivnim predajnicima na kartici korisnika ali su u većini primjena nepraktična.

2.2.2 WIEGAND INTERFEJS

Wiegand tehnologija podrazumijeva način enkripcije i propagacije signala između čitača i njegovog kontrolera. Wiegand enkripcija je varijanta standardnog 26-bitnog formata enkripcije. Identifikacioni kod kartice je "poruka" (payload informacije) kojoj prednjače bit parnosti i serija bitova koji označavaju proizvodnu seriju kartice.

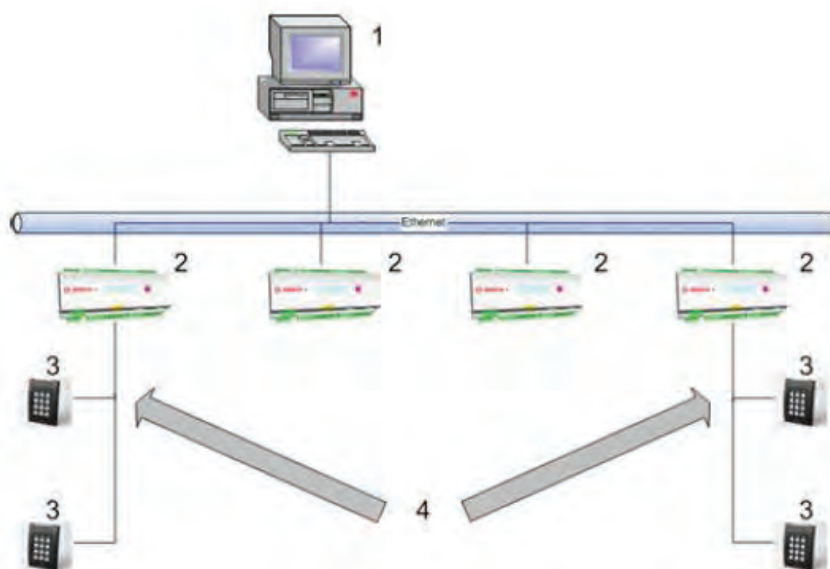
Kako bi se optimizovao prenos Wiegand formata koristi se za to definisani Wiegand interfejs koji koristi tri kanala komunikacije (žice provodnika). Data 0 prenosi samo nule koda, Data 1 prenosi samo jedinice i Data Return kojim se potvrđuje ispravan prijem signala (ACK signal). Princip je dakle da se binarni kod kartice očita čitačem koji ga translira u string jedinica i nula (Wiegand kod) koji kontroler

potom obrađuje.

2.2.3 STRUKTURA BOSCH SISTEMA KONTROLE PRISTUPA

Sistem kontrole pristupa Bosch je baziran na MiFire i Wiegand tehnologiji i modularnim kontrolerima. Struktura kontrolera je takva da u standardnom izdanju posjeduje četiri Wiegand interfejsa gdje je svakom od njih dodijeljeno po dva ulaza i dva izlaza koji mogu biti bežnaponski kontakti ili releji. To znači da sa jednim kontrolerom možemo obuhvatiti četiri čitača (četvoro vrata) sa pratećim elementima: elektro-prihvatom, magnetinim kontaktom, tasterom za izlaz, interofnom, itd. Zahvaljujući modularnoj strukturi moguće je duplirati broj svih interfejsa jednog kontrolera, dodavanjem ekstenzionog modula.

Kontroleri posjeduju RJ45 izlaz kojim komuniciraju sa lokalnom mrežom odnosno serverskom i klijent aplikacijom. Strukture implementiranog rješenja prikazana je na slici 4.



Slika 4. Arhitektura sistema kontrole pristupa [1]

Neke od najbitnijih karakteristika ovog sistema su:

- Mogućnost realizacije kompletnog sistema tehničke zaštite kroz integraciju sa ostalim segmentima sigurnosnog sistema. Zahvaljujući implementiranim tehnologijama kao što su SDK (Software Developer Kit), OSDP (Open Supervised Device Protocol) i OPC (Open Platform Communications) dozvoljava i integraciju third-party rješenja.
- Softverska skalabilnost, koja omogućava prelaz sa jednostavnih rješenja kao što je APE (Access Professional Edition) na moćnije varijante kao što je BIS ACE (Building Integration System Access Control Engine), koristeći iste hardverske komponente sistema.
- Dodatni nivo sigurnosti Master Access Controller koji između radne stanice i kontrolera osigurava komunikaciju i razmjenu podataka čak i u slučaju ispada radne stanice.
- Bosch kontroleri imaju sposobnost autonomnog rada i čuvanja podataka u slučaju ispada napajanja ili offline režima rada. Na ovaj način kontroler može nastaviti da funkcioniše i sakuplja zapise kojih može biti i do dva miliona.

Implementirana arhitektura omogućava centralizaciju kontrolera u tehničkim prostorijama kompleksa, time omogućavajući dodatni nivo sigurnosti, za razliku od projektovanog rješenja, gdje su zbog primjene drugačije tehnologije, kontroleri bili locirani u spuštenu plafonu iznad samih vrata, gdje su bili lako dostupni i podložni sabotazi.

Na projektu Portonovi implementirano je 164 kontrolera kontrole pristupa i 520 čitača kartica. Koristi

se Mifire tip kartica i Wiegand komunikacioni protokol između čitača i kontrolera. Kontroleri su putem Ethernet bakarnih kablova spojeni na lokalnu mrežu određenog dijela kompleksa, a potom putem optičke infrastrukture svi kontroleri, zajedno sa radnim stanicama i serverima, spojeni su na jedinstveni vLAN kontrole pristupa. Na kompleksu postoji sedam operatera / radnih stanica koje se koriste za upravljanje i monitoring sistema kontrole pristupa.

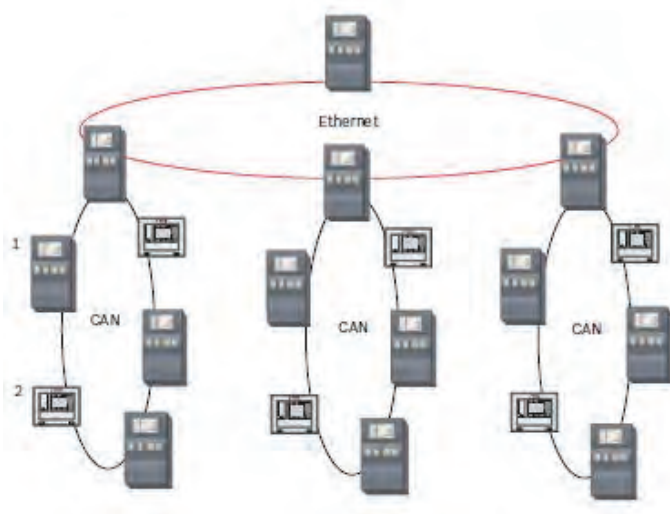
2.3. SISTEM DETEKCIJE POŽARA

Sistem detekcije požara jedan je od sistema tehničke zaštite koji na najdirektniji način utiče na bezbjednost objekata i ljudi u njima, i kao takav regulisan je strogim međunarodnim standardima EN54 i NFPA. Dva su osnovna dijela svakog sistema detekcije požara, a to su centralni panel i periferni elementi. Na kompleksu Portonovi implementiran je Bosch FPA 5000 modularni centralni panel, dok su za periferne elemente odabrani detektori iz serije Avenar 4000.

2.3.1 CENTRALNI PANEL SISTEMA DETEKCIJE POŽARA

Zahvaljujući svojoj modularnoj strukturi, FPA 5000 panel se nametnuo kao idealno rješenje za primjenu na kompleksu, jer može biti korišćen kako za objekte sa manjim brojem elemenata (jedna do dvije adresabilne petlje), tako i za objekte na kompleksu sa velikim brojem elemenata (do 12 adresabilnih petlji). Panel je sertifikovan shodno tekućim standardima uključujući i posljednje verzije EN54-2 i EN54-4 standarda.

Primjenom CAN i Ethernet interface-a, više panela može biti umreženo u jedinstven sistem, koristeći konfiguracije sa jednom ili više CAN petlji (slika 5).



Slika 5. Primjer interkonekcije više FPA 5000 panela [1]

Kombinacija CAN i Ethernet protokola omogućava implementaciju složenih mrežnih topologija sa velikim brojem konektovanih panela – do 31 panela mogu biti umrežena u jedinstvenu mrežu. Uzimajući u obzir da je maksimalni broj perifernih elemenata po panelu 2048, dolazi se do broja od 63.488 elemenata u sistemu, što ovakvo rješenje čini idealnim za implamentaciju na kompleksima sa velikim brojem decentralizovanih panela i velikim brojem elemenata na njima – kakav je upravo kompleks Portonovi.

Koristeći Ethernet interface, sistem može biti konetkovan na Building Management System, preko OPC servera.

Još jedna od tehnologija koja je karakteristična za FPA 5000 panele jeste i LSN (Local Security Network), bus komunikacija patentirana od strane Bosch Security. LSN tehnologija dozvoljava fleksibilnost u topologiji sistema, pružajući mogućnost definisanja petlji ili stablo topologije. Navedena fleksibilnost je

omogućena bidirekcionom komunikacijom između panela i perifernih elemenata sistema. Na ovaj način, moguće je pratiti status svakog pojedinačnog elementa u sistemu, automatsko adresiranje elemenata sistema i pruža otpornost sistema na do jedan prekid ili grešku u petlji.

2.3.2 PERIFERNI ELEMENTI SISTEMA DETEKCIJE POŽARA

Trend implementacije kompleksne tehničke infrastrukture pri realizaciji savremenih objekata dovodi do povećanja elektromagnetnog zagađenja sredine. Upravo ovo zagađenje predstavlja izazov u radu sistema detekcije požara jer prema posljednjim istraživanjima do 20% lažnih alarma je posljedica elektromagnetne indukcije. Prilikom dizajniranja Avenar 4000 serije detektora, uzete su u obzir navedene činjenice, kako bi se proizveo detektor požara sposoban da podnese značajnu elektromagnetnu indukciju. Uzimajući u obzir tehnološku složenost kompleksa Portonovi i količinu elektromagnetne indukcije, upravo primjena ovakve tehnologije se nameće kao optimalna, za razliku od projektovanog rješenja koje je bilo osjetljivo na ovakav vid smetnji.

Pri detekciji požara, navedeni detektori se oslanjaju na dvije tehnologije: Dual Ray i ISP (Intelligente Signal Processing) tehnologije koje omogućavaju visoku pouzdanost u detekciji požara, smanjujući pri tome vjerovatnoću lažnog alarma.

Oko 24% lažnih alarma izazvano je vidljivim smetnjama kao što su prašina, isparenja ili dim cigareta. Dual Ray tehnologija anulira ovakve smetnje analizirajući rasijanja svijetlosti unutar detekcione komore detektora požara. Naime, čestice dima imaju karakterističan spektar rasijanje svijetlosti i na osnovu ove karakteristike detektor odlučuje da li je u pitanju stvarni ili lažni alarm. U pozadini ove tehnologije nalazi se primjena dva različita izvora LED svijetlosti sa infracrvenog i plavog dijela spektra, čijom kombinacijom se postiže veoma visoka pouzdanost u ispravnu detekciju požara.

ISP tehnologija zasnovana je na prepoznavanju karakterističnog algoritma disperzije dima u prostoru. Kombinacijom informacija sa susjednih detektora i nivoa detekcije dima na njima, sistem je u sposobnosti da veoma pouzdano identifikuje požar i prije dostizanja kritičnog praga detekcije na pojedinačnom elementu. Ova karakteristika čini ISP tehnologiju široko primjenjivom za brzu i pouzdanu detekciju požara.

2.3.3 STRUKTURA BOSCH SISTEMA DETEKCIJE POŽARA

Sistem detekcije požara na kompleksu Portonovi se zasniva na implementaciji gore definisanih tehnologija. Sistem se sastoji iz 22 umrežena FPA 5000 panela sa preko 5.000 Avenar 4000 perifernih elemenata. Ovakav način umrežavanja omogućava centralizovano upravljanje i monitoring sistemom. Sistem detekcije požara je integrisan sa ostalim tehničkim sistemima: kontrola pristupa – oslobađanje puteva evakuacije u slučaju požara u definisanoj zoni; liftovi – spuštanje liftova na nivo evakuacije i sprječavanje njihovog daljeg pozivanja; startovanje sistema nadpritisaka u tamper zonama; upravljanje sistemom ventilacije i odimljavanja; praćenje statusa sprinkler sistema; slanje informacija na BMS sistem.

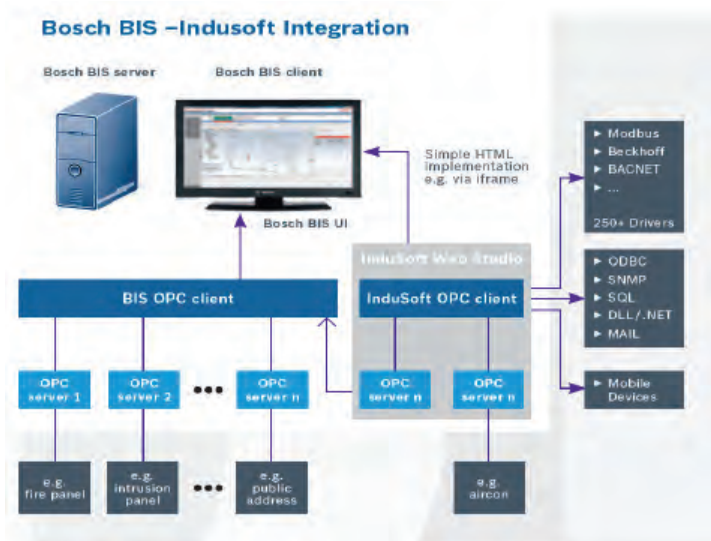
2.4 SISTEM INTEGRACIJE BIS

BIS predstavlja centralizovanu software-sku platformu za nadzor i upravljanje svih sistema tehničke zaštite na kompleksu. Ovakva platforma omogućava blagovremeno i optimizovanu reakciju sistema na alarmno stanje, što je jedan od osnovnih zahtjeva pri implementaciji kompleksnih sistema tehničke zaštite.

Koristeći standardizovane opet IT standarde kao što su OPC, SML i HTML, BIS sistem se jednostavno integriše sa ostalim sigurnosnim ili BMS sistemima, što doprinosi većoj optimizaciji i automatizaciji tehnoloških procesa na kompleksu. U slučaju alarmnog stanja, sistem prikazuje poziciju alarma na mapi kao i set instrukcija za dalje postupke operatera za definisanu alarmnu situaciju. Radi bolje preglednosti

sistema, mapa prikazuje simbole perifernih uređaja kao i audio signalizaciju u cilju bržeg lociranja uzroka alarmnog stanja. Moguće je definisati eskalacioni scenario u cilju pravovremene i ispravne reakcije operatera. Mape su bazirane na vektorskim formatima čime se ne gubi rezolucija slike prilikom njenog uvećavanja.

Usljed činjenice da je sistem baziran na OPC protokolu, moguća je integracija BIS preko velikog broja standardnih protokola kao što su EIB, LON, Profibus i BACnet – slika 6.



Slika 6. Princip komunikacije BIS sistema [1]

Svi događaji i aktivnosti operatera se bilježe u sistemu bez mogućnosti naknadne modifikacije zapisa, čime se štite podaci od zloupotrebe. Zapisi se lako pronalaze i čitaju zahvaljujući filterima pretrage i mogućnosti eksportovanja podataka u .CSV formatu.

Jedna od glavnih karakteristika BIS-a jeste mogućnost da se prilagodi potrebama i zahtjevima klijenta. Zapravo sam koncept BIS-a nastao je kao odgovor na potrebe savremenih tržišnih trendova kao što su:

- Uvećanje kompleksnosti sistema tehničke zaštite,
- Pojava novih tehnologija i standarda.

Ove potrebe riješene su integracijom sistema tehničke zaštite pod jednom softverskom strukturom čime se pojednostavljuje njihovo korišćenje i objedinjavanjem standardizovanih open-source protokola sa zaštićenim protokolima koje koriste sistemi tehničke zaštite.

2.4.1 BIS OSNOVNI MODUL

BIS sistem se sastoji iz više različitih modula gdje je svaki od modula zadužen za različite funkcionalnosti u okviru sistema.

Osnova BIS koncepta je BIS Osnovni Modul (BIS Basic Package). Ovaj modul se može implementirati na standardnom Windows serveru, samostalno ili u sklopu sa ostalim modulima. Koristeći OPC standard, povezuje ostale module sistema u okviru BIS-a pružajući osnovne funkcionalnosti kao što su:

- Obrada alarmnih poruka i prikazivanje alarma (obrada do 5000 istovremenih alarmnih poruka),
- Pruža podršku mapama vektorskog formata,
- Direktna kontrola i monitoring svih perifernih elemenata sistema, putem animiranih simbola na mapama,
- Pruža mogućnost dokumentacije svih događaja uključujući i primljene poruke i preduzete korake od strane operatera,
- Omogućava primjenu plana reagovanja odnosno daje set instrukcija operateru u slučaju alarmne

situacije.

Jedna od karakteristika ovog sistema jeste mogućnost da prikaže takozvane akcione planove, odnosno set instrukcija operateru u slučaju eskalacije neke incidentne situacije. Ovaj set instrukcija se odnosi na prikazivanje preciznih uputstava kako operater treba da reaguje u datoj situaciji. Istovremeno, sistem automatski reaguje i preduzima predefinisane i automatizovane radnje kao odgovor na dati alarm. npr. prikazuje na monitorima sliku sa najbližih kamera mjestu incidentne situacije, otvara vrata na putevima evakuacije iz date zone, vrši glasovnu evakuaciju osoba iz date zone. Akcioni plan može biti definisan po tipu alarma (požar, provala, neovlašćen pristup), po zoni odnosno mjestu dešavanja alarma (parking, skladište, kancelarija), ili uslovljen i zonom i tipom alarmna (požar u garaži).

2.4.2 BIS ACCESS ENGINE

Access Engine omogućava BIS sistemu integraciju sa sistemom kontrole pristupa.

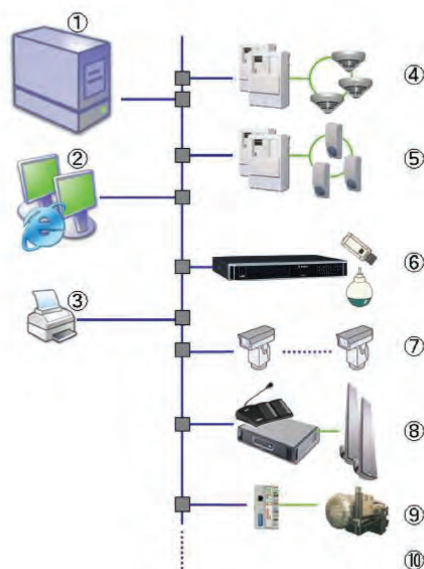
Osnovne funkcionalnosti ovog modula su:

- Veliki broj predefinisanih modela vrata, time olakšavajući konfiguraciju sistema,
- Primjena vremenskih modela za vremenski definisanu kontrolu pristupa,
- Privremeno ili trajno blokiranje određene osobe – Blacklist,
- Primjenu guard tour funkcionalnosti,
- Mogućnost ograničavanja broja ljudi u određenoj zoni.

Jedna od karakterističnih funkcionalnosti ovog modula jeste mogućnost video verifikacije. Naime, kada je čitač kartica u režimu video verifikacije, tada korisnik prinošenjem svoje kartice čitaču ne dobije automatski mogućnost pristupa. Čitač prvo šalje zahtjev za ulaskom koji se pojavljuje na monitoru operatera. Zahtjev za ulazak sastoji se od fotografije korisnika koja je ranije arhivirana u bazi podataka i trenutnog snimka sa kamere koja prikazuje korisnika. Operater upoređivanjem trenutne slike i arhivirane fotografije korisnika odlučuje da li će omogućiti ulazak korisnika u željenu zonu.

2.4.3 BIS AUTOMATIZATION ENGINE

Ovaj modul je od izuzetnog značaja u okviru sistema jer se preko njega povezuje sa sistemom dojave požara (koji je jedan od najznačajnijih sistema tehničke zaštite), sistemom dojave alarma, HVAC sistemom, sistemom za kontrolu rasvjete i energy management sistemima – slika 7.



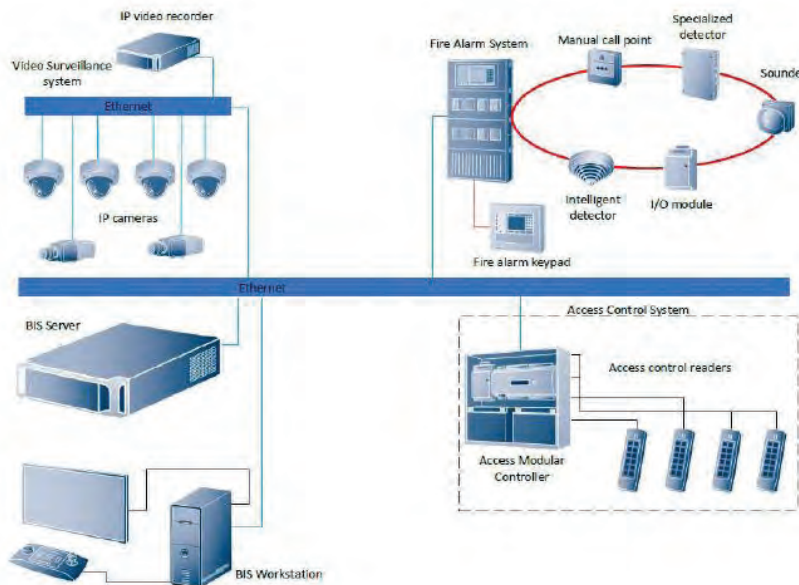
Slika 7.1 BIS Server sa Automation Engine SW; 2 Radna stanica; 3 Printer; 4 PP centrala; 5 Alarmni panel; 6 NVR; 7 IP kamerae; 8 PA/EVAC sistem; 9 Monitoring BMS-a. [1]

Sve ove funkcionalnosti ostvaruju se putem OPC komunikacije.

Kao i ostali moduli sistema, Automation modul može biti implementiran na standardnom Windows serveru sam ili zajedno sa ostalim BIS modulima.

2.4.4 STRUKTURA IMPLEMENTIRANOG BIS SISTEMA

Na kompleksu Portonovi implementiran je BIS Basic Engine kao osnova za koju su vezani Access Engine za sistem kontrole pristupa, Automation Engine za sisteme dojava požara i BMS-a, dok je povezivanje sistema video nadzora realizovano kroz integraciju BVMS (Bosch Video Management System) sa Automation Engine-om.



Slika 8. Arhitektura implementiranog BIS sistema [1]

U okviru sistema BIS na kompleksu Portonovi, integrisano je:

- Preko 350 IP kamera različitog tipa i namjene,
- 164 kontrolera kontrole pristupa i 520 čitača kartica,
- 22 požarne centrale sa preko 5000 perifernih elemenata.

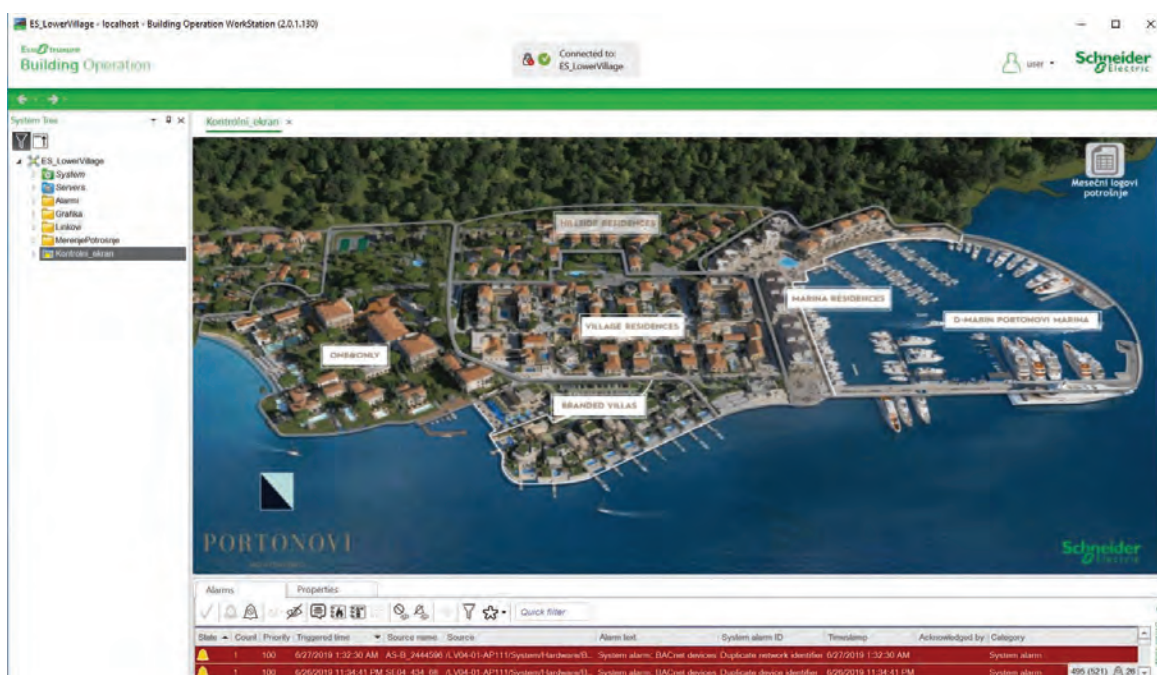
Ovi sistemi su raspoređeni na preko 35 fizički razdvojenih objekata. Sva komunikacija se odigrava primjenom standardnih IP i BUS protokola kao security protokola kao što su Wiegand, MiFire, LSN, OPC.

U svrhu monitoringa i upravljanja sistemom, implementirane su tri radne stanice operatera sa po tri pripadajuća monitora i dijeljenim, automatizovanim video zidom (koji se sastoji od 10 displeja dijagonale 46"). Video zid je funkcionalno podijeljen u segmente gdje se u redovnom režimu rada na svakom od displeja prikazuju po četiri kamere sa predefinisanim sekvencom. Ove sekvence su predefinisane u odnosu na detekciju pokreta, okidanjem alarma video analitike ili drugim pravilom.

U slučaju alarmnog stanja, video zid se automatski prekonfiguriše na način da se na četiri monitora prikažu kamere najbliže incidentnoj situaciji, na dva monitora se prikazuje plan reakcije operatera sa detaljnim uputstvima dok se na posljednja četiri monitora prikazuje mapa kompleksa sa animiranom lokacijom alarma. Takođe, u zavisnosti od potrebe, operateri sliku sa svojih radnih stanica mogu da prenesu na video zid.

3. BMS / RMS SISTEMI NA KOMPLEKSU PORTONOVI

U okviru kompleksa „Portonovi“ BMS sistem je implementiran uz pomoć Schneider Electric opreme iz serije proizvoda EcoStruxure Building Operation. Jezgro sistema čini Enterprise server koji je smešten u data centru i čiji je zadatak da prikupi podatke sa lokalnih servera za automatizaciju (SmartX Controller AS-P ili AS-B tipa) koje zatim obrađuje i obavještava krajnjeg korisnika o stanju u sistemu. Na svim potrebnim lokacijama na kompleksu, u okviru električnih ormana, smješteni su serveri za automatizaciju. Svakom AS-P serveru je moguće pridružiti potreban broj I/O modula koji služe za prikupljanje i slanje upravljačkih signala. Osim toga AS-P ili AS-B podržava komunikaciju sa više protokola kao što su Modbus (TCP i RTU), BACnet (MSTP i IP) i LON koji su neophodni za komunikaciju ne samo sa Schneider opremom već i za integraciju sa drugim sistemima i tipovima opreme. Na slici 9. je prikazana početna strana kontrolnog ekrana koji se nalazi na glavnom serveru.



Slika 9. Kontrolni ekran BMS sistema [1]

BMS sistem na kompleksu Portonovi je moguće, po funkcionalnosti, podijeliti u tri osnovne kategorije:

- Upravljanje javnom rasvjetom,
- Upravljanje i praćenje rada mašinskih podstanica,
- Prikupljanje i analiza podataka o potrošnji električne energije, toplotne energije i vode.

3.1 UPRAVLJANJE JAVNOM RASVJETOM

Prilikom implementacije BMS sistema na kompleksu, posebna pažnja je posvećena optimizaciji i energetske efikasnosti. Rasvjeta na cijelom kompleksu podijeljena je u više grupa (ulična, fasadna, dekorativna rasvjeta). U cilju veće fleksibilnosti automatizacije rasvjete, u rad sistema su uključeni, foto senzori koju daju preciznu informaciju o smjeni dana i noći, astronomski sat i softwareski definisani tajmeri. Na ovaj način, kombinacijom više ulaznih podataka, ostvaruje se optimizacija potrošnje električne energije. Takođe, dodjelom posebnog režima rada za svaku kategoriju rasvjete, olakšava se upravljanje ovakvim sistemom. Posebnu kategoriju zauzima rasvjeta garaže koja se nalazi ispod dijela kompleksa „Lower Village“ gdje je logika rada, osim preko definisanog tajmera, uslovljena i IC sensorima za detekciju pokreta

3.2 UPRAVLJANJE I PRAĆENJE RADA MAŠINSKIH PODSTANICA

Mašinske podstanice u kompleksu se mogu podijeliti u tri velike kategorije:

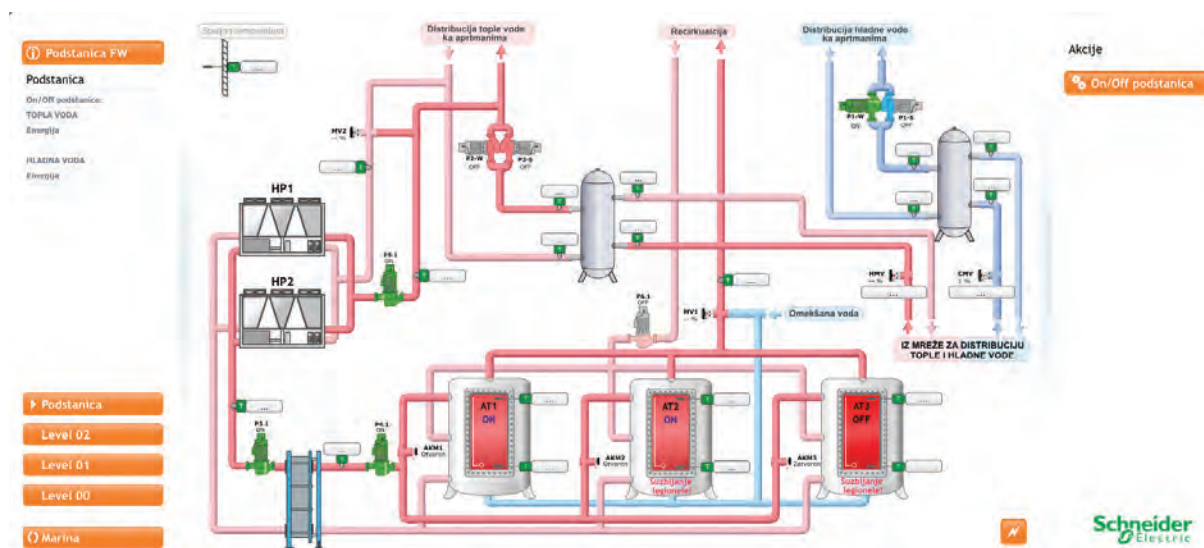
- Mašinske podstanice za distribuciju tople i hladne vode iz toplane,
- Mašinske podstanice za distribuciju tople i hladne vode iz toplane sa pripremom sanitarne vode,
- Podstanice bazenske tehnike.

3.2.1. MAŠINSKE PODSTANICE ZA DISTRIBUCIJU TOPLE I HLADNE VODE IZ TOPLANE

Ovakav tip podstanice se nalaze na dijelu kompleksa „Lower village“ i njihova uloga je da distribuiraju toplu i hladnu vodu koja se koristi za potrebe klimatizacije cijele zgrade. Glavni elementi podstanice su četiri cirkulacione pumpe (dvije radne, dvije rezervne) koje dovode vodu iz toplane ka potrošačima (apartmani, poslovni prostori, ...). Na dolaznoj grani tople i hladne vode postavljen je „pametni“ prolazni regulacioni ventil sa naponskim upravljanjem 0-10V koji prati temperaturu na polaznim i povratnim cijevima i gdje se na osnovu razlike te temperature ΔT PID regulacijom definiše položaj tog ventila. Uloga BMS sistema je da upravlja i nadgleda rad tih pumpi i ventila, kao i da prati status temperature vode i pritiska u cijevima.

3.2.2. MAŠINSKE PODSTANICE ZA DISTRIBUCIJU TOPLE I HLADNE VODE IZ TOPLANE

Pored osnovnih elemenata za distribuciju vode iz toplane, u ovom tipu podstanica se upravlja i prati rad sistema za pripremu sanitarne tople vode za krajnje korisnike koji se sastoji od velikih tankova sa elektro grijaačima i toplotne pumpe koja ima vodeću ulogu u održavanju potrebne temperature vode. Princip rada je takav da toplotna pumpa već dobija dogrijanu vodu (45°C) iz toplane koju zatim zagrijava do do 60°C i cirkulacionim pumpama se voda doprema do tankova gdje se akumulira. Preko BMS sistema je omogućeno praćenje svih potrebnih parametara (temperature vode i pritisak). U cilju uštede energije korisniku je omogućeno da prilagodi broj aktivnih tankova za akumulaciju vode trenutnoj zauzetosti zgrade, gdje manja zapremina akumulacije za sobom povlači i manji broj radnih sati toplotnih pumpi i cirkulacionih pumpi i električnih grijaača. Na slici 10. prikazan je izgled jedne od ovakvih podstanica na Enterptise serveru.



Slika 10. Dijagram mašinske podstanice [1]

3.2.2. MAŠINSKE PODSTANICE ZA DISTRIBUCIJU TOPLE I HLADNE VODE IZ TOPLANE

Uloga BMS sistema u bazenskim podstanicama je da nadgleda statuse rada i kvara svih pumpi koje opslužuju sistem bazenske tehnike (filter pumpe, muljne pumpe, pumpe za dehlorizaciju...) kao i da prati i reguliše temperaturu vode u bazenu. Dogrijavanje bazenske vode je ostvareno uz pomoć pločastog izmjenjivača toplote gdje na primaru dolazi voda iz toplane dok je sekundar povezan za zatvoreni sistem kruženja bazenske vode. Na primaru je postavljen prolazni regulacioni ventil (kontrolisan signalom 0-10V) čiji je položaj definisan PID regulacijom, gdje se kao ulazni podatak postavlja definisani setpoint od stane krajnjeg korisnika.

3.2 PRIKUPLJANJE I ANALIZA PODATAKA O POTROŠNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE, TOPLOTNE ENERGIJE I VODE

U cilju brže i efikasnije obrade podataka o potrošnji energije, neophodno je prikupiti informacije o potrošnji energije sa svakog mjernog mjesta na kompleksu Portonovi, gdje postoji preko 1300 mjernih mjesta za različite vidove energije. BMS kontroleri vrše akviziciju podataka sa mjernih uređaja na cijelom kompleksu. Za komunikaciju sa mjernim uređajima koriste se Modbus (elektična energija) i M-bus (kalolimetri i vodomjeri) protokoli. Prikupljeni podaci se obrađuju i smještaju u bazu podataka kako bi bila moguća dalja manipulacija sa njima. Na grafičkom interfejsu moguće je ispratiti kretanje potrošnje za svako mjerno mjesto, kako kroz tabelarni prikaz logovanja potrošnje, tako i grafički prikaz. Izvještaj sa mjesečnim očitavanjem se automatski šalje kompaniji koja vrši izdavanje računa.

U sklopu BMS sistema implementiran je i PMS (Power Monitoring System) u osnovnoj verziji koji omogućava pregled kretanja potrošnje aktivne i reaktivne energije u više tarifa, napona, struja, snaga, frekvencije kao i logovanje maksimalnih vrijednosti snage. Podatke sa elektro brojila moguće je prikazati na grafičkom interfejsu, kako trenutne podatke tako i logovane vrijednosti, tabelarno i grafički. U okviru PMS sistema moguće je pratiti i alarmnu listu u kojoj se mogu ispratiti sve nepravilnosti u vezi elektro brojila, kako bi nadležne službe mogle blagovremeno da reaguju i otklone problem.

Osim upravljanja i nadgledanja ovih podistema na BMS-u se takođe sakupljaju podaci o statusima liftova, rada ventilatora, položaj važnih elektro prekidača i slčno. Preko zidnih Schneider kontrolera, iz serije SE8300, moguće je upravljati sistemom klimatizacije za sve zajedničke prostore na objektu. Krajnjem korisniku je ostavljena mogućnost izbora zadate temperature u prostoru kao i manipulacija brzinom rada fancoil ventilatora.

3.3 APARTMANSKI RMS SISTEM

Unutar jedne smještajne jedinice BMS/RMS sistem omogućava upravljanje podstanicom, on/off rasvjetom, dimabilnom rasvjetom, zavjesama, kontrolom pristupa, podnim grijanjem, master isključenjem kao i fan coil jedinicama po zonama. Na slici 11. je prikazana upravljačka šema na nivou jedne apartmanske jedinice gdje se u ormanu nalazi AS-B server za automatizaciju dok se za upravljanje fancoil jedinica koriste Schneider zidni kontroleri osjetljivi na dodir iz serije SE8300.

BMS sistem na nivou jednog apartmana upravlja podstanicom koja se sastoji od ventila tople i hladne vode, recirkulacione pumpe i grijača, unutar koje se vrši priprema sanitarne tople vode kao i priprema tople i hladne vode za fan coil jedinice.

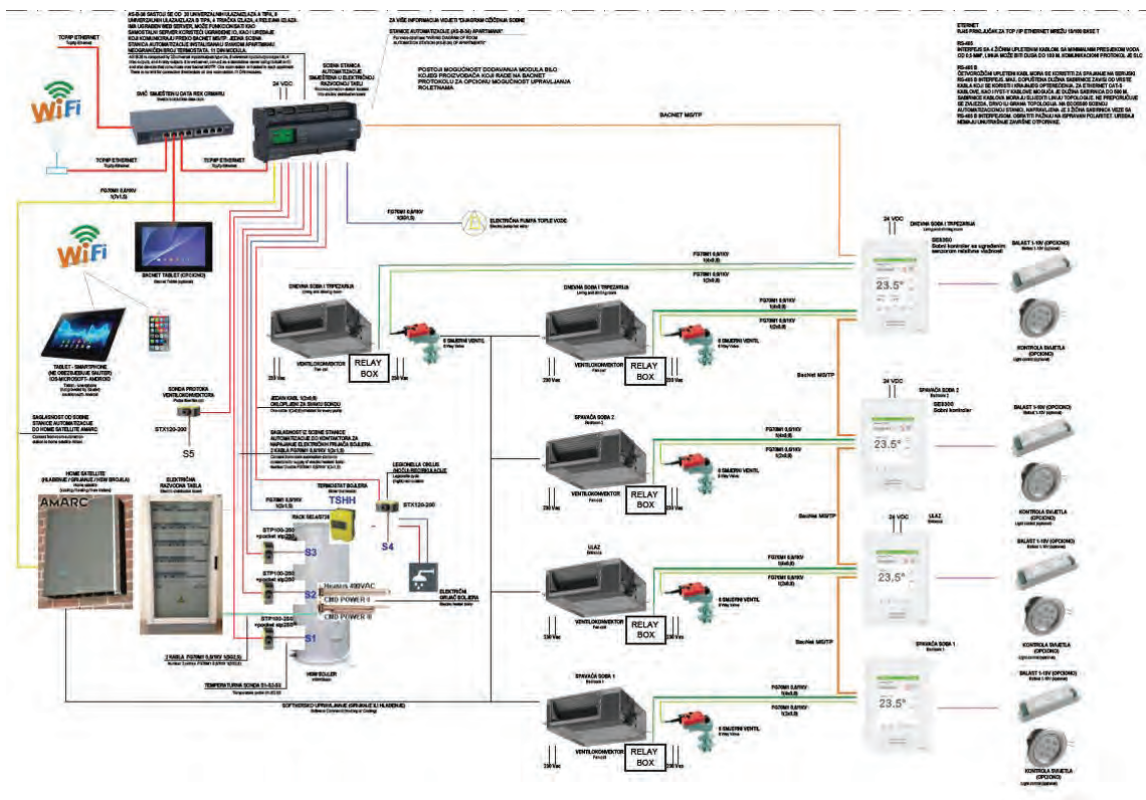
Pored BMS sistema unutar stambenih jedinica postoji i Room Management System pomoću kojeg korisnik upravlja rasvjetom, zavjesama, kontrolom pristupa, podnim grijanjem kao i temperaturom u prostoru. Koristeći zidne kontrolere koji na sebi imaju ekran osjetljiv na dodir, kao i centralnu aplikaciju, korisnik može da podešava temperaturu prostorije, bira režim rada kontrolera kao i da bira brzinu rada

ventilatora. Pored toga omogućeno je i pokretanje unaprijed definisanog scenarija rasvjete i kontrole zavjesa.

Korisniku je pored lokalnog upravljanja stambenom jedinicom, bilo to preko samog kontrolera ili preko centralne aplikacije, omogućen i daljinski pristup. Daljinsko upravljanje stambenom jedinicom omogućeno je korišćenjem centralne aplikacije, kroz intuitivnu jednostavnu aplikaciju. Pristup ovoj aplikaciji omogućen je preko više različitih uređaja. Osnovna ideja ovakvog koncepta je da se na jednostavan, razumljiv i pristupačan način omogući kontrola svakom pojedinačnom korisniku.

Softver se odlikuje jednostavnim korisničkim interfejsom koji je pristupačan i razumljiv čak i korisnicima bez posebnog računarskog znanja, pošto je u potpunosti grafički orijentisan. Ovaj softver namijenjen je personalnim računarima, ekranima osjetljivim na dodir i drugim pametnim uređajima usmjerenih na centralnu kontrolu sistema. Putem ove aplikacije moguće je pratiti i zone grijanja i hlađenja sa trenutnim i željenim temperaturama kao i trenutne statuse „uključeno“ i „isključeno“ vezane za zone unutar prostorije.

Interfejs za mobilne telefone i druge mobilne uređaje pruža jednostavan i siguran pristup osnovnim mogućnostima ove aplikacije.



Slika 11. Upravljačka šema na nivou apartmana [1]

S obzirom da poseduje sve gore navedeno, jedna stambena jedinica se može tretirati kao jedinstvena cjelina. Kao takva pogodna je za izdavanja i privatizovanje. Postupkom privatizacije kontrola troškova te stambene jedinice prelazi na samog vlasnika i odvaja se od cjelokupnog sistema. Iako je postupkom privatizacije stambena jedinica odvojena od samog sistema, korišćenje usluga nadzora i održavanja je i dalje moguće.

4. ZAKLJUČAK

U proteklom periodu sistemi tehničke zaštite su doživjeli nagli tehnološki razvoj time povećavajući stepen kompleksnosti njihovog nadzora i upravljanja. Objedinjavanjem više različitih sistema kroz jednu intuitivnu i skalabilnu softwaresku platformu u mnogome se pojednostavljuje upotreba sistema tehničke zaštite. U ovom radu prikazan je jedan ovakav software, sa osvrtom i na fundamentalne tehnologije na kojima je zasnovana funkcionalnost pojedinačnih sistema tehničke zaštite – sistem detekcije požara, kontrole pristupa i videonadzora. Iako svaki od navedenih sistema koristi različite tehnologije i protokole komunikacije, zajednička osobina svih je potreba za implementacijom sa jedne strane robusnih tehnologija u pogledu sigurnosti, ali sa druge strane i fleksibilnih i otvorenih tehnologija u pogledu jednostavnog upravljanja ovakvim sistemima. Kroz ovaj rad je prikazano da se pažljivim odabirom savremenih tehnologija postiže optimalno funkcionisanje sistema tehničke zaštite.

Takođe, razmatran je značaj automatizacije u poslovno-stambenim objektima, kao što je to kompleks Portonovi. Osnovne prednosti automatizacije u javnim objektima su monitoring svih značajnih parametara i kontrolabilnost svih ključnih sistema. Realizacija naprednog upravljanja je moguća jedino kroz integraciju svih podsistema i kroz delegiranje dijela upravljanja na nadređeni sistem koji raspolaze relevantnim informacijama. RMS sistem ima zadatak da obezbijedi sigurnost, energetska efikasnost kao i komfor koji je jedan od najvažnijih razloga za ugradnju i korišćenje ovog sistema. Mogućnost pristupa svom domu sa bilo koje lokacije na svijetu je još jedna od opcija koja doprinosi povećanju komfora. Konačno, svoj pun smisao koncept dobija stvaranjem bezbjednog, komfornog, ekonomičnog i sigurnog okruženja, uz istovremenu štednju energenata, smanjivanje troškova održavanja, produženja životnog ciklusa opreme i značajno smanjivanje zagađenja koje zgrada emituje u životnu sredinu, čime koncept dobija i širu opštedruštvu vrijednost i značaj.

LITERATURA

- [1] Dubravka Delić, "Projekat električnih instalacija slabe struje", Investitor AZMONT INVESTMENTS, Herceg Novi, knjiga 6 Glavnog projekta za objekat mješovite namjene na UP1-MN1, na k.p. 674/3 KO Kumbor, opština Herceg Novi, CRNA GORA, 2015.

ZAMJENA ELEKTROENERGETSKE OPREME I UGRADNJA NOVOG SISTEMA UPRAVLJANJA U POGONU 3DD POSTROJENJA HPV U TE PLJEVLJA

Kosta Strunjaš - Tangenta d.o.o., Nikšić

KRATAK SADRŽAJ

Postrojenje hemijske prerade vode (HPV) proizvodi dekarbonizovanu i demineralizovanu vodu za potrebe TE Pljevlja. Radi se o postrojenju koje proizvodi u prosjeku 15000 m³ vode u toku dana. Sistem automatskog upravljanja kao i elektroenergetska oprema u pogonu proizvodnje DEKA vode (pogon 3DD) bili su zastarjeli te je bila neophodna kompletna rekonstrukcija pogona.

Ovim radom obuhvaćen je proces kompletne rekonstrukcije elektroenergetske opreme u pogonu 3DD, tj. ugradnje novih elektro ormara sa pripadajućom sklopnom i zaštitnom opremom, šinskim razvodima, frekventnim regulatorima, soft starterima i kontrolerima. Implementiran je i savremeni sistem automatskog upravljanja sa programabilnim kontrolerima, HMI uređajima i SCADA sistemom.

Tehnička rješenja koja su korišćena prilikom rekonstrukcije pogona 3DD (frekventna regulacija, programibilni kontroleri, soft starteri, SCADA sistemi i td.) su stub svakog procesa automatike u savremenim upravljačkim sistemima.

Radom je takođe napravljen kratak osvrt na proces projektovanja, izvođenja i programiranja kontrolera i SCADA sistema.

Ključne riječi: frekventna regulacija, programabilni kontroler, SCADA sistemi, sistem automatskog upravljanja.

1. KARAKTERISTIKE I OPIS POGONA

Dio postrojenja HPV-a (hemijske prerade vode) 3DD služi za dekarbonizaciju (ili omekšavanje) sirove vode koja se doprema iz vještačkog jezera formiranog za potrebe termoelektrane „Pljevlja“.

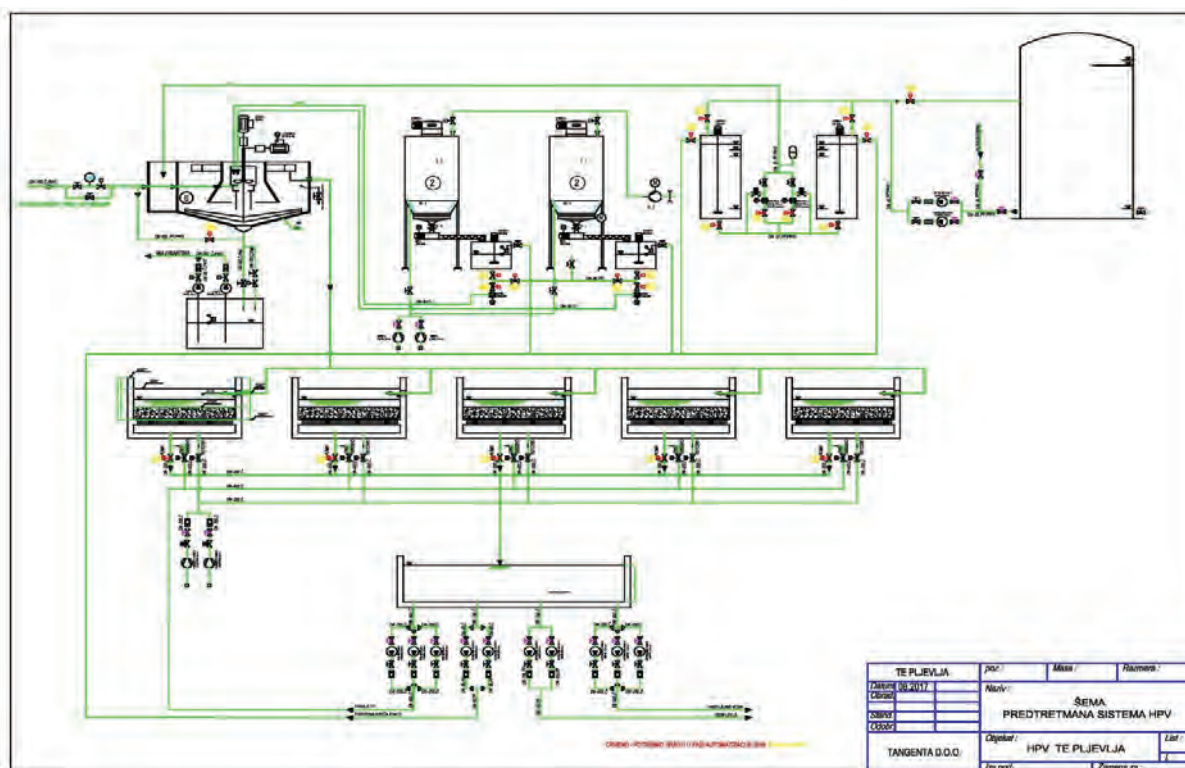
Proces dekarbonizacije započinje u tzv. reaktoru, velikom betonskom tanku, u kom se u sirovu vodu dodaju prethodno pripremljeno krečno mlijeko (rastvor kreča i omekšane vode) i 10 postotni ferihlor-

id (rastvor 40% FeCl_3 i omekšane vode). Količina krečnog mlijeka i FeCl_3 koja se dozira srazmjerna je ulaznom protoku vode u reaktor. Pored procesa dodavanja ovih hemikalija u reaktoru se takođe vrši i proces odmuljivanja. Mulj koji se nalazi u vodi iz jezera (u daljem tekstu sirova voda), pada na dno reaktora nakon čega se tzv. grebačem odvodi do muljne jame. Pored grebača u reaktoru se nalazi i mješač ili recirkulator čija je uloga u sjedinjavanju ferihlorida i krečnog mlijeka sa sirovom vodom.

Nakon izlaska iz reaktora voda ide prema pješčanim filterima gdje započinje proces dekarbonizacije ili omekšavanja vode. Nakon filtriranja proces proizvodnje omekšane ili dekarbonizovane vode (u daljem tekstu DEKA vode) je završen i ona se čuva u tzv. bazenu DEKA vode.

Pored obrade sirove vode u postrojenju se vrši i priprema krečnog mlijeka i ferihlorida. Priprema kreča obavlja se doziranjem DEKA vode (preko jedne od dvije dozirne pumpe) u krečni prah (koji se dozira iz jednog od dva tanka od 50 tona). Tako dobijeno krečno mlijeko dodaje se u sirovu vodu u reaktoru preko jedne od dvije pumpe za transport krečnog mlijeka. Priprema 10% FeCl_3 obavlja se dodavanjem 40% FeCl_3 u jedan od dva tanka za pripremu u koji je prethodno usuta DEKA voda. Ovako pripremljen FeCl_3 dozira se u reaktor preko jedne od dvije pumpe za transport ferihlorida.

Na slici 1. vidi se šematski prikaz postrojenja za dekarbonizaciju sirove vode:



Slika 1. Šematski prikaz postrojenja 3DD

DEKA voda koristi se za razblaživanje kreča i 40% FeCl_3 , tj. za pripremu hemikalija potrebnih za odmuljenje sirove vode. Zatim se koristi za rashladni sistem generatora. Radi se o sistemu kojim se dopunjavu rashladne kade. Voda iz rashladnih kada uz pomoć cirk pumpi se koristi za hlađenje pare čime dobijamo povrat kondenzata. DEKA voda se koristi i za tehnološku rashladu tj. dodatno hlađenje generatora u slučaju previsokih temperatura u mašinskoj hali. Na kraju DEKA voda se koristi za proizvodnju DEMI (destilovane) vode od koje kasnije počinje proizvodnja pare za generator. Upravo zbog posljednje navedene primjene kvalitet dobijene DEKA i DEMI vode je izuzetno važan zbog očuvanja turbine generatora. Dakle, radi se o jednom od najvažnijih pogona u TE „Pljevlja“.

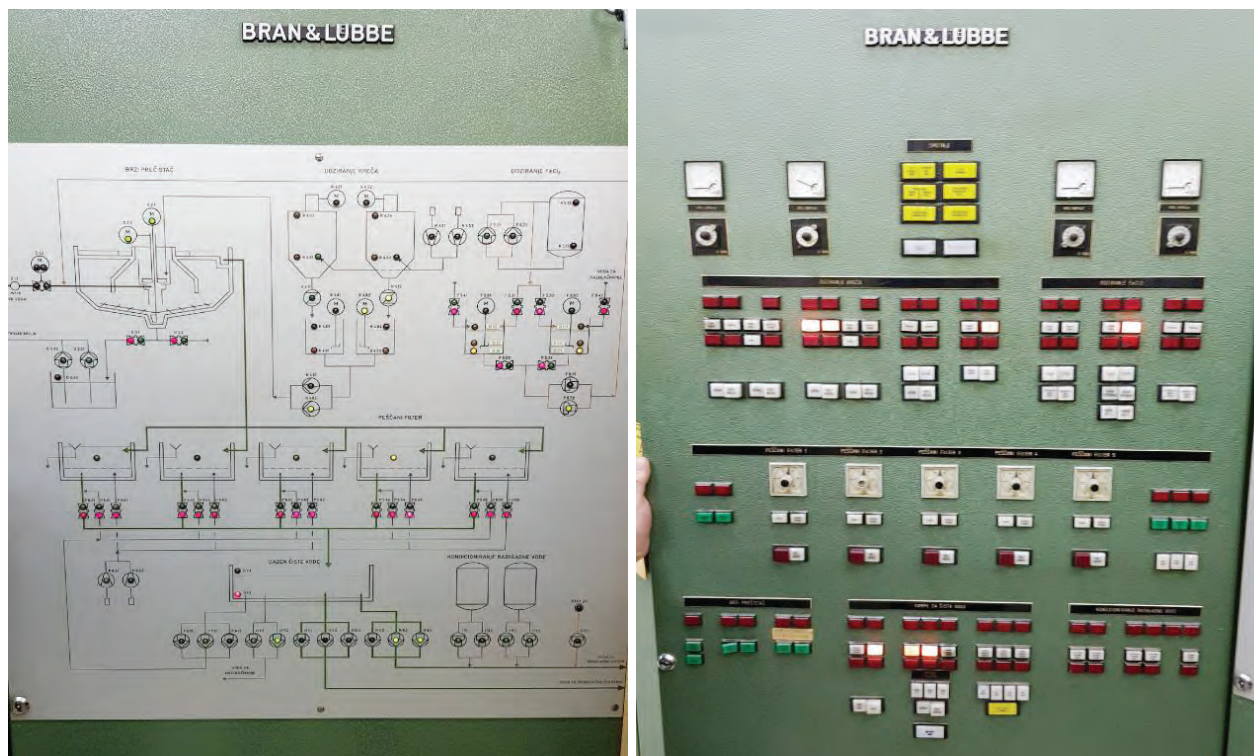
Tretirani pogon za pripremu DEKA vode u prosjeku dnevno proizvede oko 15 000 litara vode, radeći u prosjeku 18 sati dnevno dok preko ljeta, zbog potrebe za hlađenjem generatora, radi i do 22 časa na dan.

2. OPIS ZATEČENOG STANJA I RADOVA NA POGONU

Projekat zamjene elektroenergetske opreme i ugradnje novog sistema upravljanja u pogonu 3DD-a obuhvatao je prije svega demontažu postojeće opreme i elektro ormara. Elektro oprema pogona bila je raspoređena u dvije grupe. Jednu grupu činio je energetska dio opreme sa šinskim razvodom, zaštitnom i sklopnom opremom raspoređenom u sedam elektro ormara. Drugi dio opreme je bio komandno upravljačko postrojenje GN čiji se izgled može vidjeti na narednoj slici. Upravljačko postrojenje sastojalo se od četiri ormara u kojima se nalazila relejna upravljačka tehnika. Svi stari elektro ormari su demontirani i izbačeni van upotrebe. Oprema koja je bila u ovim ormarima je zastarjela, rezervne djelove je bilo nemoguće nabaviti, a održavanje pogona je postajalo sve teže. Iz ovih razloga kao i zbog pojednostavljenja upravljanja pogonom i većeg stepena automatizacije bila je neophodna izmjena elektro opreme i sistema upravljanja.

Svi energetska vodovi (napajanja pumpi, duvaljki i motora) su zadržani. Zbog promjene naponskog nivoa sa 220 VAC na 24 VDC svi signalni vodovi su zamijenjeni odgovarajućim širmovanim kablovima u cilju sprječavanja indukcije.

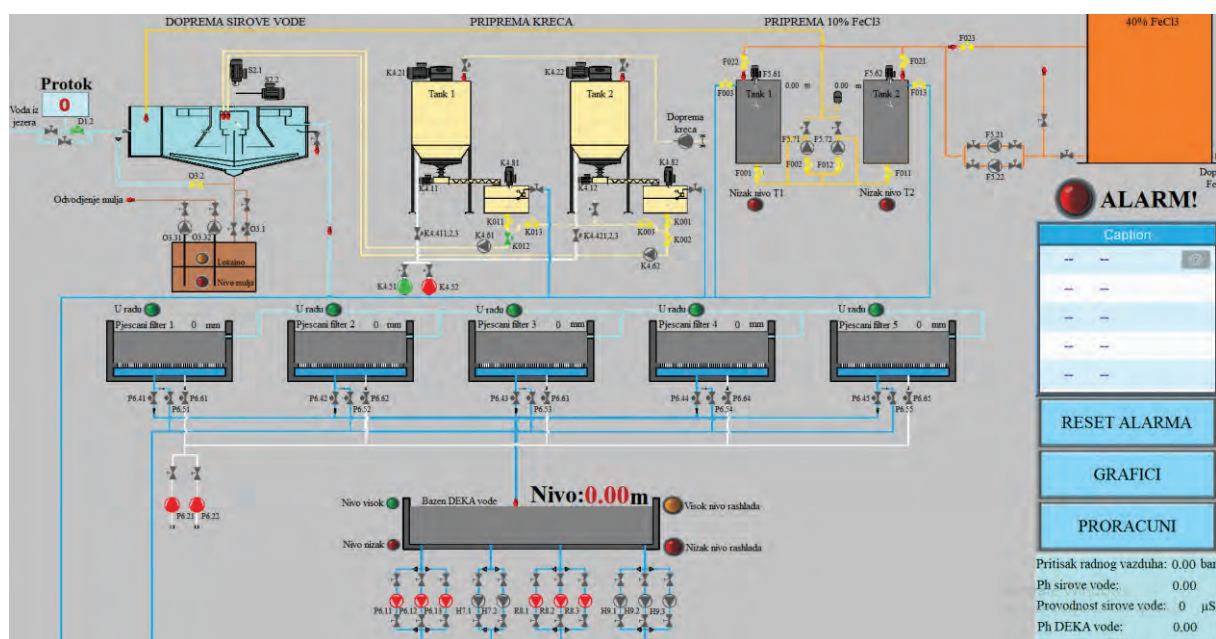
Na slici 2. Prikazan je izgled starog sistema upravljanja u pogonu 3DD.



Slika 2. Prikaz starog sistema upravljanja

Nakon demontaže stare opreme montirani su novi ormari. Ugrađeno je novih sedam oramara koji se nalaze na mjestu na kom se nalazio energetska dio stare opreme, s tim što sada, modernizacijom opreme, nije bilo potrebe za ugradnjom četiri ormara na mjestu starog postrojenja GN, već je cio upravljački sistem zamijenjen jednim PLC-om renomiranog proizvođača SIEMENS, tipa S7 1500 (najnovija generacija). Komandno postrojenje je potpuno izbačeno i zamijenjeno savremenim SCADA sistemom. Operateri sada upravljaju pogonom preko ekrana osjetljivog na dodir veličine dvadeset jedan inč (po dijagonali). Na panelu su prikazani svi podaci koji se mjere, stanja pojedinih potrošača, alarmi, trendovi i omogućeno je upravljanje svim pogonima u ručnom i automatskom režimu.

Na slici 3. prikazan je pregledni prikaz na SCADA sistemu postrojenja 3DD. Na njemu možemo vidjeti kompletno postrojenje, sa svim mjerenjima kao i stanjima pojedinih potrošača i ventila.



Slika 3. Prikaz osnovnog ekrana SCADA sistema

U cilju poboljšanja praćenja rada pogona i jednostavnijeg rukovanja ugrađena su mjerenja nivoa vode u pojedinim pješčanim filtrima, mjerenje nivoa vode u DEKA bazenu i mulja u odmuljnoj jami, zatim mjerenja pritiska na potisu svih pumpi kao i pritiska radnog vazduha (koji služi za kontrolu pneumatskih ventila i druge tehnološke postupke) i na kraju imamo mjerenje provodnosti i pH nivoa kako sirove tako i DEKA vode.

Sva ova mjerenja izvedena su na SCADA-i i od njih su izvedena adekvatna obavještenja, trendovi i alarmi.

Kako bi se obezbijedila bolja kontrola motora koji imaju vitalnu funkciju u pogonu 3DD, kao i očuvanje mehaničkih dijelova pogona, ugrađeno je sedam frekventnih regulatora: dva za kontrolu rada pumpi za razblaživanje kreča i FeCl₃, dva za kontrolu dozatora kreča, dva za kontrolu rada pumpi za doziranje krečnog mlijeka i jedan za kontrolu rada recirkulatora u reaktoru. Frekventni regulatori su renomiranog proizvođača Danfoss tipa FC301. Svi frekventni regulatori su preko PROFIBUS komunikacije povezani na PLC.

Pored frekventnih regulatora na PROFIBUS-u nalaze se i dva kontrolerska ostrva tipa ET 200s, proizvođača SIEMENS. Ova dva ostrva nalaze se na lokacijama koje su fizički udaljene od centralnih ormara pa su zbog jednostavnosti ugrađena dva manja ormara sa ciljem da se na tim mjestima pokupe signali i pošalju komunikacijom na PLC.

Sve pumpe u pogonu sada se upuštaju preko soft startera. Soft starteri su renomiranog proizvođača Danfoss tipa MCD 500 i MCD 200. Uz pomoć soft startera omogućeno je meko upuštanje pumpi kao i očuvanje radnog kola pumpi uz veći stepen kontrole i sigurnosti.

Na narednoj slici prikazani su novi ormari.

Sva stara oprema je zamijenjena novom i savremenom. Pogon sada gotovo u potpunosti može da radi u automatskom režimu osim u slučaju nekih složenih i osjetljivih procedura pripreme hemikalija, za koje je neophodno prisustvo odgovornog operatera. Sve ostale funkcije, uključivanje i isključivanje pogona, filtriranje, doziranje, pripreme itd, obavljaju se automatski. Ipak zbog važnosti kontinualnog rada pogona neophodno je prisustvo operatera u sve tri smjene, kako bi se moglo pravovremeno reagovati u slučaju nekih nepredviđenih okolnosti. Na narednoj slici (slika 4.) prikazan je izgled novih elektro-ormara.



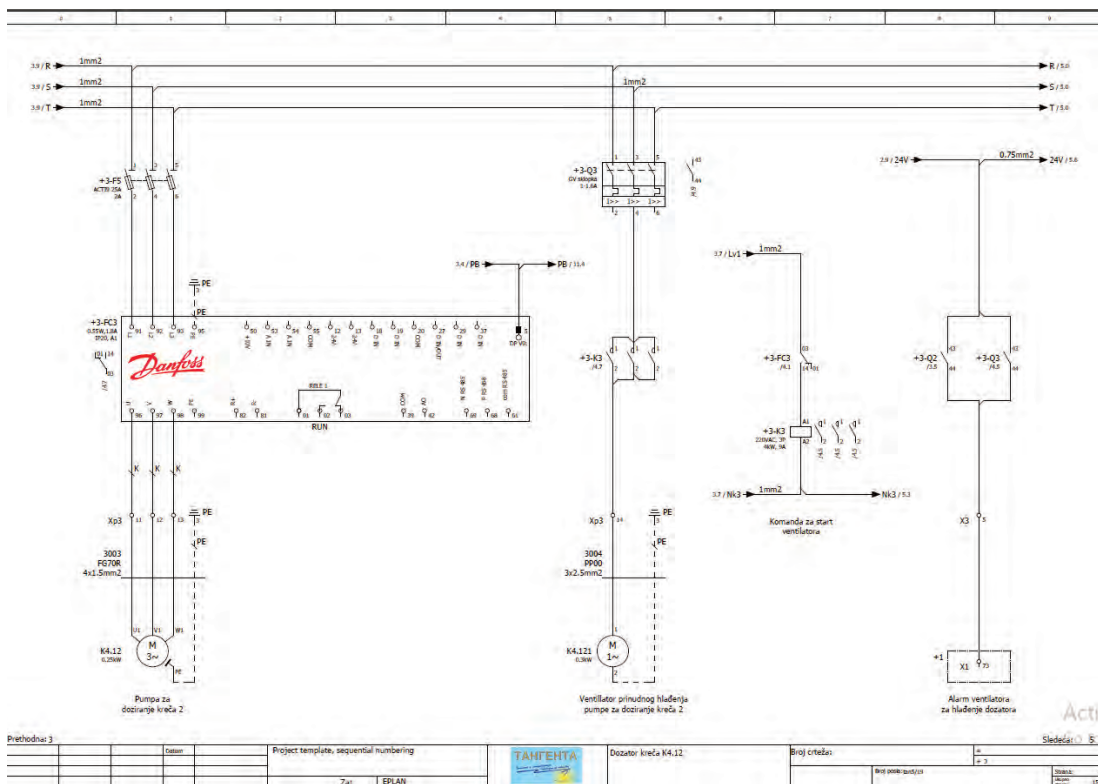
Slika 4. Izgled novih elektro ormara

4. IZRADA PROJEKTA

Izrada projekta je vršena u dvije faze. Najprije je bilo neophodno izvršiti detaljnu analizu rada pogona, tehnoloških zahtjeva i starog načina upravljanja kako bi se donijele precizne odluke na koji način zamijeniti postojeću opremu i napraviti ispravne tehnološke postupke proizvodnje DEKA vode. Ovaj postupak analize, koji su obavljala dva inženjera, trajao je mjesec dana. Razlog tome jeste složenost pogona ali i potreba da se što bolje pripremi za izradu projekta kako bi se minimizirao broj grešaka u projektu i izbjegle „dječije“ bolesti na početku eksploatacije.

Druga faza jeste sama izrada projekta. Prilikom izrade projekta vođeno je računa da sve funkcije i način upravljanja budu što je moguće jednostavniji kako bi se svo osoblje koje rukuje u ovom pogonu što prije prilagodilo i naviklo na novi sistem upravljanja. Vođeno je računa i o starom načinu označavanja i obilježavanja svih djelova pogona, kablova i ormara kako radnici na održavanju ne bi imali problema sa novom opremom. Takođe je važno napomenuti da je zbog vrlo temeljne i precizne analize projekat urađen sa minimumom greški, što je bilo jako važno zbog uskog prozora u kom su svi radovi morali biti završeni (remont elektrane). Po završetku remonta i modernizacije urađen je projekat izvedenog stanja kojim je u potpunosti pokriveno sve što je urađeno.

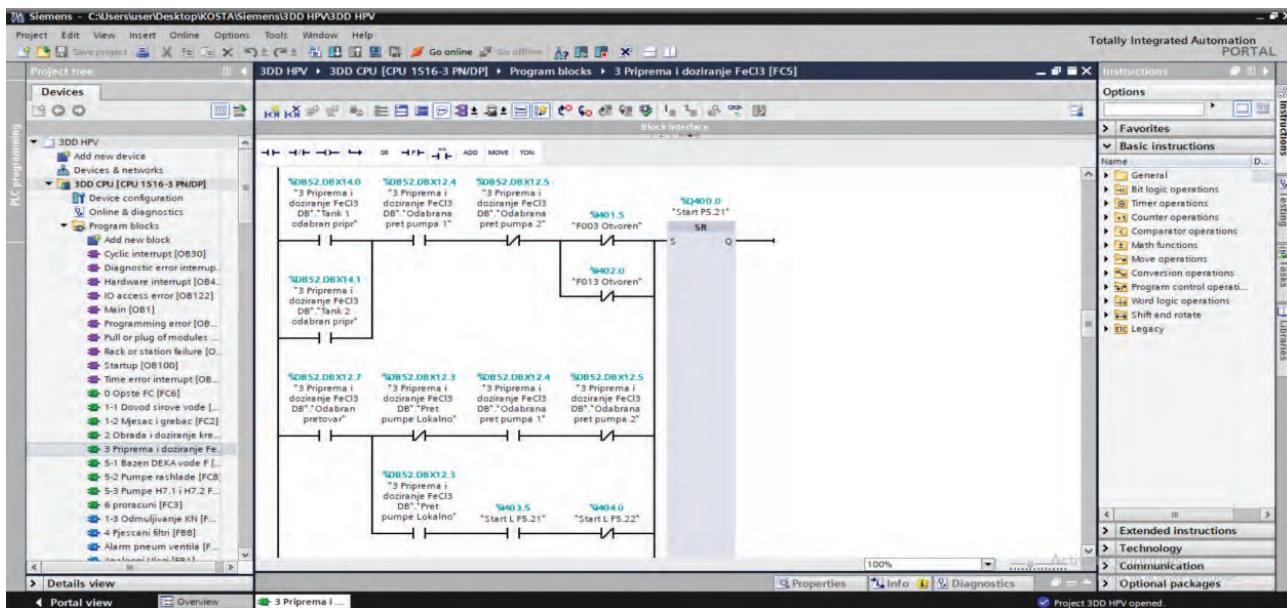
Dio projekta koji se odnosi na električne šeme rađen je uz pomoć softverskog alata EPLAN P8 (slika 5.) 2.0 koji omogućava pojednostavljeno crtanje električnih šema, jednostavno formiranje liste djelova, liste rezervnih djelova, spiska kablova, itd. Grafički prikazi trasa kablova i dispozicije opreme u ormarima crtani su u programu AutoCad 2007.



Slika 5. Izgled stranice projekta

Izrada programa PLC-a je rađena u programu TIA Portal V13 proizvođača Siemens (slika 6.). Čitav program napisan je programskim jezikom zvanim ladder diagram koji predstavlja grafički programski jezik (komande su simboli).

SCADA sistem kao i panel je od proizvođača Weintek. Za izradu programa i obradu tagova korišćen je proizvođačev softver koji se zove Easy Builder Pro. Rad u ovom softveru je izuzetno jednostavan, a oprema pouzdana i kvalitetna. Izgled jednog prozora softvera, korišćenog za programiranje PLC-a, prikazan je na sljedećoj slici.



Slika 6. Izgled jednog prozora softvera za programiranje PLC-a

5. ZAKLJUČAK

Postrojenje hemijske prerade vode je jedno od ključnih postrojenja za pravilan rad termoelektrane. Pored uloge koje ima u hlađenju pare i generatora, priprema hemijski čiste destilovane vode izuzetno je važna za ispravan i dugovječan rad turbina generatora.

Ugradnjom nove opreme obezbjeđuje se minimalan broj kvarova i zastoja, a u slučaju da se desi neki kvar zbog savremene dijagnostike i jednostavnosti sistema upravljanja otklanjanje grešaka je pojednostavljeno, a vrijeme potrebno za detekciju i otklanjanje kvara svedeno na minimum.

Zahvaljujući frekventnim regulatorima povećen je stepen kontrole rada i zaštita motora. Sa savremenim zaštitnim funkcijama koje ima frekventni regulator obezbjeđuje se produženi radni vijek motora kao i očuvanje mehanike koju pogone motori. Pumpe u pogonu koje se sada upuštaju soft starterima imaće produženi radni vijek, očuvanje radnog kola pumpi kao i sve neophodne zaštite električnih djelova motora.

Uz pomoć PLC-a i SCADA-e omogućen je gotovo potpuni automatski rad pogona, čime je smanjeno opterećenje na operaterima u pogonu i omogućen efikasniji rad pogona. Takođe se uvodi i savremena dijagnostika uz pomoć koje je otklanjanje kvarova u pogonu pojednostavljeno i skraćeno te su potencijani zastoji svedeni na minimum vremena.

Zahvaljujući svemu navedenom možemo reći da je projektom produžen radni vijek pogona, uveden visoki stepen automatizacije, pojednostavljeno održavanje pogona i ostvarene uštede sa raznih aspekata.

LITERATURA

- [1] M. Božović, "Projekat zamjene elektroenergetske opreme i ugradnje novog sistema upravljanja u pogonu 3DD (HPV)", Tangenta d.o.o. jul 2019.
- [2] Danfoss, "Najvažnije o frekvencijskim pretvaračima", Danfoss, 1998.
- [3] I. Postfach, "SIMATIC S7-1500", Siemens AG, maj 2014.

IMPLEMENTACIJA DIGITALNE KOMBINACIONE BRAVE

Ivan Martinović - Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet, Podgorica

KRATAK SADRŽAJ

U ovom radu prikazana je digitalna realizacija kombinacione brave u Arduino okruženju kao i njena povezanost sa IoT konceptom. Standardni mehanički sistem predstavljen je u digitalnom obliku koristeći Automat (Finite State Machine). U radu je opisan cjelokupni sistem uključujući opis svih komponenti koje su korišćene prilikom realizacije. Rotacioni enkoder je korišćen kao digitalna zamjena za mehanizam kombinacione brave, dok je LCD display korišćen za prikaz odabrane kombinacije. Pomoću ESP8266 Wi-Fi modula, MQTT protokola i Android aplikacije ostvarena je komunikacija sa osobom ovlašćenom za pristup čuvanom objektu. Komunikacija je obostrana i služi kao dodatni vid zaštite objekta. Realizovani sistem pokazuje bolje bezbjedonosne karakteristike od postojećeg, jer za uspješno otključavanje brave osim poznavanja tačne kombinacije potrebna je i dozvola ovlašćene osobe.

Ključne riječi: Kombinaciona brava, Arduino, ESP 8266 modul, MQTT, IoT.

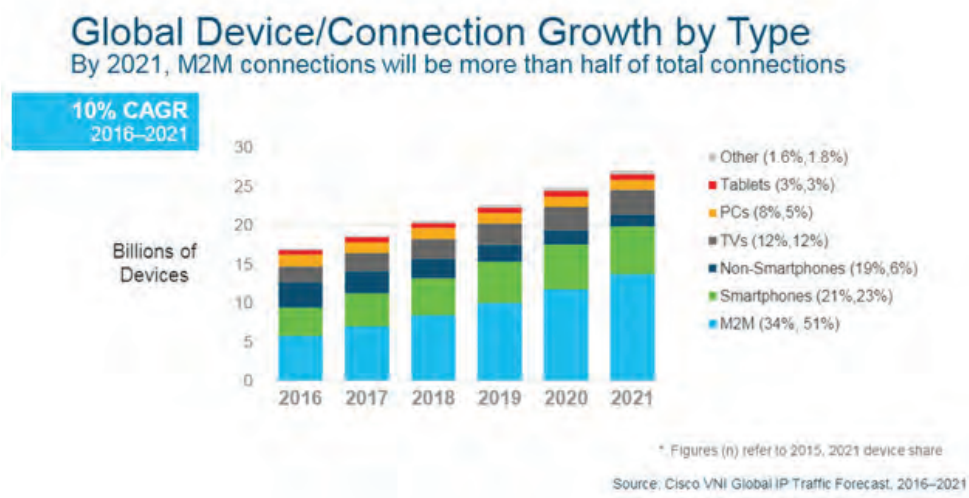
1. UVOD

Bezbjednost ljudi i imovine gledajući kroz vrijeme je od izuzetne važnosti, a o tome svjedoče i arheolozi koji su ustanovili da su brave i ključevi postojali još u 3. vijeku p.n.e. U moderno doba iako je došlo do velikog razvitka tehnologije, način zaštite ljudi i imovine se nije drastično promijenio. Široko rasprostranjeni sistemi zaštite danas su brave koje se otključavaju uz pomoć ključeva. Sistem zaštite sa ključevima je pokazao niz nedostataka što je rezultiralo da se ovi sistemi zaštite ne koriste za objekte čija je sigurnost od velike važnosti. U objekte čija je sigurnost od izuzetne važnosti spadaju banke, tj. trezori u bankama gdje se čuvaju dragocjenosti. Sistem koji se često srijeće pri zaštiti trezora zasniva se na mehanizmu koji se okreće u određenom smjeru birajući na taj način odgovarajuću kombinaciju koja omogućava otključavanje brave. U ovom radu prikazana je digitalna realizacija pometutog mehanizma kao i njegova povezanost sa konceptom IoT. Koncept IoT omogućava upravljanje fizičkim stvarima na daljinu, odnosno koristeći mrežnu infrastrukturu, prima i šalje podatke te se na taj način ostvaruje interakcija računarskih sistema i fizičkog svijeta. Kako se ovaj koncept zasniva na interakciji računarskih sistema i fizičkog svijeta potrebno je definisati protokol po kojem će se vršiti razmjena informacija. U drugom poglavlju ovog

rada opisan je jedan takav protokol i to MQTT protokol. Ovaj protokol je omogućio definisanje načina razmjene podataka između dva dijela realizovanog sistema: pametnog uređaja (digitalna kombinaciona brava- pametni sef) i korisničke aplikacije. Pametni uređaj bazira se na Arduino platformi kojoj su do date odgovarajući izlazno/ulazni uređaji. Kako bi se ostvarila konekcija sa korisničkom aplikacijom a posredstvom MQTT protokola neophodno je bilo dodati ESP8266 ESP-01 Wi-Fi modul koji omogućava pametnom uređaju Wi-Fi konekciju. Korisnička aplikacija omogućava ovlaštenoj osobi da kontroliše pristup pametnom sefu predstavljajući na taj način još jedan dodatni nivo zaštite. Realizovani sistem samim tim pokazuje bolje bezbjednosne karakteristike od postojećeg.

2. IOT (INTERNET OF THINGS/INTERNET STVARI)

IoT ili Internet stvari predstavljaju jedan od najvećih trendova posljednjih godina. Razvoj koncepta IoT vezuje se za upotrebu tehnologije radio-frekvencijske identifikacije (RFID- Radio-Frequency Identification) koja je prvi put upotrijebljena u Drugom svjetskom ratu kod aviona u cilju prepoznavanja prijateljskih letilica- Foe sistem [1]. Kevin Ešton je prvi predložio 1999. godine koncept IoT kao jednostavno prepoznavanje povezanih objekata uz pomoć RFID tehnologije. Pored RFID tehnologije za razvoj koncepta IoT veliku ulogu igra i otkriće Interneta. Kako se tehnologija razvijala omogućeno je da se putem interneta povežu ne samo računari nego i dugi pametni uređaji. Prema tome ideja IoT se zasniva na povezivanje svih uređaja u jednu mrežu bilo da je ona javna ili privatna sa ciljem da se u realnom vremenu dobiju važne informacije za korisnika. Ovakav pristup omogućava i direktnu međusobnu komunikaciju uređaja što se naziva M2M (Machine to Machine) komunikacija. IoT je svoju primjenu pronašao u industriji, medicini, trgovini, kućnoj automatizaciji itd [2]. Već 2008. godine broj povezanih uređaja na Internetu prešao je ukupan broj ljudi na planeti Zemlji, ovaj trend se nastavlja i prognozira se da će 2021. godine broj povezanih uređaja na Internetu preći 25 milijardi [3].



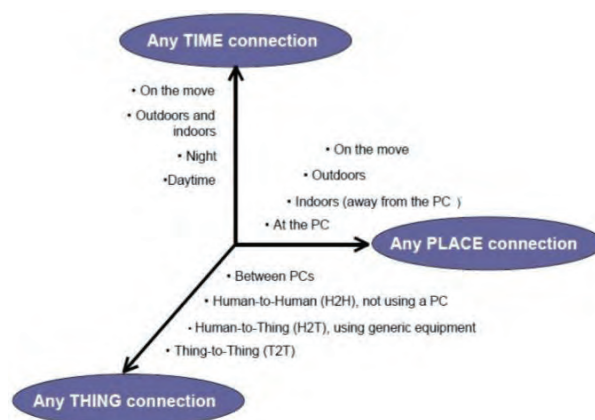
Slika 1. Broj povezanih uređaja na Internet od 2016. do 2021. godine [3]

Koncept IoT se svakodnevno unapređuje tako da ne postoji jedinstvena definicija koja bi ga u potpunosti opisala. Definisanjem koncepta IoT bavi se veliki broj međunarodnih organizacija koje su svaka na svoj način definisale ovaj koncept. Međunarodna unija za telekomunikacije (ITU) predstavlja organizaciju Ujedinjenih nacija koja se bavi informaciono-komunikacionim tehnologijama i koja je definisala IoT kao mrežu koja je dostupna svuda, u svakom trenutku i za svakog (Slika 2.).[4]

Međunarodna organizacija ITU definisala je takođe i referentni model za IoT na osnovu specifičnosti IoT mreže. Definisani model sastoji se od četiri sloja:

- Sloj uređaja;
- Mrežni sloj;
- Sloj za servisnu i aplikativnu podršku;
- Aplikativni sloj.

Sloj uređaja može se podijeliti na dva dijela: mogućnost uređaja i mogućnost gateway-a. Mogućnost uređaja uključuje preuzimanje i slanje podataka iz komunikacione mreže kao i indirektnu interakciju sa komunikacionom mrežom. Mogućnost gateway-a uključuje podršku više različitih interfejsa. Gateway podržava uređaje koji su povezani preko različitih tehnologija. Mrežni sloj se takođe može podijeliti na dva dijela i to na mrežni i transportni. Mrežne mogućnosti obezbjeđuju kontrolne funkcije mrežne povezanosti dok su transportne mogućnosti usrededene na obezbjeđivanju povezanosti za transport IoT servisa. Sloj za servisnu i aplikativnu podršku sastoji se iz dva dijela: mogućnosti opšte podrške i mogućnost specifične podrške, dok se sloj aplikacije sastoji od aplikacije koje nadziru i upravljaju funkcijama koje IoT pruža.[4],[5],[6].



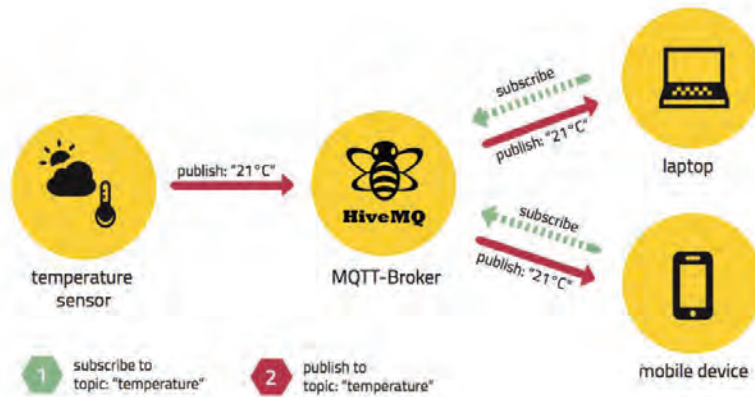
Slika 2. ITU definicija IoT [4]

3. MQTT

Realizovani sistemi uključuju različite komponente za koje je potrebno definisati način povezivanja kao i određeni protokol za razmjenu podataka. Traženi protokol treba da omogući razmjenu podataka koja nije tako velika kao u mrežnoj komunikaciji (razmjena video snimaka itd.) zahtijevajući opravdanost za razmjenu svakog bajta podataka u cilju što manje potrošnje energije. Takođe sigurnost razmjene poruka treba da igra veoma važnu ulogu i zbog toga je potrebno da postoji posebna vrsta skepticizma i zahtjeva koje korisnici očekuju od ovakvog sistema. U ovom radu izabran je MQTT protokol koji u velikoj mjeri ispunjava tražene zahtjeve.[7]

MQTT (engl. Message Queuing Telemetry Transport) protokol pojavio se na tržište 1999. godine zahvaljujući dvojici naučnika Dr Andy Stanford-Clark iz IBM i Arlen Nipper iz Arcom (današnja Eurotech)[8]. MQTT predstavlja klijent-server objavi/pretplati (engl. publish/subscribe) protokol za prijenos poruka, koji je izrazito lagan što se tiče količine podataka koju šalje i koristi (engl. light weight), otvoren, jednostavan i dizajniran da se jednostavno implementira [8],[9]. Dva osnovna pojma, definisana od strane MQTT protokola, su „tema“ (eng. “topic”) i „sadržaj“ (eng. “payload”) poruke (Slika 3.). Kao što je već rečeno sam protokol funkcioniše po principu pretplate i objave. Ukoliko su različiti akteri u komunikaciji zainteresovani za određenu temu, oni će se na tu temu pretplatiti, ili objaviti određeni sadržaj. MQTT broker predstavlja centralnu komponentu mreže koji je na raspolaganju klijentima koji koriste njegove specifične usluge. Postojanjem brokera razdvojeno je slanje poruka od njihove isporuke jer se sve poruke koje dolaze do brokera preusmjere onim klijentima koji su pretplaćeni na tu temu. MQTT

teme se formiraju od izraza (komponenti) koji su odvojeni znakom kose crte: „/“. Na osnovu ovoga je omogućena pretplata na više tema uz pomoć samo jednog zahtjeva poslanog brokeru. MQTT je protokol aplikativnog niva iz familije internet protokola i oslanja se na isporuku garantovanu TCP porotoklom [7].

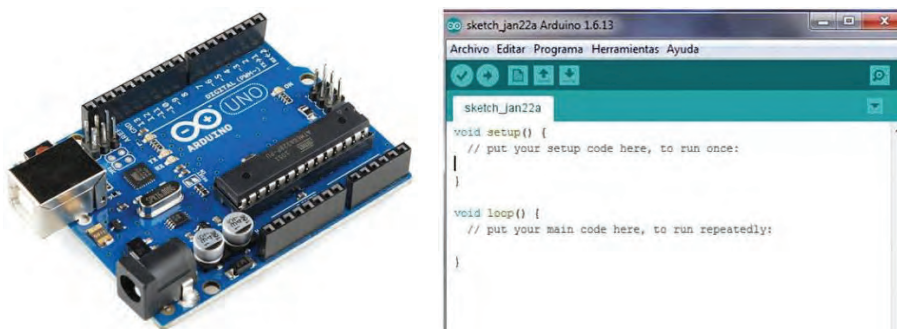


Slika 3. Prikaz načina funkcionisanja MQTT protokola [10]

Kako je MQTT protokol kreiran za Internet stvari sigurnost igra izuzetno važnu ulogu u cilju zaštite osjetljivih podataka. Pored standardnog metoda šifrovanja poruka MQTT protokol posjeduje dodatne metode autentifikacije i autorizacije učesnika (uređaja) u komunikaciji. Autentifikacije i autorizacije se osiguravaju na MQTT brokeru. Autentifikacija učesnika se obavlja na način koji može garantovati identitet samog učesnika. Nakon što učesnici pristupe uspostavljenoj mreži, pristup podacima kao i sama interakcija se nadgledaju kroz kategorizaciju učesnika kao i kroz prepoznavanje njihovih individualnih ovlašćenja.[7]

4. ARHITEKTURA SISTEMA

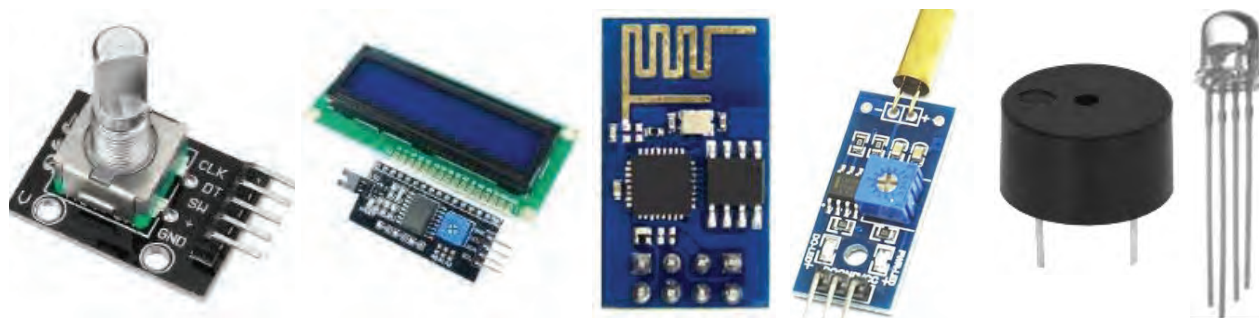
Internet stvari se sastoje od pametnih uređaja kojima korisnik upravlja putem aplikacije kroz Internet mrežu. Korisnička aplikacija najčešće ne komunicira direktno sa pametnim uređajima već posredstvom servera. Server je zadužen da skladišti, obrađuje podatke koje dobija od pametnih uređaja te da upravlja tim uređajima. Arhitektura sistema koji je realizovan u ovom radu indentična je arhitekturi sistema Internet stvari. Pametni uređaj predstavlja kombinaciona brava koja je sastavni dio pametnog sefa. Aplikacija „Moj Sef“ (My Safe) uz pomoć koje korisnik komunicira sa pametnim sefom je sastavni dio sistema. Komunikacija između pametnog uređaja i korisnika odvija se uz pomoć MQTT protokola, tj. posrednik u ovoj komunikaciji je MQTT broker koji ima ulogu servera. Realizacija pametnog uređaja bazirana je na Arduino razvojnoj platformi [11]. Ova platforma se sastoji od Arduino pločice i Arduini IDE (Slika 4.) programskog okruženja. Arduino IDE programsko okruženje omogućava programiranje Arduino pločice na kojoj se nalazi mikrokontroler. U ovoj realizaciji korišćena je Arduino UNO pločica koja sadrži ATMEL mikrokontroler. [11]



Slika 4. Arduino Uno razvojna ploča i Arduino IDE programsko okruženje [12], [13]

Kako bi pametni uređaj bio upotrebljiv osim Arduino platforme potrebne su ulazno/izlazne komponente kao i odgovarajući Wi-Fi modul koji omogućava konekciju sa MQTT brokerom (Slika 5.). Komponente koje su korišćene prilikom realizacije pametnog uređaja su:

- Rotacioni enkoder,
- LCD I2C display,
- ESP8266 Wi-Fi modul,
- Sensor položaja,
- Zvučnik (buzzer),
- RGB LED diode.



Slika 5. Ulazno/Izlazne komponente pametnog uređaja [14]-[19]

Pametni uređaj funkcioniše tako što se rotacionim enkoderom odabira kombinacija od četiri broja (0-99) koja se prikazuje na LCD display-u. Ukoliko je tačno odabrana kombinacija od četiri broja ovlašćenoj osobi se uz pomoć ESP 8266 Wi-Fi modula posredstvom MQTT brokera šalje poruka sa pitanjem da li dozvoljava pristup sefu, ukoliko je odgovor pozitivan brava će se otključati, dok pri negativnom odgovoru na primjenu poruku brava ostaje zaključana. Ovlašćena osoba komunicira sa pametnim uređajem uz pomoć android aplikacije “Moj sef”. Takođe, sastavni dio sistema su dvije RGB LED diode, sensor položaja i zvučnik. Sensor položaja služi kao dodatni vid zaštite od fizičkog uklanjanja pametnog sefa. U sličaju da sensor položaja registruje da je došlo do ugrožavanja pozicije pametnog uređaja automatski se aktivira odgovarajući zvučni signal koji prati slanje upozoravajuće poruke ovlašćenoj osobi. Zvučnik će se takođe aktivirati ukoliko je odgovor na primljenu poruku negativan kao i u sličaju da ovlašćena osoba koristeći korisničku aplikaciju da signal za aktiviranje zvučnog signala. RGB LED diode služe kao indikatori o stanju u kojem se brava nalazi (otključana/zaključana) kao i za davanje informacije da li je pametni uređaj ostvario Wi-Fi konekciju sa MQTT brokerom.



Slika 5. Arhitektura realizovanog IoT sistema

4.1. ROTACIONI ENKODER

KY-040 rotacioni enkoder je rotacioni ulazni uređaj koji omogućava prikaz koliko se dugme zarotiralo i u kojem smjeru. Rotirajući enkoder ima fiksni broj pozicija po obrtaju. Ove pozicije se mogu lako uočiti kao mali „klikovi“ prilikom okretanja enkodera. Modul KI-040 ima trideset položaja. Na jednoj strani prekidača nalaze se tri igle koje se obično nazivaju A, B i C. Unutar enkodera nalaze se dva prekidača. Jednom prekidač povezuje pin A sa pinom C, a drugi prekidač povezuje pin B sa pinom C. U svakom položaju enkodera, oba prekidača su ili otvorena ili zatvorena. Svaki klik izaziva promjenu stanja ovih prekidača.[14]

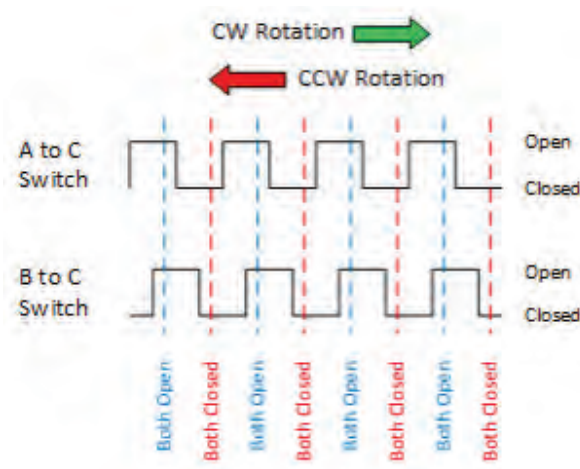


Slika 6. Položaj prekidača kod rotacionog enkodera [14]

Kao što se može uočiti sa Slike 6. ugaona pozicija terminala A i B je takva da:

- Okretanje prekidača u smeru kazaljke na satu će uzrokovati da prekidač koji povezuje A i C prvo promijeni stanje.
- Okretanje prekidača suprotno od kazaljke na satu će uzrokovati da prekidač koji povezuje B i C prvo promijeni stanje.[14]

Određivanje smjera rotacije se zasniva na praćenju koji prekidač prvi mijenja stanje. Ako je A prvo promijenio stanje, prekidač se rotira u smjeru kazaljke na satu. Ako je B prvo promijenio stanje, enkoder se rotira u smjeru suprotnom od kazaljke na satu.[14]



Slika 7. Prikaz talasnih oblika za odgovarajuće prekidače [14]

Modul je dizajniran tako da je na izlazu niski naponski nivo (LOW) kada su prekidači zatvoreni, odnosno visoki naponski nivo (HIGH) kada su prekidači otvoreni. Niski naponski nivo se generiše povezivanjem zemlje (GND) na Pin C i prenošenjem na pinove CLK i DT kada su prekidači zatvoreni. Visoki naponski nivo se generiše sa 5V ulaznim naponom i pull-up otpornikom, tako da su CLK i DT na visokom logičkom nivou kada su prekidači otvoreni. Takođe sastavni dio enkodera je prekidač čije se otvoreno stanje pritiskom mijenja u zatvoreno.[14]

4.2. LCD DISPLAY

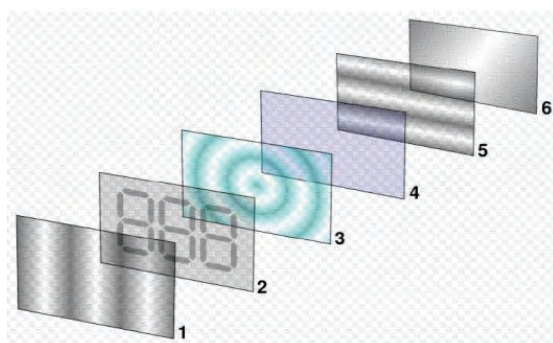
Liquid Crystal Display (LCD) je tanki, ravni indikator, napravljen iz kolor ili monohromatskih piksela postavljenih ispred izvora svjetlosti ili reflektora. Veoma su male potrošnje, pa se često koristi u uređajima napajanim iz baterije.[20]



Slika 8. LCD display

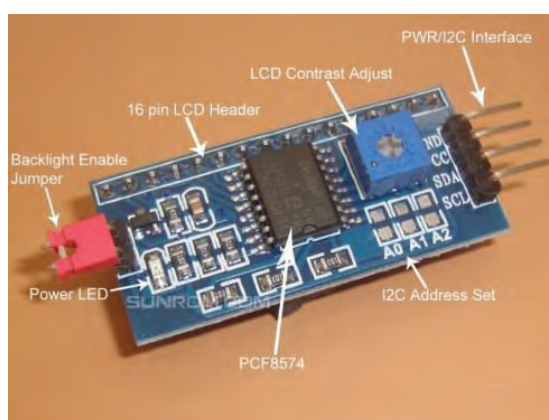
Komponente iz kojeg se sastoji LCD su: Vertikalni polarizujući filtar [21];

1. Stakleni supstrat sa transparentnim elektrodama (Indium Tin Oxide (ITO) elektrode);
2. Molekuli tečnog kristala;
3. Stakleni supstrat koji ujedno predstavlja zajedničku elektrodu (ITO elektrode);
4. Horizontalni polarizujući filter;
5. Refleksivna podloga – služi da odbija svjetlo nazad posmatraču.



Slika 9. Komponente LCD display-a [21]

U ovom radu je uz LCD display korišćen I2C modul. Centralni dio modula zauzima PCF8547 kontroler. Red pinova se povezuje sa standardnim LCD-om kako bi se za povezivanje sa Arduino pločicom koristila samo četiri pina. Trimer je već pričvršćen za ploču sa kojim se podešava kontrast što eliminiše upotrebu glomaznih potencijometara. Džemper omogućava odnosno onemogućava pozadinsko osvjetljenje. Ukoliko je potrebno onemogućiti pozadinsko osvjetljenje potrebno je ukloniti džemper.[22]



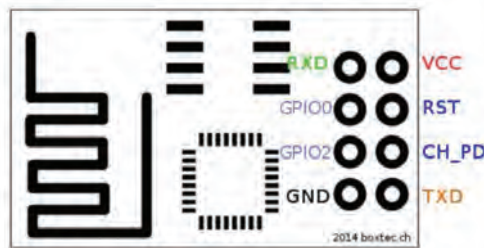
Slika 10. I2C modul [22]

4.3. ESP8266 WI-FI MODUL

ESP8266EX predstavlja zanimljiv čip baziran na 32-bitnoj RISC arhitekturi pod nazivom Xtensa LX106 Diamond koji radi na (za mikrokontrolere) vrlo pristojnih 80 megaherca. Omogućava da se overklokuje do 160 megaherca, ali se nakon toga stabilnost ne garantuje. Posjeduje 96 kilobajta radne memorije i 64 kilobajta memorije za instrukcije. Korišćena arhitektura mikrokontrolera je zanimljiva po tome što proizvođačima opreme dozvoljava kreiranje sopstvenih instrukcija u okviru mikrokoda. Uz mikrokontroler ide eksterni čip fleš memorije kapaciteta od 512 kilobajta. Prvi modeli pojavili su se na tržištu 2014. godine uz najavu da se radi o zaokruženom rješenju za Wi-Fi komunikaciju. Ovi moduli mogu da se koriste samostalno, ali i kao sredstvo za povezivanje mikrokontrolera bežičnom Wi-Fi vezom. Osim što je dobro rasprostranjen i popularan, ESP8266 je učinio mnogo za cjelokupno IoT tržište primoravajući ostale proizvođače da znatno snize cijenu. AI-Thinker je jedan od proizvođača koji su među prvima počeli sa kreiranjem modula na bazi čipa ESP8266. [23]



Slika 11. ESP8266 ESP-01 modul [23]



Slika 11. Raspored pinova ESP8266 ESP-01 modula [23]

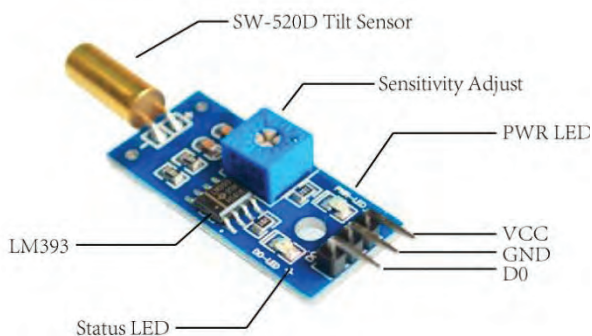
Modul ESP-01 predstavlja prvi AI-Thinker modul sa čipom ESP8266 koji se pojavio na tržištu. Ovaj modul je najpopularniji i najčešće korišćen modul, zahvaljujući cijeni koja je niža od svih predstavnika u toj kategoriji. Omogućava pristup do dva GPIO porta, što znači da može da se koristi za prikupljanje senzorskih podataka nezavisno od drugog mikrokontrolera. Dobar su izbor zbog toga što se često koriste u primjerima koji se mogu naći na internetu, pa nije teško doći do gotovih rješenja. Međutim, nisu bez nedostataka. Pojedini izvodi glavnog čipa, zbog loših inženjerskih rješenja, nisu nigdje priključeni, pa se nalaze u takozvanom „plutajućem” stanju, koje može prouzrokovati razne nepravilnosti u radu. Osim toga, ovi moduli nemaju mogućnost dovođenja elektronike u stanje takozvanog „dubokog sna”, koje je vrlo važno za ekonomiju električne energije. Najčešća veličina fleš memorije za module crne boje iznosi jedan megabajt. [23]

Tabela 1: Raspored i funkcije pinova ESP8266 ESP-01 modula [23]

R.b.	Pin	Funkcija
1.	GND	Uzemljenje
2.	TX	UART slanje podataka
3.	GPIO2	GPIO port 2
4.	CH_PD	Aktiviranje modula
5.	GPIO0	GPIO port 0
6.	RST	Eksterni reset signal
7.	RX	UART prijem podataka
8.	Vcc	Konektor napajanja

4.4. SENZOR POLOŽAJA

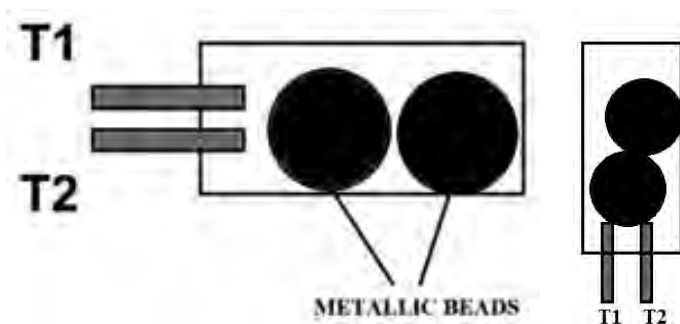
Položaj posmatranog objekta se može definisati kao njegove koordinate u odnosu na zadatu referentnu tačku. Mjerenje pomjeraja se obavlja na taj način što se posmatra položaj objekta u odnosu na njegov prethodni položaj. Pomjeraj se može mjeriti uglom ili rastojanjem. Položaj i pomjeraj su veoma bitni za upravljanje procesima, sigurnosnim sistemima itd.[11]



Slika 12. Senzor položaja [24]

SW-520D module je uređaj koji se koristi za registrovanje ugaonog pomjeraja. Ovaj modul predstavlja električni prekidač koji zatvara strujni krug kada metalne kuglice stvore kontakt sa metalnim elektrodama (Slika 13.). Princip rada ovog senzora zasnovan je na promjeni dva moguća stanja (otvoren ili zatvoren) u zavisnosti od nagiba objekta na kome je senzor montiran.[25]

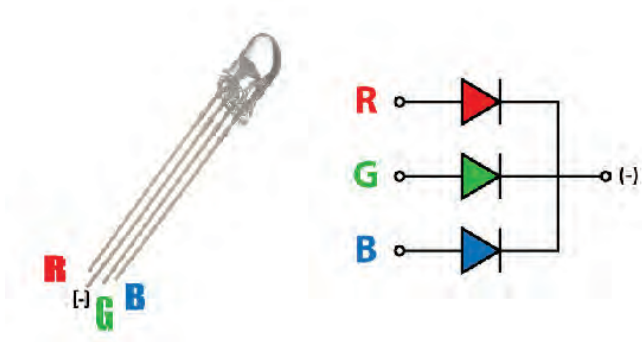
Neke od prednost ovog senzora u odnosu na ostale senzore jesu pouzdanost u radu i jednostavnost konstrukcije. Pouzdanost u radu je rezultirala primjenom ovog senzora u sistemima za kontrolu sigurnosti.[11], [25]



Slika 13. Princip rada senzora položaja [25]

4.5. RGB LED DIODA

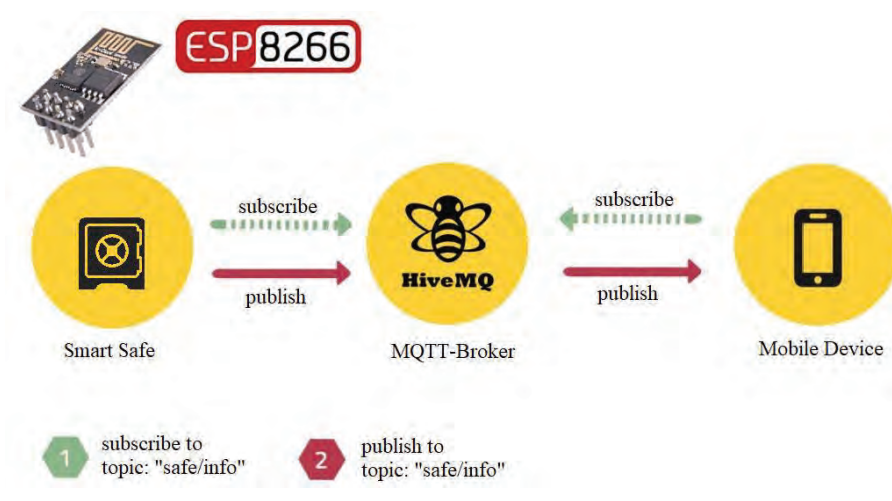
RGB LED dioda predstavlja komponentu koja je u stanju da emituje svjetlost različite boje kombinujući tri osnovne boje crvenu, zelenu i plavu. Prema tome u kućištu ove komponente nalaze se tri LED diode i to crvena, zelena i plava LED dioda. Posmatrajući standardne LED diode koje posjeduju dvije nožice trobojne LED diode posjeduju četiri "nožice", tj. za svaku boju je rezervisana po jedna nožica što je ukupno tri dok je četvrta nožica zajednička. Zajednička nožica može biti katoda ili anoda, zavisno o izvedbi elementa, ova nožica je najčešće duža od ostalih. U ovoj realizaciji korišćena je RGB LED dioda sa zajedničkom katodom. Najduža "nožica" (zajednička katoda) je spojena na GND pin na Arduinu, a preostale tri "nožice" spojene su na odgovarajuće PWM digitalne pinove preko otpornika koji ograničava protok struje. PWM izlazi se koristiti za simulaciju analognog izlaza koji će osigurati različite nivoe napona za LED diode u cilju dobijanja željene boje.[26], [27]



Slika 14. RGB LED dioda [27]

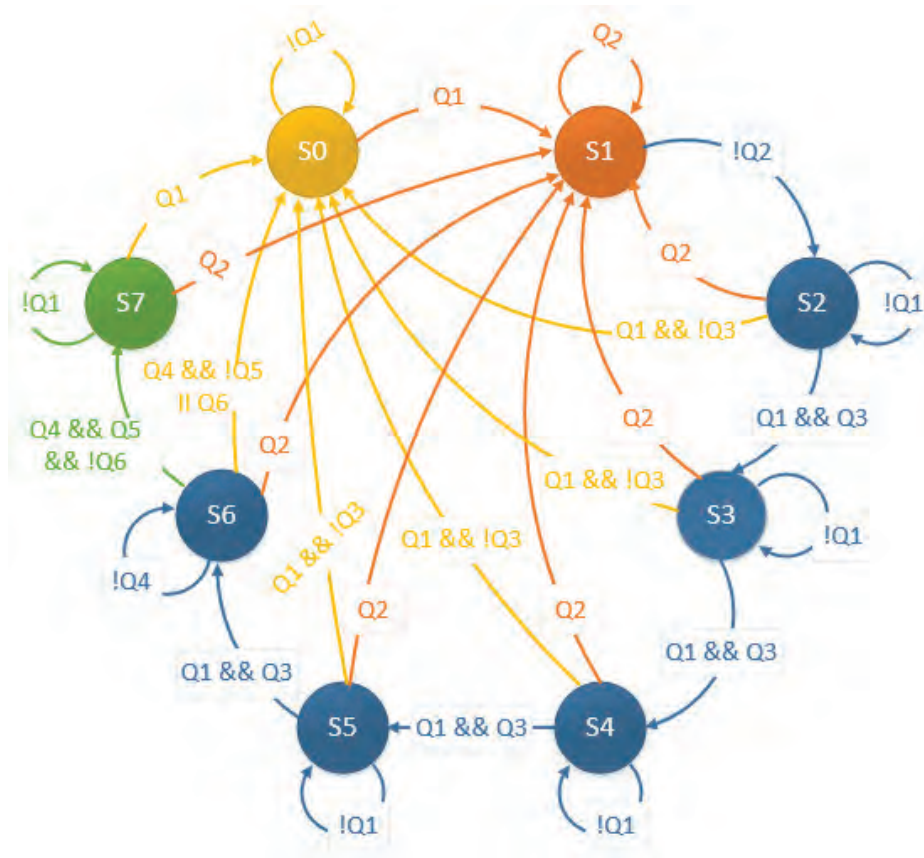
5. REALIZACIJA SISTEMA

Sistem je realizovan iz dva dijela. Prvi dio je zahtijevao realizaciju pametnog uređaja, dok je drugo dio zahtijevao izradu korisničke aplikacije uz pomoć koje korisnik komunicira sa pametnim uređajem. Posrednik u ovoj komunikaciji je MQTT broker koji omogućava da se oba dijela sistema pretplate na istu temu (Slika 15.).



Slika 15. Prikaz komunikacije između dijelova realizovanog sistema

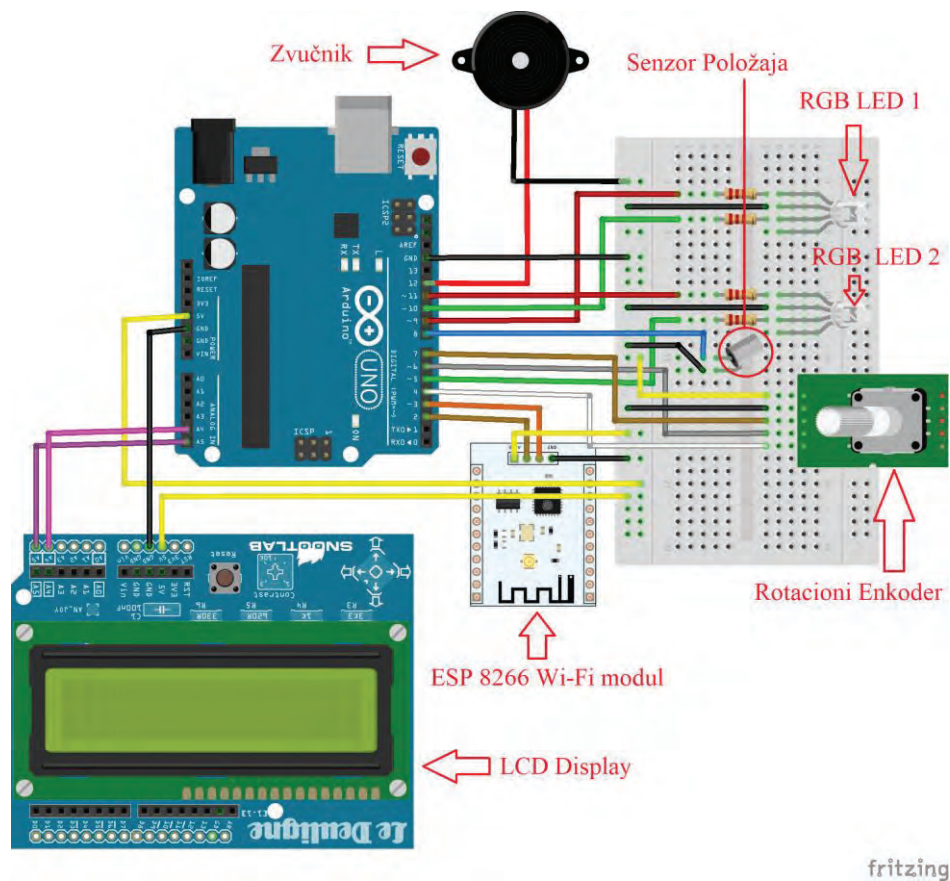
Pametni uređaj je realizovan uz pomoć Arduino platforme koja omogućava povezivanje softvera i hardvera kao i ostvarivanje komunikacije uz pomoć ESP 8266 Wi-Fi modula sa MQTT brokerom. Kako bi uređaj funkcionisao potrebno je napisati odgovarajući program. Na samom početku, u dijelu gdje se definišu početna podešavanja programa, potrebno je ostvariti Wi-Fi konekciju sa MQTT brokerom. Nakon definisanja početnih podešavanja pristupilo se pisanju odgovarajućeg programa koji je pisan u formi Automata (eng. Finite State Machine). Automat opisuje različita stanja u kojima se sistem može naći i pravila saglasno kojima može preći iz jednog stanja u drugo. Glavni alat koji se koristi za pravljenje Automata u C-u zove se switch/case iskaz.[11]



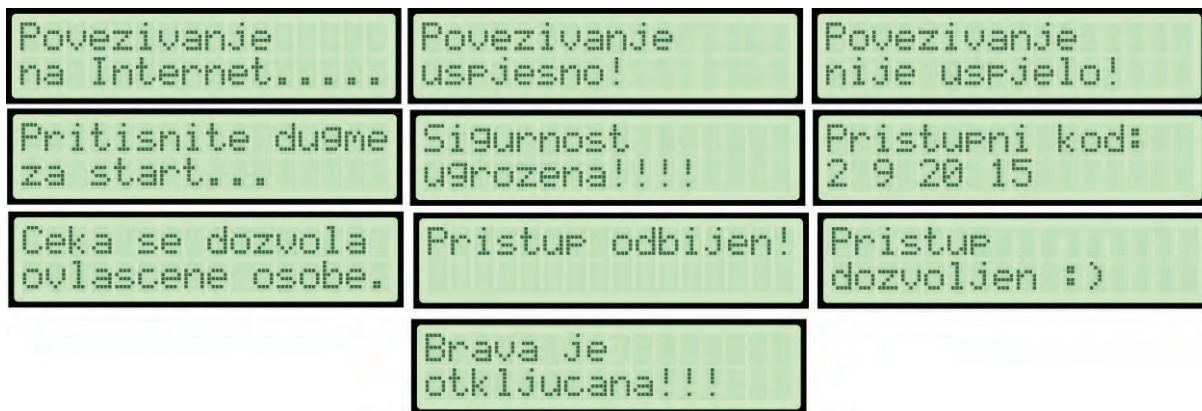
Slika 16. Dijagram stanja

Za realizaciju programa koji opisuje način funkcionisanja pametnog uređaja potrebno je osam stanja (S0-S7). Stanje S0 opisuje početno stanje u kojem sistem ostaje sve dok se ne klikne taster rotacionog enkodera (Q1) čime se prelazi u stanje S1. Takođe stanje S0 definiše mogućnost startovanja zvučnog signala ukoliko ovlašćena osoba pritisne dugme Buzzer u aplikaciji. Stanje S1 opisuje slučaj kada dođe do nedozvoljene promjene položaja pametnog sefa. Ukoliko je došlo do ugrožavanja pozicije pametnog uređaja (Q2) aktiviraće se odgovarajući zvučni signal koji prati odgovarajuće obavještenje upućeno ovlašćenoj osobi. Provjera položaja pametnog uređaja vrši se u svih osam stanja sistema. Kada nije došlo do nedozvoljene promjene položaja pametnog uređaja (!Q2) iz stanja S1 sistem prelazi u stanje S2 otpočinjući na taj način proces unošenja odgovarajuće kombinacije. Stanje S2 opisuje stanje kada se rotacionim enkoderom odabira prvi od četiri broja koji omogućavaju otključavanje brave. Tokom biranja broja sa rotacionim enkoderom sistem ostaje u stanju S2 sve dok se ne podesi željena vrijednost (Q3) koja se potvrđuje klikom na taster rotacionog enkodera (Q1). Ukoliko je odabrana tačna vrijednost i pritisnut taster rotacionog enkodera (Q3 && Q1) prelazi se u stanje S3, dok pri pogrešnom odabiru vrijednosti koja je potvrđena pritiskom tastera (!Q3 && Q1) sistem prelazi u stanje S0. U stanju S3 sistem ostaje sve dok se ne podesi drugi željeni broj (Q3) koji se takođe potvrđuje pritiskom tastera rotacionog enkodera (Q1). Ukoliko je pritiskom tastera odabrana netačna vrijednost (!Q3 && Q1) sistem prelazi u stanje S0, dok pri tačnom odabiru sistem prelazi u stanje S4 (Q3 && Q1). Pomenuti postupak se ponavlja za stanja S4 i S5 tj. za izbor trećeg i četvrtog broja kojim se željena kombinacija objedinjuje. Ako se četvrti broj poklapa sa definisanom vrijednošću prelazi se u stanje S6 koje opisuje posljednji korak do otključavanja brave. Kako bi sistem napustio stanje S6 potreban je odgovor (Q4) na poruku koja se šalje ovlašćenoj osobi posredstvom MQTT brokera na aplikaciji u formu obavještenja. Ukoliko je pozitivan odgovor (Q5) na poruku sistem prelazi u stanje S7, tj. brava se otključava. Međutim, ukoliko je odgovor na primjenu poruku negativan (!Q5) sistem prelazi u stanje S0. Takođe, ukoliko se odgovor čeka duže od 2 minuta (Q6) sistem će automatski preći u stanje S0. Nakon negativnog odgovora ili automatskog prelaza u stanje S0 uključice se zvučnik. RGB LED dioda koja označava da li je brava otključana ili zaključana emituje svjetlost crvene

boje kada se sistem nalazi u stanja S0-S6. Međutim kada se brava otključa ona počinje da emituje svjetlost zelene boje. Zaključavanje brave se obavlja resetom sistema, tj. pritiskom tastera rotacionog enkodera. Svako stanje u kojem se sistem može naći prati odgovarajući prikaz na LCD display (Slika 18). Dijagram stanja odgovarajućeg automata prikazan je na slici 16.

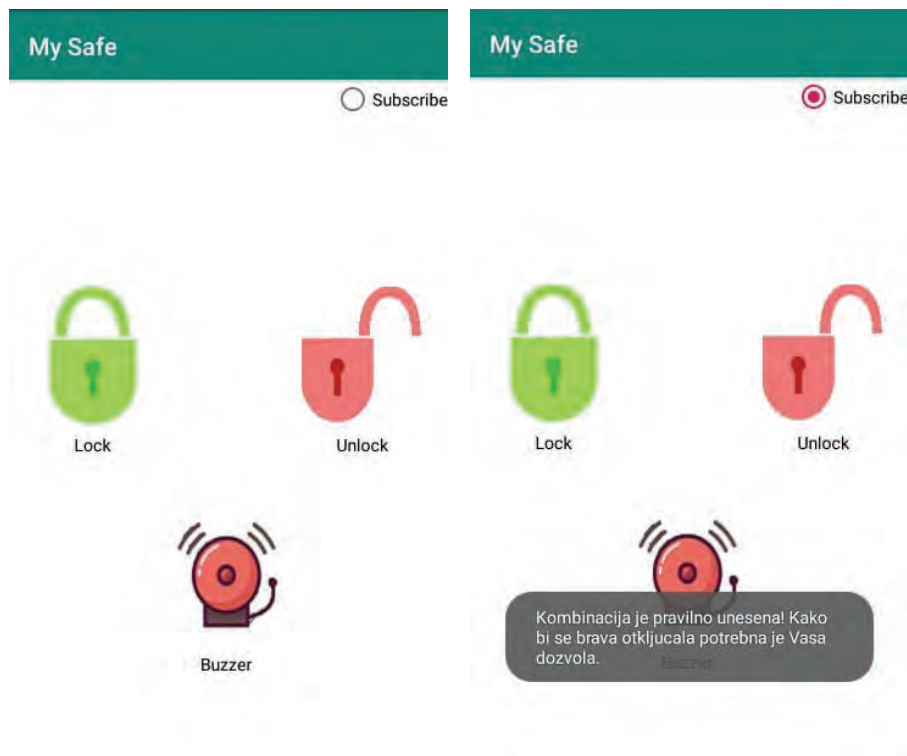


Slika 17. Prototip nacrtan u programu Fritzing



Slika 18. Poruke koje se ispisuju na LCD display [28]

Drugi dio realizacije sistema zahtijevao je programiranje korisničke aplikacije u programskom okruženju Android Studio, specijalizovanom programu za kreiranje android aplikacija. Realizovana aplikacija "Moj Sef" ("My Safe") je veoma jednostavna i sastoji se od ukupno tri dugmeta i jednog selekcionog dugmeta ukoliko želimo da potvrdimo pretplatu na odgovarajuću temu (eng. topic) kako bi omogućili prijem poruka. Luck i Unluck služe kao dugmad kojim se omogućuje odgovor korisnika na primjenu poruku u kojoj se traži dozvola za pristup sefu. Dugme Buzzer omogućava akviriranje zvučnog signala na pametnom uređaju.



Slika 19. Korisnička Android aplikacija „Moj Sef“

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana realizacija sistema IoT. Realizovani sistem se sastoji od pametnog uređaja čiji glavni dio digitalna kombinaciona brava kao i od korisničke Android aplikacije. Kako svaki sistem ima svoje prednosti i nedostatke tako ih ima i IoT sistem. Najveći problem ovog sistema je velika mogućnost za upad ako je sistem loše dizajniran. To se najviše odnosi na nacionalnu i industrijsku špijunažu. Koliki je to problem najbolje prikazuje sprovedeno istraživanje gdje su naučnici probali hakovati sistem u pametnom automobilu i u tome uspjeli. Uspjeli su upravljati osvjetljenjem automobila te kočionim sistemom tako da vozač ne može ništa da učini. Upad je moguć u bilo koji sistem [29]. Sistemu koji je realizovan u ovom radu sami upad i presretanje komunikacije ne utiče previše na sigurnost, problem se javlja ukoliko je sistem izložen fizičkom i hakerskom napadu.

Realizovano rješenje predstavlja unaprijeđenu verziju postojećeg sistema jer osim digitalnog dijela koji zamjenjuje mehanizam standardne kombinacione brave uveden je ESP8266 ESP-01 Wi-Fi modul koji omogućava posredstvom MQTT brokera komunikaciju sa ovlašćenom osobom doprinoseći na taj način povećanju bezbjednosti. U daljim aktivnostima realizovanom pametnom uređaju može se dodati još jedan vid provjere identiteta ovlašćene osobe kao što je skeniranje otiska prsta ili skeniranje mrežnjače oka.

LITERATURA

- [1] N. Lekić, Z. Mijanović, „Identifikacioni Sistemi i primjene u zdravstvu“, Elektrotehnički fakultet Podgorica, 2016. Dostupno na: <http://apeg.ac.me/medel/Knjiga%20%20Identifikacioni%20sistemi%20i%20primjene%20u%20medicini.pdf>, pristupljeno: 01. 08. 2019.
- [2] A. Žirovec, „Automatizacija u kući primjenom koncepta IoT“, Završni rad, Sveučilište Sjever, 2017, Dostupno na: <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin:1410/preview>, pristupljeno: 01. 08. 2019.
- [3] Report: IoT to dominate connected device landscape by 2021, Dostupno na: <http://www.mnemonix.com/blog/report-iot-to-dominate-connected-device-landscape-by-2021>, pristupljeno: 01. 08. 2019.
- [4] R. Minerva, A. Biru, D. Rotondi, „Towards a definition of the Internet of Things (IoT)“, IEEE Internet Initiative 2015, Dostupno na: http://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf, pristupljeno: 01. 08. 2019.
- [5] K. K. Patel, „Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges“, International Journal of Engineering Science and Computing, 2016 Dostupno na: https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Salazar70/publication/330425585_Internet_of_Things-IOT_Definition_Characteristics_Architecture_Enabling_Technologies_Application_Future_Challenges/links/5c3f8a24299bf12be3ccc584/Internet-of-Things-IOT-Definition-Characteristics-Architecture-Enabling-Technologies-Application-Future-Challenges.pdf, pristupljeno: 01. 08. 2019.
- [6] O. Vermesan, P. Friess, „Internet of Things Applications - From Research and Innovation to Market Deployment“, River Publishers, Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/278798179_Internet_of_Things_Applications_-_From_Research_and_Innovation_to_Market_Deployment, pristupljeno: 05. 08. 2019.
- [7] M. Tucić, „Protokol za razmjenu poruka u sistemima pametnih kuća“, Master rad, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Dostupno na: www.rtk.uns.ac.rs/sites/default/files/MS_C_2016_MT.pdf, pristupljeno: 05. 08. 2019
- [8] <http://mqtt.org/faq>, pristupljeno: 01. 08. 2019.
- [9] M. Kralj, „Program za nadgledanje umreženih senzora s pomoću protokola MQTT“, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, 2018, Dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/foi:4421/preview>, pristupljeno: 05. 08. 2019.
- [10] http://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/october/article2.php, pristupljeno: 01. 08. 2019.
- [11] I. Martinovic, Z. Mijanović, R. Dragović-Ivanović, „Primjena Arduina u industriji“, Inženjerska komora Crne Gore, 2018, Dostupno na: http://www.ingkomora.me/ikcg_sajt/cms/public/image/publikacije/3460.pdf, pristupljeno: 09. 08. 2019.
- [12] <https://diygeeks.org/shop/arduino-boards/arduino-uno-r3/>, pristupljeno: 10. 08. 2019
- [13] <https://www.digikey.com/en/maker/blogs/2018/introduction-to-the-arduino-ide>, pristupljeno: 10. 08. 2019.
- [14] Handson Technology, „Rotary Encoder for Arduino/Raspberry“, HandsOn Tech, 2008]. Dostupno na: <https://www.handson-tec.com/dataspecs/module/Rotary%20Encoder.pdf>, pristupljeno: 10. 08. 2019.
- [15] https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-969113325-display-lcd-16x2-1602-backlight-azul-modulo-i2c-arduino-pi-_JM?quantity=1, pristupljeno: 15. 08. 2019.
- [16] <http://hikopimg.pw/esp8266-arm-processor.html>, pristupljeno: 15. 08. 2019.
- [17] <https://components101.com/sensors/sw-520d-tilt-sensor-module>, pristupljeno: 15. 08. 2019.
- [18] <https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Buzzer-Fonte-de-Silicio-2015-O-buzzerebuzz>

- er-buzzere-um-componente-gerador_fig4_289531332, prisupljeno: 15. 08. 2019.
- [19] <https://market.samm.com/5mm-rgb-led-en>, pristupljeno: 15. 08. 2019.
- [20] J. Oxe, H. Blemings, „Practical Arduino: Cool Projects for Open Source Hardware“, Apress, 2009, pp. 168.
- [21] N. Lekić, „Digitalna Elektronika Indikatori“, predavanje, Dostupno na: <https://docplayer.gr/42763194-Digitalna-elektronika-indikatori.html>, pristupljeno: 15. 08. 2019
- [22] Microcontroller Tutorials, „How to Use I2C LCD with Arduino“, Dostupno na: <https://www.teachmicro.com/arduino-i2c-lcd/>, pristupljeno: 15. 08. 2019.
- [23] I. S. Ružić, „Arduino: Wi-Fi modul“, Svet kompjutera, 2017, Dostupno na: <https://www.sk.rs/2017/05/sklp05.html>, pristupljeno: 15. 08. 2019.
- [24] <http://osoyoo.com/2017/07/31/arduino-lesson-tilt-sensor-module/>, pristupljeno: 01. 08. 2019
- [25] SW-520D - Tilt Sensor Module, Dostupno na: <https://components101.com/sensors/sw-520d-tilt-sensor-module>, pristupljeno: 15. 08. 2019.
- [26] Merlin10, „Upravljanje RGB LED-icom koristeći PWM“, 2016, Dostupno na: <http://www.merlin10.com/blog/2016/07/10/upravljanje-rgb-led-icom-koristeci-pwm/>, pristupljeno: 15. 08. 2019.
- [27] How to use a RGB LED with Arduino | Tutorial, Dostupno na: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-use-a-rgb-led-with-arduino/>, pristupljeno: 15. 08. 2019.
- [28] <http://avtanski.net/projects/lcd/>, pristupljeno: 15. 08. 2019.
- [29] S.Obadić, “IoT I Pametna Kuća“, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2017, Dostupno na: <https://repositorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A1651/datastream/PDF/view>, pristupljeno: 20. 08. 2019.

OD IDEJE DO REALIZACIJE – MALA HIDROELEKTRANA “BISTRICA MAJSTOROVINA”

Natalija Radonjić, Ljubiša Bošković -
Sistem-mne d.o.o., Podgorica

KRATAK SADRŽAJ

Upotreba obnovljivih izvora energije (OIE) je jedna od ključnih komponenti održivog razvoja koja omogućava racionalne ekonomske, ekološke i socijalne efekte. Razvijene zemlje su shvatile značaj smanjenja emisije od sagorijevanja energenata tokom procesa stvaranja energije i neophodnost traženja alternativnih izvora energije. Prateći pomenuti trend i Crna Gora, takođe, ima svoj tempo povećavanja “zelene” energije u ukupnoj proizvodnji.

U ovom radu je predstavljen proces realizacije projekta male hidroelektrane počevši od same ideje. Za primjer je uzeta mala hidroelektrana “Bistrica Majstorovina” 3.6 MW, gdje je prikazana uporedba Glavnog projekta i Izvedenog stanja.

Osim prethodno navedenog, cilj rada je da prikaže benefite za društvo i sredinu koje donose male hidroelektrane, uz minimalan uticaj na životnu sredinu, a pritom poštujući Zakonsku regulativu Crne Gore.

Ključne riječi: uticaj na životnu sredinu, male hidroelektrane, Zakonska regulativa.

1. OD IDEJE...

1.1. OPŠTE

Od strane Ministarstva ekonomije raspisan je javni poziv za dodjelu koncesije na vodotoku rijeke Bistrice, mjesto Majstorovina, opština Bijelo Polje. Investitor Hydro Bistrica d.o.o. je dobio pravo na koncesiju i angažovao firmu Sistem-mne d.o.o. Podgorica za izradu projektne dokumentacije i izgradnju objekta po sistemu “ključ u ruke”. Krenulo se od podloga i to: pribavljenje Urbanističko tehničkih uslova, mišljenja o priključenju male hidroelektrane (mHE) “Bistrica Majstorovina” na elektrodistributivnu

mrežu, geologije, geodezije, hidrološke studije te saglasnosti od nadležnih institucija koje su pratile prethodno navedene podloge.

Hidrološka studija rađena je na osnovu mjerenja u periodu od 10 godina kao i na osnovu podloga od Hidrometeorološkog zavoda. Na osnovu prethodno navedenog definisan je instalisani protok mHE 4,20 m³/s kao i ekološki prihvatljiv protok 2,62 m³/s, neto pad, kota gornje vode i kota donje vode mHE.

1.2. PROJEKTA DOKUMENTACIJA

Nakon obrade podloga i definisanja ulaznih podataka za izbor elektro i hidro-mašinske opreme arhitektama se nametnuo nezahvalan zadatak rješavanja objekta mašinske zgrade sa akcentom na funkcionalnost istog u skladu sa svojom prirodom postojanja, ali bez zanemarivanja uklapanja objekta u prirodnu okolinu.

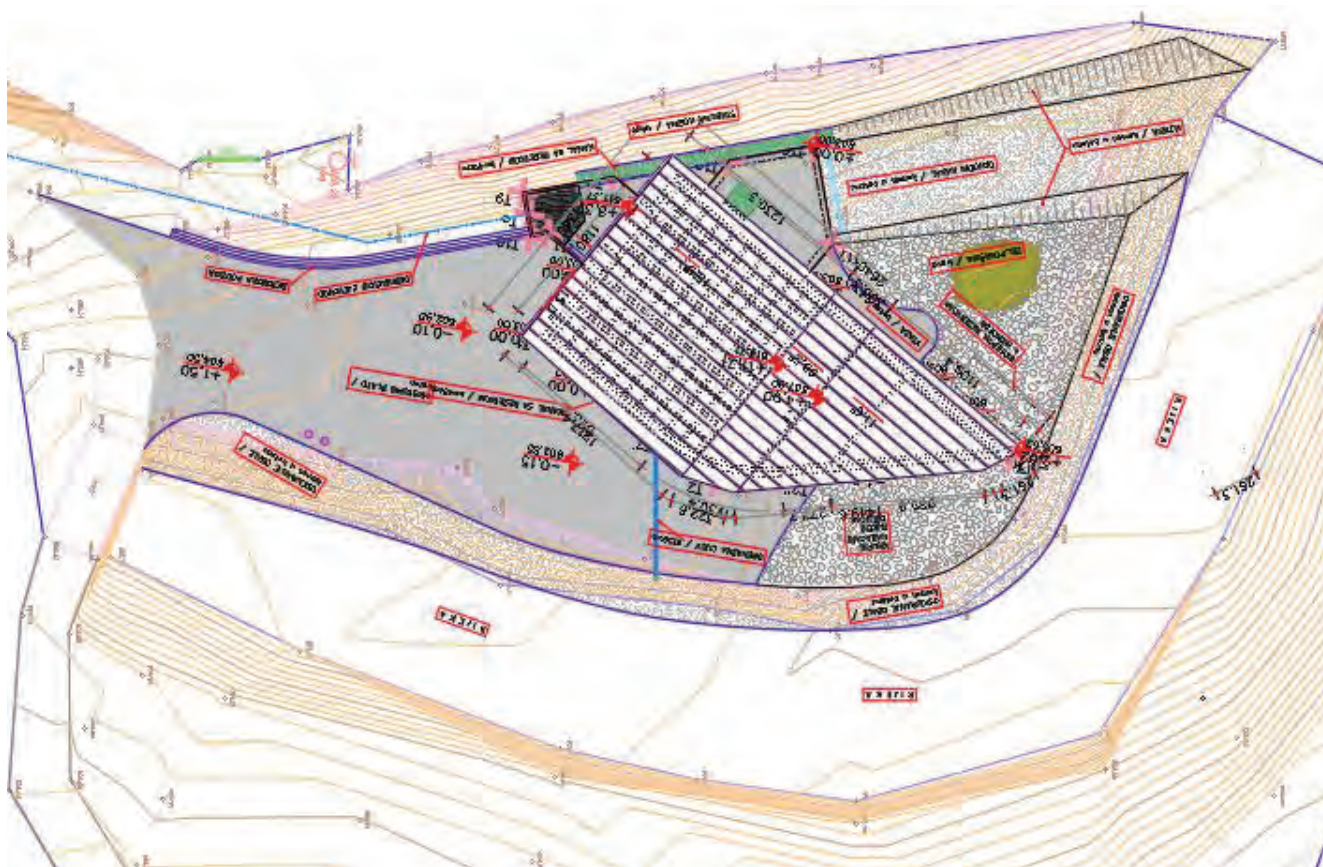
Hydroenergetski objekat mHE „Bistrica Majstorovina“ je planiran kao protočna hidroelektrana sa bočnim vodozahvatom i taložnicom, cjevovodom pod pritiskom, te mašinskom zgradom u kojoj se nalazi odgovarajuća hidromašinska i elektro oprema i odvodnim kanalom kojim se voda poslije prolaska kroz radno kolo turbina vraća nazad u korito rijeke.

Na osnovu raspoloživih projektantskih podloga i propisne udaljenosti od sanitarne zone zaštite izvorišta vodosnabdijevanja opštine Bijelo Polje, usvojeni su položaji mašinske zgrade, vodozahvata i trase cjevovoda. Ekološki prihvatljiv protok u koritu rijeke Bistrice je za vrijeme izrade projektne dokumentacije je bio 10% od srednjeg višegodišnjeg protoka dobijenog hidrološkim analizama i iznosi $Q_{sr,vg}=2,62$ m³/s. [2]

Tabela I. Osnovne tehničke karakteristike mHE „Bistrica Majstorovina“

Kota gornje vode K_z	705,00 mnm	Instalisana snaga agregata Francis 1 P_{f1}	1.728,81 kW
Kota donje vode K_s	602,00 mnm	Instalisana snaga agregata Francis 2 P_{f2}	1.728,81 kW
Bruto pad H_b	103,00 m	Instalisana snaga generatora Hitzinger 1 P_{g1}	2000,00 kVA
Srednji protok na profilu vodozahvata $Q_{sr,vg}$	2,62 m ³ /s	Instalisana snaga generatora Hitzinger 1 P_{g2}	2000,00 kVA
Instalisani protok za dvije Francis turbine Q_i	4,20 m ³ /s	Energetski transformatori	2 x 2100 kVA, 10/0.4 kV
Stepen instalisanosti i	1,717	Kućni transformator	100 kVA, 10/0.4 kV
Neto pad za instalisani protok H_n	95,50 m	SN postojenje	Siemens
Prečnik cjevovoda D	1600 mm	Priključenje u TS Ribarevine	10 kV kablovski vod, cca 2.8 km
Dužina cjevovoda L	3.732,72 m	Ocjena srednje godišnje proizvodnje agregata E_{god}	11.715,00 GWh

Pored dvije Francis turbine u mašinskoj zgradi je bilo potrebno smjestiti dva Hitzinger generatora, niskonaponski blok, transformatore, srednjenaponski blok, polje sopstvene potrošnje, kontrolnu sobu. Arhitekta su došle na ideju izrade objekta u obliku nasukanog broda na obali rijeke Bistrice pred njeno ušće u rijeku Ljuboviđu.



Slika 3. Izvod iz Glavnog projekta – uređenje terena nakon izgradnje objekta mašinske zgrade mHE „Bistrica Majstorovina”

1.3. ZNAČAJ OBJEKTA

Izgradnjom lokalnih malih hidroelektrana se povećava pouzdanost rada elektroenergetskog sistema, jer se jedan dio potrošnje opštine Bijelo Polje može svakako pokriti proizvedenom energijom iz mHE “Bistrica Mjastorovina”. Generalno male hidroelektrane se grade u ruralnim djelovima zemlje u područjima sa neizgrađenom ili dotrajalom distributivnom mrežom, tako da u toku građenja novog energetskog objekta gotovo obavezno ide ili modernizacija postojeće ili izgradnja nove distributivne mreže. Ovo kao rezultat daje sigurnije i pouzdanije napajanje električnom energijom stanovništva na tom području, doprinoseći podizanju kvaliteta života lokalne zajednice.

2. DO REALIZACIJE...

2.1. PRIHVATANJE PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

Nakon izrade Glavnog projekta i njegove revizije u skladu sa tada važećim Zakonom o uređenju prostora i izgradnji objekata pristupilo se pribavljanju saglasnosti od nadležnih institucija na isti. Neophodne saglasnosti, radi dalje realizacije projekta, koje su dobijene su sljedeće: ekološka, vodna, vodovodna, protivpožarna, saglasnost na zaštitu spomenika i kulturnih dobara, saglasnost od crnogorskog elektrodistributivnog sistema za potrebe priključenja objekta na ED mrežu, poljoprivredna saglasnost, saobraćajna i geomehanička. Na ovako pripremljenu tehničku dokumentaciju, uz riješene imovinsko pravne odnose dobila se Građevinska dozvola izdata od strane Ministarstva održivog razvoja i turizma i pristupilo se izgradnji objekta.

2.2. IZGRADNJA OBJEKTA

Objekti su izgrađeni od kvalitetnih betona, konkretno objekat mašinske zgrade je izgrađen od betona pigmentisanog crvenom (bordo) bojom. Cjevovod je rađen od materijala GRP.



Slika 4. Objekat vodozahvata u toku izgradnje - mHE „Bistrica Majstorovina”, I dio



Slika 5. Objekat vodozahvata u toku izgradnje - mHE „Bistrica Majstorovina”, II dio



Slika 6. Objekat cjevovoda u toku izgradnje - mHE „Bistrica Majstorovina”



Slika 7. Objekat mašinske zgrade u toku izgradnje - mHE „Bistrica Majstorovina”, II dio

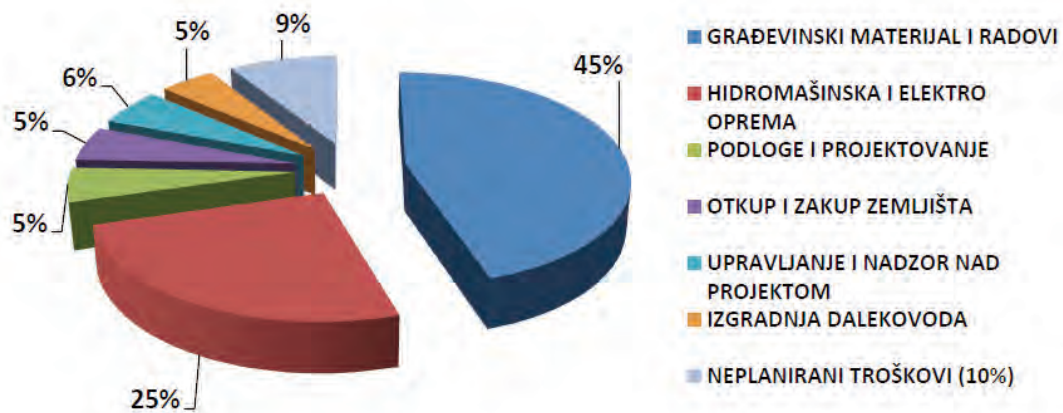
2.3. PREGLED POTREBNIH ULAGANJA

Ukupnu investiciju čine investiciona ulaganja u građevinske objekte i opremu, kao i ostali troškovi investicije (istražni radovi, troškovi projektovanja opreme i građevinskih objekata, troškovi stručnog nadzora i troškovi upravljanja projektom) za mHE „Bistrica Majstorovina“. Što se tiče podjele ukupnih ulaganja na domaću i deviznu komponentu, odnosno odgovora na pitanje koliki dio od ukupnih ulaganja se mora uvesti, važi sljedeće: građevinski radovi se mogu obaviti iz domaćih resursa, dok se cjevovod, elektromašinska i hidromehanička oprema moraju uvesti u potpunosti.

Tabela II. Investiciona ulaganja za potrebe izgradnje mHE "Bistrica Majstorovina"

Opis	Iznos (€)
Građevinski materijal i radovi (cjevovod sa polaganjem i izlivanjem anker blokova, vodozahvat i mašinska zgrada, pristupni putevi i uređenje terena)	3.100.000,00
Hidromašinska i elektro oprema	1.750.000,00
Podloge i projektovanje	350.000,00
Otkup i zakup zemljišta	350.000,00
Upravljanje i nadzor nad projektom	380.000,00
Izgradnja dalekovoda	320.000,00
Neplanirani troškovi (10%)	625.000,00
Ukupno:	6.875.000,00

Iz prethodne tabele se može sagledati struktura ukupnih investicionih ulaganja u izvođenje male hidroelektrane na vodotoku Bistrica, pritoka Ljuboviđe. Radi boljeg vizuelnog pregleda na sljedećoj slici je data struktura investicije prikazana procentualno za mHE "Bistrica Majstorovina".



Slika 8. Rekapitulacija investicije u izgradnju mHE „Bistrica Majstorovina“

2.4. UREĐENJE TERENA I VRAĆANJE PRIRODE U PRVOBITNO STANJE



Slika 9. Objekat vodozahvata nakon igradnje - mHE „Bistrica Majstorovina“



Slika 10. Objekat mašinske zgrade nakon igradnje - mHE „Bistrica Majstorovina“ I dio



Slika 11. Objekat mašinske zgrade nakon izgradnje - mHE „Bistrica Majstorovina“ II dio

Kao što je prikazano na prethodnim fotografijama, nakon završetka radova posvetilo se mnogo pažnje uređenju terena i vraćanju prirode u prvobitno stanje tj. uređenja korita rijeke, pošumljavanje, sađenje trave...

Vizuelni integritet projekta je prihvaćen i nagređen i u arhitektonskoj oblasti i to Gran Prix nagradom na III Crnogorskom salonu arhitekture – arhitekta Marija Stanojević i Marko Radonjić.

Da objekat ispunjava evropske standarde u svim aspektima govori i činjenica da je objekat većim dijelom finansiran od strane Evropske banke za obnovu i razvoj EBRD, koja je imala uvid u cjelokopnu projektnu i finansijsku dokumentaciju i prošao reviziju od renomirane njemačke kuće Fichtner sa pozitivnom ocjenom.

2.5 BENEFITI ZA LOKALNO STANOVNIŠTVO

Tenderskom dokumentacijom Investitor je bio u obavezi da za opštinu kojoj pripada vodotok, tj. Bijelo Polje, dostavi prijedlog, a zatim i realizuje višenamjenska rješenja koja se odnose na mjere energetske efikasnosti:

- 74 ulične svjetiljke za rekonstrukciju javne rasvjete od mjesta Loznice do mjesta Rasovo,
- 30 uličnih svjetiljki za javnu rasvjetu za mjesnu zajednicu Tomaševo,
- I elektrifikaciju 15 katuna (solarnih off grid sistema).

Osim toga, investitor je asfaltirao 1.7 km puta u mjesnoj zajednici, asfaltirano školsko dvorište i parking škole, na putu urađeni betonski propusti za odvodnjavanje, za par domaćinstava dovodena voda. Urađena je elektrifikacija crkve na Bjelasici – Sveti Ilija. Zapošljeno je lokalno stanovništvo.

Koncesiona nadoknada koja ide u budžet opštine Bijelo Polje iznosi cca 60.000 € na godišnjem nivou.



Slika 12. Asfaltiranje lokalnog puta

3. ZAKLJUČAK

U energetsom sektoru, u Evropskoj uniji, ali i globalno, primjećuje se ubrzani razvoj obnovljivih izvora energije i zelenih tehnologija, dok u području upotrebe fosilnih goriva dolazi do stagnacije ili smanjenja. Između mnogih pokazatelja može se istaći:

- U Kini, najvećem svjetskom potrošaču ugljenika je u 2015. godini prvi put došlo do pada potrošnje ugljenika u odnosu na prethodnu godinu i to za 8%. Ako se takav trend nastavi to će značiti da je Kina dosegla i prošla vrhunac potrošnje ugljenika značajno prije očekivanja jer su projekcije pokazivale kako se to neće dogoditi prije 2020. godine.
- Od 2013. godine, globalno, svake godine novoinstalirani kapacitet OIE u proizvodnji električne energije veći je od novoinstaliranog kapaciteta u postrojenja koja koriste ugljen, naftu i plin zajedno.

Greenpeace i Evropsko vijeće za obnovljivu energiju (EREC) objavili su 2015. godine izvještaj koji pokazuje da će ukupne potrebe za energijom u Evropi do 2050. godine biti moguće u potpunosti zadovoljiti iz obnovljivih izvora energije. Izvještaj navodi da će ulaganje u zelenu energiju već u kratkoročnom do srednjoročnom razdoblju uticati na cijene električne energije. To bi moglo uštedjeti milijarde eura u troškovima goriva od 2030. i predstavlja neposredna ulaganja u nova radna mjesta i energetska sigurnost.

Sve prethodno prikazano u ovom radu ukazuje da se investicija izgradnje malih hidroelektrana može realizovati bez većih negativnih posljedica, i da se može napraviti kompromis između životne sredine, lokalnog stanovništva i Investitora, uz poštovanje Zakonske regulative.

4. LITERATURA

- [1] Sistem-mne. (2015). Glavni projekat mHE "Bistrica Majstorovina", Podgorica, Crna Gora.
- [2] Pravilnik o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka površinskih voda, Zakon o vodama

AMM SISTEM NA SREDNJEM NAPONU SA PRAĆENJEM UKLOPNIH STANJA (MINISCADA)

Aleksandar Duković - Mezon d.o.o., Danilovgrad

KRATAK SADRŽAJ

Jedna od najbitnijih a samim tim i najaktuelnijih tema u elektrodistributivnim sistemima posljednjih godina jeste „pametna mreža“, popularno zvana „smart grid“, što je i tema koju obrađuje ovaj rad koji se konkretno bavi projektom: „AMM Sistem na srednjem naponu“ koji implementira crnogorska elektrodistributivna kompanija CEDIS u saradnji sa kompanijom Mezon. AMM sistem (Advanced Metering Menagement) sam po sebi predstavlja sveobuhvatan sistem za mjerenje protoka električne energije u ovom slučaju na sredjenaponskom nivou (35 i 10 kV) u trafo stanicama koje su sastavni dio elektrodistributivnog sistema Crne Gore. Pored mjerenja podrazumijeva se i automatsko daljinsko prikupljanje svih relevantnih podataka sa brojila kao i čuvanje u centralnom sistemu. Centralni sistem pored prikupljanja podataka takođe ima kao zadatak analizu i izvještavanje. Specifičnost izvedbe AMM sistema u elektrodistributivnom sistemu Crne Gore se odnosi na dodatu vrijednost u smislu praćenja uklopnih stanja, odnosno alarmiranja o promjeni istog, što je postignuto povezivanjem prekidača u ćelijama trafo stanica na odgovarajuće terminale (Smart Grid Terminal – npr. brojilo). Ovim je na vrlo jednostavan i jeftin način obezbjeđen monitoring i blagovremeno obavještavanje o svim uključenjima i isključenjima, odnosno beznaponskim stanjima. U radu je dat kompletan tehnički opis i preduslovi za implementaciju sa osvrtom na benefite koje jedan ovakav sistem pruža.

Ključne riječi: AMM, AMI, pametno brojilo, pametna mreža, uklopno stanje.

1. UVOD

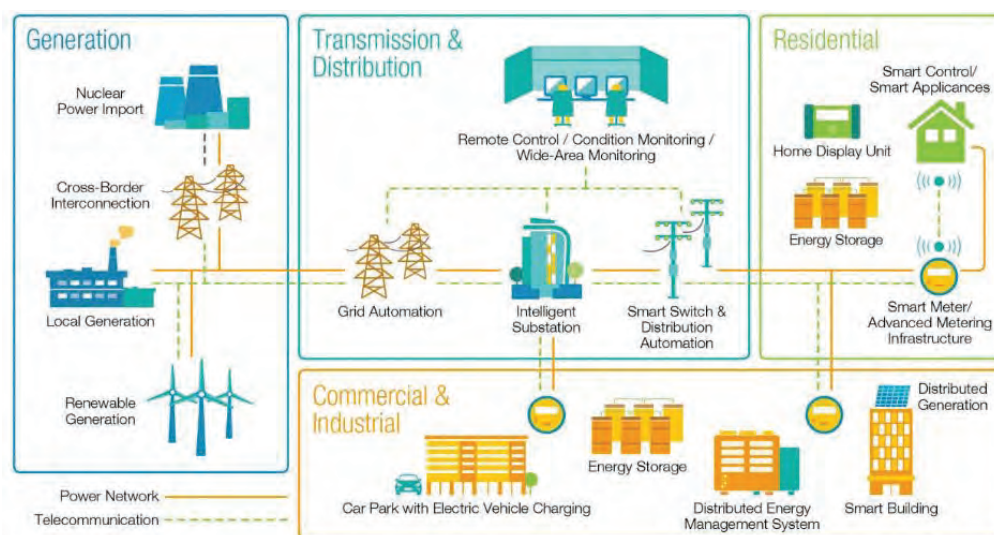
Ono što je svakako cilj svakog operatora elektrodistributivnog sistema jeste da maksimalno olakša i unaprijedi jednu od svojih osnovnih djelatnosti, a to je mjerenje protoka odnosno utroška električne energije. Ne samo da je ta operacija jako bitna za obračun utrošene električne energije prema krajnjem korisniku, tj. potrošaču, već je taj dio takođe vrlo zahtjevan i sa stanovišta organizacije radne snage, prikupljanja

podataka, čuvanja podataka a kasnije obrade i analize. Kada uzmemo u obzir takozvana tradicionalna brojila, tu u igru „uskače“ ljudski faktor koji ima obavezu očitavanja svakog pojedinačnog brojila kao i unos podataka kroz više iteracija. Samim tim mogućnost greške je na prilično visokom nivou. Takođe se javlja problem nemogućnosti očitavanja u tačno određenom trenutku što otežava kreiranje energetske bilansa. Sveobuhvatni tehnološki napredak je stavio elektrodistributivne sisteme pod određeni pritisak jer iz godine u godinu se potreba za pravovremenom isporukom sve veće količine električne energije odgovarajućeg kvaliteta sve više povećava. Pored toga imamo faktore kao što su obnovljivi izvori električne energije koje je potrebno uključiti u sistem. Sve pomenuto, uz poseban osvrt na tehnološki napredak u oblasti elektronike, prije svega kontrolera kao i komunikacionih uređaja i protokola omogućilo je unapređivanje upravljanja elektridistributivnim sistemima. Prvi koraci u ovom polju su ostvareni osamdesetih godina prošlog vijeka, da bi u novom milenijumu to doživjelo punu ekspanziju, zbog toga danas uveliko govorimo o pametnim mrežama. Pametne mreže distributerima omogućavaju čitav niz alata kao što su: daljinsko isključivanje potrošača, daljinsko prikupljanje podataka iz brojila, limitaciju snage, struje, praćenje parametara kvaliteta mreže i sl. S obzirom da je crnogorski elektrodistributivni sistem po ovom pitanju vrlo napredan jer je jedan od rijetkih sistema u Evropi koji ima implementiran sistem AMM na niskom naponu koji pokriva preko 80% svih potrošača, logičan sljed događaja je da se takav jedan sistem implementira i na većem naponskom nivou, u ovom slučaju na srednjem naponu (35 i 10 kV). Time se postiže osnovni preduslov za prelazak elektrodistributivne mreže iz klasične u „smart grid“, a to je dakle implementacija AMM sistema na svim naponskim nivoima. Ovakvi preduslovi omogućavaju crnogorskom operatoru elektrodistributivnog sistema CEDIS–u upravljanje mrežom na jedan potpuno nov način, a daje i mogućnosti za razvoj novih servisa i usluga. U daljem tekstu će biti pojašnjeni pojmovi iz ove oblasti kao i tehnički opis sistema koji je u implementaciji.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PAMETNIH MREŽA

2.1. ŠTA JE PAMETNA MREŽA?

Pametna mreža je elektrodistributivni sistem čiji je zadatak po definiciji da pruži što kvalitetnije snabdjevanje potrošača jer korišćenje savremenih tehnologija (senzora, kontrolera, komunikacionih uređaja) omogućava brzo nalaženje problema u mreži. Na taj način smanjuje se opterećenje i upotreba radne snage na održavanju i za cilj ima održivu, pouzdanu, sigurnu i kvalitetnu isporuku električne energije prema krajnjem korisniku. Tehnički gledano pametna mreža je u stvari kombinacija tradicionalne elektrodistributivne mreže nad čijim je određenim djelovima izvršena primjena savremenih pametnih digitalnih komunikacionih tehnologija (Slika 1.).



Slika 1. Pregled Smart Grid tehnologije (Izvor: [1])

Pametna mreža daje niz mogućnosti za što kvalitetnije upravljanje mrežom. To podrazumijeva preciznije planiranje troškova, planiranje opterećenja mreže i mrežne infrastrukture što dalje daje mogućnost izračunavanja očekivanog vijeka trajanja pojedinih elemenata u mreži. Korišćenjem odgovarajućih softverskih alata, koji su sastavni dio pametnih mreža možemo govoriti o strategijama za uštedu električne energije, a samim tim ustvari vršimo upravljanje potrošnjom električne energije. Sve ove analize operatoru daju mogućnost lake integracije obnovljivih izvora energije kao i planiranje izgradnje brzih punjača za punjenje električnih automobila. Pored svega navedenog ne smije se zaboraviti još jedan benefit koji nastaje kao nusprodukt, a to je smanjenje emisije ugljen dioksida što je u savremenom dobu jedna od primarnih težnji u cilju očuvanja životne sredine.

Jedan od osnovnih elemenata pametne mreže jeste i „smart meter“, odnosno pametno brojilo, čija ugradnja tj. implementacija predstavlja jedan od prvih preduoslova kako bi se moglo govoriti o pametnim mrežama [1].

2.2. PAMETNO BROJILO

Pojam pametno brojilo se pojavio mnogo ranije od svih ostalih „pametnih“ uređaja, kao što su pametni telefoni ili tv uređaji. Njegova bazična funkcija se ne razlikuje od tradicionalnog mehaničkog ili elektronskog brojila, a to je u osnovi mjerenje utrošene električne energije. Nadogradnja i razlika leži u činjenici da pametno brojilo u sebi sadrži komponente koje se bave čuvanjem velike količine podataka u digitalnom obliku, kao i komunikacionom opremom za prenos tih podataka na udaljene lokacije. Većina pametnih brojila je opremljena limitatorima struje kako bi se ograničila maksimalna snaga koju potrošač može da konzumira. Parametrizacijom brojila se omogućava promjena te maksimalne vrijednosti u zavisnosti od saglasnosti, odnosno ugovora koji potrošač ima sa snabdijevačem.

Pametno brojilo podržava dvosmjernu komunikaciju između snabdijevača i krajnjeg potrošača, a takođe omogućava i brzu detekciju kvara i usmjeravanje servisnih ekipa na lice mjesta. Snabdijevač i krajnji korisnik imaju mogućnost monitoringa opterećenja praktično na trenutnom nivou. Za snabdijevača i distributera je od velike važnosti i konstantni uvid u parametre kvaliteta isporučene energije kroz praćenje frekvencije, napona, rasporeda i opterećenja po fazama, pojave harmonika i sl. Pametno brojilo takođe omogućava i lako izračunavanje SAIDI (System Average Interruption Duration Index) indeksa, odnosno srednjeg trajanja prekida napajanja na jednom mjernom mjestu, uzimajući u obzir prekide na svim mjernim mjestima.

Što se tiče komunikacionih tehnologija i protokola koji se koriste za implementaciju u pametnim brojlilima tu postoji značajna raznolikost. Među prvim tehnologijama koja je korišćena i koja se zadržala duži niz godina jeste PLC tehnologija (Power Line Carrier), koja u osnovi koristi nosilac na određenoj frekvenciji i vrši prenos podataka kroz distributivnu mrežu do koncentratora koji se obično nalaze u trafo stanicama i vrše prikupljanje podataka sa više brojila. Pored PLC-a u novije vrijeme se najviše koriste mreže mobinih operatera i to kroz 2G, 3G, 4G protokole. U bliskoj budućnosti, s obzirom na sveopštu prisutnost bežičnih tehnologija, sve više brojila će imati mogućnost slanja podataka preko WiFi mreža, LoRa (low power long range), ZigBee (low power, low data rate wireless) što su prije svega najnoviji protokoli koji se koriste u IoT (internet of things) tehnologijama i primarno su predviđene za M2M (machine to machine) komunikaciju između različitih uređaja i senzora u industriji.

Više riječi o konkretno brojilu će biti u tehničkom opisu projekta [2].

2.3. MANE PAMETNIH MREŽA

U ovom momentu najveća mana pametnih mreža jeste sigurnost podataka. Ovaj problem je značajan do te mjere da neke zemlje i dalje odlažu masovnu upotrebu pametnih brojila dok se ne riješi problem sigurnosti (primjer Njemačke gdje je javnost jako podijeljena po ovom pitanju).

Drugi problem s kojim se pametne mreže suočavaju jeste problem nestabilnosti koji nastaje zbog čin-

jenice da najveći dio „inteligencije“ pametne mreže se nalazi na njenim ivicama, odnosno kod proizvođača električne energije kao i kod krajnjih potrošača. Ono što trenutno fali je „inteligencija“ u sredini, odnosno u prenosnoj mreži i nemogućnosti za boljim upravljanjem prekidačkim funkcijama. Bilo kako bilo, naglo dodavanje velike količine senzora koje ne bi ispratio odgovarajući razvoj softvera i komunikacionih tehnologija dovelo bi do još veće nestabilnosti i potencijalnih problema u razvoju pametnih mreža [1].

2.4. BUDUĆNOST PAMETNIH MREŽA

Bez obzira na probleme s kojima se trenutno suočava tehnologija pametnih mreža sigurno je da će njihov dalji razvoj samo učvrstiti njihovu poziciju u elektrodistributivnim sistemima. Ovdje su pomenuti samo neki od benefita koje pametne mreže pružaju, a to daje veliki doprinos u daljem razvoju distributivnih sistema koji moraju biti sve fleksibilniji.

Sljedeći korak u razvoju pametnih mreža je AMI (Advanced Metering Infrastructure) što podrazumijeva pametnu infrastrukturu koja daje podlogu za mnoge dodatne funkcije koje će doći u budućnosti i predstavljaju nadogradnju na već postojeće funkcije automatskog daljinskog očitavanja i praćenja parametara (detekcija kvarova sa tačnom lokacijom, prepaid model plaćanja električne energije, automatsko planiranje radne snage i održavanja itd.). Sve ove promjene će uticati na elektrodistributivne kompanije i na snabdijevače koji će u vrlo bliskoj budućnosti morati da prilagode svoje poslovanje nadolazećim trendovima kroz pružanje novih usluga svojim korisnicima [2].

3. TEHNIČKI OPIS PROJEKTA

Projekat AMM na srednjem naponu je koncipiran po sistemu „ključ u ruke“. To u ovom slučaju znači da su svi radovi od pripreme, kreiranja tehničkog rješenja pa preko realizacije i na kraju predaje cjelovitog sistema, koji mora biti u potpunosti funkcionalan, na strani izvođača. Kompletan projekat možemo razdijeliti na tri bitne cjeline i to: „hardware“, „software“ i instalacija. Kao krajni cilj je definisan 100% „commissioning“, odnosno potpuna očitavanje svih mjernih mjesta koja uđu u sistem.

Kada je u pitanju „hardware“ to podrazumijeva svu fizičku opremu koja je neophodna za nesmetano funkcionisanje sistema. U prvom redu su to pametna brojila (Smart Grid Terminali), a pored brojila imamo i raznu komunikacionu opremu (modemi, antene) i opremu za instalaciju.

„Software“ podrazumijeva kompletnu infrastrukturu za AMM sistem, dakle daljinsko automatsko očitavanje brojila, kao i baze podataka koje će da podržavaju centralni sistem. Programski dio takođe uključuje alate za pregled i analiziranje podataka kao i sistem za kontrolu i alarmiranje.

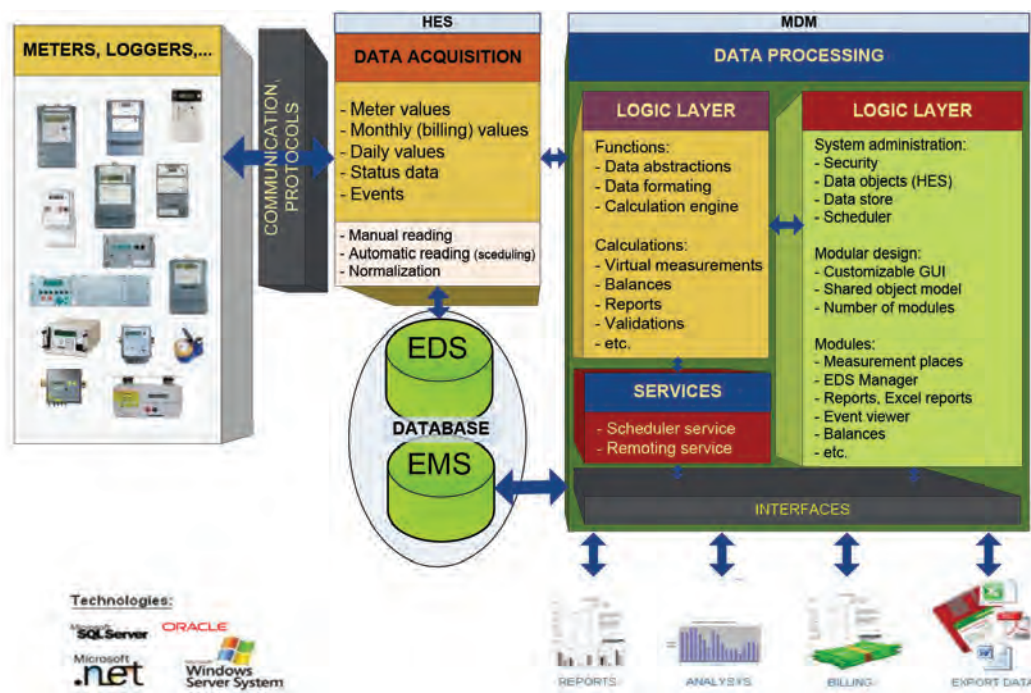
Instalacija sistema se vrši kroz dvije faze. Prvu fazu predstavlja instalacija softverskih alata na informatičkoj infrastrukturi investitora, u ovom slučaju CEDIS-a, dok drugu fazu čini instalacija brojila i komunikacione opreme u trafo stanicama i na mjernim mjestima kod velikih potrošača (potrošači na srednjem naponu). U okviru instalacije uključen je i segment kontrole mjernog mjesta gdje se na licu mjesta vrši ispitivanje tačnosti mjerenja i kreira se „Protokol mjerenja“ kao dokaz o ispravno izvršenoj instalaciji. Na kraju imamo povezivanje svih pratećih visokonaponskih prekidača na odgovarajuće Smart Grid Terminale. Nakon instalacije se vrši konfigurisanje i unos mjernih mjesta u centralni AMM sistem i kontrola dostupnosti i očitavanja brojila.

U daljem tekstu će biti obrađen svaki segment projekta pojedinačno.

3.1. ARHITEKTURA SISTEMA

Arhitektura sistema kombinuje dvije funkcionalnosti koje su bilo kojoj energetske kompaniji od najvećeg značaja. To su prije svega HES (Head End System) i MDM (Meter Data Management). HES predstavlja alat koji služi za prikupljanje podataka iz pametnih brojila. To prikupljanje se može vršiti

automatski po unaprijed zadatom vremenu i učestalosti, a moguće ga je vršiti i manuveno, odnosno po pozivu. Podaci koji se ovim putem prikupljaju obuhvataju mjesečne vrijednosti za naplatu, maksimalne vrijednosti snage (maksigraf), događaje (engl. events), kao i različite statuse koji su parametrizacijom definisani da ih brojilo registruje. S druge strane, zadatak MDM-a je da vrši procesuiranje prikupljenih podataka i u sebi sadži više logičkih slojeva koji se bave različitim proračunima i analizama, a predstavljaju interfejs prema drugim sistemima koji se koriste u radu energetske kompanije (biling sistemi, ERP sistemi, sistemi za vizualizaciju podataka, izvještavanje...).



Slika 2. Arhitektura sistema (Izvor: Autor)

Između fizičkih uređaja odnosno Smart Grid Terminala i ostatka sistema se nalaze komunikacioni protokoli. Sistem podržava više različitih protokola koji omogućavaju nesmetanu komunikaciju između centralnog sistema i svih perifernih uređaja. U pozadini svega se nalaze relacione baze podataka. Podržane tehnologije podrazumijevaju SQL Server platformu kao i Oracle platformu koja je u ovom slučaju implementirana na zahtjev investitora (Slika 2.).

3.2. HARDWARE

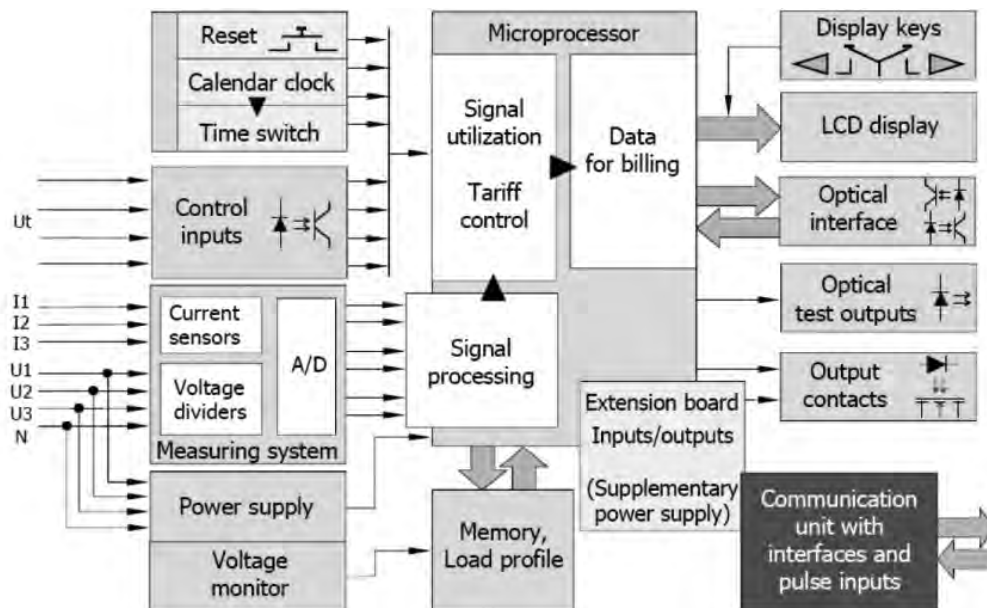
Hardverski dio čine pametna brojila, koja u ovom projektu imaju ulogu Smart Grid Terminala (ne služe samo za mjerenje utrošene električne energije već i za čuvanje podataka kao i konekciju drugih uređaja tipa senzora ili kontrolera). Pored brojila koriste se i dva tipa modema: modem LTE koji podržava sve vrste protokola mobilnih operatera (2G, 3G, 4G), a drugi tip je RS 485 modem koji se koristi za kreiranje klastera brojila, čime se smanjuju ukupni troškovi za komunikacionu opremu. Detaljan opis tehničkog rješenja će biti definisan u odjeljku Instalacija.

Za ovaj projekat kao brojilo je odabran uređaj Landis+Gyr S650 SCADA Smart Grid Terminal koji je primarno i dizajniran za ovakve vrste aplikacija odnosno za mjerenja na srednjem i visokom naponu. Tehničke specifikacije koje brojilo treba da zadovolji su definisane projektom. U pitanju je indirektno trofazno brojilo koje vrši mjerenje snage u oba smjera, što znači da može da se koristi i za mjerenje proizvodnje i potrošnje električne energije. S obzirom da je u pitanju indirektno brojilo, svako mjerno mjesto (recimo ćelija u trafo stanici) mora biti opremljeno strujnim i naponskim mjernim transformatorima odgovarajuće klase tačnosti [3].



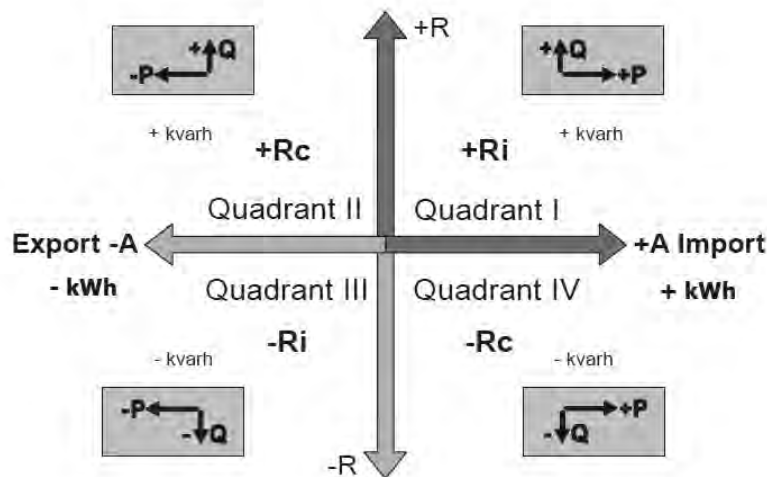
Slika 3. Landis+Gyr S650 SCADA Smart Grid Terminal (Izvor: [3])

Pored osnovnih funkcija mjerenja, brojilo posjeduje višetarifni mjerni sistem, ulazne i izlazne portove koji služe za upravljanje i prikupljanje podataka sa različitih uređaja. Brojilo takođe podržava optički interfejs prema standardu IEC 62056-21 kao i DLMS protokol za komunikaciju korišćenjem optičkih sonde. Brojilo posjeduje memoriju za čuvanje mjernih podataka, kao i različitih događaja (engl. event) koje je brojilo parametrizovano da registruje. To može da uključuje prestanak napajanja, prenapone i sl. Brojilo zatim ima mogućnost slanja alarma putem SMS-a čime se vrši obavještanje korisnika u realnom vremenu. Blok šema funkcionisanja je data na slici 4. [5], [6].



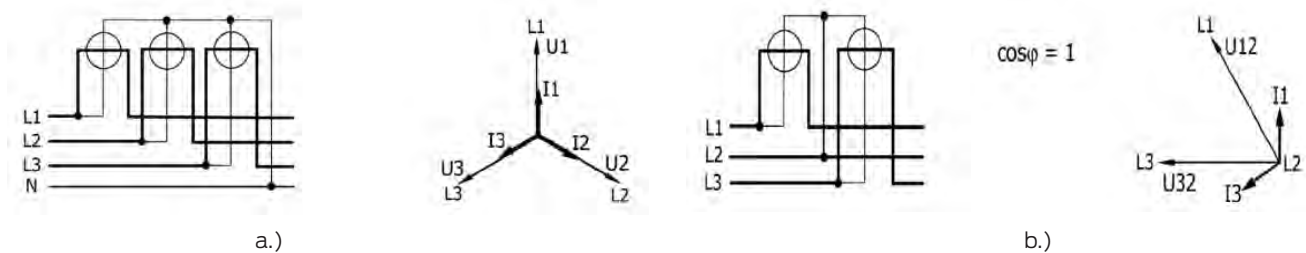
Slika 4. Blok šema funkcionisanja brojila (Izvor: [3])

Ulazna električna kola, djelitelji napona (engl. voltage dividers) i strujni senzori/transformatore (engl. current sensors) mjere struju i napone po pojedinačnim fazama. Analogno digitalni konverteri (A/D) vrše konverziju ovih vrijednosti u digitalni format i šalju kao kontinualne vrijednosti u procesor brojila (signal processing). U procesoru se definišu sljedeće mjerne veličine: aktivna snaga po fazi, reaktivna snaga po fazi, naponi po fazama, struje po fazama, frekvencija mreže i međufazni uglovi. Koristeći ove vrijednosti procesor može da sumira aktivnu energiju u zavisnosti od smjera (primanje/davanje energije), određuje faktor snage i sl. (Slika 5.)



Slika 5. Mjerenje u četiri kvadranta (Izvor: [3])

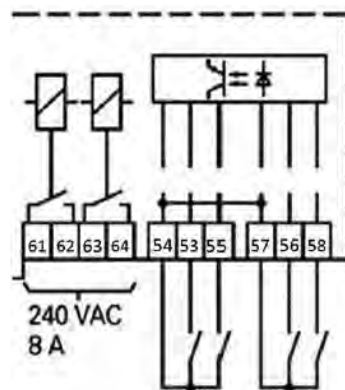
U odjeljku 3.4. će biti više riječi o instalaciji, a ovdje je bitno napomenuti da se brojilo S650 (Slika 3.) može koristiti i za trosistemska mjerenja snage, odnosno mjerenja u slučajevima kada imamo strujne i naponske mjerne transformatore na svim fazama. Ukoliko su u ćeliji ugrađeni mjerni transformatori na prvoj i trećoj fazi govorimo o dvosistemskom mjerenju, odnosno Aronovoj vezi – nekada popularna metoda mjerenja snage sa dva vatmetra. U novijim postrojenjima se ovaj vid veze vrlo rijetko upotrebljava. Šema vezivanja u zavisnosti od tipa veze je data na slici (Slika 6.).



Slika 6. Šema vezivanja: a.) trosistemsko mjerenje i b.) Aronov spoj (Izvor: [3])

Više puta je pomenuto da brojilo S650 nije samo uređaj za mjerenje snage već pruža mnoge mogućnosti i iz tog razloga ono ustvari predstavlja Smart Grid Terminal. Dodatne opcije koje brojilo pruža dobijaju se odabirom modula kontakata koje je moguće povezati na brojilo. To su u stvari elektronski sklopovi (engl. extension boards) koji daju mogućnost proširenja funkcionalnosti brojlila. U našem projektu je za svrhu povezivanja kontakata prekidača odabrana ekstenzija 4210 (Slika 7.).

**Extension board
4210**



Extension board 4210:

4 active inputs

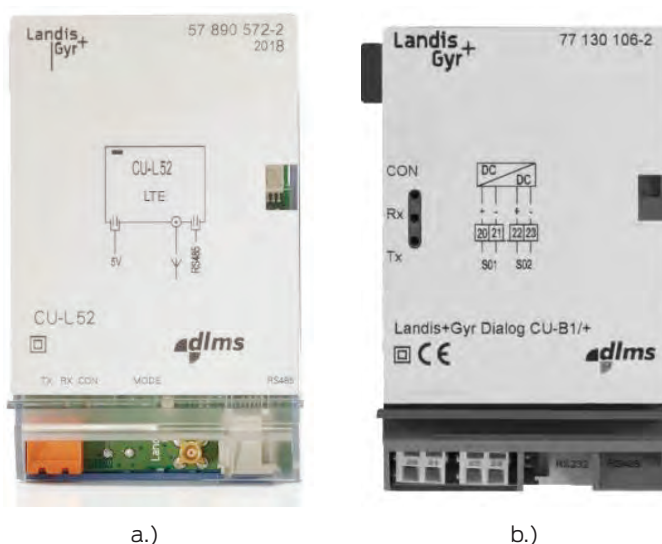
2 relay outputs 8 A

Signal allocation and numbering of terminals for free parameterisation

Slika 7. Elektronski sklop za proširenje funkcionalnosti brojlila (Izvor: [3])

Ovdje prikazana ekstenzija, kako se vidi na slici, daje mogućnost u vidu četiri aktivna ulaza i dva izlaza za kontrolu releja. Aktivne ulaze predstavljaju kontakti kroz koje brojilo šalje signal u vidu jednosmjernog napona koji služi za detekciju binarnog stanja 0/1 (uključen/isključen). U našem slučaju ovi kontakti su upotrijebljeni za povezivanje bespotencijalnih kontakata sa visokonaponskih prekidača. Način na koji će se pomenuti ulazi ili izlazi koristiti zavisi od konkretnog praktičnog primjera i korisnik ima punu slobodu parametrizovanja brojila kako bi ostvario odgovarajuću funkcionalnost.

U hardverskom dijelu sistema koriste se još dvije komunikacione jedinice, odnosno dva tipa modema koji se ugrađuju u brojila na licu mjesta u zavisnosti od potrebe. To su modemi CU-L52 koji predstavljaju LTE modem na koji se vezuje antena i koji služi za komunikaciju brojila sa centralnim sistemom AMM – a. Pored ove funkcije, ovaj modem ima opciju slanja SMS poruke koju brojilo koristi za slanje alarma. Pored CU-L52 modema u projektu se još koristi i modem CU-B2 koji je RS485 tip modema i služi za povezivanje više brojila u kaskadnu vezu. Oba modema su takođe proizvod kompanije Landis+Gyr (Slika 8.).



a.) b.)
Slika 8. Komunikacione jedinice: a.) LTE i b.) RS485 (Izvor: [3])

3.3. SOFTWARE

Prema tehničkim zahtjevima za centralni sistem AMM–a koje je definisao investitor softver je u obavezni da zadovolji sljedeće kriterijume:

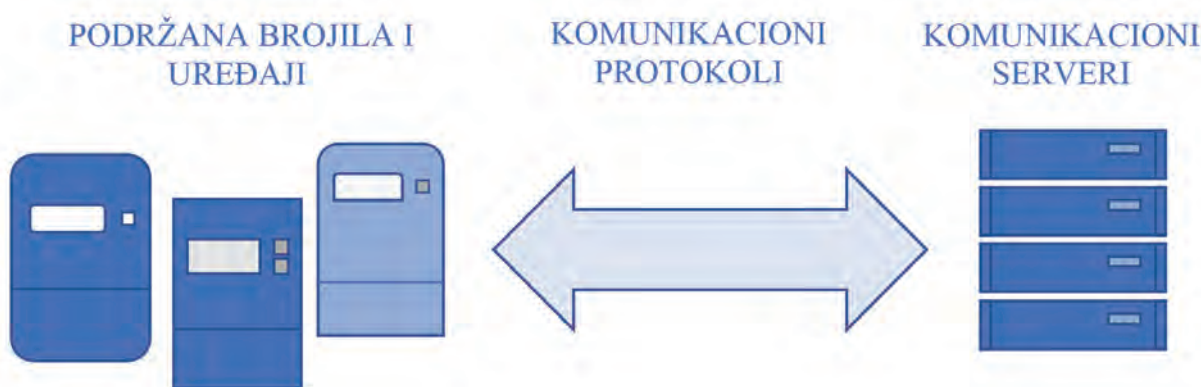
- očitavanje 3000 mjernih mjesta,
- 20 korisnika,
- tražene su sledeće funkcionalnosti sistema:
 - o Planer (omogućava kreiranje zadataka koji će se automatski izvršavati),
 - o Funkcija čuvanja fajlova,
 - o Distribuiranje fajlova,
 - o Menadžment tarifnog sistema,
- Drajveri:
 - o DLMS,
 - o IEC 1107,
- Moduli:
 - o Modul za prikupljanje podataka,
 - o Modul za pregled podataka,
 - o Modul za brzo validiranje podataka,
 - o Pregled događaja,
 - o Modul za alarmiranje,
 - o Modul za izveštavanje,

- o POD modul (Point Of Delivery – modul pomoću koga se kreiraju tačke isporuke električne energije).

Generalna preporuka kod ovakvih sistema je da se instalacija vrši na virtuelnim okruženjima pri čemu je potrebno odvojiti aplikativni server od database servera i servera koji vrši prikupljanje podataka. Takođe je vrlo bitno projektovati odgovarajuću redundantnu arhitekturu kako bi se obezbjedila adekvatna pouzdanost sistema, naravno uključujući redovne backup-e kako database servera tako i virtuelnih mašina.

Imajući u vidu da je za hardverski dio odabara oprema Landis+Gyr i za softver je odlučeno da se upotrebi rješenje koje je već gotovo i isprobano u praksi, s tim da je potrebno izvršiti određene dorade kako bi sistem zadovoljio zahtjeve projekta. Dakle, za centralni AMM sistem je odabran softverski paket „Advance“ koji je proizvod kompanije Landis+Gyr. Advance podržava arhitekturu sistema koja je prikazana na slici (Slika 2.), tako da u sebi sadrži sve neophodne komponente, prije svega MDM koji ima centralno mjesto u svim energetske kompanijama jer se koristi za modelovanje biznis procesa u kompaniji. Osnovne karakteristike ovog programskog paketa su vrlo intuitivan grafički korisnički interfejs koji umnogome olakšava korišćenje. Povoljnost je i omogućena lokalizacija, što u prevodu znači da postoji mogućnost prikaza sadržaja na jeziku korisnika. Sistem omogućava procesuiranje podataka u različitim vremenskim zonama što je takođe od značaja jer se vremenski podaci sa brojila čuvaju u UTC formatu.

Šema akvizicije podataka koju koristi Advance je data na slici (Slika 9.).



Slika 9. Šema akvizicije podataka (Izvor: Autor)

Bitno je istaći da se akvizicija može vršiti na više načina uz korišćenje različitih komunikacionih protokola kao i uređaja. Tako da očitavanje možemo vršiti daljinski i to automatski ili po potrebi odnosno pozivu. Takođe, ukoliko brojila nisu dostupna za daljinsko očitavanje isto se može vršiti korišćenjem mobilnih uređaja i optičkog interfejsa. Širok spektar mogućnosti daje potrebnu robustnost sistemu.

Kada su u pitanju komunikacioni protokoli koje podržava Advance sistem tu spadaju: DLMS/COSEM, IDIS, IEC1107, IEC62056-21, VDEW, ANSI, MBUS, SCTM, DIN19244, itd. Većina sistema ovog tipa podržava osnovne funkcije u vidu: profila opterećenja (load profile), trenutnih vrijednosti, logova događaja (engl. event logs) i sl. U našem slučaju su od velike koristi dodatne funkcije koje Advance podržava a prije svega se tiču kontrole releja, prikupljanja stanja (ON/OFF uređaji – prekidači i sl.).

U projektu smo se bazirali na sljedeće komunikacione tehnologije:

- TCP/IP pomoću 2G, 3G, 4G mobilne mreže – uz korišćenje statičkih IP adresa,
- TCP/IP LAN/WAN,
- GSM,
- PSTN, ISDN,
- Serijske komunikacije RS485, RS232, Mbus, CL,
- Radio komunikacija.

Iako su projektom predviđene sve gore navedene tehnologije u praksi se pokazalo da je najpraktičnije korišćenje TCP/IP tehnologije uz pomoć mobilnih mreža, kao i RS485 vrste povezivanja (za lokalno umrežavanje brojila unutar trafo stanica). Razlog za to najvećim dijelom leži u činjenici da komunikaciona infrastruktura u trafo stanicama na srednjem naponu nije na zavidnom nivou tako da je u principu najlakše i najisplativije koristiti mrežu mobilnih operatera.

Sistemske moduli koji su traženi projektom su prilagođeni zahtjevima koje je ispostavio investitor tako da imamo:

3.3.1. MODUL ZA PRIKUPLJANJE PODATAKA

Osnovna funkcija modula za prikupljanje podataka kao što mu samo ime kaže jeste da vrši akviziciju podataka sa uređaja tj. u ovom slučaju brojila. Sva neophodna struktura u smislu modelovanja trafo stanica, pripadnosti brojila određenom izvodu se vrši pomoću drveta (engl. tree) koje simulira topologiju elektroenergetske mreže. Za svaki vid definisanja uređaja u sistemu postoje obrasci koji se koriste i koji se mogu prilagođavati u zavisnosti od potreba korisnika.

Kada je u pitanju automatsko i manuelno prikupljanje podataka postoje četiri osnovne funkcije i to:

- Read readout data (prikupljanje podataka iz registara brojila),
- Read load profile data (prikupljanje podataka o opterećenjima iz brojila),
- Synchronize time (sinhronizacija vremena između brojila i centralnog sistema),
- Read events (prikupljanje podataka o događajima koje je registrovalo brojilo).

U okviru modula za prikupljanje podataka imamo i alat koji se koristi za kontrolu komunikacije (engl. communication control) pomoću koga možemo da utvrdimo koja brojila se nalaze u sistemu, koja od njih su očitana a koja ne. Pored toga ovaj modul automatski kreira analize bazirane na statistici očitavanja brojila. Sve ovo umnogome može da olakša određene probleme kada je komunikacija sa brojilima u pitanju.

Data import – funkcija za uvoz podataka se koristi kada su podaci prikupljeni na neki drugi način, dakle ne kroz daljinski sistem očitavanja. Scenario u kojem se ova funkcija najčešće koristi je ukoliko neko brojilo i poslije više pokušaja nije moguće daljinski očitati. U tim situacijama je potrebno da tehničar dođe na lice mjesta i uz pomoć mobilnog uređaja i optičke sonde izvrši očitavanje brojila.

Data export – funkcija za izvoz podataka [4].

3.3.2. MODUL ZA PREGLED PODATAKA

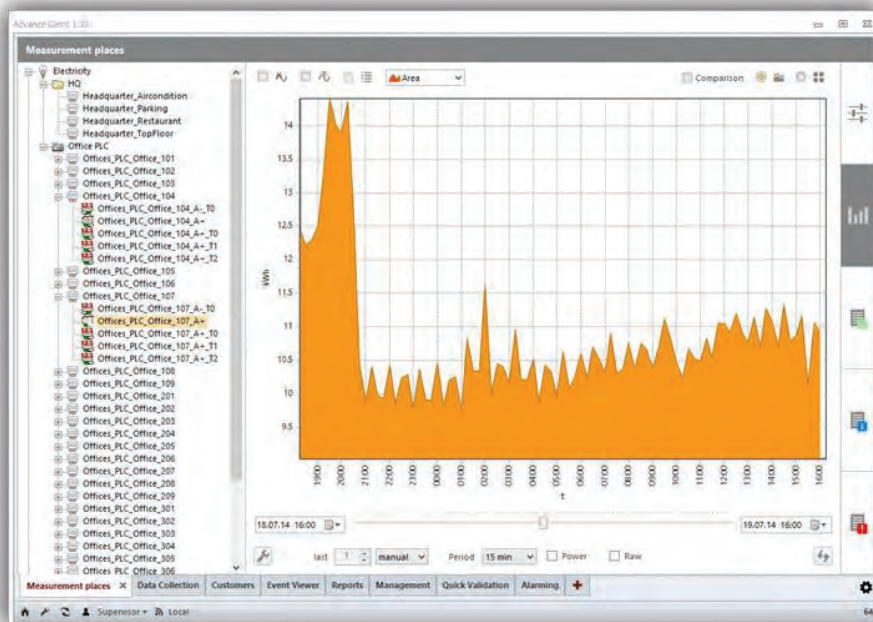
Ovaj modul služi za organizovanje prikaza podataka. Podržane funkcije su:

- Organizator podataka,
- Pregled statusa podataka,
- Prezentacija podataka (izmjerene vrijednosti, događaji, alarmi),
- Eksport podataka,
- Izmjena podataka.

Pomenuta „drvo“ struktura koja se koristi u Advance softverskom paketu za organizovanje prikaza podataka je vrlo slična „File explorer“ pretraživaču koji se koristi na Windows operativnim sistemima. Korisnik ima mogućnost da vrši grupisanje brojila prema svojim potrebama. Ova funkcija se često koristi kada je potrebno grupisati određeni broj brojila koja pripadaju nekoj trafostanici.

Pregled statusa podataka služi da korisniku prikaže statuse o dostupnosti podataka za specifične uređaje za dati vremenski period.

Prezentacija podataka se koristi prije svega za tabelarni ili prikaz u vidu dijagrama podataka koji su prikupljeni sa brojila. Korisnik ima mogućnost filtriranja uređaja kao i zadavanja vremenskog opsega za koji se vrši posmatranje.



Slika 10. Prikaz korisničkog interfejsa modula za pregled podataka (Izvor: [4])

U okviru modula za pregled podataka imamo i funkciju za izmjenu podataka. Bitno je istaći da je korisnik u mogućnosti da dodaje nove podatke ili vrši izmjenu nad postojećim ali ne može da utiče na podatke koji su dobijeni iščitavanjem iz brojlara. Takođe svaku izmjenu podataka korisnik je dužan da obrazloži unosom komentara u za to predviđena polja. Kada su u pitanju formati fajlova za izvoz podržani su: xls, csv i xml [4].

3.3.3. MODUL ZA BRZO VALIDIRANJE PODATAKA

Kroz ovaj modul korisnik definiše pravila za validaciju podataka. Ovako definisana pravila se mogu primjenjivati neograničen broj puta kako na pojedinačno brojilo tako i na grupu brojila koju definiše korisnik. Postoji veliki broj testova za validaciju podataka koji su predefinisani u sistemu. Mi ćemo pomenuti neke najznačajnije:

- Spike test – se koristi da detektuje neobične devijacije u podacima. Ova funkcija je vrlo korisna kod PLC tehnologije gdje se dešava interferencija u prenosu podataka između brojila.
- Cumulative test – provjerava podatke koji bi uvijek trebalo da su veći u odnosu na prethodno stanje, kao što je recimo utrošena električna energija.
- Status test – provjerava postojanje unaprijed definisanog statusa.
- Sum test – vrši upoređivanje sume svih vrijednosti potrošnje za neki period i upoređuje ga sa drugim periodom. Ukoliko razlika prevazilazi neku vrijednost generiše se alarm ili greška.
- Missing readouts – provjerava da li je došlo do greške prilikom očitavanja brojila.
- Tariff Sum – vrši sabiranje utrošene energije za sve tarife i upoređuje ga sa registrom ukupno utrošene energije. Ukoliko postoji razlika dolazi do generisanja greške.
- Active/Reactive – upređuje udio tj. odnos utrošene aktivne i reaktivne energije za zadati vremenski period. Ukoliko taj odnos pređe neku unaprijed definisanu vrijednost dolazi do generisanja greške.

Pokretanje neke od ovih validacija ili validacija koje kreira sam korisnik se može vršiti automatski prema definisanom vremenskom rasporedu ili manuelno po potrebi. Ukoliko je napravljeno odgovarajuće podešavanje može se generisati i alarm ukoliko neka vrijednost nadmašuje definisani opseg [4].

3.3.4. MODUL ZA IZVJEŠTAVANJE

Modul koji funkcioniše tako što korisnik definiše obrazac kako treba da izgleda neki izvještaj. To podrazumjeva da se odrede podaci od interesa kao i željeni način prikazivanja (tabelarno, kroz grafik i sl.). Obrazac je moguće kreirati za jedno brojilo, grupu brojila i sva brojila koja se nalaze i sistemu.

Kada korisnik kreira obrazac za izvještaj, samo generisanje izvještaja može se vršiti automatski ili manuelno. Ukoliko korisnik odabere automatsko generisanje izvještaja ima dodatnu mogućnost da se isti automatski pošalje na unaprijed specificiranu email adresu [4].

3.3.5. PREGLED DOGAĐAJA

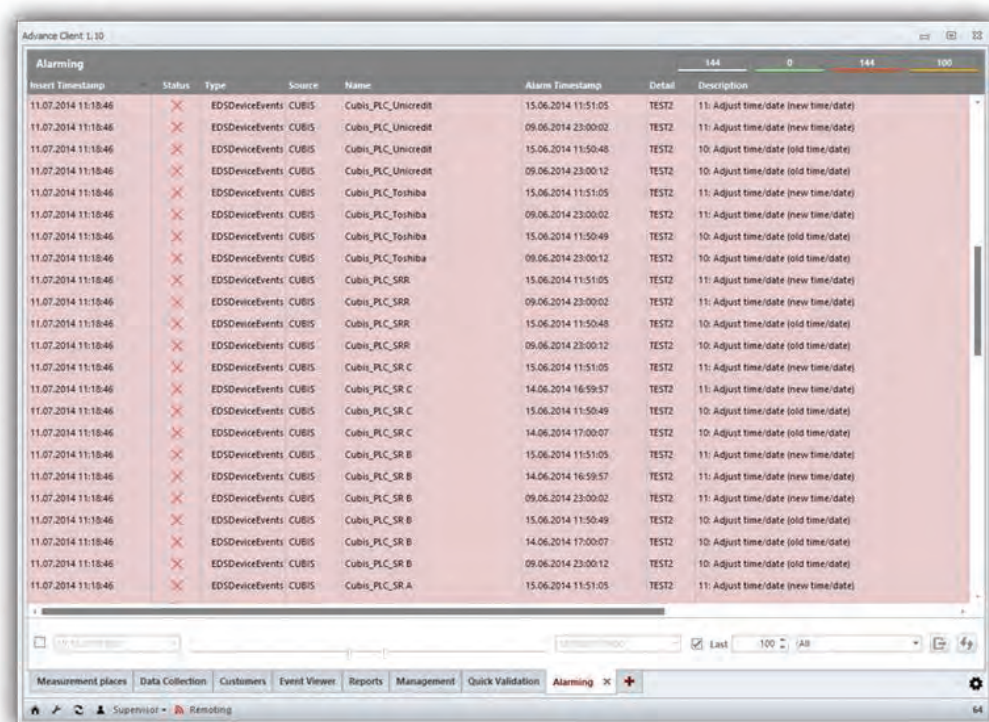
Preglednik događaja je dizajniran za pregled događaja koje je registrovalo brojilo a koji su u toku prenoša podataka sačuvani u bazi. Omogućava korisniku da filtrira i sortira događaje prema sopstvenim kriterijumima. Dostupna je opcija filtriranja brojila ili grupe brojila od interesa [4].

3.3.5. MODUL ZA ALARMIRANJE

Postoje određeni sistemski događaji koji su predefinisani i ukoliko se dese dolazi do generisanja alarma. To su:

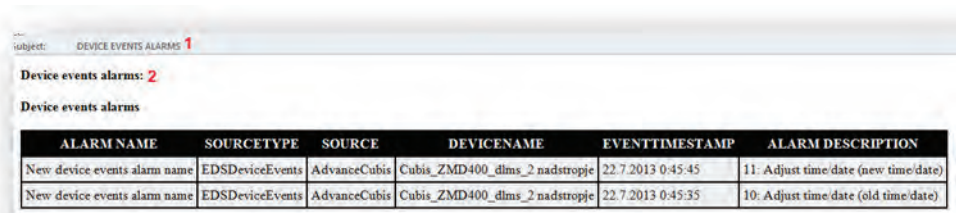
- Missing data – kada nakon automatskog planiranog očitavanja brojila nije došlo do akvizicije podataka.
- Meter alert – „uzbuna sa brojila“ odnosno situacija kada brojilo generiše alarm.
- Meter event – kada sistem registruje događaj na brojilu za koji je definisan alarm.
- Time difference – kada je vremenska razlika između brojila i centralnog sistema veća od dozvoljene.

Alarmi se u softveru prikazuju crvenom bojom kao na slici (Slika 11.).



Slika 11. Prikaz alarma u softveru Advance (Izvor: [4])

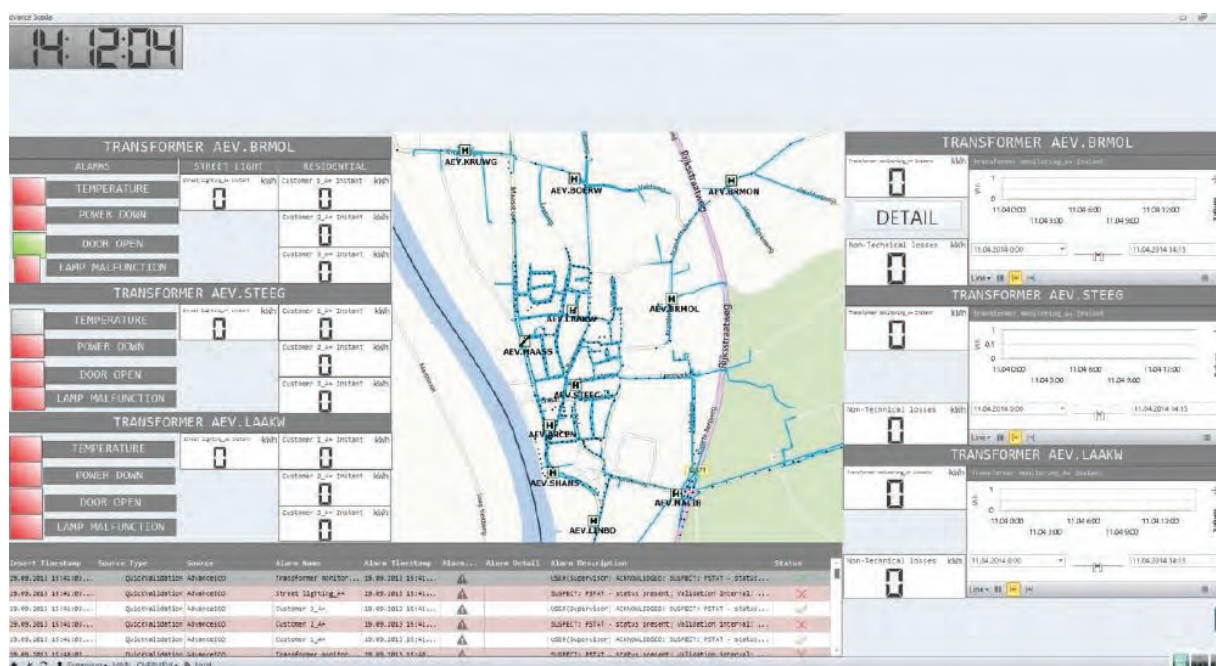
Kao dodatna funkcija može se definisati slanje email ili SMS poruke na odgovarajuće unaprijed definisane adrese. U projektu AMM na srednjem naponu je na ovaj način riješeno alarmiranje kada dođe do reagovanja prekidača na srednjenaponskom izvodu. Sistem je podešen da brojilo generiše alarm pri svakoj promjeni ukopnog stanja (dakle pri uključenju i isključenju). Istog momenta se dalje vrši slanje email poruke tako da odgovarajuće službe mogu da reaguju u realnom vremenu. Na ovaj način se vrši monitoring nad svim trafoima i izvodima na 35 kV i 10 kV naponskom nivou [4] (Slika 12.).



Slika 12. Email pošiljka kao posljedica alarma generisanog na brojilu (Izvor: [4])

3.3.6. MINISCADA MODUL

Ovaj modul u softverskom paketu Advance može dati puni značaj tvrdnji da S650 nije samo brojilo već Smart Grid Terminal. U ovom modulu se može izvršiti vizualizacija određenih stanja u mreži (recimo uklopnih stanja) uz konstantan monitoring potrošnje ili opterećenja nekog izvoda od interesa (Slika 13.). Konkretno u ovom projektu je za ovaj dio odabrano da se vrši integracija sa drugim sistemom koji će koristiti kompanija CEDIS.



Slika 13. MiniSCADA (Izvor: [4])

U prethodnom tekstu je dat prilično sažet opis jednog vrlo kompleksnog sistema koji pruža zaista velike mogućnosti kada je smart metering u pitanju. Uz to su navedeni osnovni principi po kojima bi trebalo da funkcioniše savremeni AMM softver [4].

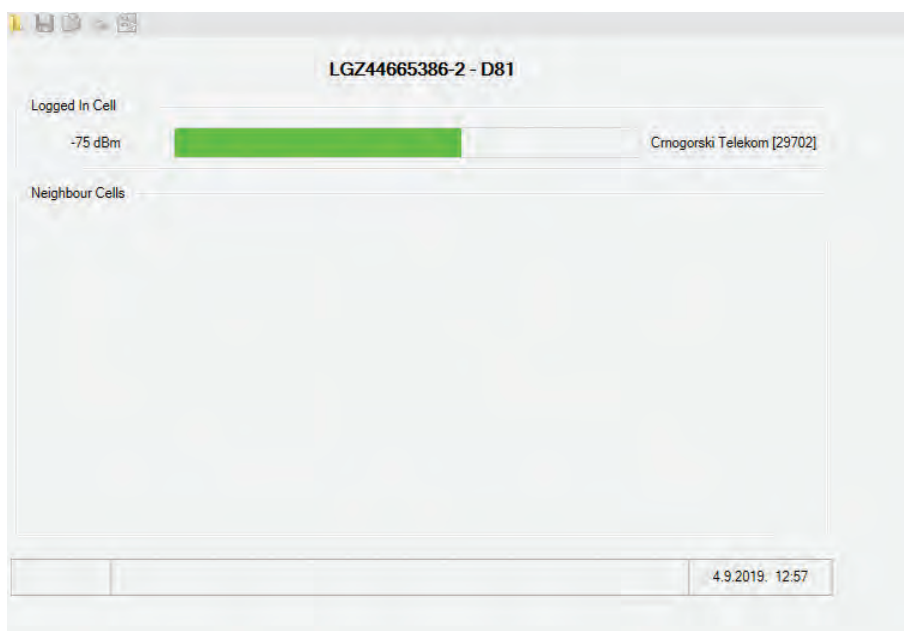
3.4. INSTALACIJA

Kako je već napomenuto u uvodnom razmatranju na početku trećeg poglavlja segment instalacije smo podijelili u dvije faze odnosno fazu instalacije softvera, i nakon toga je uslijedila faza instalacije hardvera na pojedinačnim lokacijama kao i konačno uvezivanje svih uređaja u jedan jedinstven sistem.

Kada je instalacija softvera u pitanju tu su ispoštovane sve pozitivne preporuke koje struka nalaže, dakle instalacija svih serverskih mašina (aplikativni, database i komunikacioni serveri) je izvršena na posebnim virtuelnim serverima koje je za ovu priliku pripremio osoblje CEDIS-a. Kompletna instalacija je obavljena na CEDIS-ovoj IT infrastrukturi. Kao „backend“ (baza podataka) sistema je predviđena Oracle baza podataka koju CEDIS koristi standardno u svom poslovanju. Instalacija softvera i priprema telekomunikacione infrastrukture (centralnog modema za prijem podataka i alarma) je bio jedan od preduslova kako bi se moglo nesmetano krenuti u instalaciju brojila i komunikacione opreme u trafostanicama. Sve ovo naravno služi kako bi se sistem mogao testirati u realnom vremenu.

Instalacija hardvera na terenu je sljedeći korak kojem se pristupilo u toku realizacije projekta. Osnovna ideja je da se vrši instalacija pametnih poluindirektnih brojila na svakom 10 kV i 35 kV izvodu u trafostanicama koje su u sklopu crnogorskog elektrodistributivnog sistema. Ovdje je svakako ispravnije reći da se instalacija vrši na svim izvodima na kojima za to postoje uslovi, odnosno u ćeliji postoje ugrađeni ispravni strujni transformatori, a takođe je neophodno da trafostanica na zadatom naponskom nivou ima ispravnu mjernu ćeliju u kojoj se nalaze naponski mjerni transformatori. Pored vodnih ćelija u projekat su uključene i sve trafo ćelije koje se ispunile već navedene uslove.

Pored instalacije brojila čija je primarna uloga mjerenje protoka električne energije potrebno je izvršiti instalaciju i konfigurisanje odgovarajuće komunikacione opreme. To podrazumijeva instalaciju modema u brojila, njihovo međusobno povezivanje, a zatim instalaciju antena na odgovarajuća mjesta. Nakon toga vrši se ispitivanje jačine signala i vrše korekcije ukoliko trenutno prisutni kvalitet signala nije zadovoljavajući. Kvalitet signala u trafostanici često zavisi od njenog geografskog položaja (trafo stanice koje se nalaze u gradskim područjima najčešće nemaju problem što se tiče pokrivenosti GSM signalom, dok kod trafostanica u pretežno ruralnom području se vrlo često sreću poteškoće u radu komunikacione opreme) tako da se kontrola kvaliteta signala mora obaviti vrlo pažljivo. U slučajevima kada signal nije zadovoljavajući pobošljanje se pokušava dobiti relokacijom antene ili upotrebom antene koja se može instalirati van objekta. Funkciju ispitivanja signala obavlja samo brojilo kojem se na licu mjesta pristupa pomoću optičkog intrefejsa i vrši očitavanje kvaliteta signala (Slika 14.).



Slika 14. Dijagram kvaliteta GSM signala (Izvor: Autor)

Projektnim zadatkom koji je sastavni dio projekta AMM na srednjem naponu je predviđeno da se vrši konstantan monitoring uklopnih stanja na svim vodnim i trafo ćelijama koje su u funkciji. Ovaj zahtjev je u najvećoj mjeri i uzrokovao odabir Smart Grid Terminala S650 koji pruža upravo ovakve pogodnosti. U principu ovo znači da svaka ćelija u kojoj imamo mjerenje protoka električne energije, koja takođe ima ispunjen preduslov da je u istu ugrađen visokonaponski prekidač, treba da bude uvezana u centralni sistem. Da bi se to postiglo vrši se povezivanje prekidača, odnosno njegovih bespotencijalnih kontakata na aktivne ulaze u brojilu (odjeljak 3.2.). Konvencijom je dogovoreno da se u svim slučajevima u kojima su kontakti prekidača slobodni za svrhu ovog projekta koriste „NO“ kontakti, odnosno „normal open“ kontakti (u slučaju kada je prekidač „uklopljen“ njegov kontakt je zatvoren i na terminalu u brojilu imamo binarno stanje „1“ koje uzimamo kao uključen). U rijetkim slučajevima kada su svi NO kontakti na prekidaču već upotrijebljeni koristi se NC kontakt („normal closed“), pri čemu se mora izvršiti ponovna parametrizacija brojila koje sada na svom aktivnom terminalu ima invertovan signal (u slučaju kada je prekidač isključen njegov NC kontakt je zatvoren).

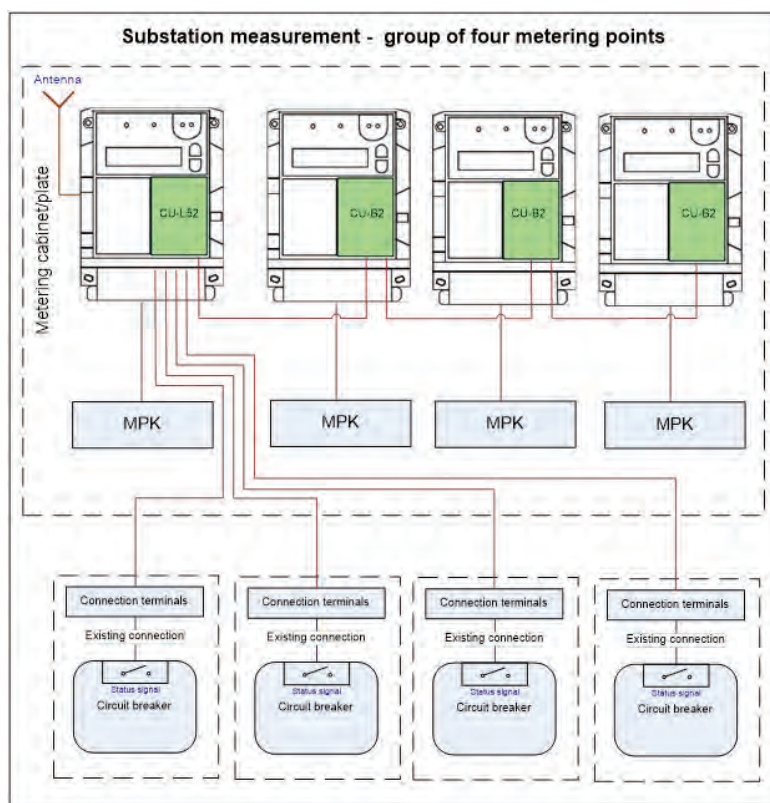
Fizička instalacija opreme u trafostanici je organizaciono podijeljena u više faza. Broj faza kao i složenost operacije instalacije u najvećoj mjeri zavisi od tipa trafostanice u kojoj se vrši instalacija. Tip trafo stanice se u konkretnom slučaju odnosi na „stara“ i „nova“ postrojenja. Pod starim postrojenjima podrazumijevamo postrojenja neizolovanog tipa, a koja u najvećem broju slučajeva koriste malouljne i uljne prekidače sa sporadičnom pojavom vakumskih prekidača (prekidači koji su zamijenjeni u toku eksploatacije). Što se tiče novih postrojenja tu spadaju sva postrojenja novijeg datuma izgradnje koja su izolovanog tipa i koriste prekidače izolovane gasom (SF₆ ili slični pandani). Kada govorimo o instalaciji u novim postrojenjima tu je posao vrlo jednostavan. Jedna od bitnih olakšavajućih okolnosti je ta da za nova postrojenja postoji uredna projektna dokumentacija. Takođe, nova postrojenja su uglavnom koncipirana tako da se instalacija brojila vrši u samoj ćeliji za zadati izvod. Instalacija se svodi na ugradnju brojila, mjerno priključne kleme i povezivanje odgovarajućih strujnih i naponskih klemu u ćeliji na kontakte mjerno priključne kleme. Na kraju se vrši povezivanje kontakata prekidača (sa klemišta prekidača koje se nalazi u ćeliji) na aktivne terminale u brojilu.

Međutim, u slučaju starih postrojenja situacija se značajno komplikuje. Stara postrojenja su mahom projektovana tako da u postrojenju postoji komandna soba u kojoj se nalaze stalci na kojim je instalirana oprema za zaštitu i mjerenje. Pošto su sva postrojenja ovog tipa stara i po više decenija projektna dokumentacija je jako teško dostupna, izmjene osnovne instalacije su vrlo česte što sve otežava instalaciju. U ovakvim slučajevima kako bi se izbjegli problemi u radu mjerenja vrši se isključenje kompletnog postrojenja ili dijela postrojenja kako bi se odradilo kabliranje između postrojenja i komandne sobe. U međuvremenu je potrebno ispitati kontakte na strujnim transformatorima i ugraditi terminale (kleme) u ćeliji pri čemu se strogo mora voditi računa da postojeći uređaji, tipa ampermetara, koji se nalaze u samim ćelijama kao i u komandnim prostorijama ne ostanu van strujnog kruga a samim tim van funkcije. Sličan postupak se primjenjuje kada su u pitanju prekidači. Ono što je takođe vrlo bitno napomenuti kod starih postrojenja jeste učestalost pojave dvosistemskih mjerenja, odnosno vezivanja strujnih i naponskih mjernih transformatora u Aronovu vezu. Kako bi mjerenje bilo u potpunosti ispravno potrebno je dodatno povesti računa na koji način je izvršeno povezivanje strujnih transformatora (da li su svi kontakti sa transformatora izvedeni ili je izvršeno uzemljavanje „K“ ili „L“ ogranka). Kada je ovaj dio posla završen može se pristupiti instalaciji brojila i komunikacione opreme na mjernim stalcima (naravno ukoliko postoje resursi ove dvije operacije se mogu raditi paralelno).



Slika 15. Instalacija opreme u trafo stanici (Izvor: Autor)

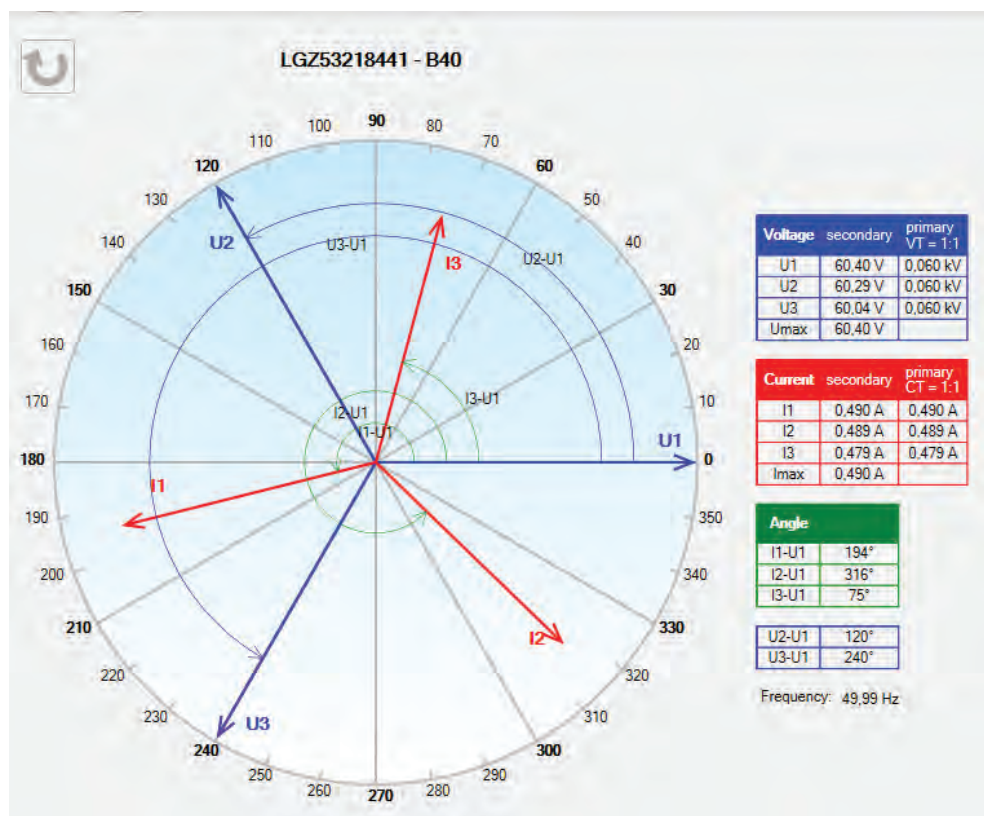
Kada je izvršena instalacija (Slika 15.) i povezivanje svih brojila sa mjernim transformatorima i instalacija opreme za praćenje uklopnih stanja vrši se grupisanje brojila u „klaster“ i instalacija komunikacione opreme. Dalje slijedi međusobno povezivanje modema za šta se koristi oklopljeni (engl. shield) STP kabal. Grupisanje brojila u klaster se vrši po algoritmu koji se u kratkim crtama može opisati na sljedeći način: kada se na lokaciji instalacije nalazi više od jednog brojila modem CU-L52 (LTE modem – odjeljak 3.2.) se postavlja u prvo brojilo, a RS485 (CU-B2 modem) konekcija se koristi za ostala brojila. Imajući u vidu da postoji sistemsko ograničenje koje definiše da samo brojilo sa LTE modemom može da šalje SMS alarme, signali sa prekidača su povezani na ovo brojilo. S obzirom da brojilo ima dostupna četiri aktivna ulaza, plan instalacije se bazira na grupacijama od četiri brojila. Blok šema je prikazana na slici (Slika 16.).



Slika 16. Principijelna blok šema instalacije klastera brojila (Izvor: Autor)

U praksi je ovaj segment ipak složeniji jer se u obzir moraju uzeti faktori tipa da li se radi o obračunskom ili kontrolnom mjernom mjestu, da li se na aktivne terminale brojila povezuju uređaji za kontrolu pristupa i sl.

Kao finalna faza prilikom instalacije koja je u potpunosti nezavisna od tipa postrojenja u kojem se vrši instalacija, definisana je kontrola mjernih mjesta i kreiranje ispitnih protokola. Kreiranje ispitnih protokola vrši nadležna ekipa iz sektora mjerenja kompanije CEDIS na čelu sa odgovornim inženjerom. Ispitni protokol podrazumijeva ispitivanje mjerenja pomoću uređaja koji u principu mora biti veće klase tačnosti nego samo brojilo. Brojilo S650, odnosno prateći softver ima funkciju kojom će se izvršiti kontrola, odnosno usaglašenost faza struja i napona, uglove pomjeraja, intezitet struja i napona i na kraju frekvencije u klasi tačnosti u kojoj je i samo brojilo (Slika 17).



Slika 17. Vektor dijagram (Izvor: Autor)

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan pregled funkcionalnosti pametnih mreža i njihova upotreba u elektrodistributivnim sistemima. Dat je osvrt na sve potrebne preduslove kako bi uopšte bilo moguće razmatrati postojanje pametne mreže. Takođe, opisan je i dalji put razvoja pametnih mreža u bliskoj budućnosti. Naglašeni su glavni benefiti koje dobijamo implementacijom ovih tehnologija, ali kao što u svakom žitu se nađe i nešto kukolja pozabavili smo se i negativnim stranama brze ekspanzije digitalnih tehnologija u elektrodistributivnim sistemima.

Što se tiče konkretnog projekta, čija je implementacija u toku u elektrodistributivnom sistemu Crne Gore opisano je tehničko rješenje detaljno onoliko koliko je to dozvolio jasno definisani obim ovog rada. Ono što sigurno možemo reći jeste da se implementacijom ovakvog projekta lokalni elektrodistributivni sistem podiže na jedan novi nivo. Ne samo da u svakom trenutku imamo informaciju o potrošnji i opterećenju mrežne infrastrukture već takođe imamo i konstantan monitoring svih uklopnih stanja. Ako se na kraju uzme u obzir finansijski aspekt za koji se može reći da je vrlo povoljan, kada se sagledaju sve mogućnosti koje ovakav sistem pruža onda se vrijednost ovakve tehnološke inovacije vrlo teško može dovesti u pitanje.

LITERATURA

- [1] „Overview of smart grid technology“ <https://www.elprocus.com/overview-smart-grid-technology-operation-application-existing-power-system/>, 2019.
- [2] <https://www.smart-energy.com/>
- [3] “S650 S4 User Manual“, Landis+Gyr, Landis Gyr, 09/2017.
- [4] “Advance System User Manual 1.11“, Landis+Gyr, Landis Gyr, 03/2018.
- [5] W.Bolton, “Programmable Logic Controllers“, Fourth Edition, Newnes, 2006 .
- [6] V.Kovačević, “Metode programiranja savremenih mikrokontrolera“, Univerzitet u Nišu, 2009.

UTICAJ MALIH SOLARNIH ELEKTRANA NA ULOGU POTROŠAČA ELEKTRIČNE ENERGIJE U SISTEMU I PERFORMANSE ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA

Dušan Vučić - Crnogorski operator tržišta električne energije

KRATAK SADRŽAJ

Povećanje emisija CO₂ i ograničavanje rezervi fosilnih goriva "gurnuli" su u prvi plan proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije. Evropska unija je postavila vrlo ambiciozan cilj do 2050. godine u cilju smanjenja emisije CO₂. Stalni pad cijena za tehnologije obnovljivih izvora energije dovodi do njihovog sve većeg prisustva, a ovo se posebno odnosi na izvore kao što su vjetar i sunce.

Postojeće distributivne mreže su pasivne, dizajnirane za radijalni rad, sa energetske tokovima od transformatorskih stanica do potrošača. Priključenjem distribuiranih izvora energije, dolazi do velikih promjena tokova snaga i naponskih prilika u elektroenergetskom sistemu. Ukoliko krajnji korisnici proizvode električnu energiju za sopstvene potrebe ili je prodaju na tržištu, oni prelaze iz pasivne uloge potrošača u aktivnu ulogu proizvođača/potrošača. Ovo ih svrstava u novu kategoriju učesnika na tržištu električne energije - tzv. prosumere. Zbog toga distribuirana proizvodnja postaje sve privlačnija iz perspektive potrošača, a donosi i benefite operatoru distributivnog sistema.

U radu će se analizirati proizvodnja električne energije iz Sunca, tj. uticaj malih solarnih elektrane na domaćinstvima ili rezidencijalnim objektima na elektroenergetski sistem, njihova isplativost, budući razvoj i podsticaj za njihovu izgradnju, kao i uloga potrošača/proizvođača u cijelom procesu.

Ključne riječi: Obnovljivi izvori enerije, proizvođač-potrošač, prosumer, elektroenergetski sistem

ABSTRACT

Increasing CO₂ emissions and limiting fossil fuel reserves have pushed ahead the production of electrical energy from renewable energy sources. The European Union set a very ambitious target by 2050 to reduce CO₂ emissions. A steady decline in prices for renewables technology leads to their growing presence, and this is particularly true for sources such as wind and sun.

Existing distribution networks are passive, designed for radial operation, with energy flows from transformer stations to consumers. By connecting distributed energy sources, there are major changes in power flows and voltage conditions in the power system. If end users use renewable energy sources for production for their own needs or sell electricity on the market, they switch from the passive role of consumers to the active role of the producer/consumer. This places them in a new category of participants in the electricity market - the so called prosumers. Therefore, the distributed production becomes more attractive from the perspective of consumers, and brings benefits to the distribution system operator.

The paper will analyze the production of electricity from the Sun, i.e. the impact of small solar power plants on households or residential facilities on the electricity system, their cost-effectiveness, future development and incentives for their construction, and the role of consumers/producers throughout the process.

Key words: Renewable energy sources, producer-consumer, prosumer, power system.

1. UVOD

Svi novi propisi Evropske unije iz oblasti energetike se uglavnom odnose na ispunjavanje obaveza iz Pariskog sporazuma. U tom smislu, najnoviji energetska paket - Čista energija za Evropljane (Energy package - Clean energy for all Europeans), poseban akcenat stavlja na jačanje uloge kupaca, tj. potrošača. Cilj je da krajnji kupci postanu aktivni učesnici u procesu tranzicije i transformacije energetske sektora.

Postavljanje ambicioznih ciljeva u pogledu obavezujućeg udjela električne energije iz obnovljivih izvora i ciljeva energetske efikasnosti, kao i pitanja organizacije tržišta električne energije, treba da doprinesu smanjenju tj. nestajanju tzv. energetske siromaštva, kao i da doprinesu kvalitetnijoj zaštiti životne sredine i smanjenju emisije CO₂ od čak 45%. Nova pravila, dakle, ističu i stavljaju kupca u prvi plan - kupac koji je do sada imao ulogu krajnjeg potrošača ima veće mogućnosti izbora, te se jača uloga kupaca koji sami proizvode električnu energiju iz obnovljivih izvora i isporučuju je u mrežu, odnosno elektroenergetski sistem (EES) na koji su priključeni.

U ovom radu je dat kratak pregled koncepta i ključnih aspekata relevantnih za definisanje i integraciju kupaca - proizvođača kao novih učesnika na tržištu električne energije, konkretno kupaca sa mogućnošću proizvodnje električne energije iz Sunca, kao najvećeg potencijala obnovljivog izvora u Crnoj Gori, uz vodu.

Nakon uvodnog poglavlja, u drugom poglavlju su izvršene analize postojećeg stanja obnovljivih izvora energije (OIE) u Crnoj Gori.

Treće poglavlje je posvećeno kupcima - proizvođačima pogotovo onih sa fotonaponskim (FN) panelima koji koriste Sunce kao izvor za proizvodnju električne energije, kao i zakonodavnom i regulatornom okviru, koji se oslanja na smjernice Energetske zajednice (EZ) kroz definisane preporuke, čijom realizacijom bi se stvorili preduslovi, te definisao način i uslovi proizvodnje električne energije za sopstvene potrebe u budućnosti.

Četvrto poglavlje je posvećeno tehničkim aspektima priključenja, tj. kriterijumima koje FN elektrane moraju zadovoljiti u cilju uspješnog priključenja na mrežu.

Budući izazovi i očekivanja u pogledu pravnog regulatornog okvira i investicionih ulaganja odnosno isplativosti su obrađeni u petom poglavlju.

U zaključku su sublimirana postojeća iskustva i stanje, uz rezultat pomenute analize kupaca proiz-

vođača, sa ciljem da se podstakne proizvodnja električne energije, pogotovo iz Sunca, za podmirivanje sopstvenih potreba krajnjih kupaca u Crnoj Gori.

U literaturi su navedeni radovi i publikacije iskorišćeni kao polazne osnove za rad na ovu temi.

2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U CRNOJ GORI

Crna Gora, kao potpisnica Pariskog sporazuma 2005. godine, slično ostalim zemljama koje su članice EZ, se obavezala da implementira direktivu 2009/28/EZ o promovisanju proizvodnje električne energije iz OIE. Usvojena su pravila i direktive za podsticanje proizvodnje iz OIE. U Budvi 2012. godine, Crna Gora je usvojila Direktivu 2009/28/EZ i izmjenju člana 20. Ugovora o EZ, u skladu sa odlukom Savjeta ministara. Ovim usvajanjem država se obavezala da će u 2020. godini ostvariti proizvodnju električne energije iz OIE u iznosu od 33% u bruto finalnoj potrošnji energije.

Zbog toga će se, u ovom poglavlju, dati kratak osvrt na regulatorni okvir, dokumenta i aktivnosti nadležnih državnih institucija u vezi sa sadašnjim stanjem korišćenja potencijala Sunčevog zračenja i perspektivom razvoja FN konverzije u Crnoj Gori [1].

U skladu sa obavezama Crne Gore prema Sporazumu o osnivanju EZ, u Zakonu o energetici - ZoE (Službeni list Crne Gore br. 5/16 i 51/17) implementirane su direktive Evropske Unije (EU) koje se odnose na promociju, podsticaje i nacionalni cilj OIE čime je naglo poraslo interesovanje za ulaganjem u oblasti OIE i visokoeffikasne kogeneracije (VEK).

Prema Zakonu, energetski subjekti u Crnoj Gori su dužni da preduzimaju mjere za povećanje udjela proizvodnje energije iz OIE u ukupnoj proizvodnji energije. Obavezni minimalni udio OIE koji je dužan da preuzme svaki snabdjevač električne energije utvrđuje Vlada Crne Gore (dalje: Vlada) na osnovu programa razvoja i korišćenja OIE i VEK. Podsticajne mjere za korišćenje OIE i kogeneracije za proizvodnju električne energije obuhvataju: obavezan otkup električne energije, podsticajnu cijenu otkupa, period važenja obaveznog otkupa električne energije, oslobađanje od plaćanja usluga balansiranja sistema, prvenstvo pri preuzimanju ukupne proizvedene električne energije u EES, kao i druge mjere u skladu sa ZoE. U periodu od 2010. do 2014. godine, Vlada je usvojila set podzakonskih akata iz oblasti OIE. U skladu sa ZoE i Strategijom razvoja energetike Crne Gore do 2030. godine, Vlada je, krajem 2014. godine, donijela Nacionalni akcioni plan korišćenja energije iz OIE do 2020. godine. Ovim planom se definiše dinamika iskorišćenja prirodnih potencijala, kao i planirano korišćenje tehnologija potrebnih za zadovoljenje nacionalnog cilja proizvedene električne energije iz OIE u ukupnoj bruto finalnoj potrošnji energije [1]. U međuvremenu su neki propisi doživjeli i sitne izmjene tokom posljednjih godina.

Pored ekološkog faktora koji je bio glavna motivacija za ulaganje u OIE, integracija OIE donijela je mnogo koristi EES-u. Jedna od prednosti je što se na potrebe potrošnje može odgovoriti na lokalnom nivou, što smanjuje potrebu za prenosom električne energije na velike udaljenosti. Neposredna posljedica decentralizovane proizvodnje iz OIE je smanjenje opterećenja dalekovoda (DV) i gubici aktivne i reaktivne energije prije svega u prenosnom sistemu. Zavisno od odnosa proizvodnje i potrošnje u određenom distributivnom području, OIE mogu doprinijeti i smanjenju gubitaka u distributivnoj mreži. To smanjuje vjerovatnoću preopterećenja vodova i povećava sigurnost EES-a. U isto vreme, operator prenosnog sistema (OPS) odgovoran je za gubitke energije u svojoj mreži, tako da smanjenje gubitaka ima ekonomsku korist (to se pokazuje u slučajevima kada je proizvodnja električne energije iz OIE dovoljna da pokrije potrošnju područja u kojem se nalazi taj mali OIE - tako da se električna energija ne mora prenositi iz prenosne na distributivnu mrežu).

Ono što je posebno zanimljivo jeste da su danas u Crnoj Gori od manjih izvora električne energije uglavnom zastupljene male hidroelektrane (mHE). Iako se zemlja odlikuje bogatstvom voda, koje su pogodne posebno za protočne elektrane, razne studije ukazuju i na veliki potencijal Sunca, tj. veliki broj sunčanih dana u godini, naročito u Podgorici i na primorju.

Energija Sunčevog zračenja u Crnoj Gori je znatno iznad evropskog prosjeka, uz izuzetno povoljan sezonski raspored. Za veći dio teritorije Crne Gore, trajanje insolacije iznosi preko 2000 časova godišnje,

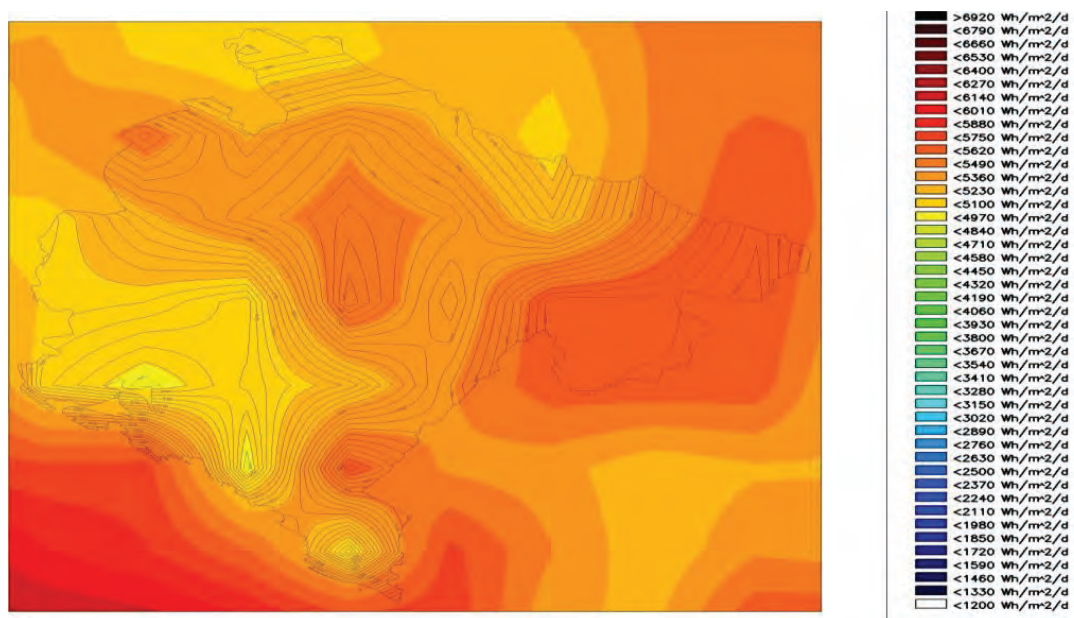
a duž morske obale i više od 2500 časova godišnje. Količina Sunčevog zračenja u Crnoj Gori, posebno u priobalnom i centralnom području, može se uporediti sa količinom Sunčevog zračenja u Grčkoj ili Južnoj Italiji. Podgorica ima veću godišnju količinu solarne energije (1602 kWh/m²) u odnosu na neke gradove Jugoistočne Evrope (kao što su Rim ili Atina) [2].

Jasno je da teritorija Crne Gore pokazuje veliki potencijal za uvođenje sistema za korišćenje solarne energije. Zbog male površine teritorije, razlike u prosječnim vrijednostima Sunčevog zračenja nijesu velike. Stvaranje uslova za razvoj i funkcionalnost održivog tržišta FN sistema je od velikog značaja za ekonomiju i očuvanje prirodne sredine u Crnoj Gori. Međutim, do sada nije bilo značajnijeg ulaganja u istraživanja u oblasti FN uređaja [1].

Mape globalnog Sunčevog zračenja za teritoriju Crne Gore urađene su sa vrijednostima globalnog zračenja na dnevnom nivou, zasnovanim samo na satelitskim podacima, pri čemu nijesu uzeta u obzir sva tehnička i ekonomska ograničenja, sl.1 i 2 [2], [3]:



Slika 1: Globalno Sunčevo zračenje - prosječne dnevne vrijednosti na godišnjem nivou



Slika 2: Globalno Sunčevo zračenje - prosječne dnevne vrijednosti za mjesec maj

Mape globalnog Sunčevog zračenja na mjesečnom nivou urađene su za sve mjesece u godini kako bi se mogli uočiti sezonski trendovi, kao i minimalne i maksimalne vrijednosti (slika 2 se odnosi na mjesec maj). Začuđujuće je da do sada nije vladalo veće interesovanje za izgradnju solarnih elektrana, pogotovo onih sa Feed in Tariff-om (FIT) kao šemom podsticaja, već su to pravo od malih izvora koristile upravo mHE. Na dan 01. 09. 2019.godine u šemi podsticaja je bila jedna vjetroelektrana (VE), trinaest mHE (još jedna u probnom radu) i samo dvije solarne elektrane (SE) (i treća SE u probnom radu) [4].

Međutim, ono što se posebno pokazuje kao veliki potencijal jeste izgradnja mini SE i to od strane krajnjih kupaca, koje su, kako će biti pokazano, isplative i bez sistema podsticaja, tj. visokih otkupnih cijena, što je korak dalje ka energetske tranziciji. Dakle, slično kao na nivou sistema, krajnji kupci mogu doprinijeti tome da se energija troši u njihovoj okolini, tj. u njihovom "sistemu", izgradnjom proizvodnih kapaciteta instalisane snage približne njihovoj potrošnji.

3. KUPCI PROIZVOĐAČI

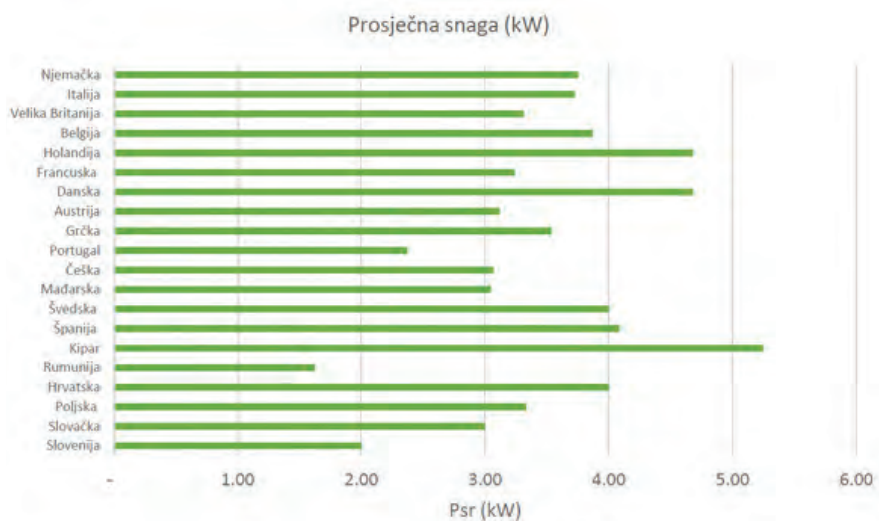
Proizvodnja električne energije za sopstvene potrebe predstavlja proizvodnju električne energije iz distribuiranog izvora (DI) od strane krajnjeg kupca električne energije, pri čemu je ona namijenjena prvenstveno za podmirenje potrošnje tog kupca. Takvi kupci, koji proizvode električnu energiju za svoje potrebe, predstavljaju novu kategoriju korisnika mreže: kupci - proizvođači, tzv. "prosumeri". Ova kategorija kupaca ima pravo da višak proizvedene električne energije, kao i svaki proizvođač, isporuči u elektroenergetsku mrežu i dobije odgovarajuću nadoknadu za tu energiju.

Dakle, kupci - proizvođači su pojedinci (grupe pojedinaca), domaćinstva ili poljoprivredna gazdinstva koji mogu organizovano djelovati, istovremeno kao kupci i proizvođači električne energije, u malim instalacijama smještenim na kućama, stambenim ili poslovnim zgradama. U kupce - proizvođače mogu se uvrstiti i mala preduzeća, socijalne ustanove i jedinice lokalne samouprave.

Prednosti energije koju proizvode kupci - proizvođači ogledaju se u nižim troškovima prenosa i distribucije energije, boljoj iskorišćenosti lokalnih energetskih izvora, kao i u profesionalnom aktiviranju lokalnog stanovništva i razvoju lokalnog preduzetništva. U ovom radu se posebno razmatraju prosumeri sa SE, kao najjednostavnije izvodljivom tipu izvora.

U Crnoj Gori su trenutno registrovana samo dva prosumera, koji za proizvodnju električne energije koriste Sunce, tj. FN panele (SE Vučurović instalisane snage 2,2 kVA), odnosno hidro-potencijal (mHE Vrelo, Manastira Morače, instalisane snage 12 kVA). Obzirom na pomenuti potencijal Sunca, svakako ovo nijesu ohrabrujući podaci.

U zemljama EU, situacija je znatno drugačija. Na slici 3 su prikazane prosječne snage SE u domaćinstvima EU [3] :



Slika 3: Prosječna vrijednost instalisane snage solarnih elektrana u domaćinstvima EU

Sekretarijat EZ objavio je u februaru 2018. godine Smjernice za integraciju prosumera u EES, tj. priključenje na mrežu. Cilj donošenja Smjernica je stvaranje preduslova za razvoj i integraciju kupaca - proizvođača, kako bi se i na ovaj način doprinijelo ostvarenju ciljeva u pogledu učešća energije iz OIE u ukupnoj finalnoj potrošnji. Da bi sve ovo bilo primjenjivo u praksi, neophodno je pomenutu problematiku regulisati odgovarajućim zakonskim i regulatornim okvirom. Smjernice sadrže set preporuka koje se odnose na [3]:

1. Pravni i regulatorni okvir,
2. Tehnološki i kriterijumi instalisanog kapaciteta,
3. Tretman više proizvedene energije koja se isporuči u mrežu i izbor komercijalne šeme,
5. Troškovi korišćenja mreže,
6. Tretman PDV-a i ostalih naknada i taksi,
7. Obračun debalansa,
8. Priključenje na mrežu.

Ono što se izdvaja kao najbitnije jesu cjeline 1, 3, 7 i 8. Priključenje na mrežu, tačnije procjena uticaja SE na EES, zbog niza tehničkih kriterijuma koji moraju biti zadovoljeni, će biti razmatran zasebno kroz četvrto poglavlje.

3.1 PRAVNI I REGULATORNI OKVIR

Smjernice Sekretarijata EZ predviđaju da regulatorni okvir treba da bude tržišno orijentisan sa minimalnim poremećajem tržišta, u mjeri koliko je to izvodljivo, uz istovremeno poštovanje načela odražavanja troškova u primjeni mrežnih tarifa, nadoknade troškova operatora sistema i sprečavanja unakrsnih subvencija između korisnika mreže. Na kupce proizvođače se odnose dva dokumenta, tj. članovi 21 Direktive 2018/2001 o promociji korišćenja energije iz OIE i član 15 Direktive 2019/944 o zajedničkim pravilima za unutrašnje tržište električne energije i izmjeni Direktive 2012/27 [5], [6].

Kao akt od najvećeg značaja u oblasti energetike u Crnoj Gori, ZoE propisuje mogućnost proizvodnje električne energije od strane krajnjeg kupca, članom 96. Ovim se pruža mogućnost proizvodnje električne energije za sopstvene potrebe u postrojenjima OIE instalisane snage do 50 kW ili instalisane snage do 50 kWe u postrojenjima VEK [7].

Članom 96, stavom 2 ZoE, utvrđena je obaveza snabdjevača da otkupljuju višak proizvedene električne energije koji se mjeri na mjesečnom nivou. Električna energija predata u distributivni sistem predstavlja razliku proizvedene energije u postrojenju kupca i potrošene energije u objektu kupca - proizvođača.

U skladu sa članom 99 ZoE, kupac - proizvođač je dužan da snabdjevaču dostavi garanciju porijekla (GP) za svu električnu energiju predatu u sistem. Ovim se dokazuje da je električna energija proizvedena u objektu iz OIE.

Stavom 3 istog člana definisano je da ODS vrši odvojena mjerenja proizvedene i utrošene električne energije kupca - proizvođača na mjestu konekcije i da ih dostavlja na mjesečnom nivou snabdjevaču [7].

Sa ciljem jednoznačnog definisanja, u ZoE treba biti uveden pojam kupac - proizvođač, usklađen sa Direktivom 2018/2001 o promociji korišćenja energije iz OIE: "Kupac - proizvođač električne energije iz OIE označava krajnjeg kupca, koji djeluje u okviru svojih prostorija smještenih unutar ograničenog područja ili, ukoliko je dozvoljeno, u drugim prostorima, koji proizvodi električnu energiju iz OIE za sopstvenu potrošnju i/ili koji može skladištiti ili prodavati električnu energiju proizvedenu iz OIE koju je sam proizveo, obezbjeđujući da za kupce koji ne pripadaju kategoriji domaćinstava, te aktivnosti ne predstavljaju njihovu glavnu komercijalnu ili profesionalnu djelatnost". Takođe se mogu javiti tzv. "zadruge" tj. udruživanje minimum dva kupca - proizvođača [1].

3.2 TRETMAN VIŠKA PROIZVEDENE ENERGIJE I KOMERCIJALNE ŠEME

Postoji nekoliko tipova komercijalnih šema. Razne zemlje se određuju za određeni tip, pri čemu je u većini zemalja EU zastupljeno i više komercijalnih šema, zavisno od instalisane snage proizvodnog objekta, kategorije potrošača itd. Komercijalne šeme diktiraju obračun naknada.

3.2.1 EVROPSKE DIREKTIVE

Evropske direktive predlažu dva tipa komercijalne šeme, gdje se zavisno od zemlje prave grupe kupaca - proizvođača, koji će koristiti određenu komercijalnu šemu zavisno od instalisane snage. Obračun naknade zavisi od odabrane komercijalne šeme [8]:

1) Neto-mjerenje

Ovaj tip komercijalne šeme predstavlja koncept prema kom se višak električne energije može u nekom narednom periodu kompenzovati sa potrošnjom kada nema proizvodnje, ili kada proizvodnja ne može podmiriti potrošnju kupca - proizvođača. Uglavnom se koristi kod potrošača male snage.

Kako je u pitanju netiranje, kod ove šeme naknada za višak energije plasirane u mrežu sadrži: cijenu aktivne energije, naknadu za korišćenje distributivne i prenosne mreže, naknadu za gubitke u mreži, naknadu OT i naknadu za OIE. Pritom mogu postojati neke druge naknade propisane podzakonskim aktom zemalja. Dakle, u ovom slučaju je ova naknada jednaka maloprodajnoj cijeni energije.

Za šemu neto mjerenja, dobra praksa evropskih zemalja i podzakonska akta EU predlažu da kupci - proizvođači ne podliježu plaćanju naknade za korišćenje distributivne mreže iskazane po utrošenom kWh za proizvedenu električnu energiju koju direktno utroše, kao ni za količinu utrošene električne energije iz mreže koja je jednaka količini više proizvedene energije koja je isporučena u mrežu;

2) Neto-obračun

Ova šema podrazumijeva da se višak električne energije može kasnije koristiti kao kredit za kompenzaciju troškova kada nema proizvodnje iz OIE ili kada se proizvodnjom ne mogu podmiriti potrebe.

Kod ove komercijalne šeme naknada za višak energije plasirane u mrežu sadrži: cijenu aktivne energije umanjene za razumne troškove kao što su marža, trošak debalansa i sl., cijenu koja odražava doprinos tog izvora smanjenju gubitaka u mreži gubitke u mreži i naknadu za OIE. Dakle, u ovom slučaju, naknada za višak energije je manja od maloprodajne cijene električne energije.

Za šemu neto obračuna i standardnu šemu snabdijevanja, kada je u pitanju naknada za korišćenje distributivne mreže, predlog je da kupci - proizvođači ne podliježu plaćanju naknade za korišćenje distributivne mreže po kWh za proizvedenu električnu energiju koju potroše, dok plaćaju naknadu za ukupnu količinu električne energije koju preuzmu iz mreže.

3.2.2 SITUACIJA U CRNOJ GORI

U odnosu na komercijalne šeme navedene u 3.2.1, može se reći da se u Crnoj Gori koristi "kombinacija" šema neto mjerenja i neto obračuna. Ukoliko je količina utrošene električne energije veća od proizvedene, snabdjevač obračunava razliku električne energije između utrošene i proizvedene po tarifama (VT i NT), sa uključenim mrežnim uslugama i naknadama - kao uostalom, što čini prema svim krajnjim kupcima. Ukoliko je količina utrošene električne energije manja od proizvedene, snabdjevač obračunava razliku količine električne energije između utrošene i proizvedene po tarifama (VT i NT), bez mrežnih usluga i naknada - u ovom slučaju snabdjevač praktično kupuje razliku u energiji od prosumer-a [7], [9].

ODS je u obavezi da ugradi mjerni uređaj koji vrši mjerenje predate i preuzete električne energije u/ iz distributivnog sistema na mjestu priključenja. Mjerenje preuzete i primljene energije vrši se mjernim uređajem koji omogućuje registrovanje energije u dva smjera (preuzimanje i davanje) u dvije tarife (veća

i manja tarifa). U slučaju da je snaga veća od 34,5 kW pored energije vrši se i registrovanje maksimalne snage. Da bi se mogla registrovati ukupna proizvedena električna energija kupca - proizvođača, ugrađuje se i dodatni mjerni uređaj koji će registrovati ukupnu proizvedenu električnu energiju iz postrojenja, što omogućava da se proizvedena električna energija uključi u proračun nacionalnog udjela OIE u ukupnoj finalnoj potrošnji energije u Crnoj Gori [7], [9].

3.3 UČEŠĆE KUPACA PROIZVOĐAČA NA TRŽIŠTU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Uvođenje tržišnih principa u praksu funkcionisanja EES nezaobilazno je pitanje u pogledu prostora koji u tom smislu treba otvoriti proizvođačima energije iz OIE kao i ODS. Prilikom uključanja distribuirane proizvodnje na tržište, potrebno je da se DG stvore adekvatni uslovi u cilju olakšanog pristupa tržištu, kako veleprodajnom tržištu električne energije i tržištu pomoćnih usluga, koje se odnosi na balansiranje i rezervnu snagu, tako i podršku u reaktivnoj snazi prilikom regulacije napona. U većini sistema OPS je jedini kupac pomoćnih usluga na nivou prenosa. DSO je obavezan kupac usluga OPS, tačnije posmatrano sa strane OPS, ODS je korisnik prenosnog sistema. Troškovi ovih pomoćnih usluga se dalje transponuju u sistemske troškove. U slučaju balansne snage, balansno odgovorne strane obavezni su kupci balansnog tržišta koje vodi i organizuje Operator tržišta (OT) a upravlja OPS u realnom vremenu, dok DG nema pristup balansnom tržištu (za sada u Crnoj Gori). Naravno, ovo se uglavnom odnosi na učesnike iz kategorije proizvođači, koji cjelokupnu proizvodnju plasiraju u mrežu, međutim u cilju optimizacije mrežnih procesa, može biti izvodljivo i sa kupcima proizvođačima.

Prema važećem ZoE i Tržišnim pravilima, svakom učesniku na tržištu koji je balansno odgovoran, OT radi količinski i finansijski obračun odstupanja njegove planirane i ostvarene proizvodnje. Kako po važećoj zakonskoj regulativi snabdjevač otkupljuje višak proizvedene električne energije od prosumera, i odgovoran je za njegov debalans, OT ne radi količinski obračun debalansa za prosumera kao zasebnog učesnika na tržištu, jer je ovaj u balansnoj grupi snabdjevača [10].

4. UTICAJ MALIH SOLARNIH ELEKTRANA NA ELEKTROENERGETSKI SISTEM

Uticaj distribuiranih izvora energije na sistem se ogleda kroz niz tehničkih kriterijuma koje proizvodni objekat mora da zadovolji da bi se priključio na mrežu. U tom smislu solarne elektrane (SE) se ne razlikuju puno od drugih vrsta izvora. Funkcionalni zahtjevi za priključenje generatora na mrežu propisani novim standardima [3] se odnose na: frekventni radni opseg i neosjetljivost na brze promjene frekvencije, minimalne zahtjeve za isporukom aktivne snage u slučaju smanjenja frekvencije, kontinuirani opseg radnih napona, stabilnost rada pri smanjenju/povećanju napona, promjena aktivne snage pri povećanju/smanjenju frekvencije; zahtjevi pri kratkom spoju (KS) u mreži, priključenje i sinhronizacija; prekid i smanjenje proizvodnje na zadatu aktivnu snagu. Tu su svakako i elektromagnetska kompatibilnost, kvalitet električne energije, zahtjevi za zaštitne uređaje i daljinska razmjena podataka, kao stvari koje prate osnovne tehničke zahtjeve.

Tehnički kriterijumi za priključenje ME na EES Crne Gore su definisani u Pravilima funkcionisanja distributivnog sistema, koja se pozivaju na Tehničku preporuku [11].

Za priključenje i bezbjedan paralelan rad SE sa DS, moraju se zadovoljiti sljedeći kriterijumi:

- dozvoljeno odstupanje (promjena, varijacija) napona u prelaznom i stacionarnom režimu,
- flikeri,
- dozvoljene struje i naponi viših harmonika,
- snaga KS, nakon priključenja SE,
- bezbjedna sinhronizacija,
- maksimalno dozvoljeno injektiranje jednosmjerne struje,

- naponska nesimetrija,
- reaktivna snaga SE.

Nakon provjere kriterijuma, izdaje se Rješenje, tj. saglasnost za priključenje. Za SE postoje neke razlike u odnosu na druge izvore [9], [11].

4.1 DOZVOLJENO ODSUPANJE NAPONA

Najveće dozvoljeno odstupanje (promjena, varijacija) napona na mjestu priključenja na DS, u prelaznom režimu, pri uključenju ili isključenju generatora, u odnosu na nazivne vrijednosti niskog i srednjeg napona, dato je u Tabeli 1 [11]:

Tabela I: Dozvoljene varijacije napona u prelaznom režimu

Naponski nivo	Maksimalno odstupanje (promjena) napona	Maksimalna učestanost odstupanja napona
Niski napon (NN)	3 %	5 min
Srednji napon (SN)	2 %	3 min

Dozvoljeno odstupanje napona u prelaznom režimu može da se procijeni preko relacije:

$$\Delta u_m = k_{i,max} \cdot \frac{S_{ngm}}{S_{ks}} \quad (1)$$

gdje su: $k_{i,max}=I_p/I_n$ - koeficijent određen količnikom maksimalne polazne struje (struje uključenja) i naznačene struje generatora,

S_{ks} - stvarna snaga KS u tački priključenja na DS [MVA],

S_{ngm} - naznačena prividna snaga generatorske jedinice koja će biti priključena na DS [MVA].

Vrijednost koeficijenta $k_{i,max}$ je kod NN nije značajna kod priključenja SE i dobija se na osnovu sprovedenih ispitivanja od strane proizvođača generatora u ovlašćenoj instituciji. Važno je istaći da se priključenje na distributivnu mrežu obično analizira pod (realnom) pretpostavkom da je obezbijedena mogućnost pojedinačnog priključivanja više SE (ili generatorskih jedinica konkretne ME) u vremenskim razmacima prema Tabeli I. Ovi vremenski intervali mogu da budu i kraći pod uslovom da se angažuje maksimum 50% prividne snage posmatrane proizvodne jedinice (40 s za niski napon, a 12 s za napone 10, 20 i 35 kV). ME ukupne instalisane snage svih generatora $S_{mel}=\sum S_{ng}$ može da se, u pogledu varijacija napona, priključi na DS bez štetnog djelovanja ako ispunjava uslov:

$$S_{mel} = \sum S_{ng} \leq \frac{S_{ks}}{500} \quad (2)$$

Ukoliko je kriterijum (2), kao znatno strožiji, zadovoljen, onda proračun promjene napona nije potreban. Ukoliko nije, potrebno je proračunati promjenu napona prema relaciji (1).

Za analizu naponskih prilika u mreži sa priključenim DI, mjerodavne su dozvoljene promjene napona u odnosu na naznačenu vrijednost u stacionarnom režimu koje, u većini evropskih zemalja, iznose: $\Delta u=+-5\%$, za SN; $\Delta u=+5\%$ ili -10% za NN. Promjena napona u stacionarnom režimu zavisi od zbirnog efekta rada svih priključenih distribuiranih generatora (DG) i opterećenja. Za datu konfiguraciju mreže, nivo i raspored opterećenja po čvorovima, neophodno je uraditi proračun tokova snaga i napona. U inženjerskoj praksi, često je dovoljan približan proračun pada napona na mjestu priključenja DG u SN ili NN mreži, bez detaljnih modelskih analiza. U režimu u kojem ME (SE) injektira reaktivnu snagu u mrežu gubici se smanjuju, a napon popravlja (povećava).

Kada ME (SE) uzima reaktivnu snagu iz mreže, vrijednost pada napona i gubitaka zavisi od odnosa aktivne i reaktivne snage generatora. Regulisanjem reaktivne snage moguće je povećati gornju graničnu vrijednost aktivne snage priključenih DG pri kojoj se neće prekoračiti maksimalna dozvoljena vrijednost napona i granica opterećenosti elemenata mreže. Opseg napona $\pm 5\%$ u SN mreži, može se ostvariti primjenom regulatora napona i kondenzatorskih baterija sa fiksnom ili automatskom regulacijom [11].

4.2 FLIKERI

Prema Evropskoj Normi EN 50160, flikeri se definišu kao brze promjene vrijednosti napona određenog trajanja. Kratkotrajnim promjenama se smatraju one koje traju ispod 10 minuta, a sporim (dugotrajnim) ako traju preko 120 minuta. Brze promjene su posljedica prekidačkih operacija (uključivanja ili isključivanja pojedinih generatora) ili promjenjivosti proizvodnje DG. Naime, usljed naglih učestalih promjena opterećenja može doći do treperenja napona. Ovo se, prvenstveno, odnosi na VE, SE i fotonaponske elektrane (FN).

Kriterijum flikera se ocjenjuje pomoću faktora smetnji ($Alt < 0,1$) SE izazvanih flikerom dugog trajanja (preko dva sata) i dugotrajnim faktorom brojnosti (emisije) flikera $Plt < 0,46$. Vrijednost koeficijenta flikera daje proizvođač ME (SE), odnosno ovlašćena nezavisna institucija, posebno za svaki generator i elektranu kao cjelinu, na osnovu atesta o tipskom ispitivanju ME koja ima iste ili slične karakteristike kao SE koja se gradi.

Promjene napona su važne kada se generatori uključuju na mrežu sa punom snagom. Kod elektrana koje se priključuju preko invertora, inverter svojom regulacijom onemogućava brz porast snage, a samim tim i napona, pa za SE proračun flikera nije potreban [11].

4.3 DOZVOLJENE STRUJE I NAPONI VIŠIH HARMONIKA

Elektronski uređaji koji se koriste u postrojenjima ME uzrokuju pojavu viših harmonika. Kako primjena ovih uređaja u mnogim tipovima ME konstantno raste pojačani su zahtjevi za kontrolu sadržaja harmoničnih komponenti u DS. Amplituda i red komponenti viših harmonika struje zavise od tipa konvertora i režima njihovog rada.

Koordinacija kontrole emisije viših harmonika na različitim naponskim nivoima sistema zahtijeva da se uzme u obzir distorzija sa jednog na drugi naponski nivo. IEC 61000-2-2, IEC 61000-3-6, IEC 61000-3-2 i IEC 61000-3-4 definišu prihvatljive granice distorzije napona (planski nivo), određivanje graničnih vrijednosti distorzije napona za pojedine proizvođače i/ili potrošače, kao i određivanje granice distorzije struje za specifične slučajeve priključenja.

Kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika, ukoliko je nekoliko ME (SE) ili generatora priključeno na DS u istoj tački, se provjerava pomoću izraza [11]:

$$I_{vhdoz} = I_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ks} \cdot \frac{S_i}{S_{gsum}} \quad (3)$$

gdje su:

I_{vhdoz} - dozvoljena vrijednost struje višeih harmonika na naponskom nivou generatora [A],

$I_{vhs,v,\mu}$ - vrijednost struje viših harmonika svedene na snagu KS na mjestu priključenja [A/MVA],

S_{ks} - snaga trofaznog KS na mjestu priključenja na sistem [MVA],

S_i - snaga posmatrane SE/generatora na mjestu priključenja,

S_{gsum} - suma snaga svih SE/generatora na mjestu priključenja [MVA].

Za svaki redni broj harmonika, u literaturi se nalazi vrijednost struje $I_{vhs,v,\mu}$ [11].

Ukoliko je na nekoliko mjesta u mreži SN došlo do priključenja SE, dozvoljena vrijednost struja viših harmonika izračunava se prema formulama:

$$\text{za } v < 13, I_{\text{vhdoz}} = i_{\text{vhs},v,\mu} \cdot S_{\text{ks}} \cdot \frac{S_{\text{gsum}}}{S_{\text{net}}} \quad (4)$$

$$\text{za } v > 13, I_{\text{vhdoz}} = i_{\text{vhs},v,\mu} \cdot S_{\text{ks}} \cdot \sqrt{\frac{S_{\text{gsum}}}{S_{\text{net}}}} \quad (5)$$

gdje je: S_{net} - prividna snaga transformatora (TR) u TS distributera preko kog se vrši isporuka električne energije od strane svih SE/generatora [MVA].

Kriterijum dozvoljenih vrijednosti napona viših harmonika se se ne provjerava za SE koje se priključuju na NN mrežu, prema Preporuci.

4.4 SNAGA KRATKOG SPOJA

Osnovni zahtjev koji mora biti ispunjen prilikom priključenja distribuiranog izvora (DI) na mrežu, pored ograničenja vezanih za naponsku regulaciju i kvalitet električne energije, je da maksimalna vrijednost struje kvara (snage KS) u novoj konfiguraciji (sa priključenom SE) ne bude veća od projektovane, tj. maksimalno dozvoljene vrijednosti za koju je dimenzionisana oprema na datom mjestu. Snaga KS se usljed priključenja SE na mrežu povećava. Nakon priključenja distribuiranog generatora (DG) mjesto kvara postaje dvostrano napajano, jer će određena struja kvara doticati i sa strane DI. Vrijednost stvarne struje kvara prije priključenja, koju daje nadležni ODS, je obično niža od nazančenih vrijednosti, naročito u SN mrežama, tako da postoji značajna rezerva koja omogućava priključenje izvjesnog broja DI, do određene naznačene snage i u određenim tačkama.

Ako se, zbog priključenja SE, poveća snaga KS iznad vrijednosti za koju je dimenzionisana oprema u DS, treba da se primijeni jedna ili više sljedećih mjera:

- ograničenje struja KS u SE,
- zamjena rasklopnih aparata i/ili druge opreme koja ne ispunjava zahtjev u pogledu snage KS,
- promjena mjesta priključenja na DS,
- promjena parametara priključnog voda, itd.

Budući da male SE ne mogu znatnije povećati snagu KS u DS, provjera ovog kriterijuma je obavezna samo ako snaga SE prelazi 1 MVA. Ukoliko je stvarna snaga KS na mjestu priključenja SE blizu maksimalno dozvoljene, preporučuje se provjera ovog kriterijuma i za snage manje od 1 MVA. Kako su kupci-proizvođači male instalirane snage (koja ne bitrebala biti puno veća od maksimalno priključne snage kupca), ovaj kriterijum se za ovu kategoriju proizvođača ne provjerava [9], [11].

4.5 SINHRONIZACIJA

Ugradnjom odgovarajućih zaštitnih i drugih tehničkih uređaja u ME, treba obezbijediti da njeno priključenje na DS bude izvršeno samo ako je na svim faznim provodnicima prisutan napon mreže.

Prema standardu IEEE 1547, za sinhronizovanje sa mrežom, zavisno od snage sinhronog generatora, moraju biti zadovoljeni uslovi u pogledu odstupanja frekvencije, napona i faznih stavova napona generatora i mreže dati u tabeli II [11]:

Tabela II: Uslovi sinhronizacije

Snaga generatora [kVA]	Razlika frekvencija [Hz]	Razlika napona [%]	Razlika faznog ugla [°]
<500	0,3	10	20
500-1500	0,2	5	15
>1500	0,1	3	10

Kod samopobudnih asinhronih generatora treba da se ispune svi uslovi koji su predviđeni za sinhronu generatore.

Kod FN elektrana, zbog neposjedovanja generatora, ovaj kriterijum se ne provjerava, već se elektrana pušta, tj. priključuje na mrežu preko sklopke.

4.6 MAKSIMALNO DOZVOLJENA INJEKTIRANJA JEDNOSMJERNE STRUJE

Kod ME koje se priključuju na DS preko invertora, kao što su SE, jednosmjerna komponenta injektirane struje u distributivnu mrežu ne smije biti veća od 0,5% naznačene struje invertora. Za NN mrežu, na koju se priključuju male SE za sopstvene potrebe, dodatni uslov je da jednosmjerna komponenta injektiranja u distributivnu mrežu (maksimalna struja jednog invertora pomnožena sa brojem invertora) ne bude veća od 1 A.

4.7 NAPONSKA NESIMETRIJA

U pogledu naponske nesimetrije u NN mreži, ME (SE) se može priključiti monofazno (jednofazno) na NN mrežu s maksimalnom snagom do 3,7 kW. ME (SE) snage veće od 3,7 kW na NN mrežu DS uvijek se priključuju trofazno. Ako je dozvoljena snaga veća od 11 kW, nesimetrija snage u bilo koje vrijeme između bilo kojih dviju faza ne smije biti veća od 4,6 kW. Projektantu se savjetuje da kod projektovanja daje prednost varijantama s manjim brojem većih trofaznih jedinica u odnosu na varijante sa većim brojem manjih, jednofaznih jedinica. To je posebno važno kod FN elektrana sa invertorima. Veće trofazne jedinice, naime, lakše održavaju kvalitet napona u propisanim granicama.

Na SN mrežu DS, ME se uvijek priključuju trofazno [11].

4.8 KRITERIJUM REAKTIVNE SNAGE

Za ME koje su priključene na NN mrežu faktor snage ME u odnosu na DS mora da bude između $\cos\varphi=0,95$ u kapacitivnom i $\cos\varphi=0,95$ u induktivnom režimu rada. Za ME koje su priključene na SN mrežu faktor snage ME u odnosu na DS treba da bude u skladu sa karakteristikom $Q=Q(U)$, u zavisnosti od tipa ME. U preporukama se ova karakteristika daje kao standardna, a može da je propiše ODS nakon izrade elaborata o priključenju ME na mrežu.

Ukoliko se za održavanje zahtijevane vrijednosti faktora snage koriste kondenzatorske baterije, njihov kapacitet se bira tako da ni u jednom pogonskom slučaju ne smije da dođe do samopobuđivanja generatora. Pomoću odgovarajuće projektne dokumentacije, za svaki konkretan slučaj treba odabrati pojedinačnu, grupnu ili centralnu kompenzaciju reaktivne energije. Za dimenzionisanje postrojenja za kompenzaciju reaktivne snage (energije) treba uzeti u obzir:

- reaktivnu energiju koja je potrebna za rad generatora,
- reaktivnu energiju potrebnu za potrošače ME kada generatori rade i kada nijesu u pogonu,
- štetno dejstvo (mogućnost pojave viših harmonika),
- štetno dejstvo pojave rezonanse sa mrežom.

Kod ME sa velikim oscilacijama pogonske snage (kao što su VE ali nekada i kod SE), obavezna je primjena automatske regulacije faktora snage. U tom slučaju, regulacioni nivo automatske kompenzacije može da se podesi i na $\cos\varphi\approx 1$ u dogovoru sa nadležnim ODS, pri čemu određeni dio kondenzatora može trajno da bude priključen na DS, ako su dodatno ispunjeni sljedeći uslovi [6]:

- ME je priključena na SN mrežu DS preko energetskog transformatora (ET) 0,42/10 (20, 35) kV, na čiju su NN stranu (0,4 kV) priključeni kondenzatori za kompenzaciju reaktivne snage;
- ukupna snaga trajno priključenih kondenzatora (van automatske kompenzacije) ne prelazi 10% vrijednosti naznačene snage ET (uz saglasnost ODS, ova vrijednost može da iznosi i 15%).

Nazivna reaktivna snaga ME treba da bude najmanje $Q_{ng} \geq 0,5 \cdot P_{ng}$ ($\cos\varphi=0,9$). Dozvoljeno odstupanje reaktivne snage od karakteristike u svakoj radnoj tački može biti do $\pm 10\%$ Q_{ng} [11].

Kako su predmet razmatranja male SE, koje se priključuju uglavnom na NN mrežu, ovaj kriterijum je uglavnom ispunjen jer invertori koji ih čine imaju mogućnost fine regulacije reaktivne snage i u širem opsegu nego što je potreban. Invertori u normalnom režimu rada su obično podešeni da rade sa jediničnim faktorom snage i svoje mogućnosti u regulaciji reaktivne snage mogu koristiti samo ukoliko to zahtijeva ODS.

Od pomenutih kriterijuma, za FN elektrane su najvažniji kriterijum struje viših harmonika i injektiranje jednosmjerne komponente struje invertora.

5. BUDUĆI IZAZOVI I OČEKIVANJA

Iako je tehnologija proizvodnje električne energije u ovom trenutku dosta razvijena, i OIE nijesu neka nepoznanica u sistemu, postoje brojna pitanja koja treba riješiti, i unaprijediti u cilju optimalnog funkcionisanja EES i vođenja istog u realnom vremenu. Takođe, sa unapređivanjem tehnologije, investicija za proizvodne objekte pada, pa se u narednom periodu očekuje znatno veća isplativost investicije, odnosno brži povraćaj novca, i to bez visokih podsticajnih cijena za otkup električne energije.

5.1 TEHNIČKI IZAZOVI

Postoji niz pitanja oko sistemskog pristupa harmonizaciji uključivanja distribuirane proizvodnje u EES, alociranosti proizvodnih kapaciteta od potrošačkih centara i njihovog povezivanja.

Jedan od većih problema koji ograničava širi prodor distribuiranih energetske izvora u današnje EES je nedostatak harmoničnosti u mrežnoj povezanosti i nedostatak kompatibilnosti zaštitnih i mjernih sistema. Za različite tipove generatora potrebni su različiti zahtjevi za mrežnu povezanost zbog njihovih međusobnih različitosti. Dalje prepreke proizlaze iz operativnih zahtjeva dijela mreže u kojem postoje distribuirani izvori.

U ovom kontekstu, usluge mjerenja (mjerni servisi) i alati za mjerenje primjenom statističke metode predstavljaju vezu za pristup aktivnoj mreži, prenosnoj platformi i decentralizovanim postrojenjima. Zato elektronska brojila i sistemi automatskog upravljanja mjerenjima (Automate Meter Management - AMM) predstavljaju tehnologije koje donose informacije o potrošačkim mogućnostima, pa samim tim optimizuju predviđanje potrošnje. Potrošaču se nudi izbor kvaliteta ponude uz relativno niske troškove pod uslovom da su minimalni tehnički zahtjevi odgovarajući i da omogućuju mrežnim operatorima maksimiziranje efikasnosti, fleksibilnosti i pouzdanosti korišćenjem naprednih tehnologija. Uticaj DI energije na rad mreže potvrđuje potrebu za novom strukturom sistema. Toj potrebi pridružuje se i neadekvatnost postojećih alata za dinamičke simulacije za obradu velikog broja energetske pretvarača, kao i postojećih analitičkih alata za istraživanje planiranja i razvoja sistema bilo pod stacionarnim ili dinamičkim uslovima sistema. Rješenja trebaju da postanu elementi prostornog planiranja, pravila funkcionisanja distributivnog sistema i tržišta električne energije gdje je neophodno prepoznati i ingerencije regulatora.

Da bi se omogućio inteligentniji način upravljanja mrežom i obezbijedivanje mrežnih usluga, neophodne su sljedeće regulatorne promjene po pitanju pristupa tržištu:

1. dozvoliti ODS-u fleksibilnost u pogledu procesa nabavke pomoćnih usluga iz drugih izvora, koji nisu propisani na centralizovanom tržištu kojim upravlja OPS, npr. od DG-a na njihovoj teritoriji;
2. olakšati direktno učešće DG-a na tržištima pomoćnih usluga na centralnom nivou, kao što su balansna tržišta;
3. nominovanje subjekta za upravljanje i vođenje tržišta distribuiranih izvora energije, kao i koordinaciju sa ostalim tržištima električne energije (za sad je to OT u Crnoj Gori ali samo kada su u pitanju

povlašćeni proizvođači). Potrebno je napomenuti da generalno gledano kroz FIT, tj. sistem podsticaja u Crnoj Gori povlašćeni proizvođači nijesu "slobodni igrači" na tržištu, međutim Ugovorom o otkupu električne energije sa OT, omogućava im se i učešće na tržištu kao proizvođača na tržištu koji prodaje energiju nekom trgovcu, kao uostalom i svim ostalim proizvođačima, kroz slobodan plasman proizvedene energije ukoliko za istu nađu odgovarajućeg kupca. U Budućnosti se može očekivati raktično liberalizovano tržište u kom su učesnici mali proizvodni objekti, koji će imati i balansnu odgovornost, budući da sadašnji povlašćeni proizvođači posle 12 godina izlaze iz sistema podsticaja. Kako je prva elektrana ušla u FIT sistm 2014. godine, već se za sedam godina očekuje prvi distribuirani izvor električne energije kao učesnik bez podsticaja i garantovanog otkupa energije na tržištu, koji će za plasman svoje proizvodnje morati da nađe određenog kupca, i koji će imati sopstvenu balansnu odgovornost.

Takođe, veliku pažnju je potrebno posvetiti regulaciji napona, koja nije do kraja definisana aktima ODS, i SE rade sa jediničnim faktorom snage koji je praktično fiksiran, što može stvarati probleme u pogledu naponskih prilika u mreži.

Kako je primjena Mrežnog kodeksa za priključenje generatora obavezujuća od 2021. godine u državama potpisnicama Ugovora o EZ, neophodno je u narednom periodu izvršiti izmjene i dopune Pravila za funkcionisanje distributivnog sistema i Tržišnih pravila, na način koji će da obezbijedi usklađenost sa Mrežnim kodeksom i tehničkim standardima iz ove oblasti [9], [10]. Ovo je najbitnije riješiti kada je riječ o tehničkim i funkcionalnim zahtjevima za priključenje i paralelan rad generatora sa distributivnom mrežom (DM) [8].

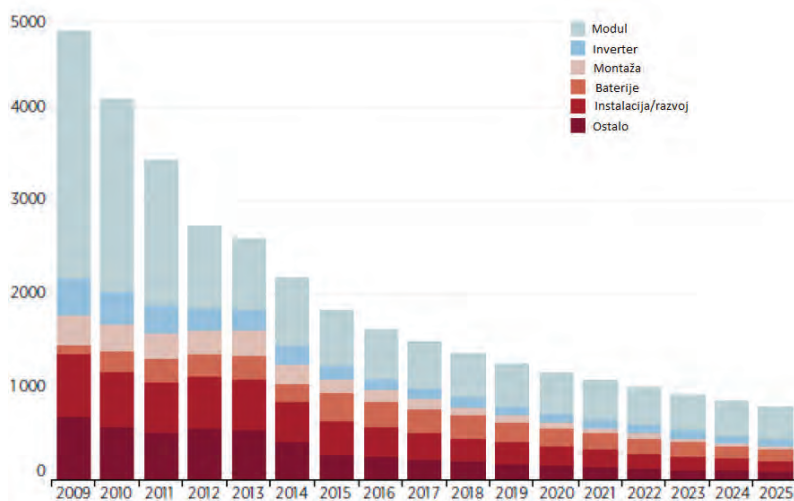
5.2 INVESTICIONA ULAGANJA I TROŠKOVI TOKOM EKSPLOATACIJE

Postoje brojne prednosti koje daju motiva za investiranje u male SE za sopstvene potrebe:

- energetska samostalnost,
- smanjenje troškova za utrošenu električnu energiju, zbog oslobađanja od plaćanja naknada ukoliko se energija proizvodi kod krajnjeg kupca,
- smanjenje rizika promjene cijena električne energije,
- ekološka osvještenost i postizanje energetske efikasnosti objekta prosumera.

Kao što je rečeno prosumeri mogu koristiti razne tehnologije za proizvodnju električne energije, međutim dominantno je korišćenje SE.

Investicioni troškovi se obično računaju i prikazuju po kW instalisane snage proizvodnog postrojenja. Slikom 4 dat je ilustrativni pregled kretanja ukupnih investicionih troškova FN elektrana u američkim dolarima po kW instalisane snage, sa projekcijom kretanja do 2025. godine [12]:



Slika 4: Ukupni investicioni troškovi solarnih panela po kW instalisane snage

Imajući u vidu aktuelne trendove, za očekivati je da se u skoroj budućnosti, a za pojedine tehnologije možda već i u ovom trenutku, električna energija može proizvoditi, na ovaj način, bez bilo kakvih podsticaja.

Kada je riječ o kupcima - proizvođačima, u cilju neke vrste podsticaja potreban bi bio poseban tretman u odnosu na ostale kupce, obzirom da kroz investiranje u sopstvene elektrane koje koriste obnovljive izvore, oni direktno doprinose ostvarenju nacionalnih ciljeva u pogledu učešća energije iz OIE u ukupnoj potrošnji. S tim u vezi, kupci - proizvođači mogu biti oslobođeni plaćanja naknade za OIE za ukupnu količinu proizvedene električne energije, bez obzira da li energiju direktno utroše ili je "deponuju" kod snabdjevača. Zavisno od države do države ova praksa se može razlikovati.

6. ZAKLJUČAK

Integracija OIE, odnosno SE, dovodi do smanjenja gubitaka aktivne i reaktivne snage, kao i opterećenja na vodovima. OIE mogu imati različit uticaj na naponske uslove u mreži. To je direktna posljedica da mreže pretežno zavise od reaktivne podrške u blizini potrošačkih centara. Ono što je najvažnije, izgradnja malih elektrana u ruralnim sredinama u Crnoj Gori pomogla je jačanju mreže, povećanju napona koji je bio nizak i povećanju snage KS. U nekim sredinama gdje je priključeno više izvora na malom prostoru, dolazi i do povećanja napona, koji se pametnim upravljanjem i planiranjem treba državati u propisanim granicama, pomoću regulatora napona. Podsticaji za veću integraciju OIE doprinijeli su manjim ulaganjima u distributivnu i prenosnu mrežu od strane kompanija, jer su investitori iz OIE dužni izgraditi kompletnu infrastrukturu (priključak na mrežu u obliku dalekovoda i trafostanice).

Inovacije i harmonizacija tehničkih propisa, pravila i preporuka vode u pravcu ublažavanja ograničenja snage spajanja ME u odnosu na specifičnosti vezane za stvarne uslove rada mreže i karakteristike generatora. Pogotovo se razmatraju pitanja koja se odnose na dinamičku podršku mreže u kvarovima i obuku ME za prolazak kroz stanje kvara, proširenje opsega napona u normalnom radu, ubrizgavanje reaktivne snage itd. U narednom periodu može se očekivati porast broja zahtjeva za integraciju OIE u EES (naročito SE). U svrhu realne procjene mogućnosti priključenja i stabilnog rada distributivne mreže sa malim postrojenjima, važno je pripremiti kvalitetnu bazu podataka, posebno o karakteristikama i raspodjeli opterećenja.

S obzirom na veliki potencijal solarnog zračenja i značaj FN konverzije, u Crnoj Gori treba podsticati studije i istraživanja u cilju bržeg razvoja proizvodnje električne energije iz FN elektrana u narednom periodu, pogotovo onih za podmirivanje potreba krajnjih kupaca. Potrebno je podržavati interesovanje investitora za moguću realizaciju FN postrojenja na objektima kompanija, magacinima, ali i rezidencijalnim objektima u skladu sa prostornim i elektroenergetskim preduslovima i ograničenjima. S tim u vezi je i rad na harmonizaciji zakonske regulative i pojednostavljenju procedure za dobijanje potrebnih dozvola za izgradnju objekata koji koriste OIE.

Potrebno je uvesti ograničenje na ukupnu instalisanu snagu postrojenja za koje se primjenjuju komercijalne šeme sa netiranjem, kako bi se izbjegao negativan efekat na ostale korisnike mreže, usljed porasta jediničnih cijena i naknada koje se iskazuju po kWh utrošene električne energije sa mreže. Prag dozvoljene instalisane snage potrebno je utvrditi na osnovu prakse drugih zemalja u ovoj oblasti, uz uvažavanje smjernica i propisa Evropske unije u vezi sa budućom decentralizacijom proizvodnje iz obnovljivih izvora i aktivnim učešćem kupaca na tržištu električne energije.

Obzirom da većina ugovornih strana članica EZ nema definisan zakonodavni i regulatorni okvir za integraciju instalacija male snage namijenjenih za sopstvenu potrošnju, za sada je Crna Gora na dobrom putu sa postojećom definicijom, tj. mogućnošću da zainteresovana lica ipak mogu ostvariti "razmjenu na mjestu konekcije". Postojanje podsticaja za kupce - proizvođače ne smije narušiti tržište mimo neophodnog, pri čemu je poželjno pronaći odgovarajuća finansijska rješenja koja mogu uticati na ponašanje prosumera. Tu se prije svega misli na određene poreze, tarife i naknade po drugim osnovama. Razvoj proizvodnje energije za sopstvene potrebe nije moguć bez saradnje sa privrednim društvima koja se bave

prenosom i distribucijom električne energije i snabdjevača električnom energijom.

Razvoj decentralizovane proizvodnje energije od strane kupaca - proizvođača bi trebao činiti važan i stalan dio energetske politike Crne Gore. Ovo je važno sa više aspekata: sa stanovišta zaštite životne sredine, energetske sigurnosti, energetske efikasnosti, kao i povećanja udjela energije proizvedene iz OIE. Pritom bi mogućnost razmjene energije na mjestu konekcije u Crnoj Gori, postojeće stanje i preporuke za unapređenje ambijenta trebali odgovarati potrebama i mogućnostima Crne Gore. Takav vid proizvodnje bi se i u socijalnom pogledu mogao, u dužem periodu, čak pokazati i neophodnim.

7. LITERATURA

- [1] Ministarstvo ekonomije Crne Gore: "Strategija razvoja energetike Crne Gore do 2030. godine (Bijela knjga)", Podgorica, maj, 2014.
- [2] CETMA: "Procjena potencijala obnovljivih izvora energije u Republici Crnoj Gori' - Sažeti prikaz procjene energetskog potencijala vjetra, Sunčevog zračenja i biomase", Ministarstvo za zaštitu životne sredine, kopna i mora Republike Italije, Dok. Br. 06-407-H2 Rev. 0, Februar 2007.
- [3] Ministarstvo ekonomije, UNDP: Finalni izvještaj - "Mogućnosti razmjene energije na mjestu konekcije u Crnoj Gori, postojeće stanje i preporuke za unapređenje ambijenta", jun, 2019.
- [4] Crnogorski operator tržišta električne energije: "Mjesečni energetski izvještaj Službe za OIE i VEK za jul 2019. godine" avgust, 2019.
- [5] Evropska komisija: "Direktiva 2018/2001 o promociji korišćenja energije iz obnovljivih izvora energije", februar, 2018.
- [6] Evropska komisija: "Direktiva 2019/944 o zajedničkim pravilima za unutrašnje tržište električne energije i izmjeni Direktive 2012/27/EU (izmjena)", 2019.
- [7] Zakon o energetici (Službeni list Crne Gore br. 5/2016 i 51/2017)
- [8] Energy Community: "Policy Guidelines by the Energy Community Secretariat on the Grid Integration of Prosumers", PG 01/2018, 5 Feb, 2018
- [9] "Pravila za funkcionisanje distributivnog sistema električne energije" (Službeni list Crne Gore br. 80/2017 i 90/2017)
- [10] "Tržišna pravila" (Službeni list Crne Gore br. 44/2017 i 25/2019)
- [11] Elektroinštitut "Milan Vidmar": Tehnička preporuka za priključenje distribuiranih izvora u Crnoj Gori (poglavlje Studije o priključenju i radu distribuiranih izvora u EES Crne Gore), Ljubljana, 2012.
- [12] Irena reports, www.irena.org

„ZERO NET ENERGY“ (ZNE) MODEL – INTEGRACIJA FOTONAPONSKIH SISTEMA U DISTRIBUTIVNU MREŽU

Lazar Komar, Igor Strugar - Sienersys d.o.o., Podgorica

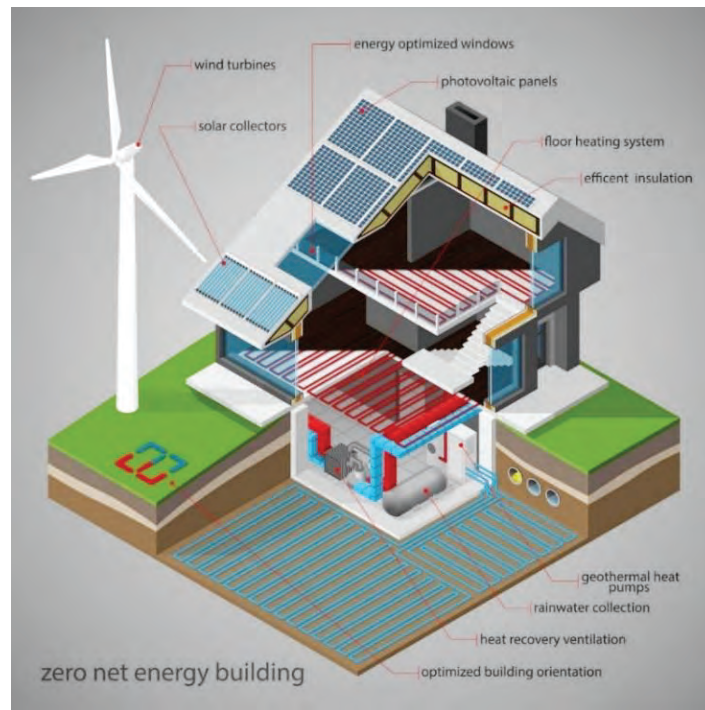
KRATAK SADRŽAJ

“Zero net energy” je model micro-grid sistema koji podrazumijeva energetske efikasan objekat sa lokalnom proizvodnjom i potrošnjom električne energije: Proizvedena energija iz fotonaponskih sistema se direktno koristi za pokrivanje sopstvene potrošnje objekta. Osnovna razlika između ZNE modela i jednostavnih instalacija fotonaponskih sistema na krovnim površinama jeste inovativan pristup svim aspektima koji mogu uticati na povećanje energetske efikasnosti objekta i koji mogu doprinijeti značajnom smanjenju potreba za električnom energijom. ZNE model se realizuje kroz dvije ključne komponente: proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije (najčešće kroz instalaciju fotonaponskih sistema) i primjena energetske efikasne tehničke rješenja koja smanjuju potrebu za električnom energijom.

Izolovan slučaj ZNE objekta ne može napraviti velike promjene u elektroenergetskom sistemu ali masovna primjena predloženih tehničkih mjera može imati ogroman uticaj na održivi razvoj, stabilnost elektroenergetskog sistema, emisiju CO₂ u atmosferu, zagrijavanje okoline itd.

Mjera uspješnosti kreiranja ZNE modela jeste konačan godišnji bilans proizvodnje i potrošnje električne energije objekta. Ukoliko je ova vrijednost približna nuli ili pozitivna u korist proizvodnje električne energije, projekat se može tretirati kao apsolutno uspješan.

Ključne riječi: Zero net energy; Multi flow tehnologija; fotonaponski system; micro-grid system; kvalitet električne energije; energetska efikasnost; obnovljivi izvori energije; upravljanje potrošnjom; kontrola osvjetljenja; e-mobility; punjenje električnih automobila; Urban heat islands; pasivni solarni dizajn.



Slika 1: ZNE objekat - ilustracija (izvor <https://www.buildingdoctors.com/service/net-zero>)

Skraćenice:

- ZNE - Zero net energy
- EE – elektroenergetski sistem
- SOC (State of charge) – stanje napunjenosti baterije
- UPS – Uninterruptible power supply – neprekidni izvor napajanja
- AC – alternating current
- DC – direct current
- HVAC – heating, ventilation and air conditioning
- PLC – programmable logic controller
- PV – Photovoltaic system – fotonaponski sistem

UVOD

Implementaciju najprostijih oblika ZNE modela je najlakše sprovesti kroz javne ustanove, tržne centre, poslovne zgrade, sportske objekte, benzinske stanice. Osnovni razlog zbog čega se implementacija ZNE modela prioritarno okreće poslovnim i javnim objektima je taj što se dijagram potrošnje ovih objekata vrlo dobro poklapa sa dijagramom proizvodnje električne energije iz fotonaponskih sistema. Kada se ZNE model primjeni na javni objekat, on služi kao primjer čitavom društvu na koji način treba vršiti pozitivan uticaj na okolinu [1].

S obzirom na intermitentnu prirodu fotonaponskih sistema, nije moguće očekivati da će ukupni bilans proizvodnje i potrošnje električne energije biti jednak nuli kao ni da će biti identičan za svaku godinu. Bitno je napomenuti da se konačna godišnja potrošnja objekta komercijalne upotrebe ne može posmatrati kao fiksna vrijednost već se javlja kao varijabla koja zavisi od nekoliko faktora kao što su: zaposlenje novih radnika; reorganizacija prostora i promjena namjene određenih prostorija; priključenje električnih vozila itd. Distributivna mreža se u uslovima primjene ZNE modela koristi kao neiscrpan resurs sa beskonačnom snagom čija je uloga balansiranje sistema tj. vršenje dinamičkog upravljanja tokovima snaga.

Stari konvencionalni elektroenergetski sistemi su balans između proizvodnje i potrošnje održavali kroz upravljanje proizvodnjom električne energije – ubrzavanjem ili kočenjem velikih rotacionih generatora. Danas je situacija drugačija jer se pored upravljanja proizvodnjom može vršiti aktivno upravljanje potrošnjom. Iako se još uvijek ne mogu tretirati kao regulacioni elementi u elektroenergetskom sistemu, invertorski uređaji mogu dati vrlo brz odziv u slučaju potrebe za očuvanjem stabilnosti sistema.



Slika 1: Fotonaponski sistem (izvor www.sicleanenergy.com.au)

Upravljanje potrošnjom je potpuno nova mjera balansiranja micro-grid sistema i uspostavljanja optimalnog rada. Stohastička priroda obnovljivih izvora energije (vjetar, sunce) zahtjeva pametno upravljanje potrošnjom redukcijom ili pomjeranjem potrošnje a u nekim slučajevima, opravdano je i povećanje potrošnje kako bi se dijagrami proizvodnje i potrošnje električne energije što bolje poklopili. Prilikom integracije fotonaponskih sistema uspostavljaju se dvosmjerni tokovi električne energije koji zahtijevaju dodatne analize, posebno sa aspekta zaštite elektroenergetskog sistema od „ostrvskog“ rada.

Nakon „feed in“ tarife koja je za cilj imala afirmaciju korišćenja obnovljivih izvora energije a koja u Crnoj Gori nije postigla zavidne rezultate u oblasti implementacije fotonaponskih sistema, u budućnosti se planira uspostaviti novi model koji podrazumijeva maksimalno iskorišćenje solarnog potencijala kroz lokalnu proizvodnju i potrošnju električne energije. Cilj je da svaki objekat godišnje proizvede električne energije iz fotonaponskih sistema jednako ili više u odnosu na sopstvenu godišnju potrošnju. Idealan model bi značio potpuno poklapanje dijagrama potrošnje objekta sa dijagramom proizvodnje fotonaponskog sistema što je u praksi gotovo nemoguće postići. Fotonaponski sistem je potrebno dimenzionisati prema procijenjenoj potrošnji predmetnog objekta sa minimalnom rezervom. Ograničavajući faktor koji uslovljava kapacitet fotonaponskog sistema može biti slobodan prostor potreban za njegovu instalaciju. Proračun proizvodnje električne energije je moguće približno odrediti ručno ili softverski nakon kreiranja modela fotonaponskog sistema. Ovaj model treba da sadrži sve tehničke karakteristike projektovane opreme kao i neophodne informacije o geografskim i klimatskim odlikama lokacije na kojoj se planira instalacija sistema. Uvijek je korisno predvidjeti veću instalisanu snagu sistema i rezervu (makar 10 % u odnosu na prognozirano ili definisano godišnju potrošnju objekta). Svi proračuni se rade na godišnjem nivou sa dnevnom, sedmičnom ili mjesečnom rezolucijom. Prilikom kreiranja micro-grid sistema sa fotonaponskim sistemom, posebno je razmotriti upotrebu sistema za skladištenje energije kroz izradu detaljne tehno-ekonomske studije. Sistem za skladištenje energije (baterije) može biti vrlo koristan element koji pruža fleksibilnost micro-grid sistemu i smanjuje njegovu zavisnost i uticaj na distributivnu mrežu. Baterijski sistem se može koristiti kao UPS izvor napajanja upotrebom određenih naprednih tehnologija te se za ovakvu namjenu može primijeniti u poslovnim prostorima koji zahtijevaju značajnu jednovremenu UPS snagu.

Uspješnost primjene „Zero net energy“ modela ne zavisi isključivo od elektroenergetskih instalacija već je to kompleksan proces koja zahtjeva adekvatno arhitektonsko oblikovanje objekta sa primjenom

svih raspoloživih mjera energetske efikasnosti. S obzirom da su termotehnički uređaji jedan od najvećih potrošača električne energije u objektu, mašinstvo kao struka mora dati određeni doprinos pri kreiranju optimalnog tehničkog rješenja.

KLASIFIKACIJA ZNE OBJEKATA PREMA POZICIJI I NAČINU KORIŠĆENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Postoji više podjela ZNE objekata koje uzimaju u obzir način korišćenja obnovljivih izvora energije. Jedna od najkompletnijih podjela je predstavljena u članku “Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options“ američke nacionalne laboratorije za energetska efikasnost i obnovljive izvore energije [2]. U zavisnosti od pozicije i vrste obnovljivih izvora energije postoje “on-site” i “off-site” tehnološka rješenja sa tim da je osnovni preduslov bilo kakvog energetski efikasnog rješenja smanjenje potreba za električnom energijom. Ova aktivnost se sprovodi primjenom energetski efikasnih uređaja sa visokim stepenom efikasnosti, “smart home” sistema sa integrisanom kontrolom termotehnike i osvjetljenja.

Tabela 1: Opcije napajanja ZNE objekata iz obnovljivih izvora energije [3]

Broj opcije	Aktivnost	Primjer
0	Smanjenje potreba za električnom energijom objekta kroz primjenu svih mjera energetske efikasnosti	Daylighting kontrola osvjetljenja i električnih zavjesa/ roletni; izolacija objekta; pasivno solarno grijanje; upotreba visokoeffikasnih uređaja za grijanje, hlađenje i ventilaciju prostora;
“On-site” proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora		
1	Uporeba obnovljivih izvora energije instaliranih na ZNE objektu a koji se priključuju na distributivnu ili vodovodnu mrežu	Fotonaponski sistem, solarni kolektori i vjetrogeneratori instalirani na ZNE objektu
2	Uporeba obnovljivih izvora energije koji se nalaze u okolini ZNE objekta (ne prioritarno na samom objektu) u granicama pripadajuće parcele a koji se priključuju na distributivnu ili vodovodnu mrežu	Fotonaponski sistem, solarni kolektori i vjetrogeneratori instalirani u neposrednoj okolini ZNE objekta ali u granicama pripadajuće parcele
“Off-site” proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora		
3	Dopremanje i upotreba obnovljivih izvora energije koji nisu lokalno dostupni radi lokalne proizvodnje i potrošnje električne energije	Biomasa, pelet, etanol, biodizel, otpad ili druge materije čijom preradom je moguća proizvodnja električne energije i toplote
4	Kupovina električne energije iz obnovljivih izvora izgrađenih u blizini ZNE objekta sa dugoročnim zakupom	Fotonaponski sistemi i vjetroelektrane koje se nalaze na određenoj udaljenosti od ZNE objekta. Vlasnik ZNE objekta može (ali ne mora) biti i vlasnik navedenih sistema za proizvodnju električne energije uz izgradnju elektroenergetske infrastrukture za prenos električne energije

“On site” rješenja podrazumijevaju lokalnu proizvodnju električne energije koja se dešava unutar granica parcele. Opcija 1 jeste instalacija fotonaponskih sistema na krovnim površinama ili eventualno sistema koji su integrisani dio konstrukcije objekta (tzv. building-integrated PV systems). Ova opcija je uvijek najracionalnija jer se uglavnom može garantovati da fotonaponski sistem tokom eksploatacionog perioda neće biti osjenčen i neće biti ugrožen razvojem okolne infrastrukture u blizini ZNE objekta. Ograničenja opcije 1 se sastoje u površinama koje se mogu iskoristiti za instalaciju fotonaponskih sistema. Proračunom je moguće ustanoviti da sistem koji je projektovan isključivo na krovnoj površini nema dovoljan kapacitet da bi proizveo potrebnu električnu energiju. Tada se u razmatranje uzima opcija 2 čiji je osnovni zahtjev da se fotonaponski sistem za proizvodnju električne energije nalazi u okviru granica

parcele. Mana ovakvih sistema je što oni u dogledom periodu mogu biti uklonjeni ili zasjenčeni od strane okolnih objekata. Tipičan primjer jeste fotonaponski sistem na krovu parking nadstrešnice. Kao najbolje kompromisno rješenje nameće se kombinovana realizacija ove dvije opcije.



Slika 2: Ilustracija kombinovane upotrebe fotonaponskih sistema – opcija 1 i opcija 2
(izvor <https://jimmeijer.com/solar-pv-carport/>)

“Off site” rješenja tj. opcije 3 i 4 se najčešće primjenjuju ukoliko objekat ima velike potrebe za električnom energijom a nedovoljno prostora i resursa za podmirivanje sopstvene potrošnje. Mana ovih načina napajanja ZNE objekta iz obnovljivih izvora su značajni gubici električne energije koji nastaju tokom transporta sa udaljene lokacije. Veliki nedostatak opcije 4 je cijena razvoja elektroenergetske infrastrukture za transformaciju, prenos i distribuciju električne energije sa udaljenih lokacija.

REZIDENCIJALNA UPOTREBA FOTONAPONSKIH SISTEMA – MULTIFLOW TEHNOLOGIJA

Implementacija fotonaponskih sistema na objektima rezidencijalnog karaktera se može postići jednostavnom upotrebom pametnih, hibridnih invertorskih uređaja. Za adekvatno upravljanje tokovima snaga, pored napojne infrastrukture, potrebno je obezbijediti komunikacionu infrastrukturu kao i smart meter uređaje na ključnim pozicijama u micro-grid sistemu.

Savremeni hibridni invertorski uređaji opremljeni su multiflow tehnologijom koja omogućava usmjeravanje električne energije prema unaprijed definisanom algoritmu. Hibridni invertori se koriste kada u elektroenergetskom sistemu pored fotonaponskog sistema figuriše i sistem za skladištenje energije. Sistem za skladištenje energije može biti modularan tj. korisnik ga može fazno nadograditi. Maksimalna izlazna snaga je definisana snagom hibridnog invertorskog uređaja a izlazna snaga koju sistem za skladištenje energije može obezbijediti u realnom vremenu zavisi od kapaciteta baterije kao i od njene trenutne napunjenosti tzv. SOC (State of charge). Dodatne funkcije koje hibridni invertori sa multiflow tehnologijom ostvaruju su:

- optimizovano programiranje rada invertora radi što boljeg iskorišćenja niske tarife,
- poboljšanje kvaliteta električne energije u distributivnoj mreži,
- mogućnost napajanja micro-grid sistema u sličaju ispada mrežnog napajanja.

Postoji pet mogućih tokova snaga:

1. PV sistem → inverter,
2. Inverter → potrošač.

Inverter → distributivna mreža

3. Inverter → sistem za skladištenje električne energije,
4. Sistem za skladištenje električne energije → Inverter,
5. Distributivna mreža → inverter.

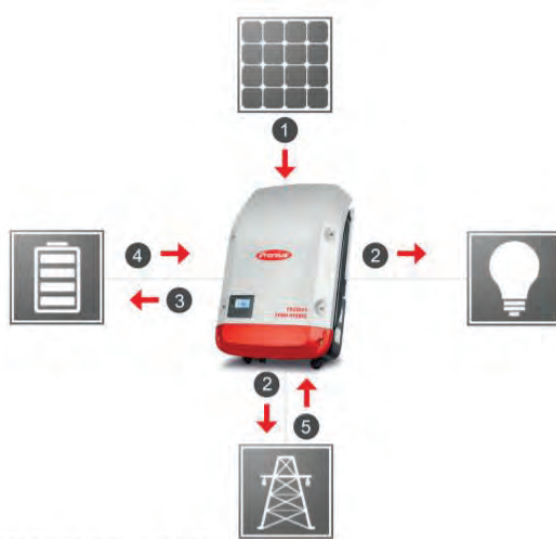


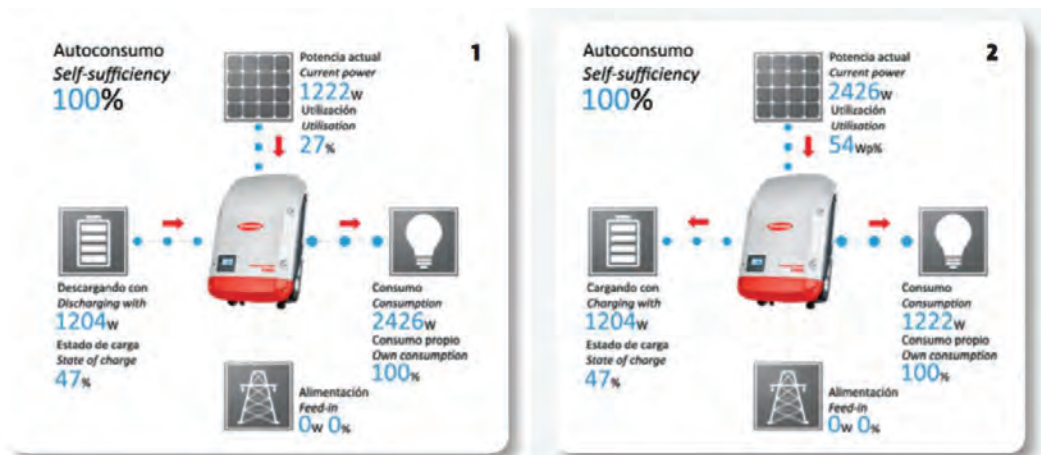
Fig.1: Energy flows in a storage system

Slika 3: Multiflow tehnologija – prikaz mogućih tokova snaga (izvor <http://cdn.pes.eu.com>)

Tokovi snaga pod rednim brojem 1, 2 i 5 su karakteristični za bilo koji tipični fotonaponski sistem bez sistema za skladištenje energije dok tokovi pod rednim brojem 3 i 4 opisuju proces punjenja odnosno pražnjenja baterije. Inovativnost u radu ovakvog fotonaponskog sistema jeste dvostruka mogućnost punjenja baterije – iz PV sistema kao i iz distributivne mreže. Da bi vršio sve ove funkcije, hibridni inverter mora biti opremljen dodatnim elementima energetske elektronike - ispravljačem i konvertorom.

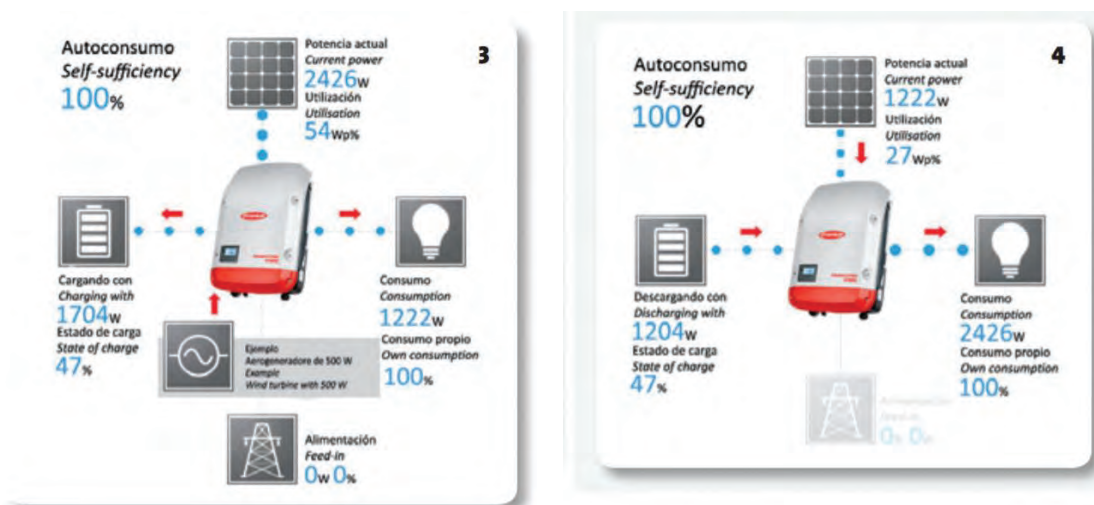
U zavisnosti od trenutne potrebe u električnoj snazi, trenutne proizvodnje iz fotonaponskog sistema kao i stanja napunjenosti baterije, postoje četiri moguće kombinacije napajanja i to:

1. Kada proizvodnja iz fotonaponskog sistema ne može samostalno pokriti trenutnu potrošnju objekta, fotonaponski sistem i sistem za skladištenje energije kombinovano napajaju potrošnju;
2. Kada proizvodnja iz fotonaponskog sistema premašuje trenutnu potrošnju objekta, tada se energija prioritarno usmjerava ka potrošaču dok se “višak” troši na dopunjavanje sistema za skladištenje energije;



Slika 4: Šematski prikaz tokova snaga

3. Kada imamo simultanu proizvodnju iz fotonaponskog sistema i vjetrogeneratora te se vrši međusobna raspodjela električne energije na potrošnju objekta i dopunjavanje sistema za skladištenje energije;
4. Kada se dogodi ispad mrežnog napajanja, fotonaponski sistem i sistem za skladištenje energije mogu izvršiti preuzimanje kompletnog napajanja aktivne potrošnje.



Slika 5: Šematski prikaz tokova snaga

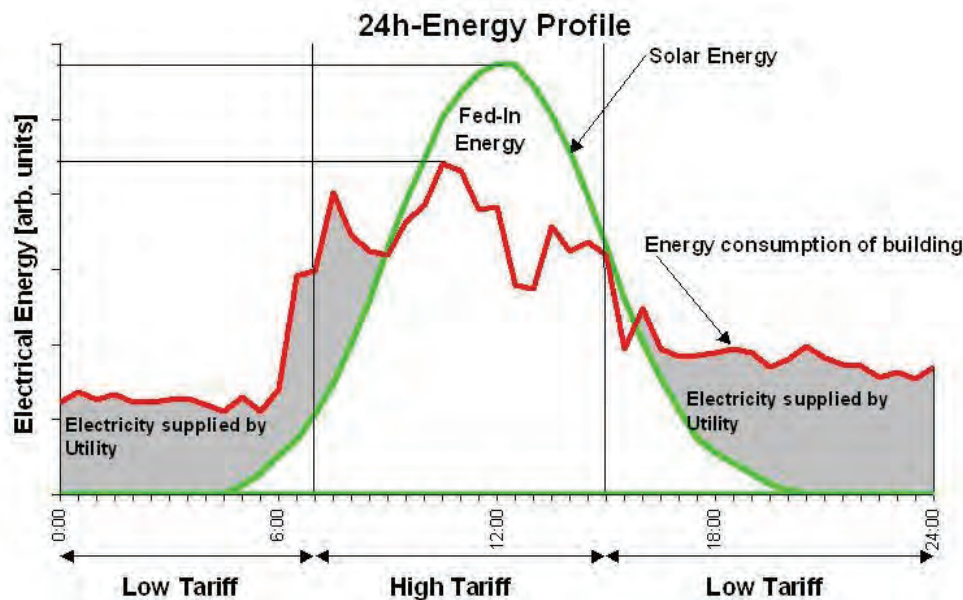
Mogućnost AC dopunjavanja sistema za skladištenje energije je vrlo značajna i otvara mnogobrojne prilike kao što su integracija fotonaponskog sistema sa vjetrogeneratorima kao i napajanje baterije direktno iz distributivne mreže.

Postoji nekoliko prednosti korišćenja AC punjenja sistema za skladištenje električne energije:

1. Održavanje stabilnosti rada baterijskog sistema u slučajevima kada je onemogućena proizvodnja električne energije iz fotonaponskog sistema;
2. Planirano minimalno dopunjavanje sistema za skladištenje energije kako bi se mogao koristiti u slučaju ispada mrežnog napajanja;
3. Mogućnost dopunjavanja baterijskog sistema tokom noćnih sati prema niskoj tarifi a korišćenja energije u satima vršnog opterećenja prema visokoj tarifi;
4. Porastom broja fotonaponskih sistema, povećava se potreba za upravljanjem i održavanjem stabilnosti elektroenergetskog sistema. Sistemi za skladištenje električne energije i upravljanje potrošnjom mogu imati vrlo značajnu ulogu u održavanju napona i frekvencije u dozvoljenim opsezima, naročito u mikromrežama [4];
5. Pruža fleksibilnost u apsorbovanju i injektiranju električne enerije i smanjuje zavisnost od distributivne mreže.

UPOTREBA FOTONAPONSKIH SISTEMA NA KOMERCIJALNIM OBJEKTIMA

Upotreba fotonaponskih sistema na komercijalnim objektima podrazumijeva instalaciju sistema za proizvodnju električne energije na krovnim površinama javnih objekata, hala, poslovnih zgrada itd. Prednost instalacije fotonaponskih sistema na ovakvim objektima jeste odlično poklapanje dijagrama proizvodnje i dijagrama potrošnje električne energije iz fotonaponskih sistema tokom radnih dana. Za većinu poslovnih objekata, sasvim je opravdano uzeti u obzir radno vrijeme između 8 i 16 h, a upravo u ovom periodu fotonaponski sistem proizvodi električnu energiju.



Slika 6: Dijagram potrošnje i proizvodnje električne energije poslovnog objekta u Španiji (izvor: <https://www.slideshare.net/>)

Na slici 6 je prikazan tipičan dijagram potrošnje i proizvodnje električne energije jednog poslovnog objekta u Španiji. U periodu više tarife, sistem proizvodi značajno više energije nego što je objektu potrebno za snabdijevanje sopstvene potrošnje pri čemu se višak električne energije injektira u distributivnu mrežu. Tokom večernjih sati, kada je aktivna niža tarifa, vrši se kompenzacija tj. objekat preuzima električnu energiju za podmirivanje sopstvene potrošnje iz distributivne mreže.

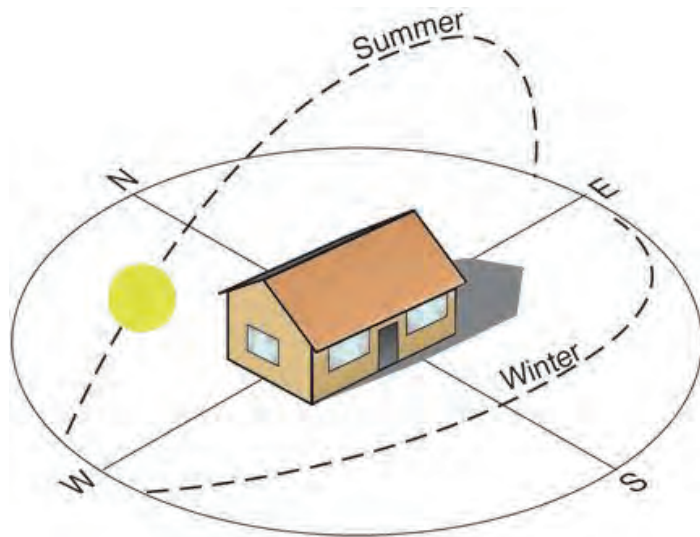
ARHITEKTONSKO OBLIKOVANJE ZNE OBJEKTA

Zamisa arhitekta prilikom kreiranja objekta treba biti usmjerena ka razmišljanju o njegovoj energetskej efikasnosti. U odnosu na geografsku poziciju objekta kao i njegovo okruženje, koje može imati pozitivne i negativne uticaje na energetskej efikasnost, neophodno je pažljivo razmotriti orijentaciju objekta kao i neke njegove sastavne elemente koji mogu značajno uticati na konačne energetske bilanse.

Najvažniji elementi koje savremena arhitektura razmatra prilikom razrade energetskej efikasnog tehničkog rješenja su:

1. Pasivni solarni dizajn,
2. Spoljašnji omotač objekta i njegove termalne karakteristike,
3. Efikasnost električnih uređaja unutar objekta kao i pametno upravljanje potrošnjom,
4. Integracija obnovljivih izvora (fotonaponski sistemi, mini vjetro-generatori).

Moderna arhitektura insistira na optimalnoj prirodnoj termalnoj zaštiti objekta koja se postiže orijentacijom objekta sjever-jug sa što većim „rastezanjem“ u pravcu zapad-istok. Sjeverna strana ovakvog tipa objekata nije namijenjena za velike staklene površine već bi trebala biti dodatno termalno zaštićena. Južna strana u velikoj mjeri može biti ispunjena staklenim površinama koje omogućavaju prodor sunčevih zraka unutar objekta.

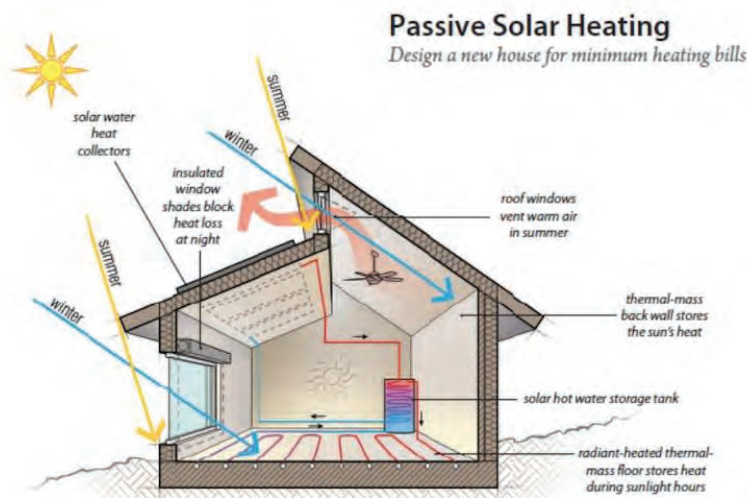


Slika 7: Optimalna orijentacija objekta tzv. „pasivni solarni dizajn“

Ljetnje sunce je visoko i upad sunčevih zraka (pod uglom $\sim 75^\circ$) unutar objekta kroz staklene površine može biti spriječen pravilnim dimenzionisanjem konzole koja štiti objekat. Zimsko sunce je niže i ugao pod kojim zraci padaju je manji ($\sim 25^\circ$) te se zagrijavanje prostorije tokom ovog perioda vrši prodorom direktnih sunčevih zraka kroz staklene površine na južnoj strani objekta. Tokom zime, s obzirom na mali upadni ugao, projektovana zaštitna konzola ne predstavlja prepreku za prodor sunčevih zraka unutar prostorije. Vrlo je važno izgraditi dobar „zaštitni“ omotač objekta čime se direktno utiče na smanjenje potrošnje električne energije kroz redukovanu upotrebu uređaja za grijanje i hlađenje. Adekvatna upotreba termalnih masa tj. materijala koji tokom dana apsorbiraju toplotnu energiju a tokom noći je otpušta i grije prostoriju može uticati na smanjenje potrošnje električne energije čak do 25%.

UHI („Urban heat island“) fenomen je karakteristika urbanizovanih područja sa značajno većim temperaturama u odnosu na njihovu okolinu [5]. Ovaj fenomen se obično pripisuje velikim gradovima sa ogromnim betonskim površinama koje apsorbiraju i emituju toplotnu energiju. Pored termalnih masa, razlog za povećanje temperature je masovna i jednovremena upotreba izmjenjivača toplote koji ljeti hlade unutrašnjost prostorija, a toplotu predaju okolini. Mjere energetske efikasnosti koje se odnose na sisteme grijanja i hlađenja mogu značajno redukovati njihov uticaj na okolinu objekta i dodatno smanjiti zagrijavanje/hlađenje okoline ljeti/zimi.

Objektivan osjećaj stanovnika glavnog grada Crne Gore koji se tiče temperature tokom ljetnjeg perioda govori o tome da vrlo brzo možemo postati područje koje jasno odlikuju UHI karakteristike.



Slika 8: Uglovi upada sunčevih zraka tokom ljetnjeg i zimskog perioda
Energetska efikasnost električnih uređaja

ENERGETSKA EFIKASNOST

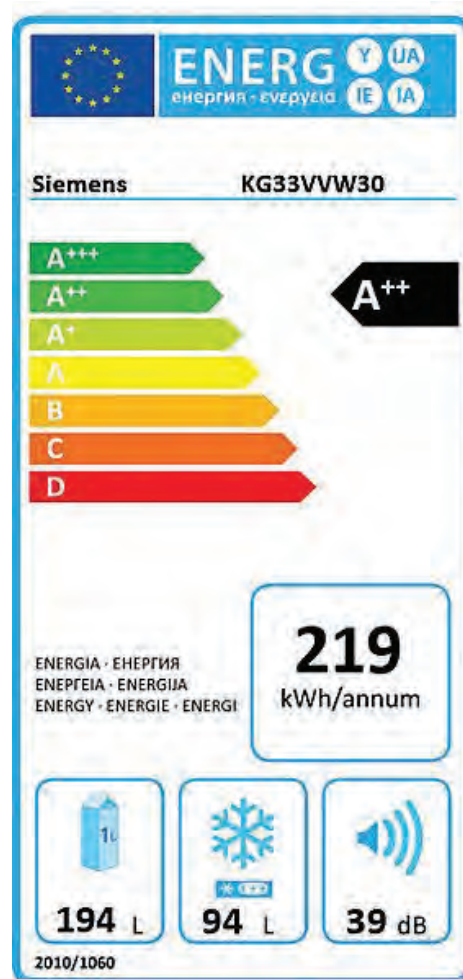
Energetska efikasnost objekta uveliko zavisi od električnih uređaja koji se koriste u objektu. Prema Direktivi EU Directive 2010/30/EU definisano je sedam klasa energetske efikasnosti. Najefikasnija klasa je A a najmanje efikasna klasa G. U okviru A klase mogu se koristiti i tri dopunske klase koje označavaju veću efikasnost uređaja A+, A++ i A+++ . U zavisnosti od tipa uređaja, u pakovanju se daje oznaka na kojoj je definisana klasa energetske efikasnosti.

Svaka oznaka mora da sadrži sljedeće informacije o proizvodu:

- Proizvođač, marka i model,
- Energetska klasa proizvoda,
- Skala klase efikasnosti.
- Karakteristike proizvoda - nivo buke, snaga grijanja i hlađenja u različitim klimatskim zonama, kapacitet proizvoda i dr.

Najveći potrošači jednog domaćinstva pored uređaja za grijanje i hlađenje prostora su upravo kućni uređaji (frižideri, mašine za pranje veša, električni šporeti, bojleri, zamrzivači) koji godišnje potroše čak više od jedne trećine ukupne količine električne energije koja je potrebna domaćinstvu.

Cijena energetske efikasne uređaja je veća u odnosu na standardne uređaje ali se ova razlika vrlo brzo kompenzuje tokom perioda eksploatacije kroz uštedu električne energije i vijek trajanja proizvoda. Ovi uređaji su gotovo uvijek opremljeni sistemima koji potpomažu energetske efikasnost kroz upravljanje potrošnjom kao što su tajmeri, senzori, regulatori snage...



UPRAVLJANJE POTROŠNOM

Cilj ZNE modela jeste racionalno iskorišćenje električne energije proizvedene iz fotonaponskog sistema kroz napajanje sopstvene potrošnje objekta tj. minimalna razmjena energije sa distributivnom mrežom. Ovaj model se različito tretira za rezidencijalne i komercijalne objekte jer su njihovi dijagrami potrošnje značajno drugačiji. Električna vozila priključena na distributivnu mrežu značajno olakšavaju upravljanje potrošnjom jer se višak proizvedene energije iz fotonaponskog sistema može automatski preusmjeriti u punjenje električnog automobila.

Upravljanje potrošnjom je mehanizam baziran na predikciji potreba za električnom energijom i proizvodnje iz intermitentnih izvora na osnovu koga se vrši automatizovano raspoređivanje raspoložive električne energije. Glavni cilj upravljanja je minimalizacija troškova uz neprekidno očuvanje komfora korisnika. Na nivou jednog domaćinstva ili jednog poslovnog prostora, upravljanje potrošnjom može biti realizovano primjenom lokalne automatike koja vrši konstantan monitoring proizvodnje i potrošnje električne energije i usmjerava tok snage prema unaprijed definisanom algoritmu. Da bi se ovakav način upravljanja potrošnjom realizovao, potrebno je instalirati smart meter uređaje na nekoliko ključnih pozicija u micro-grid sistemu i obezbijediti njihovu međusobnu komunikaciju. Kod fotonaponskih sistema, invertorski uređaji najčešće imaju integrirano kontrolno mjerenje te se na taj način obezbjeđuje informacija o proizvodnji električne energije iz fotonaponskog sistema u realnom vremenu.

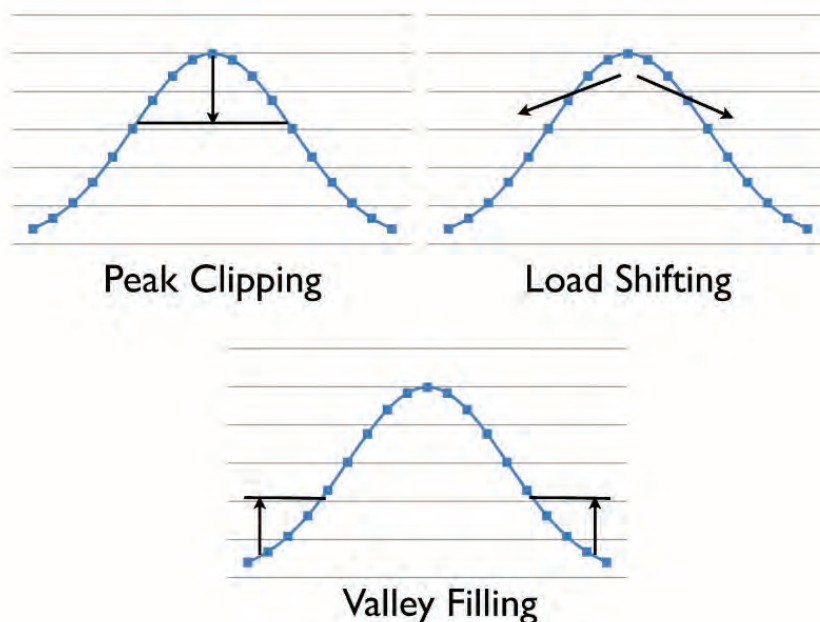
Upravljanje kućnim aparatima može biti automatsko i poluautomatsko a postoje i aparati sa kojima upravljanje nije moguće [6].

Automatsko upravljanje vezuje se za uređaje sa termostatom – jedinice za grijanje i hlađenje prostorije kao i frižideri i zamrzivači. Ovi uređaji ne rade tokom čitavog dana već se uključuju po potrebi, kada temperatura postigne ili padne ispod predefinisane vrijednosti. Zbog održavanja temperature, upravljanje ovim elementima je moguće u intervalu između 15 i 30 min.

Poluautomatsko upravljanje uključuje uticaj čovjeka na rad aparata i ono se obično vezuje za mašine za pranje veša i suđa. Prednost upravljanja ovim uređajima jeste vrijeme obavljanja aktivnosti – proces obično nije hitan što daje veliki prostor za preraspodjelu potrošnje električne energije. Čovjek određuje interval u kome mašina treba da izvrši jedan ciklus pranja.

Pojava električnih vozila priključenih na distributivnu mrežu unosi potpuno novi pristup razmatranju upravljanja potrošnjom jer je istovremeno omogućeno korišćenje baterije električnog vozila kao sistema za skladištenje koji se po potrebi može ponašati kao izvor električne energije. Način korišćenja baterije električnog vozila kao sistema za skladištenje energije mora biti definisan regulatornim okvirom. Ovakvi procesi značajno utiču na vijek trajanja baterije te je potrebno izvršiti dodatne analize kako bi se utvrdile sve prednosti i nedostaci korišćenja ovakvih sistema.

Za poslovne prostore i javne objekte čija se potrošnja obračunava brojiлом sa mjerenjem snage, neophodno je instalirati PLC uređaj koji će aktivno, u realnom vremenu, vršiti monitoring i upravljanje potrošnjom. Optimalno upravljanje potrošnjom komercijalnih objekata treba biti realizovano odsijecanjem vrha potrošnje tzv. „peak clipping“ kroz isključivanje dijela potrošača koji nisu prioritetni u periodima vršnog opterećenja. Kandidati za ovaj tip upravljanja jesu uređaji sa termostatom koji služe za grijanje i hlađenje prostorija, kao i frižideri i zamrzivači.



Slika 9: Grafička interpretacija metoda upravljanja potrošnjom (izvor: <http://large.stanford.edu>)

Kada je riječ o domaćinstvima, u slučaju da ne postoji sistem za skladištenje energije i da trenutna proizvodnja iz fotonaponskog sistema ne može podmiriti potrebe za električnom energijom, neophodno je razmotriti pomjeranje potrošnje po vremenskoj osi tzv. „load shifting“. Cilj ove metode je izmjestiti potrošnju koja nije prioritetna iz vršnog u vanvršni period. Uređaji sa kojima je moguće izvršiti ovakvo upravljanje su uređaji sa termostatom, kao i mašine za pranje veša i suđa.

Ono što je zajedničko za sve objekte (rezidencijalnog i komercijalnog) karaktera jeste popunjavanje dolina tzv. „valley filling“. Ovaj oblik upravljanja je poželjan u periodima malih opterećenja kada fotonaponski sistem proizvodi značajno više energije nego što je objektu potrebno. Navedena metoda podrazumijeva maksimalno angažovanje svih uređaja koji mogu pružiti komfor korisniku u datom trenutku. Električna vozila priključena na distributivnu mrežu mogu uveliko doprinijeti balansiranju sistema.

UPRAVLJANJE OSVJETLJENJEM - DAYLIGHT HARVESTING I AUTOMATSKA KONTROLA

Daylight harvesting je savremena metoda upravljanja osvjetljenjem i električnim roletnama/zavjesama unutar objekta. Proces se zasniva na upotrebi daylight senzora koji mjeri upad dnevnog svjetla u prostoriju i na osnovu tih informacija, prilagođava intenzitet vještačke svjetlosti. Primjena ove tehnologije omogućava značajne uštede energije (20-60% uštede električne energije potrebne za osvjetljenje prostorija). Pored uštede energije na redukovanoj potrošnji električnih izvora svjetlosti, daylight sensor omogućava kontrolu električnih roletni/zavjesa čime se indirektno kontroliše temperatura u prostoriji što dodatno utiče na smanjenje potrošnje HVAC uređaja i stimulise energetska efikasnost. Kontrola osvjetljenja i električnih roletni/zavjesa mora biti sinhronizovana kako bi se ostvario optimalan ugođaj korisniku objekta.



Slika 10: Daylight harvesting
(izvor <http://www.sleprojects.com>)

Tehno-ekonomske analize pokazuju odlične rezultate uštede električne energije upotrebom ovih sistema. Kroz značajnu uštedu potrošnje električne energije objekta, sistem se isplati već nakon nekoliko godina korišćenja.

Upravljanje osvjetljenjem prostorija kao što su toaleti, hodnici i ostale prostorije u kojima se čovjek ne zadržava treba biti izvedeno senzorima koji isključuju osvjetljenje ukoliko ne detektuju prisutnost čovjeka. Na ovaj način se automatskom kontrolom osvjetljenja vrši ušteda koja značajno doprinosi energetska efikasnosti.

PUNJENJE ELEKTRIČNIH AUTOMOBILA

Automobili na električni pogon priključeni na distributivnu mrežu predstavljaju odlična skladišta električne energije. Za sada, u komercijalnoj upotrebi se nalaze G2V (grid to vehicle) sistemi dok se u bliskoj budućnosti planira razvoj V2G (vehicle to grid) sistema. Upravljanje potrošnjom angažovanjem svih potrošača koji u datom trenutku imaju potrebu za električnom energijom kroz tzv. „valley filling“ je značajno olakšano pojavom električnih automobila i razvojem e-mobility sistema. Primjenom lokalne automatike, „višak“ električne energije proizvedene iz fotonaponskog sistema može biti usmjeren na punjenje baterija električnog vozila. Na ovaj način se ukida potreba za formiranjem eksternog sistema za skladištenje energije čime se investiciona cijena ulaganja u energetska efikasan sistem značajno redukuje.



Slika 11: Proces punjenja električnog vozila (izvor: <https://cleantechnica.com>)

Savremene punionice za električna vozila su opremljene sistemom za nadzor i upravljanje. Ukoliko se u jednoj punionici istovremeno priključi nekoliko električnih vozila, korisnik može izvršiti balansiranje električne energije, vodeći računa da ukupna električna energije ne pređe definisani limit. Balansiranje može biti „na jednake djelove“ a može se definisati punjenje prioriternih potrošača.

Novim tehnologijama, omogućeno je i automatsko dinamičko upravljanje procesom punjenja u skladu sa trenutnom potrošnjom objekta i proizvodnjom iz fotonaponskog sistema. Pomoću smart meter uređaja, sistem mjeri sopstvenu potrošnju objekta u realnom vremenu a ostatak snage, do dozvoljene i predefinisane vrijednosti, koristi za napajanje električnog vozila. Proces punjenja električnog vozila može biti pomjeren po vremenskoj osi tj. korisnik može sistemom komunikacije odrediti period napajanja. U rezidencijalnim uslovima, to se obično dešava noću kada je aktivna niska tarifa.

ZAKLJUČAK

Prva stvar koju jedan energetičar nauči jeste Zakon o održanju energiju – „Energija se ne može ni stvoriti ni uništiti, već se može samo prenijeti sa jednog tijela na drugo, ili pretvoriti iz jednog vida u drugi, bez ikakvih gubitaka“. Svaki dan ogromna količina solarne energije „propada“ tj. ostaje neiskorišćena. Implementacija fotonaponskih sistema za proizvodnju električne energije se postavlja kao imeprativ u razvoju energetike u Crnoj Gori. Proces implementacije nije jednostavan već zahtjeva ozbiljno promišljanje i sistematski pristup rješavanju određenih tehničkih zahtjeva. Upravljanje tokovima snaga i uvođenje „pametnog“ upravljanja u stare, konvencionalne sisteme su najveći budući izazovi. ZNE model objekta sa svim navedenim karakteristikama je kompletno rješenje koje će zasigurno imati višestruko pozitivan uticaj a koje će istovremeno, u konačnom bilansu, biti izuzetno isplativo.

LITERATURA:

- [1] <https://empoweredolutions.com/what-is-zero-net-energy/>
- [2] Shanti Pless and Paul Torcellini, „Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options“, Jun 2010.
- [3] P. Torcellini, S. Pless, and M. Deru, Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, June 2006.
- [4] Dejan Milošević, Željko Đurišić, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, „Analiza primarne regulacije frekvencije u mikromrežama sa obnovljivim izvorima i baterijama za skladištenje energije“, Mart 2016.
- [5] Fabrizio Ascione*a , Nicola Biancoa , Filippo de Rossib , Rosa Francesca De Masib , Giuseppe Peter Vanolib, „Concept, Design and Energy Performance of a Net Zero-Energy Building in Mediterranean Climate“, 2016.
- [6] Jelena Stojković, Darko Šošić, „Pomeranje potrošnje po vremenskoj osi u domaćinstvu - analiza uticaja na kupce i sistem“, Mart 2015.

О НОВОМ ПРАВИЛНИКУ ЗА ДАЛЕКОВОДЕ

Никола Вучинић, сарадник “Нетинвест”- а д.о.о, Београд

КРАТАК САДРЖАЈ

Рад саджи кратак преглед из историје Правилника, а затим су дате основе из садржаја важећег Правилника, Сл. листа СФРЈ бр. 65/1988 и Сл. листа СРЈ бр.18//92 [2]. Даље је дат осврт на ковенционални и детерминистички прилаз изради техничких прописа. Дат је увод у статистичку природу параметара с којима се пројектују далеководи, пре свега оптерећења и отпорности виталних компоненти вода. Из ових разматрања произилази пробабилистички или полу-пробабилистички прилаз изради техничких прописа (Правилника) за далеководе. Алгоритме за статистичка решења произвеле су радне групе CIGRE (SC B2) и технички одбори IEC (TC 11). Многи параметри су већ статистички обрађени, а неки још нису, па многи аутори овај метод још називају полу-пробабилистички. На основу радова ових група организација ЕУ за стандарде у електотехници, CENELEC, је дала концепт и произвела стандарде ЕН 50341-1,2,3 из 2001. и уређено издање; ЕН 50341-1,2 из 2012. године. Други део ових стандарда садржи посебности националних норми (ННА) и објављује се као анекс стандардима ЕН 50341-1. CENELEC је објавио препоруке, БТ148/ДГ9493/ДВ, за израду тих посебних националних норми (ННА). Заједно; ЕУ стандард ЕН 50341-1 и ННА чинили би хармонизовани национални стандард. Ова упутства је припремила Техничка комисија организације за стандарде при ЕУ, CENELEC/TC11, под насловом “Guidelines for NNA”. На крају, уместо закључака дата је препорука да се приступи усвајању поменутих стандарда ЕУ.

Кључне речи: Прописи, правилник, стандарди, далековод, надземни вод, детерминистички, пробабилистички, статистика, функције вероватноће, функције расподеле, закони вероватноће.

КРАТАК ПРЕГЛЕД ИЗ ИСТОРИЈЕ ПРАВИЛНИКА

Кажу да су све цивилизације у својим односима градиле и своје норме. Стварање држава подразумевало је и стварање норми и то оних општих, међуљудских и оних које су наметнуте владавином ауторитета. На Земљи је много заједничких вредности које се могу дефинисати и нормирати неким заједничким нормама. Тако су настале националне и међународне норме које су

неком природном и друштвеном контролом еволуирале у прописе и стандарде. При томе прописи имају значај “законских одредби” и регула, док у општем, стандарди дефинишу мере и квалитет у процесима репродукције. У техничком смислу постоје технички прописи који дефинишу законске одредбе за пројектовање, изградњу и експлоатацију индустријских постројења и привредних објеката, док технички стандарди у општем смислу дефинишу мере и квалитет индустријских и других производа.

После Другог светског рата први “Технички прописи за градњу надземних електроенергетских водова” објављени су 1967. године у Сл. листу бр. 24/1967, [1]. У то доба прописе и стандарде је припремао Савезни завод за стандарде, а доносила их је Савезна народна скупштина. Са потписом Председника скупштине били би објављени у Службеном листу ФНРЈ и тек тада ступали на снагу. Овакави поступци без широке и дуже расправе стручне јавности, резултирали су наметнутим решењима и тиме постајали детерминистички где није било много времена ни простора за иновативне и развојне елементе прописа. Први прописи за далеководе из 1967. године важили су за водове до 110 kV и 220 kV да би се већ 1969. објавио у Сл. листу број 19/69. додатак под насловом “Прописи о техничким мерама за изградњу надземних електроенергетских водова напона 380 kV”.

Доношење прописа преко Савезне народне скупштине постало је “уско грло” у процесу динамичне изградње тако су већ 1970--тих година та овлашћења пренета на директора Савезног завода за стандардизацију, а многи технички прописи добили су “блажи назив” - “правилници”. Наследник техничких прописа за далеководе из 1967. и 1969. са мањим исправкама и допунама био објављен у Сл. листу СФРЈ бр. 51, 1973. као “Правилник о техничким нормативима за изградњу надземних електроенергетских водова”, [2]. Са мањим допунама поново је објављен у Сл. листу бр. 11, 1980. да би “коначни” облик био објављен у Сл. листу бр. 65, 1988. године и то после изградње основне мреже 400 kV познате као “400 kV мрежа Никола Тесла”.

По распаду СФРЈ створена је нова држава: Савезна република Југославија (СРЈ) која уз мање измене и допуне Правилника из 1988 године објављује верзију Правилника у Сл. листу СРЈ бр. 18/92 од 10. јула 1992. године, [2]. Данас је време да свака држава настала распадом Југославије има своје техничке прописе и стандарде или да свака држава прихвати прописе ЕУ како су то урадиле земље чланице ЕУ.

ОСНОВЕ ИЗ ВАЖЕЋЕГ ПРАВИЛНИКА СЛ. ЛИСТ СФРЈ БР. 65/88 И СЛ. ЛИСТ СРЈ БР. 18/92

Садржај оба броја је исти. Први део Правилника, [2] односи се на електро-механичке захтеве за градњу далековода као целине и обухвата поглавља: I - Опште одредбе и поглавље II - Услови прорачуна. Други део Правилника односи на поједине компоненте вода прописујући оптерећења и дозвољене носивости, односно, напрезања и отпорности материјала појединих компоненти вода. Ту припадају поглавља III - Проводници и заштитна ужад све до поглавља XIII - које прописује захтеве и норме за пројектовање и грађење темеља стубова. Посебан део је поглавље VIII - Прелази и приближавања другим објектима. У првом делу, после дефиниције израза и појмова, прописани су основни метеоролошки услови за прорачун оптерећења и димензионирање компоненти вода. Прописане температуре су: а) минимална - 200С, б) максимална +400С и с) Температура - 50С на којој се јавља лед, влажан снег и иње као додатно оптерећење. Ово оптерећење је пропорционално другом корену из пречника проводника у облику:

$$g = k (0,18\sqrt{d}) \text{ (daN/m)} \quad (1)$$

где је: $k = 1,0, 1,6, 2,5$ и $4,0$ - коефицијенти којим се прописује виша вредност додатног оптерећења, при чему k не може бити мање од $k = 1,0$.

d - пречник ужета у (mm).

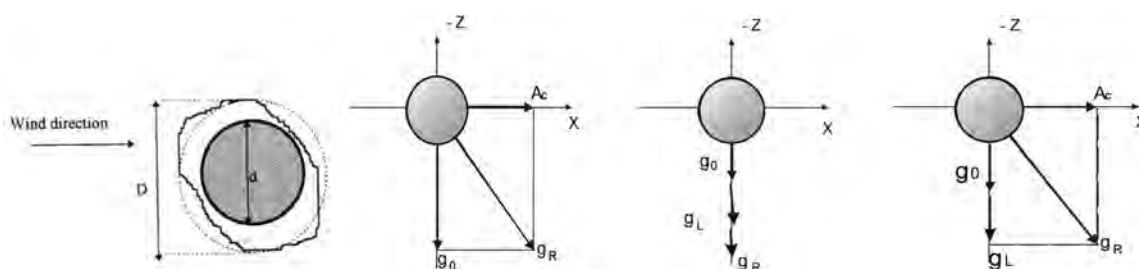
Оптерећење од ветра је такође додатно оптерећење које делује хоризонтално и окомито на правац трасе вода. Јединични притисак p - добије се по Бернулијевој једначини у облику:

$$p = \frac{1}{2} \rho v_R^2 \rightarrow p = \frac{v_R^2}{16} \text{ (daN/m}^2\text{)} \quad (2)$$

где је: $\rho = 1,225 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ - специфична густоћа ваздуха на 15°C (код нижих температура може се заокружити специфична густоћа на $1,25 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ што даје практични израз (2)).

v_R^2 - квадрат референтне брзине ветра (m/s)

Прописане температуре некад не одговарају правом стању на терену, а морају се користити за рачун разних напрезања компоненти вода. Овисност оптерећења од пречника проводника d (mm) узета је из немачких прописа (VDE 210) али то је емпиријска формула и често не одговара стању на терену. Многе земље не користе ову формулу и више се ослањају на мерења. Наиме, свака земља има средњорочне и дугорочне планове развоја преносне мреже и унапред резервисане коридоре будућих водова. На тим коридорима би се изградиле мерни распони са ужадима различитих пресека и једном годишње, “некако с пролећа”, на терену би се очитале максималне годишње вредности наслаге леда и снега изражене у (daN/m). То се понавља више година, боље што више, и онда се примењује рачун вероватноће за прорачун пројектног оптерећења у повратном периоду T година. Третман сложених оптерећења ветра и леда као додатних оптерећења проводника и заштитне ужади дат је на Сл.1.



Сл. 1, Оптерећење ужади од леда и ветра

Други део Правилника односи се на избор и димензионисање главних компоненти вода као што су: проводници, заштитна ужад, изолатори, стубови, темељи, уземљења стубова и др. Ту је јединствен захтев за све компоненте; да радно оптерећење помножено фактором сигурности буде мање или једнако стандардизованој или од произвођача декларисаној прекидној сили:

$$Q \cdot f_Q = \frac{R_P}{f_R} \rightarrow Q \cdot f_Q \cdot f_R = Q \cdot f_S = R_P \quad (3)$$

Где је: R_P - декларисана или из релевантних стандарда узета прекидна сила дате компоненте

Q - је оптерећење компоненте вода,

f_Q - фактор сигурности који се односи на оптерећења,

f_R - фактор сигурности који се односи на чврстоћу компоненти вода,

f_S - је производ; $f_Q \cdot f_R$ - јединствен фактор сигурности прописан Правилником.

Како оптерећења не наступају истовремено то се фактори сигурности f_S примењују у време када делују одговарајући случајеви оптерећења.

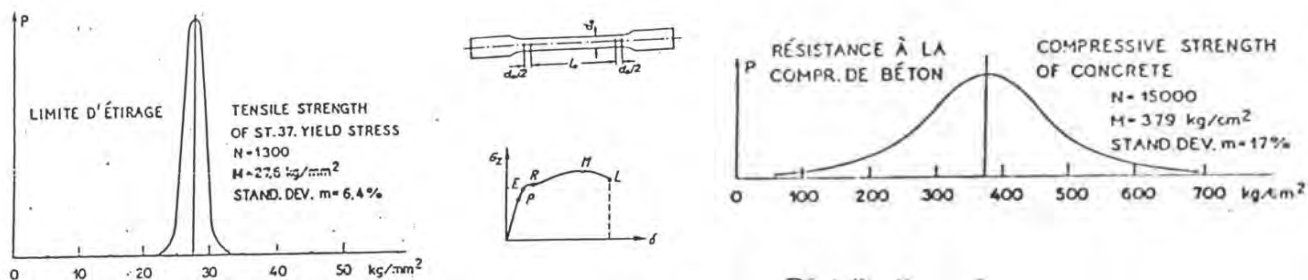
ДЕТЕРМИНИСТИЧКИ ПРИЛАЗ ИЗРАДИ ТЕХНИЧКИХ ПРОПИСА (ПРВИЛНИКА)

Чињеница да су технички пропси доношени у Народној скупштини и уз потпис високих државних органа говори о стриктној примени и ту нема много ни времена ни простора за истраживање нових метода и решења. Многи су спремни да кажу да технички прописи и стандарди ограничавају пројектанте у истраживању иновативних решења у пројектовању нових објеката. Често је увођење нових решења, мимо Правилника, ризик да се потроше средства, а да пројекат буде одбијен, “јер не поштује прописе”. Код изолације водова прописани су меродавни пренапони (склопни, напон индустријске фреквенције и атмосферски) који изазивају напрезања изолације, а прописане су и диелектричне способности чврсте или обновљиве изолације с подносивим напонима које мора да издржи изолација вода. Све је ово и сувише детерминистички и не дозвољава анализе ризика рушења изолације или целог вода када напрезања прекораче граничну вредност механичке или диелектричне чврстоће. С друге стране, јасно је да без техничких прописа и стандарда нема развоја индустрије, нема изградње нових нити одржавања постојећих постројења. Сваки облик компромиса између ова два крајња става вредан је пажње.

СТАТИСТИЧКА ПРИРОДА ПРОЈЕКТНИХ ПАРАМЕТАРА ДАЛЕКОВОДА

Кратак преглед електричних и механичких параметара далековода говори да су сви они променљиви. Варирају по интензитету, смеру и фреквенцији појаве, каже се по природи имају статистички карактер. Поменимо електричне параметре; преносне снаге, напоне, пренапоне, струје и др, те метеоролошке и атмосферске параметре: ветар, лед, снег, температуре и атмосферска пражњења. Сви су статистичке природе. Према IEC 60071-1, 2, за електрично димензионирање изолације меродавни су склопни и атмосферски пренапони и напони индустријске фреквенције. Склопни пренапони настају код укључивања, искључивања, АПУ, квара и сличних манипулација у мрежи због чега долази до нагле промене електромагнетног стања вода и индуковања високих пренапона у воду. Облик и висина склопног пренапона су стандардизовани са стрмином чела; $250/2500 \mu\text{s}$ и вршном вредношћу пренапона изражена у kV и фактором k који говори колико пута је неки пренапон UP виши од максималног погонског напона према земљи U_{fm} : $k = UP / U_{fm}$. Међутим, све околности које доводе до склопних пренапона имају карактер случајног догађаја па висина и облик ових пренапона такође има стохастичану природу и подлежу законима вероватноће. Према бројним истраживањима (код нас Златоје Здравковић и Петар Вукеља из Института Н. Тесла - Београд и екипа из Енергоинвеста-Сарајево), варирање фактора k најближе је Вајбуловом (Weibull) закону вероватноће или закону нормалне расподеле. Расподела атмосферских пренапона прати расподелу струја грома (јер су струја грома и пратећи пренапон, $I_{gr} \cdot ZT$, приближно у фази) чија расподела је онајближа лог-нормалној функцији вероватноће.

Основна механичка оптерећења настају од ветра, леда и ефеката температуре у атмосфери. Сви они имају статистички карактер и подлежу законима вероватноће. Посебна оптерећења од природних појава као што су земљотрес, клизишта, поплаве и слично су обично предмет посебних студија. Како су оптерећења статистичке природе тако је и чврстоћа, односно, отпорност материјала компоненти стохастична. За илустрацију поменимо следећи пример. Када у фабрику челичних стубова стигне лот челика, узима се одређени број узорака, “епрувета”, Сл. 2, а), [1] и подвргавају се испитивању на затезање до кидања. Испитује се по правилу одређени број узорака за сваки лот.



Сл. 2. а) дисперзија резултата прекида челичних епрувета,
 б) дисперзија бетона на компресионо оптерећење

При испитивању нпр. чврстоће на затезање испитна сила се постепено диже до прекида епрувете. То значи да је прекид сигуран догађај, али нумеричка вредност прекидне силе за сваки узорак се разликује и та вредност је случајан догађај. Све појединачне прекидне силе се нумерички групишу око средње вредности и представљају расипање прекидне силе, Сл. 2, а), [1]. На Сл. 2б), [3] дат је идентичан пример настао испитивањем прекидних сила бетонских коцки на притисак. Ту има још много примера али је сигурно да су и оптерећења и отпорности (чврстоћа) компоненти статистичке природе и могу се подврћи законима вероватноће. Статистички третман оптерећења и отпорности дао је нови приступ и нови метод пројектовању далековода. Овај метод је у стручној јавности познат као пробабилистички метод, метод вероватноће или по [4], [5], и [7] метод поузданости за разлику од метода претходних конзервативних и детерминистичких метода. Пробабилистички метод користи статистичку математику, те оптерећења и отпорности компоненти вода рачуна по већ познатим законима вероватноће и то: за расподелу оптерећења и напрезања најчешће се користи функција вероватноће $f_Q = \varphi(x)$ по Гамбелу (Gumbel) или по Вајбулу (Weibull), а за расподелу отпорности (чврстоће) најчешће се користи кумулативна функција нормалне расподеле $\Phi(x) = F_R$, Сл. 3, [8]. У процесу рачуна вроватноће треба за сваки статистички скуп оптерећења и отпорности претходно израчунати следеће вредности [6] и [8]:

$$\text{Средњу вредност: } \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (4)$$

$$\text{Стандардну девијацију: } \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n}}, \quad (5)$$

$$\text{и коефицијент варијације: } v = \frac{\sigma}{\mu}. \quad (6)$$

За одређивање карактеристичне чврстоће у већини случајева примењује се стандардна нормална расподела у следећим облицима:

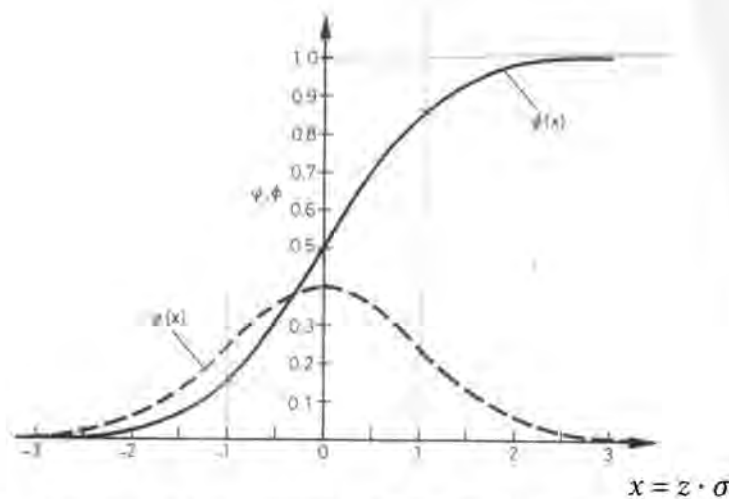
$$\text{Функција вероватноће (Probability density function): } f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, \quad (7)$$

$$\text{Функција нормалне расподеле (distribution function): } F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\delta-\mu}{\sigma}\right)^2} d\delta, \quad (8)$$

$$\text{Функција вероватноће у јединичном или стандардном облику: } f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(z)^2}$$

$$\text{где је стандардна вредност: } z = \frac{x-\mu}{\sigma} \quad (9)$$

Код нормалне расподеле средња вредност μ се стави у координатни почетак $\mu = 0$, тада сва одступања од средње вредности могу се изразити нумерички као $x = z \cdot \sigma$, где је $z = 1, 2, 3$. и апсциса је обележена са: $z \cdot \sigma$, где је $z = 1, 2, 3$.



Сл.3. $\varphi(x)$ - Функција вероватноће нормалне расподеле $f_Q(x)$ за коју важи: $\varphi(-x) = \varphi(x)$ и $\Phi(x)$ - кумулативна функција нормалне расподеле $F_R(x)$ за коју важи: $\Phi(-x) = 1 - \Phi(x)$

Примену Гамбелове (Gumbel) расподеле у одређивању параметара оптерећења ветра и леда врло детаљно је обрађено у ИЕС 60826. Увек се полази од анализе климатских услова дуж будуће трасе далековода. За ту анализу неопходно је имати извештаје метеоролошких станица (лоцираних што ближе траси) о годишњим максималним брзинама ветра, те највишим годишњим наслагама леда и влажног снега. Ти извештаји дају нпр. највеће годишње брзине ветра које су регистроване у тим метео станицама за задњих 10 до 20 година. Пошто је само једна брзина највећа током године то би се за обраду располагало са 10 до 20 података, (слично за лед и снег). Нека је дат извештај за задњих 15 година и у том периоду је регистрована нпр. највећа годишња брзина ветра 35(m/s). Ако пројектујемо вод са nižом брзином ветра може се очекивати рушење вода већ наредне године. Ако вод пројектујемо са брзином ветра 35 (m/s) (дакле, највећом брзином ветра који се појавио за посљедњих 15 година) може се очекивати рушење вода са вероватноћом: $p = \frac{1}{15}$.

Ако пројектујемо вод са највишом годишњом брзином ветра коју очекујемо у времену "животне доби" вода, нпр. за 50 година, онда се може очекивати да ће пројектни ветар бити прекорачен (премашен) и вод срушен са вероватноћом: $p = \frac{1}{50} = 0,02$.

Уопште, ако се пројектује вод за максималну брзину ветара која се очекује у периоду T година, онда се узима брзина ветра са највећом вероватноћом појаве у периоду T и то је супротна вероватноћа или вероватноћа да ће брзина пројектног ветра бити премашена и стим вод срушен износи:

$$p = \frac{1}{T} = 0,02 \text{ или } 2\% ,$$

где је: $T = 50$ година. Иначе, T је повратни период изражен у годинама; или стандардни период између понављања максималних годишњих (пројектних) брзина ветра. Такође, T је повратни период пројектног оптерећења и према ИЕС 60826 [9] и [11], претставља меру за поузданост вода, а његова реципрочна вредност; $p = \frac{1}{T}$, изражава поузданост вода или вероватноћу да ће

пројектно оптерећење премашити отпорност (чврстоћу) материјала компоненти вода. С друге стране кумулативне функције расподеле увек дају вероватноћу да ће било која случајна вредност бити мања од вредности x . Нека је $x = v_M$ (m/s) пројектна брзина ветра дата кумулативном функцијом расподеле по Гамбелу (Gumbel) у облику, [9],[11]:

$$\text{- за максимум (ветар и лед...): } F(x) = e^{-e^{-z}} \quad (10)$$

$$\text{- за минимум (мин. температуре...): } F(x) = e^{-e^z} \quad (11)$$

Ако $F(x)$ даје вероватноћу да ће брзина ветра бити мања од вредности; $x = v_M$ (m/s), онда супротна или комплементарна вероватноћа $P(x)$ говори да ће вредност $x = v_M$ (m/s) бити премашена отуда може се записати: $P(x) = p = \frac{1}{T}$. С друге стране, познато је да је збир директне $F(x)$ и супротне вероватноће $P(x)$ једнак један, те се супротна може изразити с Гамбеловом функцијом у облику:

$$P(x) = 1 - F(x) = \frac{1}{T}$$

И за $T = 50$ година вероватноћа да ће пројектна брзина ветра бити премашена износи:

$$P(x) = 1 - F(x) = 1 - e^{-e^{-z}} = 0,02 \rightarrow 1 - 0,02 = e^{-e^{-z}} \quad (12)$$

Узастопним логаритмирањем ($\ln e = 1,0$) изрза (12) добија се вредност константе z у износу:

$$z = 3,9$$

Израз за стандардну промењиву: z је дат у стандардима ИЕС 60826 у облику:

$$z = \frac{C_1}{\sigma} (x - \mu + \frac{C_2}{C_1} \sigma) = 3,9 \quad (13)$$

где су: - C_1 и C_2 константе овисне од броја n , година мерења (опсервације) ветра у некој метео станици. Обично се узима за $n \rightarrow \infty$: $C_1 = 1,2826$ и $C_2 = 0,5772$ (ИЕС 60826, Табела С.1).

Сада израз (13) добије облик :

$$z = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} (x - \mu + 0,45 \sigma) = 3,9 \quad (14)$$

где су: - μ средња вредност и σ стандардна девијација брзине ветра за скуп података добијених од метеоролошке службе за посматраних 15 година. Са познатим вредностима μ и σ може се по изразу (14) израчунати вредност јаког ветра: $x = v_M$ (m/s),

$$x = v_M = 2,59 \sigma + \mu \quad (15)$$

и јединчни притисак ветра:(2) износи: $p = \frac{v_M^2}{16}$ (daN/m²)

У овом примеру одабран је ниво поузданости I који одговара повратном периоду $T = 50$ година и поузданости $P(x) = 1/T = 0,02$. Овде се може напоменути да је ИЕС 60826 је прописао три нивоа поузданости који одговарају повратним периодима: $T_I = 50$ година, $T_{II} = 150$ година $T_{III} = 500$ година како је то дато у Табели 3.1 - копија из [12].

Идентичан приступ би био за друге повратне периоде и за прорачун референтне вредности леда и додатног оптерећења од леда и влажног снега, g (daN/m). За минималне температуре применио би се II -израз, (11), за Гамбелову расподелу види [9] и [5] и [11] .

СТАНДАРД IEC 60826, ИЗ 1991. И 2017. ЗА ДАЛЕКОВОДЕ ЗАСНОВАН НА ПРОБАБИЛИСТИЧКОМ МЕТОДУ

Још 1960-их година CIGRE, SC22 (данас Студијски комитет Б2) и IEC, TC11, бавили су се недостацима конвенционалног, детерминистичког концепта техничких прописа и предностима пробабилистичког метода или метода базираних на принципима статистичких закона вероватноће и поузданости. Пионири у том послу били су уважени експерти CIGRE, SC22 и IEC, TC11 посебно: Џорџ Оравски (George Orawski) из Енглеске, (у то време председник Студијског комитета 22 CIGRE), затим Џојан (Cojan) и Луиђи Париз (L. Paris) из Италије, Елиас Ганум (Elias Ghannoum) из Канаде (у то време председник IEC TC11) и многи стручњаци међународне стручне јавности (аутор овог текста као члан CIGRE, SC22/WG09 је сарађивао са поменутиим експертима). Студијски комитет CIGRE SC22 и Технички комитет IEC TC11 са више радних група годинама су радили на овом задатку да би 1991. објавили Технички извештај под насловом; IEC826 “Loading and Strength of Overhead Lines” Second edition 1991-04 [9]. После тог издања било је више допуњених и измењених издања да би 2017. био коначно уређен, сведен на форму стандарда и објављен као међународни стандард IEC 60826, под насловом “Overhead transmission Lines - Design criteria” [11]. Битне анализе и делови који су изостављени из стандардне форме од 2017, остали су важећи и служе као добра литература. Посебно су објављена додатна тумачења у Техничкој брошури (ТБ) CIGRE/WG22.06, бр.109, [10] из 1996. године. Ова брошура дала је пример примене стандарда и низ поједностављења. У ТБ CIGRE/WG22.06 бр.178, [5] из 2001. дати су описи и врло корисна појашњења концепта стандарда IEC 60826. Ове брошуре као и бројни стручни реферати CIGRE су у великој мери приближили пробабилистички метод међународној стручној јавности, а многе земље у Европи па и у свету су већ тада припремале националне прописе и стандарде за далеководне по узору на IEC 60826. У предговору стандарда IEC 60826 из 2017. напоменуто је да се овај стандард објављује с два мотива; а) да дефинише критеријуме за пројектовање далековода на основу концепта поузданости применом рачуна вероватноће и б) да обезбеди оквир за израду националних техничких прописа и стандарда за надземне водове користећи концепт поузданости и употребом рачуна вероватноће.

Електрични параметри далековода се углавном изучавају у фази израде студије о оправданости изградње далековода, док пројектанти извођачког пројекта далековода полазе од изучавања механичких оптерећења и електричних напрезања, Q_p , с једне стране, и чврстоће, односно отпорности, R_c , компоненти вода с друге стране, Сл. 4. Када се прорачуну пројектних параметрима приступи као статистичким величинама могуће је наћи непрекидну математичку функцију вероватноће која понајближе репрезентује скуп познатих емпиријских података оптерећења и чврстоће. Користећи законе вероватноће пројектант треба да одреди оптерећења са високом вредношћу вероватноће (крива f_Q) и пројектује компоненту вода чија је отпорност са ниском вредношћу вероватноће (крива F_R), (Сл.6). То је основа за израду овог стандарда. Код овако одређених оптерећења и чврстоће нема потребе да се користе фактори сигурности који су по детерминистичком принципу покривали све ризике па и оне непредвидиве који долазе од незнања, неистражености, неконсистентности и слично.

	Проектни параметри се деле на:	
Оптерећења вода Q_T Функција вероватноће, f_Q Gumbel расподела, Weibull расподела, Нормална расподела, Log-normal расподела	$Q_T < R_C$	Отпорност материјала R_C Функција расподеле, F_Q <i>најчешће</i> Нормална расподела Weibull расподела,

Сл.4.Однос оптерећења и отпрности материјала

Када су познати статистички подаци о ветру, снегу и леду, и кад чине скуп сродних података могу се употребити за рачун граничних оптерећења Q_T или највећих оптерећења у повратном периоду T . Ова оптерећења по IEC 60826/2017 су разврстана на: а) “Жива оптерећења” (live loads), која потичу од климатских услова, б) Оптерећења сопствене тежине (dead loads), сматрају се природним оптерећењем, ту је фактор оптерећења једнак 1,0 и ц) Специјална оптерећења, која потичу од безбедности вода (каскадно рушење стубова) и сигурности по живот људи (монтажа, одржавања и кварови). Сва ова оптерећења су у IEC 60826/2017 лепо обрађена али практични поступци прорачуна сила морају се свести на праксу сваке земље сходно искуству и традицији.

Систем (вод)	Гранична чврстоћа	Гранична чврстоћа	Гранична чврстоћа
	Intact state	Damage limit state	Ffailure limit state
Компоненте вода	(нормално стање) Нормалан погон	оштећено стање - још могућ погон	квар - вод ван погона

Гранична чврстоћа оштећења (elastic limit)
Гранична чврстоћа квара (break, collapse)

Сл..5. Границе чврстоће оштећења и квара

Чврстоћа (отпорност) компоненти вода, као што је већ речено, је промењива, (Сл.2), и подлеже законима вероватноће. На пример, када се компонента оптерећује затезањем тако да се испитна сила сукцесивно повећава, онда ће код неког оптерећења доћи до деформације и прекида. Деформације могу бити трајне када означавају гранично стање “оштећења” (damage load) и деформације са прекидом које се назива квар (failure), или граница еластичности (ultimate limit state), [9], Сл. 5. када је вод ван погона. Када се гранична оптерећења Q_T помноже фактором искоришћења γ , добију се пројектна оптерећења које морају бити мања од карактеристичне чврстоће R_C помножене глобалним фактором чврстоће Φ_R , [9], [13] и тиме се долази до основног правила (16) код овог стандарда које гласи:

$$\gamma \cdot Q_T < \Phi_R \cdot R_C \quad (16)$$

Фактори γ и Φ_R нису фактори сигурности него: γ је фактор искоришћења и добије се као однос стварног и пројектног оптерећења (или нпр, однос стварног и пројектног средњег распона), а Φ_R је глобални фактор чврстоће који се примењује у посебним случајевима [13]. Ови фактори су лепо обрађени у стандарду и по узору из стандарда могу се користити у националним прописима. Фактор γ се не примењује код нових водова. Ако код неке компоненте догоди да оптерећење премаши граничну чврстоћу “оштећења”, онда је вод у стању оштећења (damage state) али можда је још увек у погону, а ако оптерећење премаши граничну чврстоћу “квара”, вод је у стању квара и ван погона је. Стандард IEC 60826/2017 познаје карактеристичну чврстоћу R_C као параметар који означава реакцију на деловање оптерећења и даје нумеричку вредност отпорности (чврстоће) компоненте вода. Вредност карактеристичне чврстоће R_C је дата релевантним и признатим стандардима као гарантована вредност чврстоће илли се испитује на одабраним узорцима. Карактеристична отпорност R_C често је дата као минимална прекидна сила, или једноставно минимална чврстоћа и одговара комплементарном нивоу вероватноће (exclusion limit) тј. вероватноћи да оптерећење неће премашити чврстоћу. Ова вероватноћа се креће од 2% до 5%, а у пракси се често узима горњи ниво од 10%. Чврстоћа R_C може се одредити на два начина: а) без теста - то је гарантована вредност чврстоће дата са одређеном вероватноћом националним стандардима или признатим индустријским стандардима. Овај начин се углавном односи на компоненте које имају масовну производњу и б) са тестом - када се прво одабере одређени број узорака (према IEC60826/2017 више од 3 ??) који се подвргавају стандардном поступку испитивања. Затим се рачунају: средња вредност μ , стандардна девијација; δ и коефицијент варијације; $v_R = \delta/\mu$. Стандардни параметар (9) нормалне расподеле добије облик:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma_R} \rightarrow x = \mu + z\sigma_R \rightarrow x = \mu(1 + zv_R) \quad (17)$$

где је: μ - средња вредност резултата добијених тестом

σ_R - стандардна девијација

v_R - коефицијент варијације

z - стандардна промењива по нормалној расподели

Табела 1. Стандардна варијабла z и A % нормалне расподеле

z	$A\%$	z	$A\%$	z	$A\%$
-3,0	0,1	-1,0	15,9	1,1	86,4
-2,9	0,2	-0,9	18,4	1,2	88,5
-2,8	0,3	-0,8	21,2	1,3	90,3
-2,7	0,4	-0,7	24,2	1,4	91,9
-2,6	0,5	-0,6	27,4	1,5	93,3
-2,5	0,6	-0,5	30,8	1,6	94,5
-2,4	0,8	-0,4	34,5	1,7	95,5
-2,3	1,1	-0,3	38,2	1,8	96,4
-2,2	1,4	-0,2	42,1	1,9	97,1
-2,1	1,8	-0,1	46,0	2,0	97,7
-2,0	2,3	0	50,0	2,1	98,2
-1,9	2,9	0,1	54,0	2,2	98,6
-1,8	3,6	0,2	57,9	2,3	98,9
-1,7	4,5	0,3	61,8	2,4	99,2
-1,6	5,5	0,4	65,5	2,5	99,4
-1,5	6,7	0,5	69,2	2,6	99,5
-1,4	8,1	0,6	72,6	2,7	99,6
-1,3	9,7	0,7	75,8	2,8	99,7
-1,2	11,5	0,8	78,8	2,9	99,8
-1,1	13,6	0,9	81,6	3,0	99,9
-1,28	10%	1,0	84,1		

И ако се функција вероватноће $f(x)$ креће од $-\infty$ до $+\infty$, она има коначну површину која је једнака укупној вероватноћи 1,0 или 100%, јер је [6]:

$$A = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1,0 \quad \text{или} \quad A \% = 100\% \quad (18)$$

У овисности од параметара z , ($x = z \cdot \sigma$, апсциса код нормалне расподеле) вероватноћа се обично изражава површином A и даје се табеларно, (Табели 1) [12]. У Табели 1 је дата вредност површине A у процентима ($A\%$) што представља вероватноћу у функцији од z по норманој расподели. Након теста и са израчунатом средњом вредношћу чврстоће μ_R и стандардном девјацијом σ_R може се лако одредити коефицијентом варијације чврстоће; $v_R = \sigma_R/\mu_R$. За челичне стубове нпр. коефицијент варијације је доста стабилан вредност од; $v_R \approx 0,05$, те је у многим пословним аранжманима прихватљив. За ту вредност може се одредити карактеристична чврстоћа R_C која неће бити *премашена* са очекиваним оптерећењем Q_T са вероватноћом 10%. За ових $A\% = 10\%$ из Табеле 1, читава параметар: $z = -1,28$ и гарантована чврстоћа по изразу (17) постаје овисна једино од средње вредности која се добије из теста у облику:

$$R_C = \mu_R(1 + z \cdot v_R) = \mu_R(1 - 1,28 \cdot 0,05) = 0,936 \cdot \mu_R.$$

Када су познате статистичке функције оптерећења $f_Q(x)$ и чврстоће $F_R(x)$ могуће је израчунати вероватноћу коинциденције одређеног оптерећења Q_T и чврстоће R_C као статистичког очекивања који се добије производом две функције вероватноће. Интеграл двеју коинцидентних вероватноћа (19) даје поузданост P_S или вероватноћу да ће вод преживети ризик рушења што се може записати у облику [7]:

$$P_S = P[(R - Q) > 0] = \int_0^{\infty} f_Q(x) \cdot F_R(x) dx \quad (19)$$

Укратко, у питању су две функције и то функција вероватноће с леве $f_Q(x)$ и функција расподеле $F_R(x)$ с десне стране, Сл. 6, које помножене дају вероватноћу очекивања (expectation), а интеграл тог производа (шрафирано у средњој слици) даје вероватноћу коинциденције функција $f_Q(x)$ и $F_R(x)$ у жељеном међусобном положају. Овај положај може се одредити тако да оптерећење Q_T са вероватноћом појаве од $1/T$ буде једнака чврстоћи R са 10% комплементарне вероватноће (exclusion limit) или чврстоћи са 90% вероватноће. То се може једноставно записати у облику:

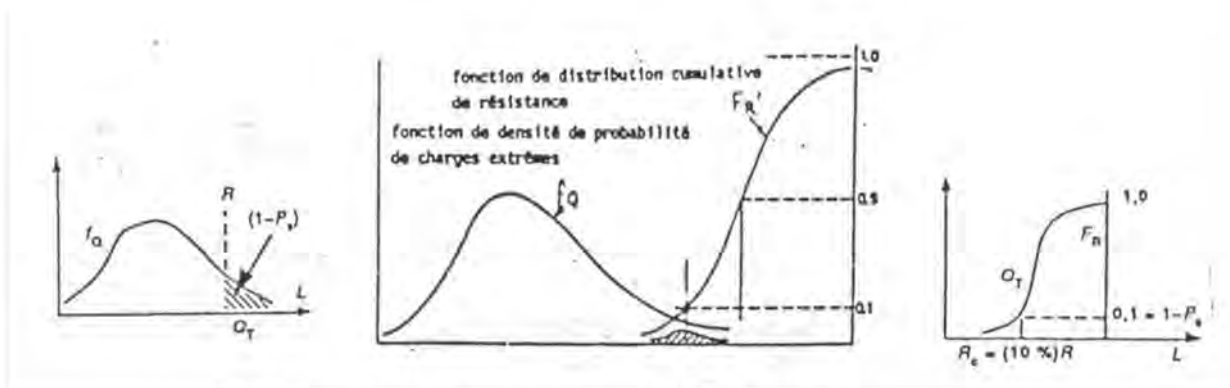
$$Q_T = (10\%) R \quad (20)$$

Поузданост PS за цели вод је вероватноћа да ће вод “преживети” (survival) ризик рушења, а вероватноћа квара P_f или рушења вода је комплементарна, те се допуњују тако да је њихов збир једнак 1:

$$P_s + P_f = 1$$

Поменута коинциденција мора се посматрати за сваку компоненту вода посебно. Наиме, овај стандард је базирао методологију на чињеници да је систем далековода састављен од компоненти и то: стубова, темеља, проводника и изолатора са овесним материјалом, (Табела 2), који су по теорији поузданости везани у серију. За серијску везу више чланова поузданости важи правило поузданости: да квар на једној компоненти води ка губитку поузданости, односно, вод губи своју функцију преноса електричне енергије у овом случају. Другим речима, поузданост система је функција поузданости компоненти (чланова) везаних у серију, те је поузданост система; P_{SS} , или вероватноћа да се систем неће срушити (да ће преживети ризик рушења), једнака је производу поузданости појединих компоненти:

$$P_{SS} = P_{S1} \cdot P_{S2} \cdot P_{S3} \dots \cdot P_{Sn} = \prod_1^n P_{Si}$$



Сл. 6, Вероватноћа коинциденције (шрафирана површина) оптерећења функција вероватноће f_Q и отпорности фуункција расподеле F_R

Табела 2. Компоненте далековода

систем	далековод			
компоненте система	стубови	темељи	проводници и заштита ужад	изолатори и овесни материјал

Ако је поузданост, P_{Si} вероватноћа да ће компоненте преживети прекорачење граничног оптерећења онда супротна или комплементарна вероватноћа да вод неће преживети је вероватноћа квара (рушење) P_f и једнака је:

$$P_f = 1 - P_{Si}$$

или годишња поузданост целог вода у облику: $P_s = 1 - P_f$ и текстом:

Годишња поузданост или (вероватноћа да ће вод "преживети") =
1 - годишња вероватноћа квара (рушења)

За однос оптерећења и чврстоће: $Q_T = (10\%)R$ или речима: (21)

Оптерећење Q_T са повратним периодом $T =$ Чврстоћи која ће са вероватноћом од 10 % бити премашена (или чврстоћа која ће бити са 90% вероватноће од Q)

са повратним периодом од $T = 50$ година и варирањем коефицијената варијације оптерећења v_Q и чврстоће v_R у довољно широком обиму (v_Q од 0,20 до 0,50 и v_R од 0 до 0,2 на апсциси) добије се резултат који говори да је поузданост вода у границама:

$$\text{од: } P_s = (1 - 1/T) \text{ до } P_s = (1 - 1/2T), \text{ Sl.7.} \quad (22)$$

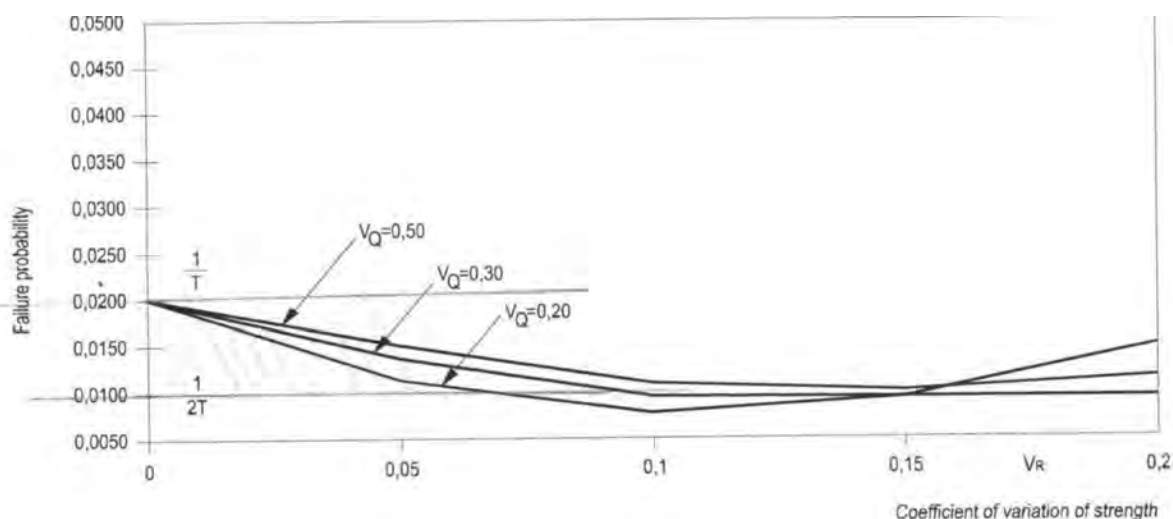
То значи да се вероватноћа квара (failure probability) креће између $P_f = 1/T$ и $P_f = 1/2T$, а поузданост као супротна вероватноћа; $P_{Si} = (1 - 1/T)$ и $P_{Si} = (1 - 1/2T)$. За стандардне повратне периоде T лако се могу израчунати ризици квара (failure probability) и поузданости.

Ту је повратни период веома важан параметар. На пример: за повратни период од $T = 50$ година, пројектно оптерећење, Q_T , (за нови вод "γ" се игнорише) је гранично оптерећење с којим се вод пројектује. Вероватноћа да ће то гранично оптерећење бити премашено је: $1/50 = 0,02$ или 2%. За $T = 150$ та поузданост је $1/150 = 0,0067$ или 0,67%, а вероватноћа да ће пројектно оптерећење бити премашено у "животној доби" вода од 50 година је:

$$P_{S50} = 1 - P_{Si}^{50} = 1 - (1 - 1/T)^{50} = 0,36 \text{ или } 36\%,$$

међутим, ако би вод пројектовали са граничним оптерећењем које одговара повратном периоду од $T = 150$ година, а вероватноћа да ће то оптерећење било премашено у "животној доби" од 50 година била би:

$$P_{S150} = 1 - P_{Si}^{50} = 1 - (1 - 1/T)^{50} = 1 - (1 - 1/150)^{50} = 0,28 \text{ или } 28 \%$$



Сл. 7. Вероватноћа квара у функцији коефицијента варијације чврстоће ($v_R = \sigma_R/\mu_R$)

Када је непоузданост (вероватноћа рушења) система мала, мања од $P_f = 1/2T = 10^{-2}$, онда је рушење или непоузданост читавог система једнака непоузданости или рушењу компоненте са најмањом том вредношћу. Овакав прилаз омогућује пројектанту да спозна чињеницу да је далековод састављен од серијски везаних компоненти и да координира чврстоћу компоненти унутар система (вода) са једним повратним периодом (T година) оптерећења важећим за све компоненте вода. На тај начин могуће је успостави конзистентност чврстоће (отпорности) вода као целине.

Предходним текстом дат је статистички прилаз пројектним параметрима и њихов третман у стандарду IEC 60826 за далеководне. Резултате изложене у овом стандарду користила је комисија ЕУ CENELEC за израду ЕУ стандарда EN 50 341-1,2. Опис и садржај ЕУ стандарда разматран је у наредном тексту.

ПРЕГЛЕД ЕВРОПСКИХ СТАНДАРДА CENELEC, EN 50341-1,2 ИЗ 2001. И 2012. ГОДИНЕ

CENELEC (Comite Europeen de Normmalisation Electrotechnique) је Европски комитет за стандарде у електротехници. Ову организацију основала је Европска комисија (ЕК) спајањем две предходне европске организације: CENELCOM и CENEL. Комитет CENELEC је регистрован по Белгјском закону 1973. године са седиштем у Брислу. Прво издање стандарда EN 50341-1, 2, 3 (Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV) за далеководне припремила је Техничка комисија (ТС) CENELEC/ТС 11, састављена од експерата из 20 земаља чланица ЕУ. Стандард је одобрен 1991. године као Европски стандард; EN 50341-1, 2, 3 и то у три дела:

Део 1. Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV (General requirements - Common Specifications)

“Општи захтеви - заједничка спецификација” (слободни превод: Општи и технички захтеви).

Део 2. Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV (Индекс National Normative Aspects-NNA)
“Ознаке националних аспекта, анекса - ННА”.

Део 3. Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV (Set of National Normative aspects-NNA)
“Додатак посебних националних норми -ННА) - сет је упакован у једну књигу!
Током 2012. године издата је нова верзија EN50341-1,2 у два дела и то:

Део 1. Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV
“Општи захтеви - заједничка спецификација” (Општи и технички захтеви) и

Део 2. Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV
“Сет националних нормативних аспеката” (ННА), штампаних у посебним брошурама.

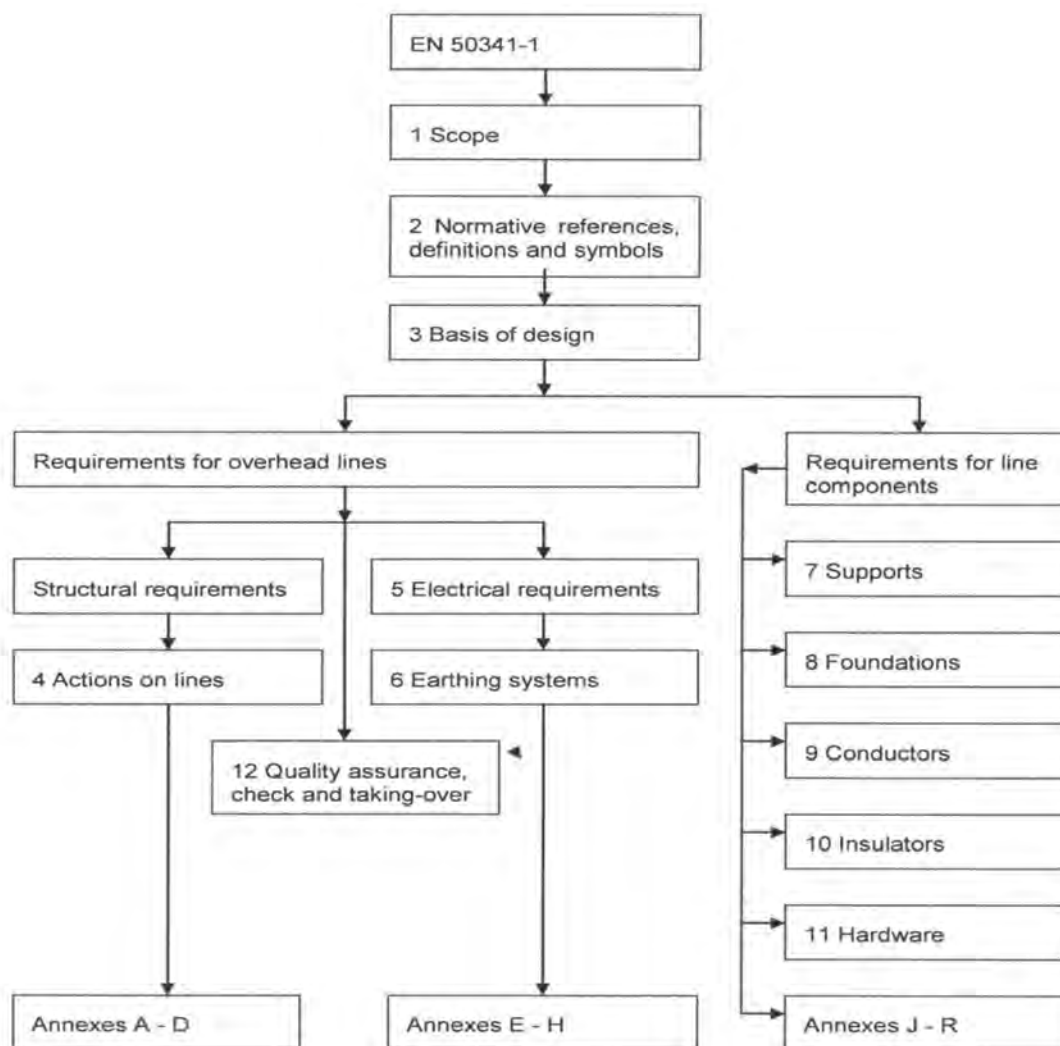
Верзија стандарда EN50341-1 из 2012. године је објединила прописе за надземне водове EN 50341 из 2001, и прописе за дистрибутивне водове; А 1,2009 и EN 50432-1, те је ускладила своје одредбе са одредбама из најновијег издања EUROCODES, што је посебно важно за челично-решеткасте стубове и темеље. Структура стандарда EN 50341-1/2012 дата је копијом блок-дијаграма, Сл. 8 према којој је стандард подељен на две гране (тачка 3-Basic Design из блок-дијаграма): техничке захтеве за цео вод и на техничке захтеве који се односе на поједине компоненте вода. На крају су дати анекси за додатно појашњавање одређених одредби стандарда. Анекси су подељени на нормативне (које су обавезни) и информативне. Тачком 12 дати су у складу са ISO 9001 важни захтеви за осигурање квалитета током пројектовања, производње опреме и изградње вода.

На Сл. 9 дата је копија блок-дијаграма из стандарда EN 50432-1 (на енглеском) у коме је на једноставан начин приказан садржај и ток пројектовања далековода. Полази се од успостављања основних захтева и то: за поузданост вода, за безбеност (антикаскадно рушење и слично) и за сигурност људи у време изградње и одржавања. Поузданост вода дата је у складу са стандардима IEC 60826, а Табелом 3.1 из стандарда EN 50341-1/2012 дати су нивои поузданости у овисности од стандардизованих повратних периода Т. Пратећи ток блок-дијаграма, пројектовање надземног вода одвија се у две колоне:

- а) колона прати прорачун оптерећења до крајњег, пројектног оптерећења E_d и
- б) колона прати прорачун чврстоће (отпорности) до крајње, пројектне чврстоће R_d .

За пројектне вредности E_d и R_d дат је основни услов: $E_d \leq R_d$. Парцијални фактори се примењују на колону а) и посебно на колону б). Код прорачуна оптерећења стандард нуди пројектанту избор; да ли да користи конзервативни начин тако да усвоји прописане вредности дате на бази историјског искуства са постојећих водова или да користи статистичке методе (поглавље 4). Овде би било битно напоменути да први савет води пројектовање назад у детерминистички оквир где се могу усвојити високе вредности параметара чиме се постиже поуздан вод, који се тешко може срушити али такав вод је скуп или обрнуто... Али ту нема референтног параметара (повратни период Т) који дефинише очекивани ниво поузданости. Очеvidно, остаје да се озбиљно приступи статистичким методама и теорији поузданости што у основи и предлажу IEC 60826. Методи прорачуна сила оптерећења компоненти вода дати су у стандарду EN50341-1 по моделу IEC 60826 врло прегледно али требаће доста вежбе и уигравања како би се стандард успешно применио у нашој пракси.

У поглављу 5 разматрани су електрични захтеви. Ови захтеви се односе на струјна оптерећења вода и напонска напрезања чврсте и обновљиве изолације (сигурносни размаци). Струјна оптерећења не производе механичка оптерећења битна за димензионирање компоненти далековода, па се у стандарду ефектима струја не посвећује посебна пажња. Напонска напрезања и подносиви напони су статистичког карактера па се координацији изолације посвећује велика пажња позивајући се на IEC 60071-1,2. Обновљива изолација и сигурносни размаци имају у односу на постојећи Правилник много измена и биће потребно више времена посветити обуци и развоју методологија за рад на пројектовању изолације далековода.

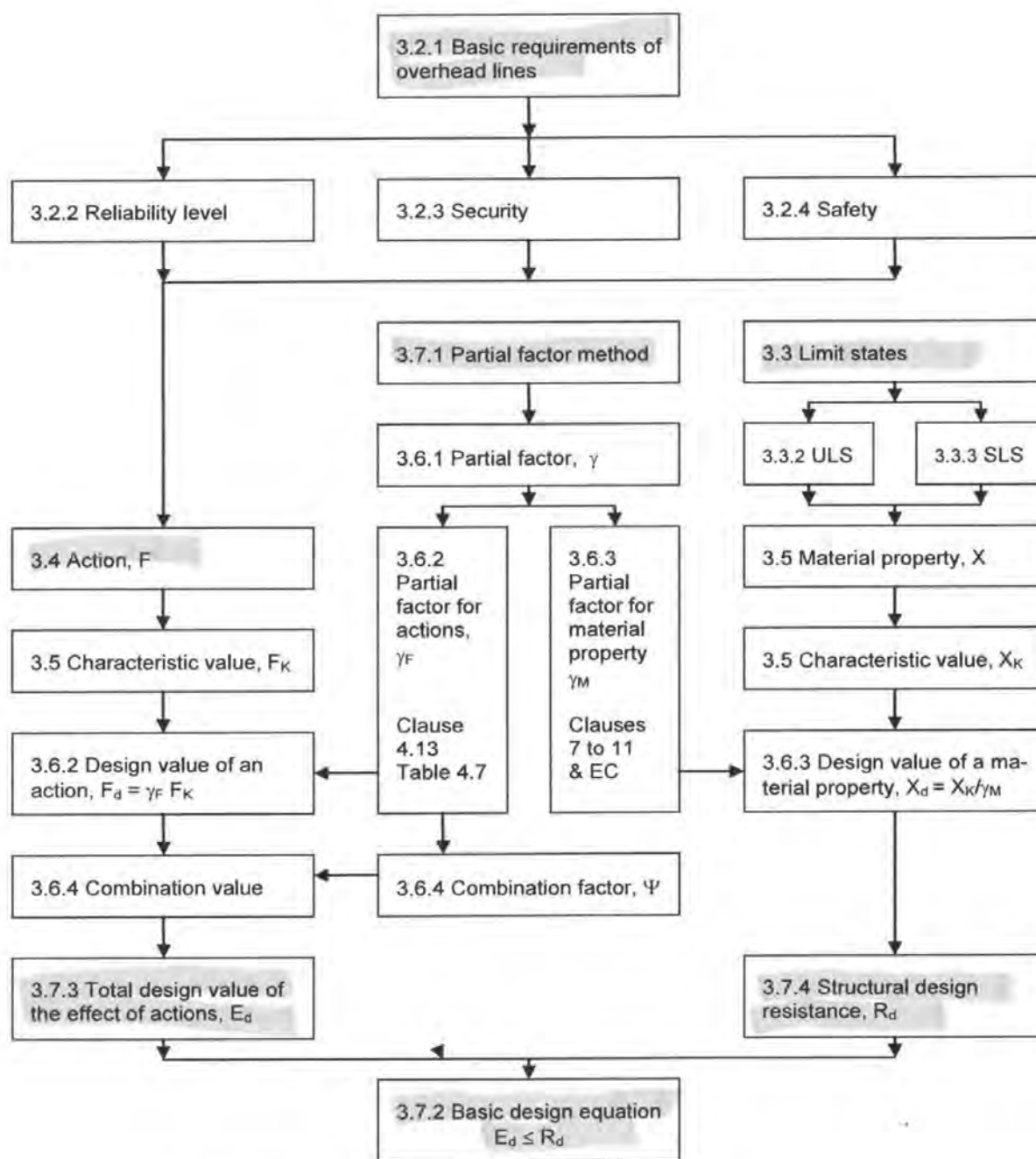


Сл. 8. Структра стандарда EN 50341-1/2012

Table 3.1 — Reliability levels

Reliability level	Theoretical return period T of climatic actions [Year]
1 (reference)	50
2	150
3	500

Стандард EN 50341-1 је у овом поглављу посветио с разлогом велику пажњу деловању короне коју генеришу водови највишег напона. Корона производи радио сметње (radio noise), интерференсе у телекомуникацијама, звучне ефекте (audible noise) код живих бића. Ту се разматрају и дозвољене вредности електричног и магнетног поља испод и у коридору вода посебно код водова највиших напона (> 230 kV). У оквиру ових разматрања врши се оцена њихових утицаја на здравље људи и шире дајући оцену “здравственог индекса” (Health index). Суштина за решавање оба феномена је да се већ у фази пројектовања вода изврши процена нивоа ових сметњи и утицаја и да се конструивним мерама ови ефекти доведу на прихватљив ниво.



Сл.9. Основне пројектовања далековода

У поглављу 6 дата је методологија пројектовања уземљења далеководних стубова са освртом на основне типове уземљивача и захтеве из геолошких извештаја о типу и специфичној водљивости гла на траси и посебно на стубном месту.

Поглављима 7 до 11 обрађују се механички и електрични захтеви за пројектовање појединачних компоненти вода са јединственим захтевом да је: $E_d \leq R_d$.

У задњем поглављу дати су захтеви за осигурање квалитета те неки битни аспекти код техничке инспекције и примо-предаје пројекта између извођача и инвеститора. А у прилогу стандарда дати су анекси: А (Координација чврстоће компоненти на воду) до анекса Р (Овесни и спојни материјал).

Други део стандарда: EN50341-2 “Надземни електрични водви наизменичне струје изнад 45 kV”, су (анекси) ННА. До сада су 22 земље, чланице ЕУ, урадиле ННА и објавиле као посенне брошуре са бројем EN50341-2-XX где је XX број који се односи на дотичну земљу. Тако Фински ННА има број: EN50341-2-07 где је (XX=07). Сваки ННА за именску земљу има нормативни значај, а за остале земље је информативног карактера. Земља чланице ЕУ као и друге земље које званично прихвате ЕУ стандард, EN50341-1, 2, морају урадити свој “Национални нормативни анекс (аспект)” ННА по упутству који називају BT148/DG9493/DV “Guidelines for NNA”. Ово упутство је издао CENELEC. Сваки национални комитет мора своју брошуру ННА пријавити Техничком одбору, БТ (Technical Board), CENELEC-а на одобрење и регистрацију.

ЦРНОГОРСКИ СТАНДАРД EN50341-1,2

Електроиндустрија и електропривреда Црне Горе треба да замени досада важећи “Правилник о техничким нормативима за изградњу надземних електроенергетских водова називног напона од 1 kV до 400 kV”, Sl.list SFRJ br. 65/1988, с Европским стандардом EN50341-1,2/2012. Овај стандард је објављен 21. децембра 2012. године и садржи два дела која су описана у предходном поглављу овог текста.

Стандард EN50341-1, Део 1- треба прихвати као општи који важи за све земље, чланице ЕУ и за земље које званично прихвате овај стандард међу којима би требала бити и Република Црна Гора...

Стандард EN50341-2, Део 2 - треба да израде национални комитети Црне Горе (НК/ТС11, НК CIGRE и други) по упутству које је припремио Технички одбор CENELEC/ТС11, под бројем BT148/DG9493/DV и са насловом “Guidelines for NNA”.

Зашто је потребна замена Правилника, Сл. лист 65/1988. Одговор на ово питање делимично је дат у предходном тексту али основни захтев би био да се елиминишу недостаци уочени у детерминистичком и конзервативном прилазу који је доминантан код постојећег Правилника. Нови стандард ЕУ омогућио би пројектовање са познатим нивоом поузданости вода, елиминисали би “опште” факторе сигурности, успели би провести координацију чврстоће компоненти вода чиме би се постигла уравнотеженост и конзистентност чврстоће целог вода и компоненти унутар система, имали би вредности граничних оптерећења дефинисаних с повратним периодима и тиме одредили ниво поузданости пројекта, нашли би карактеристичну чврстоћу RC компоненти вода која номинално одговара датом оптерећењу QT и без “општих” фактора сигурности одредили би вероватноћу коинциденције оптерећења и чврстоће као важаног односа у пројектовању далековода.

ЗАКЉУЧАК

Уместо закључка може се препоручити да Црна Гора замени важећи Правилник из 1988. године (Сл.лист СФРЈ, бр.65), с европским стандардом EN 50341 који се састоји из два дела и то:

1. EN 50341-1, “Надземни електрични водови наизменичне струје изнад 1 kV”
(Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV),
Део 1. или Главни део (Part 1 или Main Body):
“Општи захтеви - заједничка спецификација”
(General requirements - Common specifications).
2. EN 50341-2-XX, “Надземни електрични водови наизменичне струје изнад 45 kV”
(Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV),
Део 2. “Комплет Националних нормативних аспеката (анекса) - ННА”
(Set of National Normative Aspects - NNA), где XX - представља број земље у CENELEC евиденцији.

Први и други део стандарда чине целину и морају бити тако уређени да су оба дела технички коректно усклађени и подједнако разумљиви свим корисницима.

У овом раду је дат увод у приступ изради стандарда EN 50341-1 и EN 50341-2-XX за Црну Гору.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Драгутин Каизер, Електротехнички приручник, четврто издање, Техничка књига - Загреб, 1971.
- [2] Правилници СФРЈ бр.65/88 и СРЈ бр. 18/92.
- [3] Никола Вучинић, Стручни рад, публикација Енергоинвест, Сарајево, 1991.
- [4] F.Kiessling and group, Overhead Power Lines, knjiiga Sppringer, 2002.
- [5] CIGRA WG22.06.: Probabilistic design of overhead transmission lines, TB br. 178, 2001.
- [6] Иво Павлић, Статистичка теорија и примена, Техничка књига Загреб, 1988.
- [7] Elias Ghannoum, Fellow IEEE, GhairmanIEC/TTCC11/WG08, “Reliability Based Design of Overhead Transmission Lines according to IEC and CIGRE methology”, CIGRE Paper
- [8] W. Hauschild & W. Mosch, Statistical techiques for High-Volges Engineering (izolatori),
- [9] IEC 826 Loadig and strength of overhead transmission lines, Technical Report, 1991-4, 2.nd edition
- [10] CIGRE, WG22.06, Loading and strength of overhead lines, Technical brochure No.109, 1996,
- [11] IEC 60826, Overhead transmission lines - Design criteria, International standard, edition 4, 2017-2
- [12] Marjan Plaper, Energetcka omrežja, Univerza v Ljubljani, 1977.
- [13] Европски стандард; EN 50341 -1, 2, 3 iz 2001 и EN 50341-1 из 2012. године
- [14] CENELEC/TC11, препоруке, БТ148/ДГ9493/ДВ,

OSNOVE STANDARDA EN50600 I EN1047-2 U PROJEKTIRANJU I IZVOĐENJU SUVREMENIH DATA CENTARA

Dejan Dokmanović - RITTAL d.o.o., Zagreb

KRATAK SADRŽAJ

Standard EN50600 svojevrsan je odgovor tijela Europske unije (CENELEC) na široko afirmirani i poznati američki „Tier“ standard TIA942. Iako nije novost, njegova primjena postaje sve češća u razvoju i projektiranju suvremenih data centara u Europi i regiji, posebno nakon što je posljednjih godina nadopunjen i kompletiran. Obzirom da sve zemlje zapadnog Balkana i regije teže harmonizaciji svojih standarda sa EU kao i činjenicu da segment visoko pouzdanih data centara postaje sve interesantniji investitorima, poznavanje osnova ovog standarda postaje potreba lokalnim inženjering kućama i projektantima. Standard EN1047-2 još uvijek je nedovoljno afirmiran u regiji pri projektiranju fizičke zaštite kritične infrastrukture data centara, a njegovo razumijevanje je ključno za pravilnu izvedbu dodatne zaštite data centara za visokorizičnu IT infrastrukturu. Pregled ovih standarda biti će dan uz osvrt na moguća područja primjene na ključnim IT infrastrukturnim investicijama.

Ključne riječi: EN50600, Tier, TIA942, EN1047-2, projektiranje, data centri, kritična infrastruktura, projekti, fizička zaštita.

SUMMARY

Affirmation of EN50600 standard is, in certain aspect, an answer of European standardization bodies (CENELEC) on widely recognized „Tier“ TIA942 standard. Although it is not new, its application becomes more and more frequent in development and design of modern data centre in Europe and region, especially because significant updates in last years. Due to the fact that all countries of West Balkans aim to harmonization of their standards to EU ones and that high availability data centres become more and more popular to investors, knowing this standard becomes a must to local engineering and design companies. Although important, EN1047-2 standard is still not widely recognized within high availability /

critical infrastructure data centres design in region. Understanding of this standard is of key importance for proper protection application to key infrastructure and high risk objects. Overview of those standards will be given together with practical application on possible key IT infrastructure investments in Montenegro.

Key words: EN50600, Tier, TIA942, EN1047-2, data centre, design, critical infrastructure, project, physical protection.

1. UVOD

Data centar (od engl. Data Centre, Data Center, datacenter, datacentre) je specijalni objekt s posebno opremljenom infrastrukturom koji služi za smještaj računalnih sistema, mrežno – komunikacijske opreme i povezanih komponenti te sistema za pohranu podataka (engl. storage). Data centar je osnovna jezgra svih računalnih sistema neke organizacije pa je iz tog razloga u pravilu objekt s kontroliranim uvjetima i parametrima visokih tehničkih zahtjeva u pogledu sigurnosti, redundantnosti, pouzdanosti, dostupnosti i opće efikasnosti.

Potreba standardizacije u industriji Data centara javila se već s prvim ozbiljnijim investicijama u tom sektoru. Struka i krajnji korisnici željeli su definirati nedvosmislena pravila igre koja bi u konačnici dugoročno zaštitila njihovu investiciju i učinila je jasno usporedivom s drugim investicijama tog tipa.

Prirodnim razvojem IT-ja i telekomunikacijske industrije, a i zbog razloga brze komercijalizacije data centara u kojoj su prednjačili, počeci razvoja standardizacije krenuli su od strane tijela i institucija sa sjedištem u Sjedinjenim Državama.

Među prvim tijelima koja su uveli standardizaciju i klasifikaciju data centara bila je TIA (Telecommunications Industry Association) koja 2005. je definirala i razvila EIA / TIA942 standard. Okosnica cijelog sustava je bila tzv. Tier klasifikacija koja je ovisila u statistički iskazanom vremenu dostupnosti odnosno dozvoljenog ispada pojedinog data centra. Tier klasifikacija afirmira 4 kategorije dostupnosti (Tier 1 do Tier 4) od kojih Tier 1 predstavlja najnižu kategoriju data centra, a Tier 4 najvišu. TIA-942 standard, uz svoje nadopune TIA942-A (2010.) i TIA-942-A (2012.) Tier klasu definira kroz kompleksan splet i interakciju ključnih podsustava (dizajn mreže, kabliranje, putanje i razmaci, nivo redundancije, lokaciju, pristup, arhitekturu, dizajn okoline, NN razvod, požar, poplava), a u odnos stavlja i ukupnu efikasnost (trošak energije, OPEX i CAPEX).

Uptime Institute druga je priznata američka institucija za standardizaciju koja također koristi Tier klasifikaciju, uz nešto drugačiju metodologiju koju bazira na usporedivosti ukupnih performansi, infrastrukture i dostupnosti.

Tier klasifikacija kao i sam Tier pojam postupno se široko afirmirao i na svim van američkom relevantnim IT tržištima, a razlog tomu je i značajna komercijalizacija certifikacije data centara zadnjih desetljeća. U tom procesu veliku su ulogu odigrale brojne američke IT korporacije i globalizacija. Tako je danas Tier postao i ostalo vrlo često spominjan termin, nerijetko i bez objektivnih osnova i poveznica prema stvarnom standardu iz kojeg je potekao.

S vremenom se, a dobrim dijelom i zbog velike zastupljenosti TIA-a na prostoru Europske unije, javila potreba za definicijom jedinstvenog EU standarda koji će detaljno definirati uvjete i potrebe za moderan data centar baziran na europskoj metodologiji i standardima.

Prethodnica budućeg novog EU standarda ogledala se u nekoliko aspekata prije 2010. godine. U to vrijeme, na teritoriju EU postojale su određene smjernice u izgradnji data centara (primjerice ANSI/BICSI - D002, EU CODE OF CONDUCT BEST PRACTICES - DCEE:2009, ETSI 105 174-2-1:2009 – DCEE) kao i već spomenuta i investitorima prilično lako pamtljiva i zvučna Tier klasifikacija.

U isto vrijeme, osim spomenutih anglosaksonskih standarda, na nacionalnom, europskom i internacionalnom nivou nije postojalo sistemsko rješenje i jednoznačna definicija pojma data centar koje bi se vezalo na postojeću IEC / EU metodologiju, pa se javila nasušna potreba da se taj problem riješi.

Ovu zahtjevnju ulogu preuzelo je EU standardizacijsko tijelo CENELEC i 2010. generiralo prvo izdanje

tada novog IEC/EN50600 standarda. U periodu od 2010. do 2017. standard je prošao nekoliko bitnih revizija i nadopuna koje su u konačnici definirale EN50600 seriju standarda adekvatno pokrivajući sve relevantne segmente jednog data centra.

Zajedničkom primjenom EN50600 serije standarda u kombinaciji sa fizičkom zaštitom ključne IT infrastrukture prema EN1047-2 standardu europsko tržište dobilo je vrlo jasne i precizne smjernice u planiranju i izgradnji data centara. Obzirom na razvoj ove industrije, tehnologije i tržišta u sveopćem trendu digitalne ekonomije i digitalne transformacije poznavanje ovih standarda postaje ključno kako za brojne inženjerske i projektantske kuće tako i sistem integratore i krajnje korisnike.

Svrha ovog rada jest, ponajprije za potrebe inženjerske i projektantske struke, dati sažeti pregled i osvrt na spomenute standarde, njihove interakcije te moguća područja primjene.

2. OPĆI PREGLED EN50600-X SERIJE STANDARDARDA

Osnovna premisa na kojoj se bazira EN50600 serija jest da moderni data centar mora afirmirati modularne, skalabilne i fleksibilne podsustave i infrastrukturu koji trebaju zadovoljiti dinamičke i rapidno mijenjajuće zahtjeve tržišta. Dodatno, potrošnja energije u data centru postala je, odnosno smatra se kritičnom za utjecaj na okoliš u smislu redukcije emisije ugljika, kao i upravljanja ukupnim troškom energije za operatera odnosno vlasnika.

Implementacija data centara varira o odnosu na slijedeće bitne karakteristike:

1. Svrhu (poduzetnička namjena, kolokacija, hosting ili mrežni operativni centar),
2. Razinu sigurnosti,
3. Fizičku veličinu,
4. Smještaj (mobilni, privremeni ili trajni).

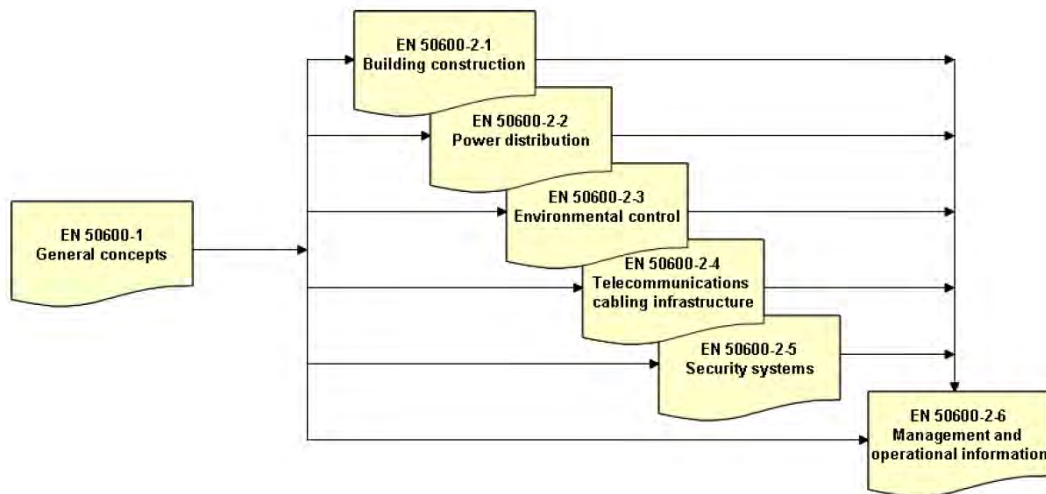
Potrebe data centara također variraju u smislu dostupnosti usluge, zahtjeva sigurnosti i razine, odnosno postavljenih ciljeva za energetska efikasnost. Ovi ciljevi utječu i određuju njihovo projektiranje u smislu građevinskog segmenta, distribucije napajanja, sustava hlađenja i fizičke sigurnosti. Efikasan menadžment i operativne informacije potrebne su u smislu nadzora postignutih parametara te definicije potreba i ciljeva.

Serijski Europskih Standarda EN50600-X specificira zahtjeve i preporuke kao podršku za različite struke uključene u izradu idejnog rješenja (basic design), projektiranje, nabavku, integraciju, instalaciju, korištenje i održavanje sustava i infrastrukture unutar data centra. Ove struke uključuju:

Vlasnike, upravljačke strukture, ICT menadžere, projektne menadžere i glavne kontraktore;
Konzultante, arhitekta, građevinske projektante i konstruktore, strojarske projektante, projektante jake i slabe struje, vatrodajave i tehničke zaštite,
Dobavljače i proizvođače (vendore) opreme i tehnologije,
Integratore, instalatere i servisere održavanja.

2.1. EN50600 SERIJA STANDARDA

Trenutna serija standarda uključuje pojedinačne standarde prema prikazu i međusobnim interakcijama kao na Slici 1.



Slika 1. Shematski prikaz odnosa između EN50600 serije standarda [1]

Ukupno se radi o 7 pojedinačnih standarda, od kojih prvi (EN 50600-1) uključuje generalne koncepte, a ostali (EN 50600-2-1 do EN 50600-2-6) detaljno obrađuju bitne podsustave data centra:

1. Generalni koncept (EN 50600-1),
2. Građevinske konstrukcije (EN 50600-2-1),
3. Distribuciju napajanja (EN 50600-2-2),
4. Hlađenje (EN 50600-2-3),
5. Telekomunikacije i kabliranje (EN 50600-2-4),
6. Sigurnosne sisteme (EN 50600-2-5),
7. Upravljanje i operativne informacije (EN 50600-2-6).

Radi važnosti internacionalne komunikacije i izbjegavanja nesporazuma pri prijevodu detaljni engleski nazivi grupe EN 50600 standarda dani su u nastavku:

EN 50600-1: Information technology - Data centre facilities and infrastructures – Part 1: General concepts,

EN 50600-2-1: Information technology - Data centre facilities and infrastructures – Part 2-1: Building construction,

EN 50600-2-2: Information technology - Data centre facilities and infrastructures – Part 2-2: Power distribution,

EN 50600-2-3: Information technology - Data centre facilities and infrastructures – Part 2-3: Environmental control,

EN 50600-2-4: Information technology - Data centre facilities and infrastructures – Part 2-4: Telecommunications cabling infrastructure,

EN 50600-2-5: Information technology - Data centre facilities and infrastructures – Part 2-5: Security systems,

EN 50600-2-6: Information technology - Data centre facilities and infrastructures – Part 2-6: Management and operational information.

2.2. EN 50600-1 DIO 1. GENERALNI KONCEPTI

Osnovni standard opisuje važne aspekte data centra vezane uz analizu poslovnog rizika i operativnih troškova. Također, definira zajedničke odrednice data centra koje uključuju terminologiju, parametre i referentne modele stavljajući ih u odnos sa njihovom veličinom i kompleksnošću njihove buduće namjene. Nadalje, opisuje glavne odrednice objekta i infrastrukture koji trebaju podržavati efikasne komunikacije unutar data centara.

Generalni koncept uvodi novi sistem klasifikacije baziran na kriterijima dostupnosti, sigurnosti i energetske efikasnosti tokom vijeka eksploatacije data centra, za osiguranje maksimalno efikasnog objekta i infrastrukture [1].

Na kraju, standard definira generalne principe za dizajn data centara uključujući simbole, labela, kodove, osiguranje kvalitete i edukaciju.

U Poglavlju 3. generalnih koncepata jednoznačno se definiraju svi pojmovi i kratice koji se koriste u ostatku omotnice standarda.

2.2.1. EN 50600-1 DIO 4. ANALIZA RIZIKA

Poslovna analiza rizika je ključna pretpostavka planiranja budućeg data centra. Ukupna dostupnost data centra je mjera njegovog procesiranja, pohrane i transportnih funkcija. Prihvatljiva razina ukupne dostupnosti data centra određena je važnim faktorima kao što su primjerice:

Trošak nedostupnosti (Downtime cost) – trošak povezan sa izostankom pružanja servisa korisniku;

Vanjskim troškovima na komercijalnoj osnovi (npr. ukupni trošak premije osiguranja objekta direktno je ovisan o prihvatljivim rizicima).

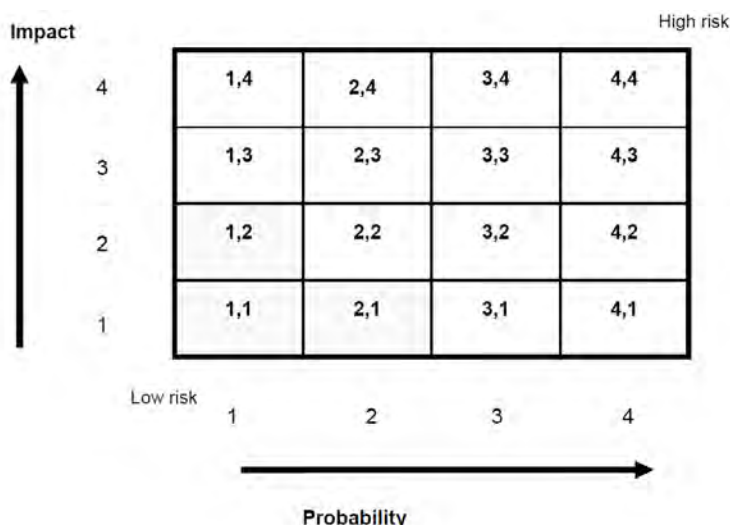
Analiza rizika ne definira metode analize troška nedostupnosti (primjerice standard EN 31010 definira smjernice ovog segmenta). Analiza rizika u okviru ovog standarda se bavi utjecajem (impact) odnosno magnitudom intenziteta incidenta koji uzrokuje prekid rada data centra. Njege se stavlja u odnos sa vjerojatnošću (probability) događanja. [11]

Utjecaj i vjerojatnost se definiraju unutar 4 kategorije prema jednoznačnoj definiciji u Tablici 1.

Tablica 1. Kategorizacija rizika prema EN 50600-1 [1]

Klasa	Razina	Opis
1	NIZAK	Gubitak nekritičnih servisa
2	SREDNJI	Ispad kritične systemske komponente, ali bez gubitka redundancije
3	VISOK	Gubitak kritične systemske redundancije, ali bez gubitka servisa prema korisnicima
4	KRITIČAN	Gubitak kritičnog servisa prema jednom ili više korisnika, ozljeda ili gubitak života zaposlenika

Stavljanjem u odnos razine rizika i njihove vjerojatnosti generira se matrica ili mapa rizika prema Slici 2.



Slika 2. Mapa rizika prema EN 50600-1 [1]

Rizici koje treba uzeti u obzir pri analizi moraju uključiti vanjske prijetnje koje mogu utjecati na objekt data centra i njegovu infrastrukturu, a mogu biti geografskog (poplava, potres, promet, itd.), političkog (rat, nestabilno okruženje, terorizam itd.) ili obližnjeg (rizik požara zbog benzinske pumpe, kemijske tvornice, rafinerije itd.) porijekla.

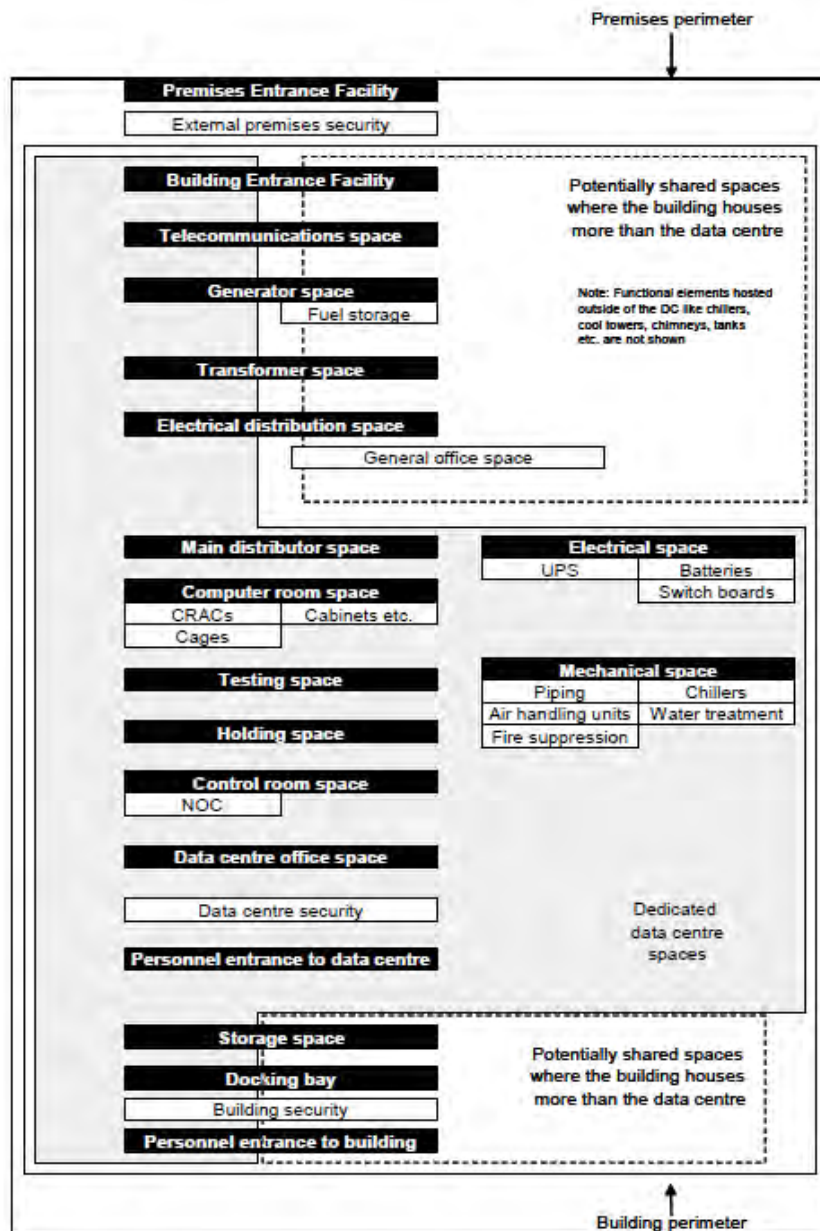
Identifikacijom rizika mogućih neželjenih događaja povezanih s objektom i infrastrukturom data centra identificira se i trošak njegovog ispada, a to omogućava da se u samom dizajnu data centra reduciraju ti rizici.

2.2.3. EN 50600-1 DIO 5. PREGLED KONCEPTUALNOG DIZAJNA DATA CENTRA

Data centri se mogu značajno razlikovati u odnosu na njihovu fizičku veličinu no ovaj segment standarda bavi se generalnim konceptualnim dizajnom bez obzira na njegovu veličinu.

Na Slici 3. prikazani su shematski tipični podsistemi jednog velikog data centra i njihov smještaj unutar arhitektonskog prostora.

Potreba za spomenutim prostorima ovisi o svrsi kako zgrade tako i samog data centra. Konceptualni dizajn isto tako mora uzeti u obzir planiranu veličinu, razinu dostupnosti, razinu zaštite, činjenicu da li se data centar nalazi kao zaseban objekt ili unutar postojeće poslovne zgrade, itd.



Slika 3. Tipični shematski dijagram prostora data centra

2.2.3. EN 50600-1 DIO 6. KLASIFIKACIJSKI SISTEM ZA DATA CENTRE

Klasifikacijski sistem prema EN 50600 zadržava određene segmente i kategorije koje koriste i anglo-saksonski standardi, no pojam Tier se ne spominje niti se referencira na istog. Dodatno, ovaj standard u klasifikaciju uvodi i energetska efikasnost što je vrlo bitan aspekt cjelokupne funkcionalnosti data centra.

Data centri prema EN 50600 su klasificirani prema [1]:

1. Klasi dostupnosti (Availability class, EN 50600 Part 6.2),
2. Klasi zaštite (Protection class, EN 50600 Part 6.3),
3. Razini energetske efikasnosti (Energy efficiency enablement levels, EN 50600 Part 6.4).

KLASA DOSTUPNOSTI

Zahtijevana dostupnost objekta i infrastrukture koji daju podršku funkcionalnosti data centra je od ključne važnosti. Vlasnik odnosno korisnik data centra definirati će željenu klasu dostupnosti koristeći metodologiju poslovne analize rizika i troškova ispada data centra (poglavlje 2.2.1). Zahtjevi za dostupnošću mogu varirati na dnevnoj, tjednoj ili mjesečnoj razini.

Različite razine dostupnosti za objekte i infrastrukturu data centara su definirani prema Matrici 1. Ukupna dostupnost data centra ovisi o dostupnosti njegovih individualnih infrastruktura kao što su primjerice izvori i distribucija napajanja, hlađenje i sigurnost. Zahtjevi po pojedinačnim infrastrukturama specificirani su detaljno u seriji standarda EN 50600-2-X.

	Availability Class 1	Availability Class 2	Availability Class 3	Availability Class 4
Availability of overall set of facilities and infrastructures	low	medium	high	very high
Example for power distribution (see EN 50600-2-2)	Single-path (no redundancy of components)	Single-path (resilience provided by redundancy of components)	Multi-path (resilience provided by redundancy of systems)	Multi-path (fault tolerant even during maintenance)
Example for environmental control (see EN 50600-2-3)	No specific requirements	Single-path (no redundancy of components)	Single-path (resilience provided by redundancy of components)	Multi-path (resilience provided by redundancy of systems), allows maintenance during operation
Example for telecommunications cabling (see EN 50600-2-4)	Single-path using direct connections	Single-path using fixed infrastructure	Multi-path using fixed infrastructure	Multi-path using fixed infrastructure with diverse pathways

Matrica 1. Razine dostupnosti i primjeri implementacije

Implementacija viših razina dostupnosti implicira implementaciju efikasnih organizacijskih struktura koje uključuju, ali nisu limitirane na:

1. Raspoloživost educiranog servisnog osoblja,
2. Pohranu ključnih rezervnih dijelova,
3. Uspostavu SLA odnosno čvrstih ugovora o održavanju,
4. Brzi pristup preciznim informacijama koje definiraju akcije i komunikacije u slučaju sistemskog ispada.

KLASA ZAŠTITE

Fizička zaštita data centra manifestira se na utjecaj i vjerojatnost rizičnih događaja, a cilj fizičke sigurnosti je zaštita od:

1. Neautoriziranog pristupa (6.3.2.),
2. Internih utjecaja (pregrijavanje, požar u zgradi u DC, požar u zgradi izvan DC, električno pražnjenje, voda, itd.) (6.3.3.),
3. Vanjskih utjecaja (požar izvan zgrade, poplava, potres, eksplozija, udar munje i druge forme prirodnih katastrofa) (6.3.3.).

Zaštita od neautoriziranog pristupa definira se kroz 4 klase zaštite, a prema Tablici 2. Zahtjevi za projektiranje bazirani su na analizi potreba samog data centra i zahtjeva vlasnika / korisnika.

Tablica 2. Razine zaštite od neautoriziranog pristupa prema EN 50600-1

Type of protection	Protection Class 1	Protection Class 2	Protection Class 3	Protection Class 4
Protection against unauthorised access	Public or semi-public area	Area that is accessible to all authorised personnel (employees and visitors)	Area restricted to specified employees and visitors (other personnel with access to Protection Class 2 have to be accompanied by personnel authorised to access Protection Class 3 areas)	Area restricted to specified employees who have an identified need to have access (other personnel with access to Class 2 or Class 3 areas have to be accompanied by personnel authorised to access Class 4 areas)

Zaštita od internih i vanjskih utjecaja definira se također kroz 4 klase zaštite, a prema Tablici 3. U optimalnim uvjetima, vanjski rizici mogu se ublažiti / smanjiti odabirom lokacije data centra. Međutim, najčešće su situacije kada se moraju primijeniti alternativna projektna rješenja kako bi se povećala ova razina zaštite.

Tablica 3. Razine zaštite od vanjskih i internih utjecaja prema EN 50600-1

Type of protection	Protection Class 1	Protection Class 2	Protection Class 3	Protection Class 4
Protection against internal fire	No special protection applied	The area requires to be protected against fire by a detection and suppression system, which maintains the function of that area during a fire in that area or one in a Class 1 area.	The area requires to be protected against fire by a detection and suppression system, which maintains the function of that area during a fire in that area or one in a Class 1 or Class 2 area.	The area requires to be protected against fire by a detection and suppression system, which enables critical data centre function to be secured during a fire in that area or one elsewhere in the data centre.
Protection against other internal events	No special protection applied	Mitigation applied	Mitigation applied	Mitigation applied
Protection against external environmental events	No special protection applied	Mitigation applied	Mitigation applied	Mitigation applied

Iako serija standarda EN 50600-1 i EN 50600-2-X ne spominje izrijekom dodatne razine fizičke zaštite objekta, važno je napomenuti da se zaštita od ovdje spomenutih rizika može ublažiti i projektiranjem posebnih sigurnih soba. Ovi, sistemski testirani objekti, pružaju dodatnu fizičku zaštitu od rizika vanjskog požara prema posebnom standardu EN 1047-2, poplave, prodora vode, padajućih objekata, eksplozije, elektromagnetskog zračenja, itd.

ENERGETSKA EFIKASNOST

Sposobnost data centra da mjeri potrošnju energije kao i da ima opciju izračuna, trendiranja i izvještavanja o energetske efikasnosti je ključna za postizanje bilo kojeg od zadanih ciljeva energetske efikasnosti. [9] [10]

U sklopu ovog standarda definiraju se tri razine mjerenja energetske efikasnosti (Tablica 4.) [1]:

Tablica 4. Razine mjerenja energetske efikasnosti prema EN 50600-1

Razina	Opis
1	Režim mjerenja omogućava jednostavne informacije za data centar kao cjelinu
2	Režim mjerenja omogućava informacije za specifične sustave i infrastrukturu unutar data centra
3	Režim mjerenja omogućava granulirane informacije za pojedine elemente sustava unutar data centra

Vlasnik ili korisnik data centra definirati će traženu razinu energetske efikasnosti prije projektiranja data centra. Ona može biti određena [1]

1. Analizom operativnog troška,
2. Vanjskom regulativom ili pravnim okvirom,
3. Korisnički definiranim pravilima.

Standardi iz serije (EN 50600-2-2 za distribuciju napajanja i EN 50600-2-3 za hlađenje) definiraju detaljno zahtjeve i preporuke za monitoring infrastrukture u pogledu energetske efikasnosti.

2.2.4. EN 50600-1 ANNEX A GENERALNI PRINCIPJI PROJEKTIRANJA DATA CENTRA

Generalni koncepti EN 50600-1 u svom zasada jedinom Aneksu daju glavne smjernice procesa pronalaska mjesta data centra unutar opće strategije poslovnog kontinuiteta, razvoja, baznog dizajna, izrade projektnog zadatka, projektiranja, implementacije i operativnosti data centra. Ove smjernice su vrlo bitne jer prolaze kroz sve faze razvoja jednog ključnog infrastrukturnog objekta.

Radi prostornog ograničenja i opsežnosti cjelokupne materije, detalji Annexa A neće se navoditi, no smjernice su vrlo korisne svakom potencijalnom investitoru, vlasniku, projektantu i korisniku modernog data centra.

Također, već spomenutog razloga, pregled ostatka serije standarda dan je u sažetom obliku, uzimajući u obzir najbitnije smjernice i koncept.

2.3. EN 50600-2-1 KONSTRUKCIJA ZGRADE

Standard opisuje uvjete projektiranja zgrada ili drugih struktura koje omogućavaju smještaj za data centre bazirane na kriterijima i klasifikaciji za fizičku sigurnost kako je to opisano u EN 50600-1 Generalnom konceptu. Zahtjevi i preporuke se specificiraju za slijedeće:

1. Odabir lokacije i mjesta izgradnje,
2. Konstrukciju zgrade,
3. Konfiguraciju zgrade,
4. Protupožarnu zaštitu,
5. Mjere za kvalitetnu izvedbu konstrukcije.

Sigurnost i EMC kompatibilnost nisu dio ovog standarda i pokriveni su drugim standardima i regulativom ali primjena istog može pomoći ukupnoj sukladnosti sa tim standardima.

Data centar sukladan s ovim standardom mora zadovoljiti slijedeće [2]:

1. Evaluacija lokacije odnosno „site assesment“ prema smjernicama iz Klauzule 5,
2. Konfiguracija lokacije prema Klauzuli 6,
3. Zahtjevi konstrukcije prema Klauzuli 7 gdje je data centar unutar zgrade,
4. Konfiguracija zgrade prema Klauzuli 8,
5. Protupožarni zahtjevi prema Klauzuli 9,
6. Kvaliteta konstrukcije prema Klauzuli 10,
7. Konformnost sa lokalnom regulativnom, uključeno sigurnost.

2.3.1. EN 50600-2-1 KLAUZULA 5 LOKACIJA

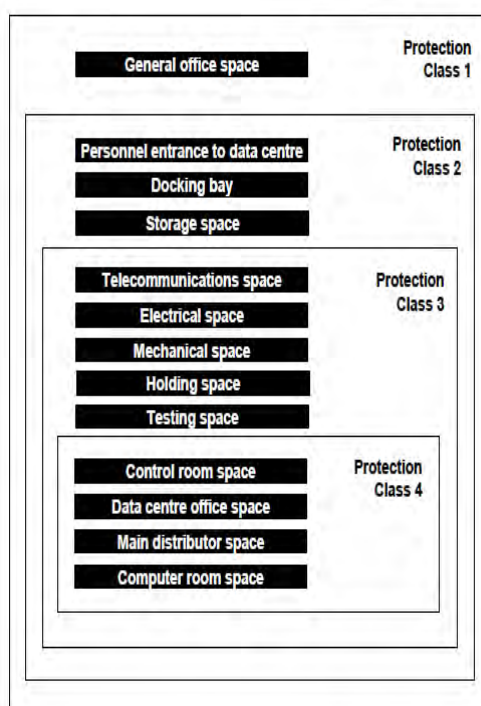
Evaluacija lokacije može se raditi za greenfield investiciju ili data centar u postojećem objektu. Bez obzira na tip, lokacija mora udovoljiti slijedećim kriterijima (Tablica 5.) [2]:

Tablica 5. Kriteriji odabira lokacije prema EN 50600-2-1 5

Klauzula	Kriterij	Zahtjev	Preporuka
5.2.	Geografska lokacija	Nadmorska visina	Utjecaj na okoliš Korištenje obnovljivih izvora enerfije
5.3.	Prirodni okoliš	Analiza rizika minimalno za: Poplave Aktivne seizmičke zone Jaki udari vjetra Prirodno zagađenje (erupcije) Blizina obale Smještaj ispod razine mora Poplavne ravnice	Nema
5.4.	Susjedstvo	Analiza rizika minimalno za: Nuklearke, eksplozivi, zapaljive materije Transportne arterije (voda, autoput, željeznica) Izvori vibracija EM interferencija (VN dalekovodi, trafost.) Mjesta javnog interesa Nestabilni ili visoki objekti	Dovoljan prostor za vanjski perimetar i buffer zone Poželjan smještaj u blizini hitnih službi Podrške vendara i servisnog osoblja Sigurnosna mreža
5.5.	Infrastrukturni faktori	Procjena svih infrastrukturnih resursa: Pristupačnost Redundantnost Dostupnost Kapacitet	Pod razmatranjem

2.3.2. EN 50600-2-1 KLAUZULA 6 KONFIGURACIJA LOKACIJE

EN 50600-1 uvodi shematski prikaz prostora data centra unutar zgrade. Na Slici 4. prikazana je shematski konfiguracija prostora i klasa zaštite, a u Tablici 6. sažeti zahtjevi i preporuke standarda.



Slika 4. Konfiguracija mjesta data centra [2]:

Tablica 6. Konfiguracija lokacije prema EN 50600-2-1 5 [2]

Klauzula	Kriterij	Zahtjev	Preporuka
6.2.	Mjesto izgradnje	Geotehnički elaborat za: Šupljine ispod temelja Karakteristike tla Prisustvo zagađenja Statika (+ maksimalno opterećenje) Kanalizacijska infrastruktura	Sagledati buduću ekspanziju
6.3.	Procjena postojećeg prostora	Analiza rizika za potrebe data centra Dodatno analiza ako su dokumenti stariji od 6 mjeseci	Pod razmatranjem
6.4.	Komunalne usluge	Analiza prema definiranoj klasi dostupnosti iz EN 50600-2	Nema
6.5	Pristupne rute	Analiza svih pristupnih ruta lokaciji	Razmotriti alternativne rute
6.6	Logistika	Iskrcajna rampa za glomaznu opremu	Zaštita od atmosferilija
6.7	Parking	Restrikcije prema EN 50600-2-5	Dodatan prostor za hitne situacije
6.8	Vanjske instalacije Podzemne garaže TK Kabliranje	Posebna zaštita Analiza TK ruta i mogućih konflikata	
6.9	Perimetar	Prema analizi rizika EN 50600-2-5	Zaštitna ograda ili zid

2.3.2. EN 50600-2-1 KLAUZULE 7-10

Klauzule 7-10 definiraju detaljne zahtjeve i preporuke vezano za građevinsku konstrukciju data centra i njezinu kvalitetu, protupožarne zahtjeve i konformnost s lokalnom regulativom. Izdvojiti će se zahtjevi vezani za protupožarstvo (Klauzula 9.)

Prostori data centra zajedno sa pristupnim putevima moraju biti protupožarno zaštićeni odjeljcima u tri dimenzije radi sprečavanja širenja vatre i gubitaka nastalih požarom. Odjeljci će biti minimalno zaštićeni prema klasama zaštite iz EN 50600-2-5. Odjeljci su zaštićeni i odvojeni barijerama s definiranom protupožarnom zaštitom. Svi prodori barijera biti će zaštićeni adekvatnom protupožarnom masom.

2.4. EN 50600-2-2 DISTRIBUCIJA NAPAJANJA

U segmentu distribucije napajanja, da bi data centar bio sukladan sa standardom EN 50600-2-2 mora udovoljiti slijedećim uvjetima [3]:

1. Imati dizajniran sistem napajanja i distribucije električne energije koji zadovoljava klasu dostupnosti prema Klauzuli 6,
2. Imati dizajniran sistem hlađenja prostora za napajanje / distribuciju el. energije prema EN 50600-2-3,
3. Imati dizajniran sistem fizičke sigurnosti prostora za napajanje prema zahtjevima iz Klauzule 7,
4. Imati dizajniran energetske efikasan sistem koji zadovoljava razinu granuliranosti iz Klauzule 8,
5. Imati dizajniran sistem izjednačenja potencijala prema lokalnoj regulativi, a prema zahtjevima EN 50310,
6. Imati sistem zaštite od udara groma (gdje je traženo) u skladu sa EN 62305 s referencom na EN 50310,
7. Konformnost s lokalnom regulativnom, uključeno sigurnost.

2.4.1. EN 50600-2-2 KLAUZULA 5 FUNKCIONALNI ELEMENTI DISTRIBUCIJE NAPAJANJA

U Tablici 7. prikazani su funkcionalni elementi distribucije napajanja kako ih definira ovaj standard te njihov smještaj u prostoru prema EN 50600-1.

Tablica 7. Funkcionalni elementi distribucije napajanja data centra [3]

Area	Functional element	Typical accommodation (using spaces of EN 50600-1)
Supply	Primary supply	Transformer space
	Secondary supply	
	Supply transfer equipment (where multiple supplies exists)	Electrical space
	Additional supply (e.g. generator, uninterruptible power supplies)	Generator space or electrical space
Distribution	Primary distribution equipment	Electrical distribution space
		Transformer space (if required)
	Uninterruptible power supplies (UPS)	Electrical space (or computer room space)
	Secondary distribution equipment	Electrical space (but also present in many other areas)
Transformer space (if required)		
	Tertiary distribution equipment	Computer room spaces or spaces requiring provision of protected supplies

Na osnovu ovih elemenata i u odnosu na njihovu međusobnu interakciju, standard definira 4 Klase dostupnosti po osnovi distribucije napajanja.

2.4.2. EN 50600-2-2 KLAUZULA 6 KLASSE DOSTUPNOSTI

Sva infrastruktura unutar data centra koristi tzv. N koncept u projektiranju napajanja i pripadajuće redundancije gdje je N vrlo rijetko jednak 1. Koncept redundancije može biti N, N+1, 2N, 2(N+1), a ovisi o primarnoj namjeni, planiranoj efikasnosti, dostupnosti i zahtjevima korisnika. Za potrebe projektiranja, standard definira 4 Klase dostupnosti u segmentu energetike. (Tablice 8 i 9).

Tablica 8. Klasifikacija sistema napajanja (primarna distribucija) prema EN 50600-2-2 [3]

Klasa	Naziv	Schema	Referenca
1	Single path (bez redundancije)		EN 50600-2-2 6.2.6.2.
2	Single path (s redundancijom komponenti)		EN 50600-2-2 6.2.6.3.
3	Multi path (redundancija na ključnim podsistemima)		EN 50600-2-2 6.2.6.4.
4	Fault tolerant (svaka linija 100 % kapaciteta, jednaka podjela tereta, fizički odvojena u odvojenim požarnim zonama)		EN 50600-2-2 6.2.6.5.

Tablica 9. Klasifikacija sistema napajanja (sekundarna distribucija) prema EN 50600-2-2 [3]

Klasa	Naziv	Schema	Referenca
1	Single path (bez redundancije)		EN 50600-2-2 6.3.4.2.
2	Single path (s redundancijom komponenti)		EN 50600-2-2 6.3.4.3.
3	Multi path (redundancija na ključnim podsistemima)		EN 50600-2-2 6.3.4.4.
4	Fault tolerant (svaka linija 100 % kapaciteta, jednaka podjela tereta, fizički odvojena u odvojenim požarnim zonama)		EN 50600-2-2 6.3.4.5.

2.4.3. EN 50600-2-2 KLAUZULA 7 – FIZIČKA SIGURNOST I KLAUZULA 8 – ENERGETSKA EFIKASNOST

U pogledu fizičke sigurnosti sistema napajanja (Klauzula 7.) standard definira nekoliko kategorija:

PRISTUP - napajanje, distribucija, priključenje neautorizirane terminalne opreme, kabliranje koje podržava kontrolu pristupa;

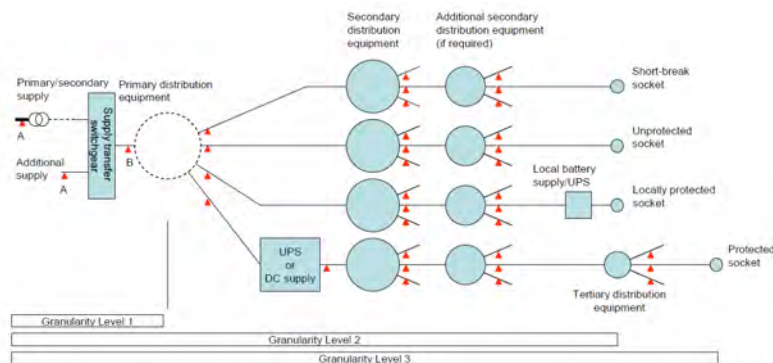
INTERNI RAZMJETAJ – transformatori u odvojenim požarnim zonama, za multi-path klase prostorno i fizičko odvajanje podsistema.

U segmentu energetske efikasnosti (Klauzula 8.) standard uvodi tzv. Razine granularije (Granularity Level 1-3) u odnosu na potrebna mjerenja potrošnje energije, a prema Shemi 2. pa time definira [3]:

Granularity Level 1 – mjerenje karakteristika napajanja glavnih primarnih, sekundarnih i dodatnih linija,

Granularity Level 2 – mjerenje karakteristika napajanja na među - točkama između primarne i sekundarne infrastrukture,

Granularity Level 3 – mjerenje karakteristika napajanja na primarnoj, sekundarnoj i terminalnoj infrastrukturi.



Shema 2. Moguće lokacije mjerenja energije prema razinama granularnosti (EN 50600-2-2 8)

2.5. EN 50600-2-3 KONTROLA OKOLINE DATA CENTRA

Ovaj standard specificira zahtjeve i preporuke vezano za ključan segment kontrole okoline u data centru odnosno održavanja optimalnih uvjeta za neometani rad aktivne opreme.

U pojam kontrole okoline ulazi monitoring, regulacija i kontrola slijedećih ključnih parametara: temperatura zraka i medija, protok, relativna vlaga (RH), čestica / prašine, vibracija, konfiguracija duplog poda i smještaj opreme, praksa uštede energije, fizička sigurnost sustava za nadzor i upravljanje okolinom.

U segmentu kontrole okoline, da bi data centar bio sukladan sa standardom EN 50600-2-3 mora udovoljiti slijedećim uvjetima:

1. Imati dizajniran sistem kontrole okoline koji zadovoljava zahtjeve Klauzule 5,
2. Imati dizajniran sistem fizičke sigurnosti sistema za kontrolu okoline prema zahtjevima iz Klauzule 6,
3. Imati dizajniran energetske efikasan sistem koji zadovoljava razinu granularnosti iz Klauzule 7,
4. Konformnost s lokalnom regulativnom, uključeno sigurnost.

2.5.1. EN 50600-2-3 KLAUZULA 5 KONTROLA OKOLINE U DATA CENTRIMA

Funkcionalni elementi kontrole okoline podijeljeni su na primarne (mehaničko generiranje temperaturno kontroliranih fluida) i sekundarne (distribucija fluida unutar prostora) prema Tablici 10 [4].

Tablica 10. Primarni i sekundarni elementi kontrole okoline (EN 50600-2-3 5)

Area	Fluid	Functional Element(s)
Primary	Water	Water supply grid, chiller, pump(s)
	Air	Outside air intake, filter, heat exchanger
Secondary	Water	Pump(s), valve(s), pipe system, liquid cooled enclosures
	Air	Duct system, computer room air conditioning unit

U pogledu zahtjeva i preporuka standard specificira da se u dizajnu treba uzeti u obzir raspoloživa tehnologija, fizička sigurnost i tražena razina dostupnosti data centra. Također se u projektiranju treba uzeti u obzir efekt vibracija na sve prostore. Efekt trenja i prepreka na trasama rashladnog medija (cjevovodima) treba biti sagledan. Nadzor protoka mora biti implementiran na mjernim mjestima kako ne bi došlo do degradacije protoka medija. Dodatno se zahtijeva proračun broja izmjena jedinica zraka u prostoru kao i potreban tlak istog. Zrak mora biti filtriran. U svim prostorima gdje postoji rizik od oštećenja opreme zbog statičkog elektriciteta, relativna vlaga treba biti regulirana prema proizvođačkim specifikacijama. Ako iste ne postoje, minimalna točka rosišta od 5.5 °C treba biti regulirana. Objekti sa direktnim hlađenjem putem svježeg zraka, analiza zahtjeva i metodologija monitoriranja je ključna, posebno u smislu kontaminacijskih tvari.

Kontrola okoline u pojedinim prostorima data centra također je precizno definirana standardom, a sažeta je u Tablici 11.

Tablica 11. Zahtjevi kontrole okoline prema EN 50600-2-3 5 [4]

Referenca	Prostor	Zahtjev / preporuka
5.2.2.	Ulaz za osoblje	Standardna klimatizacija
5.2.4.	Prostor agregata uključeno pohrana goriva	
5.2.4.1.	Prostor agregata	Proizv. specifikacije, min. 0 °C, iznad 10 °C, max. 35 °C Obavezna ventilacija prostora, Anti-kondenzacijsko grijanje za alternator i sklopke, Monitoring: dim, CO, zapaljive tvari Elementi grijanja agregata dovoljni za prostor, gdje nisu uvesti termostatsko kontrolirane grijače
5.2.4.2.	Pohrana goriva	Zaštita od negativnih temp. / smrzavanja goriva Monitoring curenja
Referenca	Prostor	Zahtjev / preporuka
5.2.5.	Prostor transformatora	Proizv. specifikacije, min. 0 °C, iznad 10 °C, max. 35 °C Filtracija prašine Forsirano hlađenje zrakom ako poboljšava efikasnost transf. Anti-kondenzacijsko grijanje za sklopnu opremu Monitoring: dim
5.2.6.	Prostor glavne distribucije električne energije	Proizv. specifikacije, min. 0 °C, iznad 10 °C, max. 40 °C Temperaturno kontrolirane izmjene zraka, Ovisno o zahtjevima redundantni ventilatori nazivne snage ukupnog maks. opeterćenja
5.2.7.	Prostor telekomunikacija	Proizv. specifikacije, min.10 °C, max. 30 °C Relativna vlaga: 20 % do 70 % Monitoring: temperatura i RH
5.2.8.	Prostor razvodnih ormara	Izvan sistem sale: prema 5.2.7., Unutar sistem sale: prema 5.2.9.
5.2.9.	Sistem sala	Regulacija: operativna temp., RH Monitoring: kvaliteta zraka (čestice, bakterije, plinski kontaminanti)
5.2.10.	Električni prostori (bez UPS-a)	Proizv. specifikacije, min. 0 °C, iznad 10 °C, max. 40 °C Prirodna ventilacija, Anti-kondenzacijsko grijanje Monitoring: temperatura i RH
5.2.15.	Prostor UPS-a	Proizv. specifikacije, min.15 °C, max. 35 °C Obavezna klimatizacija (maksimalna snaga UPS-a) Monitoring: temperatura, RH
5.2.15.3.	Baterijski prostor	Regulacija temperature: 20 °C ± 2 °C Ventilacija radi sprečavanja akumulacije H ₂ Monitoring: H ₂

2.5.2. EN 50600-2-3 KLAUZULA 6 DOSTUPNOST

Sva infrastruktura unutar data centra koristi tzv. N koncept u projektiranju kontrole okoline i pripadajuće redundancije gdje je N vrlo rijetko jednak 1. Koncept redundancije može biti N, N+1, 2N, 2(N+1), a ovisi o primarnoj namjeni, planiranoj efikasnosti, dostupnosti i zahtjevima korisnika. Za potrebe projektiranja, standard prema osnovama EN 50600-1 definira 4 Klase dostupnosti u segmentu kontrole okoline / hlađenja. (Tablica 12.) [4]

Tablica 12. Klase dostupnosti prema EN 50600-2-3 6

Klasa	Naziv	Značajke	Referenca
1	Nema specifičnih zahtjeva	---	EN 50600-2-3 6.2.1.
2	Single path (bez redundancije komponenti)	Ispad uzrokuje prekid funkcionalnosti Održavanje zahtijeva shut down sustava	EN 50600-2-3 6.2.1.
3	Single path (redundancija na komponentama)	Ispad ne uzrokuje prekid funkcionalnosti Održavanje ne zahtijeva shut down sustava Veći ispad može uzrokovati neplanirani zastoj Određene rutine održavanja mogu zahtijevati shut down	EN 50600-2-3 6.2.1.
4	Multi path (redundancija na ključnim sistemima)	Aktivna i pasivna grana Ispad ne uzrokuje prekid funkcionalnosti Održavanje bilo kojeg tipa ne zahtijeva shut down sustava Veliki ispad može uzrokovati neplanirani zastoj Minimizacija kritičnih točaka između aktivnih i pasivnih grana	EN 50600-2-3 6.2.1.
4+	Fault tolerant (svaka linija 100 % kapaciteta, jednaka podjela tereta, fizički odvojena u odvojenim požarnim zonama)	Dvije aktivne potpuno odvojene grane, 100% kapaciteta Nema zajedničke kritične točke Nema zastoja bez obzira na razinu ispada / greške na sistemu Grane ne zahtijevaju N+1 redundanciju	EN 50600-2-3 6.2.1.

Standard EN50600-2-3 primjenjuje klasifikaciju iz Tablice 12. za slijedeće prostore (Tablica 11): sistem salu i pripadajuće prostore i UPS prostor [4]

2.5.3. EN 50600-2-3 KLAUZULA 7 – FIZIČKA SIGURNOST I KLAUZULA 8 – ENERGETSKA EFIKASNOST

U pristupa svi podsistemi vezano za kontrolu okoline trebaju biti u Klasi zaštite 3, prema EN 50600-2-5. Ako grane prolaze kroz nižu klasu zaštite mora postojati kontrola pristupa.

U segmentu energetske efikasnosti (Klauzula 8.) standard također uvodi Razine granulacije (Granularity Level 1-3) u odnosu na potrebna mjerenja parametara okoline, a prema Tablici 13.

Tablica 13. Klase monitoringa parametara okoline prema EN 50600-2-3 8 [4]

Requirement	Granularity Level		
	Level 1	Level 2	Level 3
Supply Air Temperature	Single sensor in proximity to IT equipment One sensor per cold aisle	Two sensors in proximity to IT equipment One sensor every 5 cabinets or racks in a cold aisle	One sensor per cabinet or rack
Return Air Temperature	Single sensor in proximity to intake of cooling equipment or One sensor per hot aisle	One sensor in proximity to intake of cooling equipment and a single sensor at rear of one cabinet or rack or One sensor every 5 cabinets or racks in a hot aisle	One sensor in proximity to intake of cooling equipment and a single sensor at rear of each cabinet or rack
Relative humidity	As supply air temperature	As supply air temperature	As supply air temperature
External relative humidity and temperature	One sensor	Two sensors	Two sensors
Air Pressure	As required	As required	As required
Coolant Flow	As required	As required	As required
Heat Removal	As required	As required	As required
Outside Air	As required	As required	As required

U Aneksu A standard navodi metodologiju distribucije rashladnog medija (temperaturno reguliranog) u prostoru sistem sale, a u Aneksu B osnovni koncept kontrolnog sistema za nadzor i upravljanje parametrima okoline u data centru.

2.6. EN 50600-2-4 TELEKOMUNIKACIJE I KABLIRANJE

Četvrti standard EN 50600 serije definira zahtjeve i preporuke vezano za širok raspon telekomunikacijske kableske infrastrukture u data centrima bazirano na kriterijima i klasifikacijama dostupnosti iz osnovnog standarda. Standard je vrlo opsežan i detaljan, pa će se u nastavku dati vrlo sažeti pregled najvažnijih odrednica.

U pojam telekomunikacijske kableske infrastrukture ubrajamo (1) IT i mrežne komunikacije SAN / LAN, (2) generalno IT kabliranje koje podržava operacije data centra, (3) TK kabliranje za monitoring i upravljanje distribucijom energije, kontrolom okoline i fizičkom sigurnošću (4) ostala kabliranja vezano za BMS i (5) trase, prostore i kućišta za telekomunikacijsku kablesku infrastrukturu.

Kako bi data centar bio sukladan sa standardom EN 50600-2-4 mora udovoljiti slijedećim uvjetima [5] [12]:

1. Imati dizajniran sistem kabliranja prema zahtjevima iz Klauzule 5,
2. Dizajn kabliranja za odabranu Klasu dostupnosti mora biti u skladu sa Klauzulom 7,
3. Dizajn / specifikacija trasa i prostora mora biti u skladu s Klauzulama 8 i 9,
4. IT kabliranje za podršku operacijama DC-a mora biti u skladu s EN 50173-2 osim gdje se eksplicitno dozvoljava alternativa,
5. IT kabliranje za podršku IT mrežnoj funkciji DC-a mora biti u skladu s EN 50173-5 osim gdje se eksplicitno dozvoljava alternativa,
6. TK kabliranje za monitoring i upravljanje distribucijom energije, kontrolom okoline i fizičkom sigurnošću mora biti u skladu sa EN 50173-6 osim gdje se eksplicitno dozvoljava alternativa,
7. Instalacijska specifikacija, osiguranje kvalitete, planiranje instalacije i samo kabliranje mora biti u skladu sa EN 50174 te Klauzulama 8 i 9,
8. Nacionalna i lokalna regulativa, uključeno sigurnost, mora biti poštivana.

2.6.1. EN 50600-2-4 KLAUZULA 5 TELEKOMUNIKACIJSKO (TK) KABLIRANJE UNUTAR DATA CENTRA

TK kabliranje mora biti razmotreno unutar vrlo rane faze projektiranja i mora biti integrirano sa dizajnom i planiranjem: (1) električne energije (2) sistema kontrole okoline (3) sigurnosnih sistema (4) sistema rasvjete. Ova klauzula definira zahtjeve i preporuke za performanse, kriterije za projektiranje i arhitekturu različitih tipova kabliranja u data centru.

Za potrebe ovog standarda, u obzir se uzimaju dva tipa kabliranja za prostor data centra:

1. Point-to-point (direktno povezivanje aktivne opreme diskretnim kablovima),
2. Fiksno kabliranje implementirano korištenjem strukturnog kabliranja prema EN 50173.

Standard dozvoljava point-to-point kabliranje samo u striktno definiranim restriktivnim slučajevima (5.1.3.2.) dok za sve ostale treba koristiti fiksno kabliranje koje omogućava modularnost i organiziranost.

IT i mrežno kabliranje u sistem sali se izvodi prema slijedećim segmentima i referentnim standardima (Tablica 14.)

Tablica 14. IT i mrežno kabliranje prema EN 50600-2-4 5 [5]

Referenca	Segment	Ref. Standard	Napomena
5.2.2.	Generičko kabliranje za IT opremu DC	EN 50173-5	Povezivanje velikih količina opreme Skalabilnost putem modularnog dizajna Fleksibilna manipulacija, dodavanje i promjena Konzistentnost sa metodologijom generičkog kabliranja Podrška raznim aplikacijama u DC-u
5.2.3.	Generičko kabliranje za poslovnu mrežu IT opreme	EN 50173-2	
5.2.4.	Generičko kabliranje za monitoring i upravljanje	EN 50173-6	Upravljanje energetikom prema EN 50600-2-2 Upravljanje okolinom prema EN 50600-2-3 Upravljanje osobljem prema EN 50600-2-5

2.6.2. EN 50600-2-4 KLAUZULA 7 KLASIFIKACIJA DOSTUPNOSTI TK KABLOVSKE INFRASTRUKTURE

Klasifikacija dostupnosti kablovske infrastrukture koristi osnovnu EN50600 metodologiju (Klase dostupnosti 1-4), a sažetak ove Klauzule te osnovnih uvjeta i preporuka prikazan je u Tablici 15. [5]

Tablica 15. Klasifikacija dostupnosti kabelaške infrastrukture prema EN 50600-2-4 7

Klasa	Naziv	Značajke	Referenca
1	Availability Class 1	Point-to-point ili fiksno kabliranje 1 x neovisni link prema TK provideru	EN 50600-2-4 7.2.1.
2	Availability Class 2	Fiksno kabliranje prema EN 50173-5 Redundantni link prema neovisnim TK providerima Fleksibilan dizajn (promjene, izmještanja) Interkonekcijski ormari / okviri / rackovi planirani za pun kapacitet Minimizacija ometanja protoka zraka unutar ormara (širi rack-ovi) Uzimaju se u obzir performanse medija i komponenti	EN 50600-2-4 7.2.2.
3	Availability Class 3	Fiksno kabliranje prema EN 50173-5 Fizički odvojene trase kabliranja Redundantni link prema neovisnim TK providerima Fleksibilan dizajn (promjene, izmještanja) Interkonekcijski ormari / okviri / rackovi planirani za pun kapacitet Širi ormari i dovoljan prostor u ormarima i trasama za buduća proširenja Upravljanje kablovima unutar ormara putem s regulacijom savijanja (bend radius control) Uzimaju se u obzir performanse medija i komponenti	EN 50600-2-4 7.2.3.
4	Availability Class 4	Fiksno kabliranje prema EN 50173-5 Fizički odvojene trase kabliranja sa redundantnim distribucijskim čvorovima Redundantni link prema neovisnim TK providerima Fleksibilan dizajn (promjene, izmještanja) Interkonekcijski ormari / okviri / rackovi planirani za pun kapacitet Širi ormari i dovoljan prostor u ormarima i trasama za buduća proširenja Upravljanje kablovima unutar ormara s regulacijom savijanja (bend radius control) Uzimaju se u obzir performanse medija i komponenti	EN 50600-2-4 7.2.4.

2.6.3. EN 50600-2-4 KLAUZULA 8 KABLOVSKE TRASE

Klauzula 8 detaljno definira karakteristike kabelaških trasa sistem sale. Pažljivo planiranje kabelaških trasa, čvorišta i rasporeda unutar rackova bitno je zbog negativnog utjecaja na hlađenje i ukupnu efikasnost data centra. U Tablicama 16. i 17. prikazani su najbitniji zahtjevi i preporuke [5].

Tablica 16. Dizajn kabelaških trasa prema EN 50600-2-4 8

Referenca	Segment	Zahtjev / preporuka
8.2.1.	Kabelaške trase prema vanjskim servisima	Više vanjskih mrežnih sučelja (ENI redundancija) Međukonekcije između ENI Međukonekcije između ENI, glavnih (MD), među (ID) i zonskih distributora (ZD) Više redundantne trase
8.2.2.	Kabelaške trase u data centru	Odabrana Klasa dostupnosti određuje i dizajnira kabelaške trase u data centru Zaštita od ispada treba biti riješena implementacijom više redundantnih glavnih distributora (MD), među distributora (ID) i zonskih distributora (ZD) Više redundantne trase između MD Više redundantne trase između ID

2.6.4. EN 50600-2-4 KLAUZULA 9 ORMARI ZA SISTEM SALU

Klauzula 8 definira karakteristike ormara (rack-ova) unutar sistem sale. Pažljivo planiranje broja, tipa, kvalitete, konfigurabilnosti i rasporeda unutar ormara bitno je zbog utjecaja na modularnost, fleksibilnost, efikasno hlađenje i ukupnu efikasnost data centra. U Tablici 17. prikazani su najbitniji zahtjevi i preporuke za ovaj podsistem [5].

Tablica 17. Zahtjevi i preporuke za ormare prema EN 50600-2-4 9

Referenca	Segment	Zahtjev / preporuka
9.1.	Generalni zahtjevi	Osiguranje modularnosti i rasta te prilagodbe budućim tehnologijama Osiguranje adekvatnog kablovskog menadžmenta i funkcionalnosti kablovskih vodilica Podrška adekvatnoj ventilaciji i hlađenju opreme koju će sadržavati
9.2.	Zahtjevi za dimenzije	Minimalna širina mrežnog ormara za CPL (Central Patch Location) i ZPL (Zone Patch Location) je 0,8 m s preferencijom za širi Minimalna širina ormara za opremu mora odgovarati sadašnjim i budućim zahtjevima za kabliranje. Preporuča se 0,8 m Minimalna dubina ormara za opremu mora odgovarati dimenzijama sadašnje i predviđene buduće opreme. Preporuča se 1,2 m Ormari ne smiju biti smješteni ispod sistema cjevovoda, uz iznimku sistema za hlađenje (ne preporuča se) ili gašenje. Blanking paneli moraju biti instalirani na neiskorištenim pozicijama kako bi spriječili miješanje toplog i hladnog zraka

Klauzule 10. i 11 definiraju adekvatno dokumentiranje infrastrukturnog kabliranja kao i proces upravljanja ovim sistemima.

Aneks A ovog standarda na normativnom principu daje pregled koncepta dizajna kablovske infrastrukture kao i primjere odnosno sheme vezano za Klase dostupnosti. Aneks B na informativnom nivou daje razmišljanja i preporuke vezano za energetska efikasnost u segmentu kablovske infrastrukture.

2.7. EN 50600-2-5 SIGURNOSNI SISTEMI

Sigurnosni sistemi definirani su posebnim standardom koji specificira zahtjeve i preporuke za prostore i sisteme data centara u pogledu zaštite protiv (1) neautoriziranog pristupa (2) požarnih događaja nastalih unutar prostora data centra i (3) ostalih događaja unutar ili izvan data centra koju mogu utjecati na definirani nivo zaštite.

1. Kako bi bio sukladan s ovim standardom, data centar mora udovoljiti slijedećim zahtjevima [6],
2. Zahtijevana razina zaštite iz Klauzule 5 biti će aplicirana na sve prostore data centra,
3. Zahtjevi relevantne Klase zaštite iz Klauzula 5, 6 i 7 će biti aplicirani,
4. Sistemi koji podržavaju zahtjeve Klauzule 6 biti će u skladu s Klauzulom 10,
5. Lokalna regulativa, uključeno sigurnost, mora biti poštivana.

2.7.1. EN 50600-2-5 KLAUZULA 5 FIZIČKA SIGURNOST

Nivo fizičke sigurnosti apliciran na data centar ima utjecaj kako na dostupnost funkcije tako i integritet odnosno sigurnost podataka smještenih u njemu.

Klasifikacija prostora unutar data centra po osnovi sigurnosti nužna je kako bi se aplicirao traženi nivo fizičke sigurnosti. Primjer Klase zaštite prikazan je u Tablici 18. Kao osnova uzimaju se definirani prostori data centra prema EN 50600-2-1. [1] [6]

Tablica 18. Primjer klasifikacije prostora prema Klasi zaštite (Protection Class)

Protection Class 1	Protection Class 2	Protection Class 3	Protection Class 4
Personnel entrances to buildings or structures containing data centre spaces	The internal access to docking bays (the barrier of the docking bay providing the interface between Protection Classes 1 and 2) External premises security spaces Personnel entrances to the data centre spaces Storage spaces Holding spaces Testing spaces Data centre office spaces	Premises entrance facility ^{a b} Building entrance facilities ^b Computer room spaces Control room space Data centre security spaces	Cabinets, cages or rows of cabinets within the computer room space
^a This applies to premises entrance facilities which are within the control of the data centre. ^b Access restrictions apply to pathways leading to areas of Protection Classes of a lower Protection Class.			

2.7.2. EN 50600-2-5 KLAUZULA 6 KLASA ZAŠTITE OD NEAUTORIZIRANOG PRISTUPA

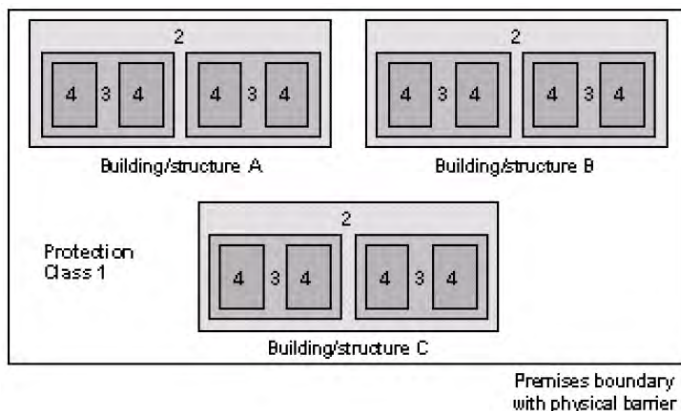
Ovaj standard uvodi 4 klase zaštite od neovlaštenog pristupa u data centar prostore u skladu sa EN 50600-1 prema Tablici 19. [6]

Tablica 19. Klase zaštite od neovlaštenog pristupa prema EN 50600-2-5 6

Type of protection	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Protection against unauthorized access	Public or semi-public area.	Area that is accessible to all authorized personnel (employees and visitors).	Area restricted to specified employees and visitors (other personnel with access to Class 2 shall be accompanied by personnel authorized to access Class 3 areas).	Area restricted to specified employees who have an identified need to have access (other personnel with access to Class 2 or 3 areas shall be accompanied by personnel authorized to access Class 4 areas).

U detaljnijoj razradi elaboriraju se modeli fizičke zaštite prema definiranim klasama te metode kontrole pristupa.

U implementacijskom segmentu definiraju se jasna razgraničenja između prostora i pripadajućih klasa zaštite te odgovarajuće fizičke barijere. Kao primjer je navedena Shema 3. [6]



Shema 3. Primjer Klase zaštite apliciranih na data centar sa eksternom fizičkom barijerom

Nadalje se definiraju zahtjevi i preporuke za reguliranje pristupa pojedinim prostorima te označavanje i uređenje istih (generalno, parking, posjetitelji, logistika, itd.).

Standard detaljno definira Klase zaštite (1-4) u svim bitnim segmentima vezanim za neautorizirani pristup:

1. Izvedba konstrukcije objekta / prostora,
2. Organizacijski procesi,
3. Preporuke.

U Tablici 20. prikazan je primjer Klase zaštite 4 vezano za neautorizirani pristup, ujedno i najviše prema ovom standardu. [6]

Tablica 20. Klase zaštite 4 - Neovlašteni pristup prema EN 50600-2-5 6

	Konstrukcija	Organizacijski procesi	Preporuke
Protection class 4	Vanjska granica sa fizičkom barijerom		
	Svi pješački ulazi, prozori, grilje koje čine granicu klase 4 biti će izvedeni prema EN 1627:2011 klasa otpornosti 4	Procedure definirane za:	
	Granice se ne smiju dodirivati sa Protection Class 1 (eksterni zidovi, krovovi, itd.)	Detekciju i prevenciju neželjenog i nepotrebnog ulaska između prostora Klase 4	
	Ako se granica dodiruje sa nižom klasom zaštite onda otpor za nasilni ulazak mora biti suma svih zaštita primijenjenih na niže klase.	Detekciju i prevenciju neželjenog i nepotrebnog ulaska u prostor Klase 4	Nema dodirnih točaka sa Klasom 1 i Klasom 2
	Vrata moraju biti izvedena tako da, kada su zaključana, niti jedna komponenta koja ih može otvoriti ne smije biti dostupna iz Protection class 3	Nadzor broja osoba koje ulaze i izlaze u prostor Klase 4	Implementacija nadzora
	Pristup dozvoljen samo autoriziranim osobama za tu klasu. Osobe s autorizacijom za prvu nižu klasu (3) mogu ući u pratnji klase (4)	Nadzor materijala i opreme koji ulaze i izlaze u prostor Klase 4	

2.7.3. EN 50600-2-5 KLAUZULA 7 KLASA ZAŠTITE OD POŽARA UNUTAR DATA CENTRA

Segment zaštite od požara unutar data centra podložan je brojnim interakcijama s drugim standardima koji reguliraju ovu problematiku. U smislu ovog standarda, ponovno se definiraju 4 Klase zaštite, prema Tablici 21. [6]

Tablica 21. Klase zaštite od požara prema EN 50600-2-5 7

Type of protection	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Protection against internal fire	No special protection applied	The area requires to be protected against fire by a detection and suppression system which maintains the function of that area during a fire in that area or one in a Class 1 area.	The area requires to be protected against fire by a detection and suppression system which maintains the function of that area during a fire in that area or one in a Class 1 or Class 2 area.	The area requires to be protected against fire by a detection and suppression system which enables critical data centre function to be secured during a fire in that area or one elsewhere in the data centre.

Tip vatrodojavnog sistema odabran za pojedini prostor uzeti će u obzir klasu zaštite u cilju očuvanja funkcije prostora. Održanje funkcije prostora je ključno zbog vremena potrebnog da se aktivira DR lokacija.

U smislu ovog standarda, a i u kombinaciji dodanih objekata zaštite izvedenih u skladu sa EN 1047-2 standardom (poglavlje 3) potrebno je razmotriti utjecaj vatrogasnih mjera na požar izvan data centra koji se može reflektirati na pojedinu ključnu infrastrukturu. [6] [7]

Standard nadalje detaljno definira i propisuje zahtjeve i tipove požarnih odjeljaka / zona i barijera (EN 1366-3) kao i zahtjeve odnosno standarde koje mora zadovoljiti vatrodojavni sistem (EN 54-13, EN 54-20:2006). Zahtjevi sistema za gašenje požara definirani su za svaki tip (gašenje pomoći plinskih agensa, sistema za redukciju kisika, sistema baziranih na vodi, kondenziranih aerosola, pjene i prijenosnih sistema).

Implementacija Klasa zaštite od požara prema ovom standardu ponovno se dijeli na 4 klase sa zahtjevima i preporukama kao u Tablici 22.

Tablica 22. Klase zaštite od požara, uvjeti i preporuke

Klasa	Značajke	Referenca
Protection Class 1	Detekcija požara će upozoriti ostale zone i prostore data centra	EN 50600-2-5 7.2.1.
Protection Class 2	Detekcija požara će upozoriti ostale zone i prostore data centra Prostori ove klase biti će opremljeni sustavom vatrodojave i gašenja prema EN 54-13 Sustav gašenja biti će minimalno opasan za osoblje Prostor štićen ovom klasom mora zadržati 60 min funkcionalnost u slučaju požara u klasi 1 Barijere kao fizička zaštita od požara u klasi 1 Ako je primijenjena rana detekcija požara, vrata moraju biti brtvljena i požarno štićena prema EN 1364	EN 50600-2-5 7.2.2.
Protection Class 3 and 4	Detekcija požara će upozoriti ostale zone i prostore data centra Prostori ove klase biti će opremljeni sustavom vatrodojave i gašenja prema EN 54-13 Sustav gašenja biti će minimalno opasan za osoblje Prostor štićen ovom klasom mora zadržati 60 min funkcionalnost u slučaju požara u klasi 2 odnosno 3 Barijere kao fizička zaštita od požara u klasi 2 odnosno 3 Ako je primijenjena rana detekcija požara, vrata moraju biti brtvljena prema EN 1364 Vatrootpornost vrata 90 min prema EN 1364 Konstrukcije koje udovoljavaju zahtjevima EN1047-2 standarda pružaju maksimalnu zaštitu i mogu biti smještene u bilo kojem prostoru. [6] [7]	EN 50600-2-5 7.2.3.

2.7.4. EN 50600-2-5 KLAUZULA 8 KLASA ZAŠTITE OD OSTALIH UTJECAJA (OSIM POŽARA) UNUTAR PROSTORA

Standard definira 4 klase zaštite od internih utjecaja osim požara. Primjeri takvih utjecaja mogu se naći u EM interferenciji, vibraciji, poplavama, raznim plinovima i opasnostima od prašine. Klase zaštite definiraju povećane razine otpornosti prostora na interne neželjene događaje. Područja data centra koja zahtijevaju najvišu fizičku zaštitu biti će smještena u prostorima sa najvećom Klasom zaštite. Ova klauzula definira pravila za implementaciju klasa zaštite (Tablica 23.) [6]

Tablica 23. Klase zaštite od ostalih utjecaja, uvjeti i preporuke

Klasa	Zahtjevi	Referenca
Protection Class 1	Bez zahtjeva za specijalnu zaštitu	EN 50600-2-5 8.2.2.
Protection Class 2	<p>Prostori pod Klasom 2 moraju zadržati funkciju ako su pod utjecajem internih neželjenih događaja u Klasi 1</p> <p>Zahtjevi: Interni zidovi sa fizičkom zaštitom, barijera za kontaminante (čestice, plinovi ili tekućine) uključeno i voda od gašenja požara</p> <p>Odvodni sistemi i ostali cjevovodi (uključeno i sistema za hlađenje) neće biti prisutni ukoliko nisu implementirane mjere zaštite u slučaju curenja</p> <p>Otvori koji mogu biti otvoreni radi redovnih ili urgentnih situacija u prostoru (npr. protupožarne klapne) će, kada su zatvoreni, pružati adekvatnu zaštitu od čestica, tekućina i plinova)</p> <p>Kada postoji rizik od ulaska kontaminanata, primijeniti će se mjere ublažavanja u formi: brtvljenja, detekcije, odvoda</p>	EN 50600-2-5 8.2.3.
Protection Class 3	<p>Prostori pod Klasom 3 moraju zadržati funkciju ako su pod utjecajem internih neželjenih događaja u Klasi 2</p> <p>Zahtjevi: Protection Class 2 + stropovi, vrata i kablovski ulazi će omogućiti zaštitu od čestica, plinova i tekućina uključeno i voda od gašenja okolnog požara</p> <p>Preporuke: Implementacija sigurne sobe odnosno „sobe u sobi“</p>	EN 50600-2-5 8.2.4.
Protection Class 4	<p>Prostori pod Klasom 4 moraju zadržati funkciju ako su pod utjecajem internih neželjenih događaja u Klasi 3</p> <p>Zahtjevi: Protection Class 3 + dodatna konstrukcija sobe u sobi odnosno sigurne sobe</p> <p>Preporuke: Konstrukcije sigurne sobe koje udovoljavaju zahtjevima EN1047-2 standarda [7]</p>	EN 50600-2-5 8.2.5.

2.7.5. EN 50600-2-5 KLAUZULA 9 KLASA ZAŠTITE OD OSTALIH UTJECAJA IZVAN PROSTORA DATA CENTRA

Standard također definira 4 klase zaštite od vanjskih utjecaja. Primjeri vanjskih utjecaja mogu se naći u vanjskom požaru, EM interferenciji, vibracijama, potresima, vanjskim poplavama, plinskim i opasnostima od prašine.

Klase zaštite definiraju povećane razine otpornosti prostora na interne neželjene događaje. Područja data centra koja zahtijevaju najvišu fizičku zaštitu biti će smještena u prostorima sa najvećom Klasom zaštite. Ova klauzula definira pravila za implementaciju klasa zaštite (Tablica 24.) [6] [7]

Tablica 24. Klase zaštite od ostalih utjecaja, uvjeti i preporuke

Klasa	Zahtjevi	Referenca
Protection Class 1	Bez zahtjeva i preporuka	EN 50600-2-5 9.2.2.
Protection Class 2	Otvori koji mogu biti otvoreni radi redovnih ili urgentnih situacija u prostoru (npr. protupožarne zaklopke) će, kada su zatvoreni, pružati adekvatnu zaštitu od čestica, tekućina i plinova)	EN 50600-2-5 9.2.3.
Protection Class 3	Prema 9.2.3.	EN 50600-2-5 9.2.4.
Protection Class 4	Prema 9.2.3. Preporuke: Konstrukcije sigurne sobe koje udovoljavaju zahtjevima EN1047-2 standarda	EN 50600-2-5 9.2.5.

2.7.5. EN 50600-2-5 KLAUZULA 9 SISTEMI PREVENCIJE NEAUTORIZIRANOG PRISTUPA

Elementi sistema za sprečavanje neautoriziranog pristupa nalaze se u Tablici 25. Odabir sistema prevencije mora biti u skladu sa EU standardima i lokalnom regulativom.

Video nadzor mora biti u skladu sa EN 6276-1-1:2014 Grade 2, a protuprovalni sustav u skladu sa EN 50131 [6]

Tablica 25. Elementi sistema za sprečavanje neovlaštenog pristupa

Subject	Element	Reference
Personnel	Ensuring that sufficiently qualified personnel are in place and who have received the appropriate training to ensure the security system will function correctly in support of operational needs. Relevant and applicable background checks will have been performed to manage and mitigate insider threats. In situations requiring the highest security level, personnel will require additional vetting to support this assurance.	Further information is provided in EN 50600-3-1
Processes	Relevant operational processes will be designed and operated within the data centre and operational site. The operational processes will support and integrate with all systems necessary for the smooth operation of the site. For example, processes in relation to the management and handling of visitors to the site, and the receipt and processing of deliveries to the site.	Further information is provided in EN 50600-3-1
Physical	Appropriate physical controls will be designed and operated on the site, providing the relevant layers of protection. The nature, number and type of physical controls <i>in situ</i> will be determined by the risk assessment, or operational requirements as directed by hosted entities.	Clause 6
Technology	A variety of systems will support the operations of the site, and will include as necessary, automatic access control systems, VSS systems, etc.	10.2

2.7.6. EN 50600-2-5 ANEKS A PROTUPOŽARNA KLAJNA

Standard EN 50600-2-5 za sada prati Aneks A koji pobliže na informativnoj razini definira protupožarne klapne prostora koji su šticeeni sustavima gašenja pod tlakom.

3. SIGURNE SOBE I EN 1047-2 STANDARD – DODATNA ZAŠTITA KRITIČNOG PROSTORA

3.1. POJAM SIGURNE SOBE

Sigurne sobe, odnosno „sobe u sobi“ kako ih u svojoj terminologiji naziva standard EN50660, poseban su vid dodatne zaštite kritične infrastrukture od unutrašnjih i vanjskih rizika. U praksi se radi o modularnoj izvedbi oplate od specijalnih panela raznih razina zaštite koji se ugrađuju u postojeći prostor data centra. Iako se sigurna soba može ugraditi u bilo koji prostor data centra, uglavnom je indicirana za prostoje Klase zaštite 3 i 4 prema EN-50600-2-5. Time sigurna soba poboljšava ukupnu fizičku zaštitu data centra, podiže Klasu zaštite odnosno ublažava efekt mogućih rizika za ključnu infrastrukturu.

Sigurne sobe prirodno pripadaju u arhitektonsko građevinski dio data centra odnosno fizičku zaštitu infrastrukture. Proizvode se u nekoliko razina zaštite, ovisno o proizvođaču.

Odabir opcije ugradnje sigurne sobe unutar data centra treba biti vođen slijedećim ključnim postavkama, bez obzira postoji li DR lokacija ili ne:

- Infrastruktura koju podržava data centar proglašena je ili klasificirana kao kritična (CI – Critical Infrastructure).
 - 1. Kritična infrastruktura definira se kao skup koji čine imovina, sistemi ili usluge što podržavaju ekonomski, politički i društveni život u državi, a njihovo djelomično ili potpuno ugrožavanje može prouzročiti ljudske gubitke, ugroziti nacionalnu sigurnost ili funkcioniranje ekonomije. Prema COM (2004) 702 dokumentu EU u kritičnu infrastrukturu ubrajaju: [8] [13],
 - 2. Energetske instalacije, mreža i objekti za upravljanje,
 - 3. Komunikacije i IT (telekomunikacije, odašiljačka infrastruktura, softver, hardver i mreže uključeno Internet),
 - 4. Financije (bankarstvo, vrijednosnice, burze),
 - 5. Zdravstveni sustav (bolnice, laboratoriji i farmaceutske tvornice, hitne službe),
 - 6. Proizvodnja hrane (prehrambena industrija, maloprodaja),
 - 7. Proizvodnja vode (brane, akumulacije, vodovodi),
 - 8. Transport (aerodromi, luke, intermodalni objekti, željeznice, sistemi za upravljanje prometom)
 - 9. Proizvodnja, skladištenje i transport opasnih tvari (kemijske, biološke, radiološke, nuklearne, uključeno rafinerije, nuklearne elektrane),
 - 10. Javne institucije (kritični servisi, objekti, informacijske mreže, objekti od ključne nacionalne važnosti),
 - 11. Ministarstva (posebno obrana, unutrašnji poslovi, financije, zaštita ličnih podataka).
- Potencijalni rizik od zastoja ili gubitka podataka može ozbiljno ugroziti sigurnost, tajnost podataka, funkcioniranje ekonomije i države te uzrokovati velike posljedične štete;
 - Prostor za data centar je u zgradi opće ili poslovne namjene te je okružen dodatnim rizicima (vanjski požar, provala, nasilje, neovlašteni pristup, curenje vode, poplava, itd.).

3.2. TIPOVI SIGURNE SOBE

Sigurne sobe proizvode se i ugrađuju u nekoliko osnovnih tipova uz sukladnost sa definiranim standardima. Pojedini proizvođači proizvode ih u nekoliko razina zaštite, a o tome ovisi i ukupni iznos investicije.

RAZINA 1 – osnovna razina zaštite od standardnih rizika (vatra, voda od gašenja vanjskog požara, korozivni plinovi, vandalizam, neautorizirani pristup, EM interferencija, padajući objekti, provala), manji dio sistemski, a veći dio tipski atest.

RAZINA 2 – pojačana razina zaštite od standardnih rizika, dio sistemski, a dio tipski atest test prema posebnom standardu od strane neovisnih akreditiranih kuća / laboratorija. Postizanje zaštite prostora klase 3).

RAZINA 3 – najviša razina zaštite od proširenih rizika, isključivo periodični sistemski test prema posebnom standardu od strane neovisnih akreditiranih kuća / laboratorija. Postizanje zaštite prostora klase 4) prema EN 50600-2-5.

Praksa je pokazala da ukupna analiza troškova, rizika i koristi te odnos cijene sigurne sobe i ukupne investicije u data centar kritične infrastrukture uvijek ide u prilog implementacije sobe najviše razine zaštite za klasificirane prostore Klasom zaštite 4 prema EN 50600-2-5.



Slika 5. Primjer sigurne sobe RAZINE 3 prema EN1047-2

3.2. PREGLED EN 1047-2 STANDARDA

Ovaj Europski standard specificira zahtjeve za sobe data centara i data kontejnere. Standard uključuje precizno opisanu testnu metodu soba i kontejnera radi zaštite medija za pohranu podataka i hardverske sisteme od povišene temperature i relativne vlage. Testna metoda za mehanički stres za Data Room tip B također je specificirana.

Metodologija testiranja prema EN 1047-2 je sistemski. U praksi to znači da proizvođač, u propisanom vremenskom razdoblju sklapa i dostavlja kompletnu sigurnu sobu sa svim elementima na sistemsko testiranje u poseban laboratorij. Standard detaljno specificira i zahtjeve vezano za testne primjerke, pripadajuću tehničku dokumentaciju, pripremu za sistemsko testiranje kao i testne procedure. Dodatno, propisuje se i shema klasifikacije soba data centara i kontejnera prema testnim rezultatima.

Sigurnim sobama i kontejnerima istog dizajna, zaštite i konstrukcije kao i testni primjerak biti će dodijeljena ista klasifikacija prema standardu ako su tolerancije u skladu sa specificiranim iz Tablice 26.

Tablica 26. Dozvoljene tolerancije u odnosu na testni primjerak prema EN 1047-2 [8]

	Minimum	Maximum
Data rooms type A and type B		
internal height	- 50 %	+ 50%
internal width	- 70 %	no limit ¹⁾
internal length	- 70 %	no limit ¹⁾
Data containers		
internal height	- 50 %	increase not permitted
internal width	- 15 %	+ 50 % ³⁾
internal length	- 15 %	+ 50 %
Door openings (clear opening dimensions)		
height	- 50 %	increase not permitted
width	- 25 %	increase not permitted
Compact thickness of walls, the ceiling, floor and door	- 3 % ²⁾	no limit
Openings (outside dimensions) e.g. ventilation openings	no limit	+ 15 %
¹⁾ For the type test, load bearing structures may be installed in the test specimen. Proof of an existing load bearing structure in the fire endurance test (see 6.6.1) is required if the dimensions of the series product differ from those of the test specimen. ²⁾ Deviations from the tolerance (- 3 % for walls, ceiling, floor and door) are only allowed upon permission by the certification body and/or testing laboratory. ³⁾ Enlargement of the internal width of the data container (maximum + 50 %) in connection with the installation of additional wall panels is only allowed upon permission by the certification body and/or testing laboratory respectively.		

Testna metoda koja uključuje pripremu uzorka te svih ostalih laboratorijskih uvjeta, te očekivanih uvjeta u samoj testnoj sobi detaljno je opisana u Poglavlju 6. standarda. Primjer metode sistemskog testiranja prikazan je na Slici 6., a primjer sistemskog certifikata / labele na Slici 7. [8]



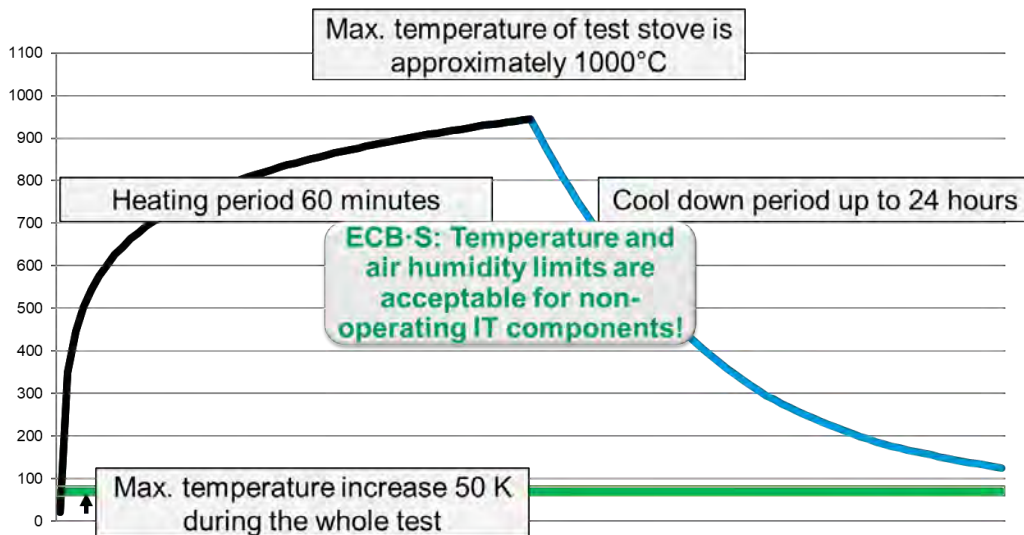
Slika 6. Primjer sistemskog testiranja sobe



Slika 7. Primjer sistemskog certifikata izdanog od strane akreditirane ustanove ECB.S

Važno je napomenuti da se sistemski certifikat izdaje isključivo po uspješno završenom testu po EN 1047-2 i koristi za sve ostale instalacije u granicama tolerancije prema Tablici 26. Ovo implicira da naknadna certifikacija sigurne sobe nakon izvršene instalacije (ako prije nije postojao certifikat) nije moguća.

Sažetak testiranja prema EN 1047-2 prikazan je na Grafikonu 1. U strogo standardom propisanim uvjetima testiranja uzorka promatra se okolina unutar sigurne sobe uz period zagrijavanja od 60 minuta simulirane temperature vanjskog požara od 1.000 °C. Rezultat testa verificira se postavljenim mjernim instrumentima unutar sigurne sobe i mora biti u skladu sa klasama zaštite iz Tablice 27.



Grafikon 1. Testiranje prema EN 1047-2, sigurna soba

Tablica 27. Zahtjevi prema klasi zaštite po EN 1047-2 [8]

Protection class	Fire endurance test (6.6.1)		Impact test (6.6.2)	Comparison tests ^a	
	Maximum temperature increase	Maximum relative humidity		Maximum temperature increase	Maximum relative humidity
R60D Type A	50 K	85 %	a	Assessment according to ^b	Assessment according to ^b
R60D Type B	50 K	85 %	Integrity to 3.1.9 and 10.4.5 of EN 1363-1:1999	Assessment according to ^b	Assessment according to ^b
C60D	50 K	85 %	Integrity to 3.1.9 and 10.4.5 of EN 1363-1:1999	Assessment according to ^b	Assessment according to ^b

LEGENDA:

- R – oznaka za tip sigurne sobe (Room)
- C – oznaka za kontejner (Container)
- 60 – oznaka za 60 min izloženost požaru
- D – karakteristika štice i hardvera (uključuje sve medije osim onih koji prema proizvođačkim specifikacijama gube podatke ispod $T < 75\text{ °C}$ i $RH < 85\%$)

4. ZAKLJUČAK

EN 50600-X serija standarda je, ukupno gledano, dala veliki doprinos uređenju ove industrije na teritorijima EU i svim onim državama koje se naslanjaju na EU / IEC standarde. Standardi koriste jasnu i razumljivu metodologiju i klasifikaciju te se ne baziraju isključivo na izračunu statističke nedostupnosti i pripadajućeg financijskog troška (kao na primjer Uptime Institute) koliko na detaljan opis zahtjeva kojima oprema mora udovoljiti. Utoliko je cijela metodologija, sa znanstvene i poslovne strane logičnija jer primjerice dozvoljenih 26.3 minute kumuliranog ispada Tier 4 data centra može biti itekako ključno za nekog investitora ako se dogodi u kritičnom trenutku.

Ukupna serija standarda, u sprezi sa EN 1047-2 standardom kao dodatnom opcijom fizičke zaštite za kritičnu infrastrukturu daje solidnu osnovu svim strukama u procesima konzultacije, baznom dizajnu, projektiranju, izvođenju i naknadnim rekonstrukcijama odnosno proširenjima postojećih data centara.

Obzirom na trenutnu situaciju u regiji kao i na očekivani rast ove industrije zbog sve prisutnijih trendova digitalne transformacije društva, poznavanje osnova ovih standarda postaje od ključne važnosti ne samo projektantima i konzultantima, već i ozbiljnim investitorima i sistem integratorima.

U svakom slučaju preporuka je i obaveza koristiti ove standarde u tehničkoj komunikaciji pri razvoju i projektiranju ovih ključnih objekata današnjice. Ovo ne isključuje poznavanje TIA942 / Uptime metodologije posebno zbog tržišnih opcija koje danas ne poznaju državne i kontinentalne granice već samo implicira da popularna Tier terminologija ima vrlo dobru i jasnu alternativu u Europskom standardu na kojeg se naslanjamo bili članice EU ili ne.

LITERATURA

- [1] Europski standard EN 50600-1, Data centre facilities, General concepts 2012. godina
- [2] Europski standard EN 50600-2-1, Data centre facilities, Building construction 2014. godina
- [3] Europski standard EN 50600-2-2, Data centre facilities Power distribution, 2014. godina
- [4] Europski standard EN 50600-2-3, Data centre facilities Environmental control, 2015. godina
- [5] Europski standard EN 50600-2-4, Data centre facilities Telecommunications cabling infrastructure, 2015. godina
- [6] Europski standard EN 50600-2-5, Data centre facilities Security systems 2016. godina
- [7] Europski standard EN 1047-2, Data centre facilities, Management and operational information 2017. godina
- [8] COM(2004) 702 final, Europska komisija, 20. 10. 2004.
- [9] European Commission, Code of Conduct on Data Centres Energy Efficiency, Version 1
- [10] European Commission, 2012 Best Practices for the EU Code of Conduct on Data Centres, Ver. 3.0.8
- [11] EN 31010, Risk management – Risk assessment techniques (IEC/ISO 31010)
- [12] EN 50173-1:2011, Information technology — Generic cabling systems — Part 1: General requirements
- [13] URL:<http://www.infotrend.hr/clanak/2012/11/objektivne-opasnosti-%E2%80%93-subjektivna-mjerila,75,972.html>, 16. 9. 2019.
- [14] URL: <https://www.thegreengrid.org/>, 14. 10. 2018.

MAŠINA ZA SLAGANJE LEŽAJA

Ranko Proroković - Javno komunalno preduzeće Kotor

KRATAK SADRŽAJ

Predmet ovog rada je opis mašine za slaganje kliznih ležaja (polutki – polovina ležaja) nakon oblikovanja na presi.

Mašina je urađena na zahtjev Daido Metal Kotor AD, isporučena u novembru 2006. godine i nakon probnog rada, koji je sa ugovorom definisanih 15 dana povećan na 45 dana, na čemu sam insistirao u cilju pronalazjenja eventualnih nedostataka koje je jedino moguće empirijski evidentirati, utvrđeno je da funkcionalno i po performansama zadovoljava potrebe kupca. Mašina je napravljena kao replika postojeće mašine koja je kao upotrebljivana, dakle polovna i dosta stara ali u potpunosti funkcionalna, stigla iz Japana, i kao skoro sve mašine koju su došle iz Japana, bez tehničke dokumentacije.

Ova mašina sa nekoliko izmjena, u smislu smanjenja elemenata, nadmašila je originalnu japansku verziju sa čime su se i Japanci složili. Povećana je pouzdanost i brzina rada, smanjeno vrijeme regliranja pri promjeni veličine ležaja, pa su pri mojoj zadnjoj posjeti namjeravali da je montiraju iza nove brže prese koju su očekivali da dođe iz Japana.

Ključne riječi: klizni ležaji, mašina za slaganje ležaja, proizvodnja kliznih ležaja.

1. OPIS I KARAKTERISTIKE MAŠINE

Prvi razlog za izradu mašine leži u činjenici da je Daido Japan želio da drugu polovnu mašinu donese iz Japana i da „zaduži“ Daido Metal Kotor kao da je nova, sa sumom od oko 35.000 €. Drugi razlog je želja tadašnjeg menadžmenta da pokaže da smo zemlja koja je sposobna da izradi bolju mašinu od originalne.

Mašina je isporučena sa pločicom na kojoj je ugravirano „MADE IN MONTENEGRO“.



Sl. 1 Mašina za slaganje polutki u radu

Mašina preuzima polutke ležaja, koji su iskidani iz bimetalne trake i oblikovani na presi, i slaže ih u „tacne“. U zavisnosti od veličine ležaja, tacna ima 4 ili 5 „kolona“, 4 kolone za veće ležaje a 5 kolona za manje ležaje. Na slici 1 prikazana je mašina u radu sa tacnama sa 4 kolone, slika 4 prikaz tacne sa 4 kolone a slika 5 tacne sa 5 kolona. Slika 3 prikazuje izlaz iz prese odakle mašina za slaganje polutki preuzima polutke ležaja.

Ovako složeni ležaji na tacni prenose se na početak linije za obradu ležaja do finalnog proizvoda, u koju naravno ne ulazi galvanizacija. Znači na početku linije za mašinsku obradu ležaja je mašina koja radi inverznu operaciju, uzima ležaj po ležaj sa tacne.

Razlog za uvođenje tacni kao kontejnera za slaganje ležaja leži u brzini presa koje kidaju i oblikuju polutke za oko 1 komad/sec dok je starijoj linije za obradu ležaja potrebno 2.5 – 3 sec a novijim linijama minimalno 1.5 sec za jednu polutku. Sa tom brzinom jedna presa (125 t ili 160 t) snabdijeva dvije linije za obradu polutki ležaja.

Originalna japanska mašina ima prekidač – selektor za rad sa tacnama sa 4 ili 5 polja i operater je morao da izabere rad sa adekvatnim tacnama.

Pored ovoga selektora, originalna mašina ima brojač koji broji polutke u jednom polju – koloni te operater mora da prije početka rada podesi broj polutki na brojčaniku koji zavisi od veličine polutki.

Ovdje prikazana mašina nema selektor 4-5 za rad sa tacnama a umjesto brojača koristi najobičniji mikroprekidač (Z-15HW78-B) čime je postignuto manje vrijeme regliranja kod promjene proizvoda tj. promjene veličine ležaja.

ZAPISNIK

o tehničkom prijemu mašine za slaganje polutki nakon oblikovanja na presi

Na osnovu Ugovora o kupoprodaji br.542 od 17.08.2005.god., koji je zaključen između DAIDO METALA KOTOR AD (KUPAC) i PROROKOVIĆ RANKA iz Kotora (PRODAVAC) o kupoprodaji mašine za slaganje polutki nakon oblikovanja na presi, urađena je navedena mašina i isporučena kupcu, odnosno DAIDO METALU KOTOR AD.

Nakon probnog rada mašine utvrđeno je da ista ZADOVOLJAVA potrebne uslove pa se može koristiti u serijskoj proizvodnji.

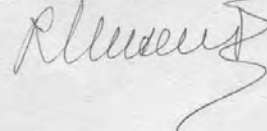
Za PRODAVCA

Ranko PROROKOVIĆ



Za KUPCA

Radoje VUČEVIĆ

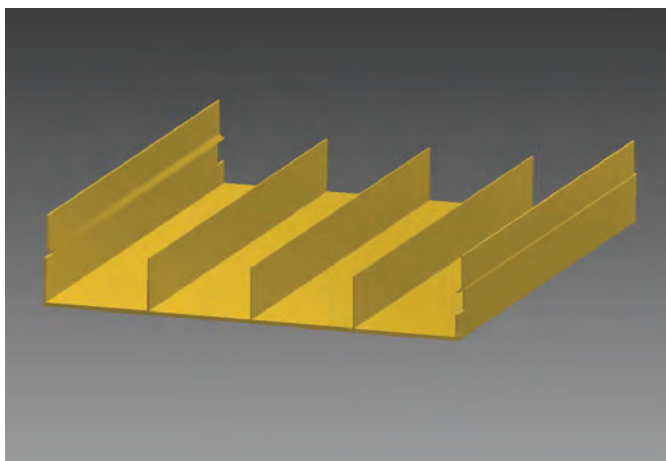


Originalna mašina kako bi zaustavila guranje svakog ležaja kada na lancu nema tačne a samim tim i padanje ležaja, koristi foto-čeliju dok ova mašina koristi brojčanik iz PLC-a CNT009. Ustanovljeno je da za opseg veličina polutki čiju specifikaciju je dao kupac, broj polutki koje „gurač“ (pneumatski cilindar koji gura svaku polutku) može da gurne a da iste ne pređu postolje 7.

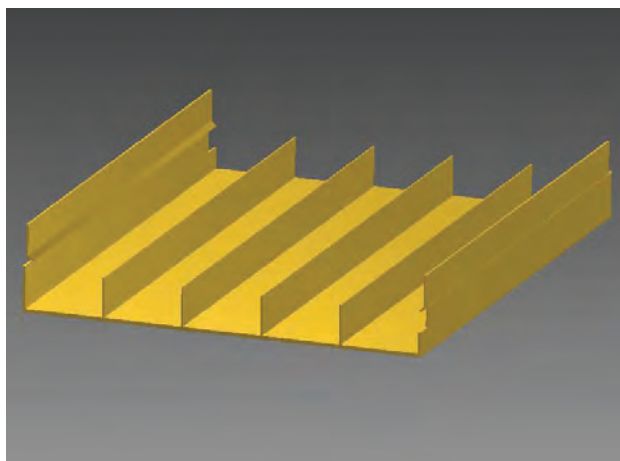
Upotrebom foto-čelije dobija se tačna pozicija polutki koje su na horizontalnoj ivici postolja, dok upotreba brojača ostavlja rezervu u hodu posebno kod manjih ležaja ali je njegovom upotrebom uproštena konstrukcija i funkcionalnost uz grešku ili nepreciznost u hodu koja je zanemarljiva.



Sl. 3 Preuzimanje polutki sa prese



Sl. 4 Tacna sa 4 kolone – polja, za veće polutke ležaja (Inventor)



Sl. 5 Tacna sa 5 kolona za manje polutke (Inventor)

2. PNEUMATIKA

Pneumatska šema mašine je prikazana na sljedećoj slici. Pored standardne grupe za pripremu vazduha, mnogo je lijepa upotreba Master Air elektromagnetnog ventila koji napaja vazduhom cijelu mašinu i koji je standardan na svim japanskim mašinama. Ono što nije naznačeno na ovoj šemi je inverzno spajanje cilindara (klipnjača vani) a što će kasnije biti evidentno iz PLC programa. Ova mašina sasvim lijepo radi pri pritisku od 4.5 bara, iako je industrijski standard 6 bara.

Kratki opis rada cilindara:

Gurač: polutku koja izađe iz prese, poslije vožnje transporterom dočeka ovaj cilindar koji je gura dužinom hoda klipnjače prema tacni;

Box cilindar vertikalni i horizontalni: ova dva cilindra povlače sve izgurane polutke do kraja tacne u svakoj koloni;

Letva – graničnik: treći cilindar u box-u koji služi kao vođica polutki u svakoj koloni tacne, paralelna sa pregradama kolona tacne, uvijek je u donjem položaju osim pri pomjeranju tacne;

Stoperi tacni: par cilindara koji zaustavljaju tacnu koja se krati po lancu na početku svake kolone;

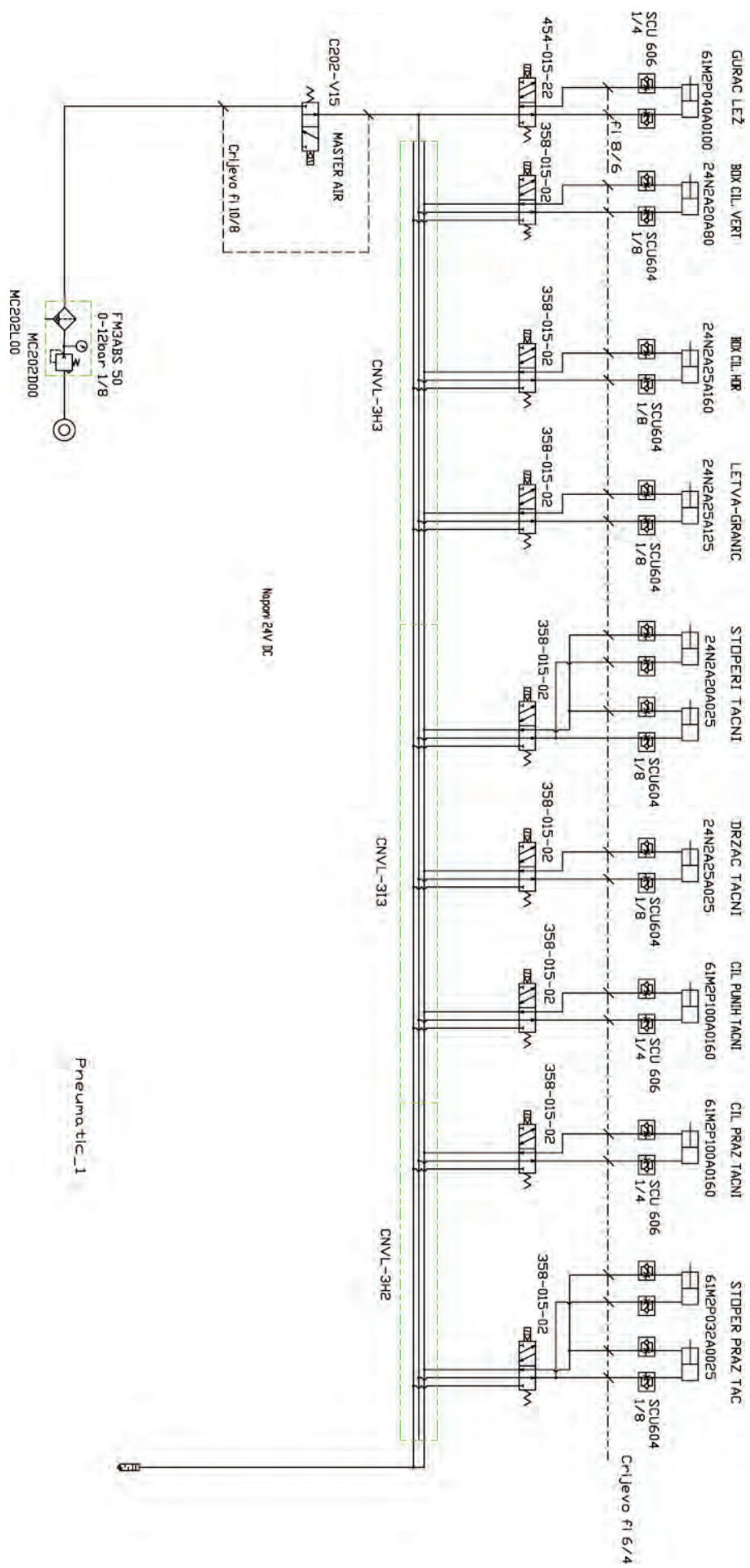
Držać tacni: cilindar koji sa zadnje strane pritisne tacnu pri nosaču kako između tacne i postolja ne bi bilo zazora;

Cil. punih tacni: podiže pune tacne, Ø 100 mm;

Cil. praznih tacni: podiže sve prazne tacne a spušta samo jednu na lanac, zbog toga ima 3 senzora na sebi;

Stoper praznih tacni: par cilindara čije je kretanje u horizontalnoj ravni, koji pri kretanju vertikalnog cilindra praznih tacni prema dolje propuštaju jednu tacnu na lanac a zaustavljaju sve ostale.

Pored navedenih pneumatskih cilindara, ova mašina od izvršnih organa ima dva elektromotora-reduktora. Jedan pokreće transporter koji uzima polutke sa prese i dovodi ih na postolje gdje ih pneumatski cilindar „gurač“ gura. Sa ovim reduktorom je postignuta željena brzina transportera. Drugi motor-reduktor pokreće lančanik za pomjeranje tacni. Željena brzina lanca tj. pomjeranja tacni postignuta je upotrebom frekventnog regulatora.



Sl. 6 Pneumatska šema (AutoCad)

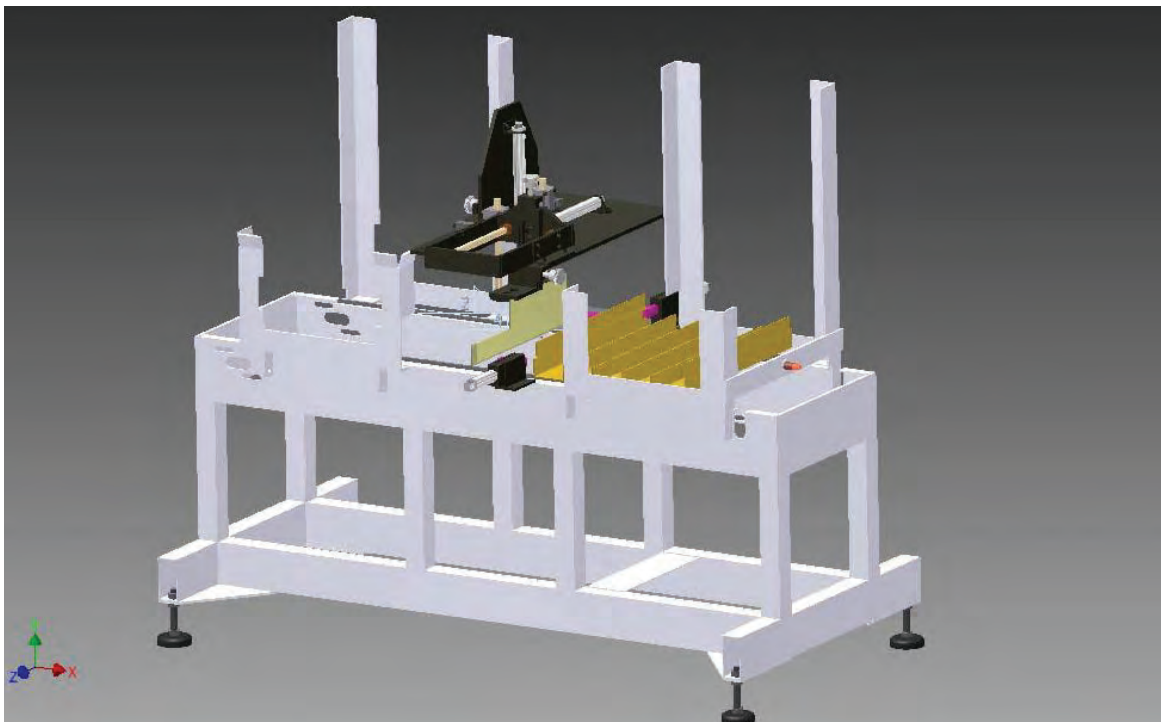
3. OPIS RADA MAŠINE

Rad mašine najjednostavnije je opisati ako se posmatra u tri dijela: prvi je dio sa praznim tacnama (na SL. 1 lijevi dio mašine), drugi je centralni dio u kome se vrši slaganje polutki u tacne i treći je desni dio sa punim tacnama.

Kada tacne nema na lancu (I1.5 i TIM008) cilindar praznih tacni podiže sve tacne do kraja svog hoda. Kada dođe u gornju poziciju dva stopera praznih tacni koji su postavljeni u horizontalnoj ravni sa prednje i zadnje strane mašine a na koje su se tacne oslanjale prije dizanja, uvlače se i tako dozvoljavaju da tacne mogu da prođu naniže, ali ne sve. Cilindar praznih tacni tada počinje sa spuštanjem svih praznih tacni i u momentu kada je jedna tacna (najniža) prošla poziciju stopera (I1.02), ovaj par cilindara se izvlači i onemogućava ostalim tacnama kretanje naniže. Tako je spuštena samo jedna tacna na lanac.




U srednjem dijelu mašine se vrši punjenje tacni sa polutkama. Polutke koje izlaze iz prese imaju dovoljnu brzinu da padnu na transporter koji je magnetisan i koji ih iz skoro horizontalnog kretanja u blagom luku prevodi u vertikalno kretanje gdje one same padaju na ravno postolje. Pneumatski cilindar „gurač“ bukvalno gura svaku polutku. Kako su polutke kao i većina konstruktivnih djelova metalni, a samim tim dolazi do odbijanja polutki koje su dosta lake, postavljen je proximity switch na visini od 16 cm od postolja (4 prosječne visine ležaja) koji zajedno sa timerom TIM012 daje signal da su prosječna 4 ležaja na vertikalnoj vođici iznad postolja. Ova akumulacija polutki po vertikalnoj vođici služi kao stabilizacija kretanja i koristi se kod svih mašina za mašinsku obradu polutki. Kada izgurane polutke aktiviraju mikroprekidač (I1.07), dva box cilindra, nazvana po kutiji iznad tacne u kojoj su smješteni, povuku sve polutke do kraja tacne. Letva-graničnik koja služi samo kao vođica za slaganje ležaja, podiže se, držač tacne se deaktivira, stoperi tacne se uvlače i motor lančanika pokreće lančanik koji pokreće lance na obje strane mašine na kojima se nalaze tacne. Kako je brzina kretanja tacni definisana brzinom kretanja lanca, stoperi tacni treba da propuste jednu pregradu na tacni (TIM006) i da zaustave sljedeću. Kada metalna tacna dodirne oba izolovana nastavka na klipnjačama ovih cilindara (I1.11) tacna je pozicionirana za punjenje nove kolone (polja) i motor lančanika se zaustavlja. Držač tacne pritiska tacnu prema guraču a letva-graničnik se spusta kao vođica za slaganje polutki. U toku kretanja tacne gurač koji gura svaku polutku ne zaustavlja svoj rad – oko 1 polutka/sec.

Podizanje punih tacni se aktivira kada tačne dođe do kraja lančanika – I1.09 i TIM007. Držač punih tacni je čisto mehanički sklop.



Sl. 7 Djelovi konstrukcije (Inventor)

1. Cilindri:

Br.	Naziv	Prečn cilindra	Hod	Vanjski presjek	Veza sa sklopom	Izlaz klipnjače	Priklj	Sen zori	Kom.
1		Ø 100	160		103x103 M10	M20x1.5	R1/4"	5	2
2		Ø 32	25		32X32 M6	M10X1.25	R1/8"	4	2
3		Ø 40	100		42X42 M6	M10X1.25	R1/8"	2	1
4		Ø 25	25	○	Uška M22X1.5	M10X1.25	R1/8"	0	1
5		Ø 20	30	○	M22X1.5	M8	R1/8"	2	1
6		Ø 25	150	○	M22X1.5	M10X1.25	R1/8"	2	1
7		Ø 25	125	○	M22X1.5	M10X1.25	R1/8"	2	1
8		Ø 20	20	○	M22X1.5	M8	R1/8"	2	2

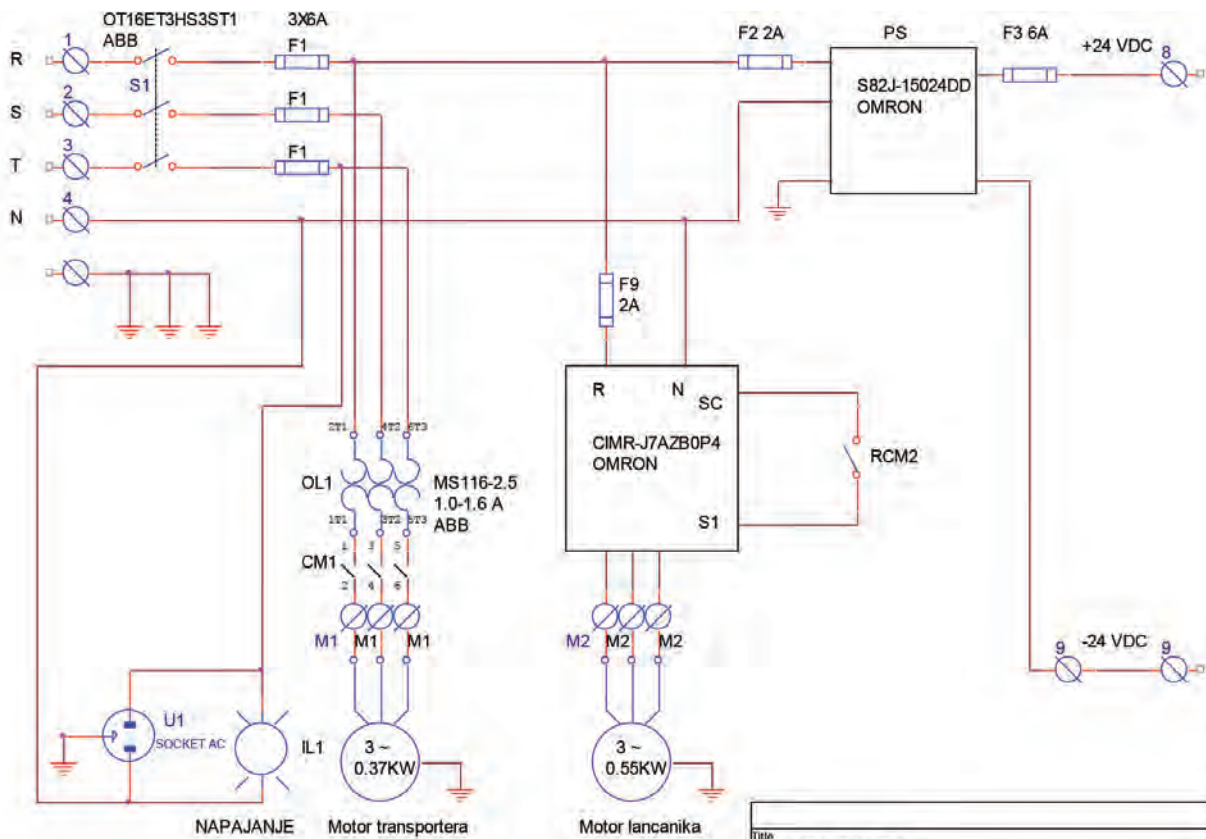
Za sve cilindre prigušnice (prigušuju izlaz iz cilindra) za crijevo Ø 6/4 kom 24
 Za sve cilindre izuzev 4 senzori krajnjih položaja +1 za poz. 1. kom 19

2. Elektro pneumatski razvodnik 5/2 (kao NO.4) kom 8
3. Elektro pneumatski razvodnik 5/2 (kao NO.5-7) kom 1
4. Elektro pneumatski razvodnik 3/2 (kao NO.9-12) kom 1
5. Priključna ploča za poziciju 2 (za P, R, S; 3 rupe) sa priključcima kom 1
6. Priključci za 2. za crijevo Ø 6/4 kom 20
7. Priključci za 4. za crijevo Ø 10/8 kom 3
8. Grupa za pripremu (odvlaž., reducer, zauljivač) sa priključcima za crijevo Ø10/8 kom 1

Sl. 8 Specifikacija pneumatike

4. ELEKTRIČNA ŠEMA

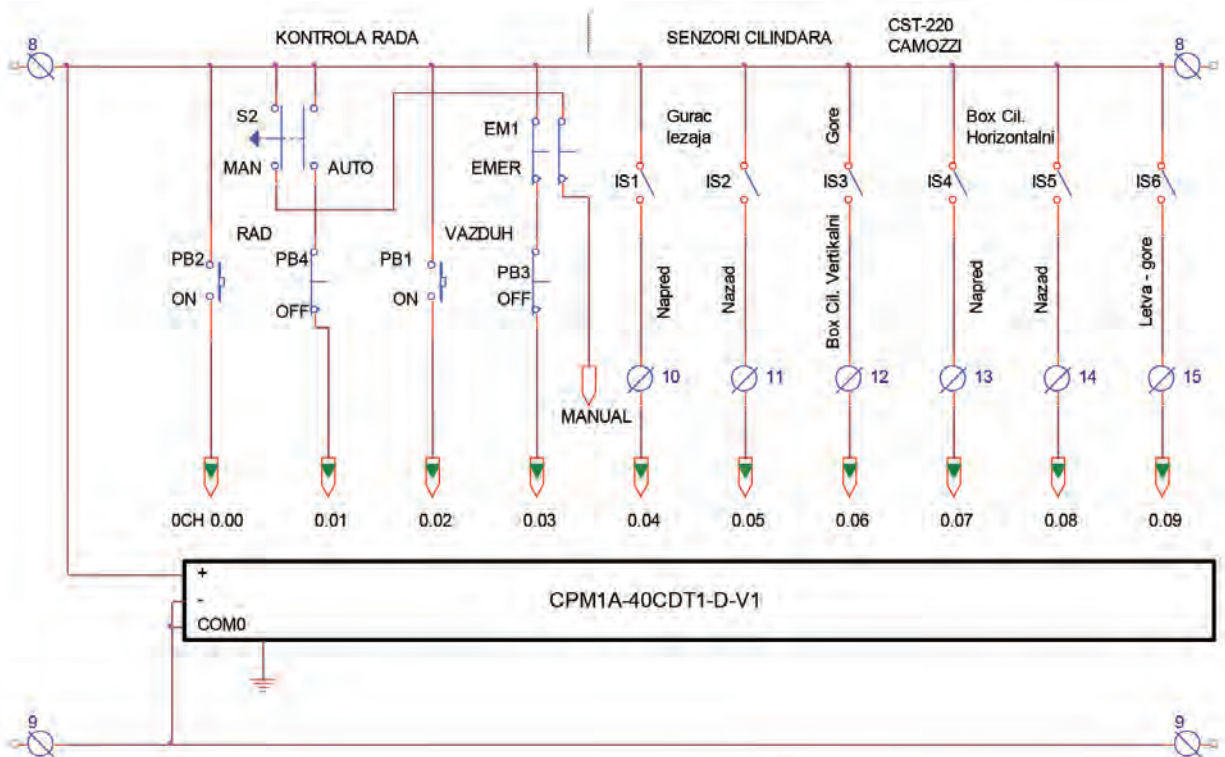
Električna šema mašine je crtana u OrCAD Capture/Version 10, programski paket čija je namjena crtanje profesionalnih elektronskih šema sa izuzetno velikom bazom digitalnih i analognih elektronskih komponenti većine svjetskih proizvođača, generiše listu povezanosti svih komponenti koja služi za proizvodnju štampanih ploča, te je za ovakvu, dosta banalnu primjenu previše glomazan. Ovdje je prikazana kompletna šema mašine, radna verzija prema kojoj je urađeno povezivanje kontrolnog panela sa oznakom svih komponenti.



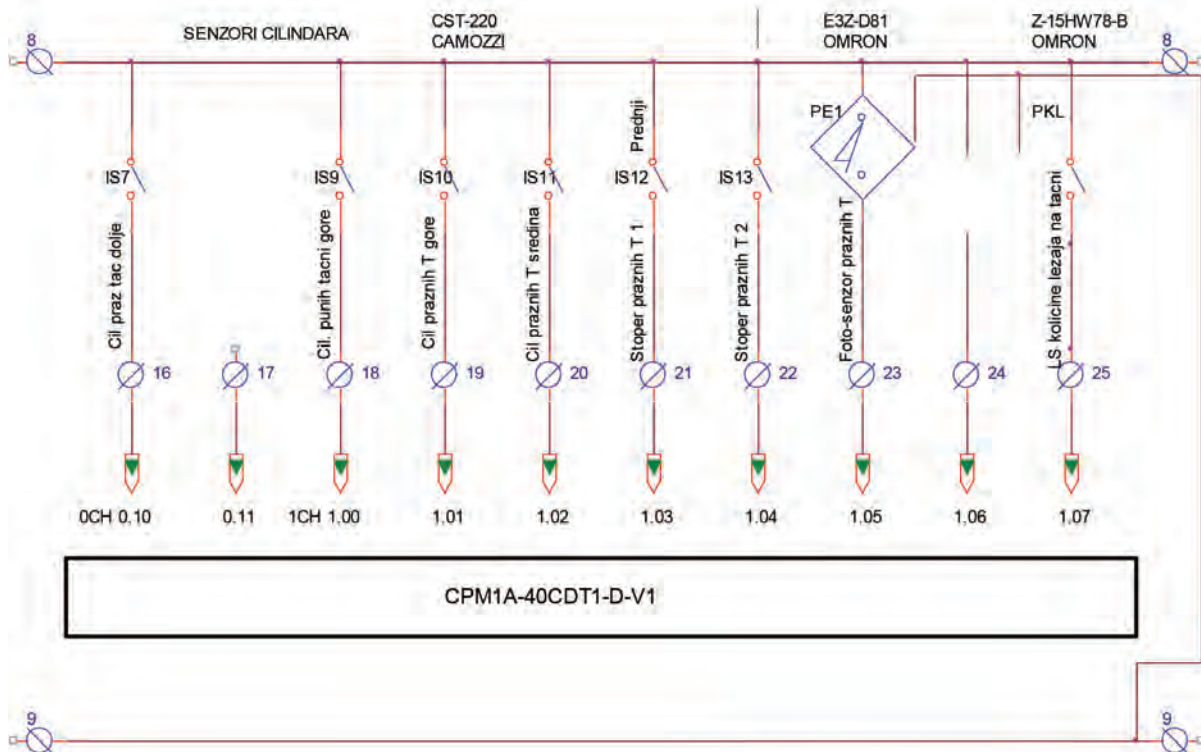
NAPAJANJE Motor transportera

Motor lancanika

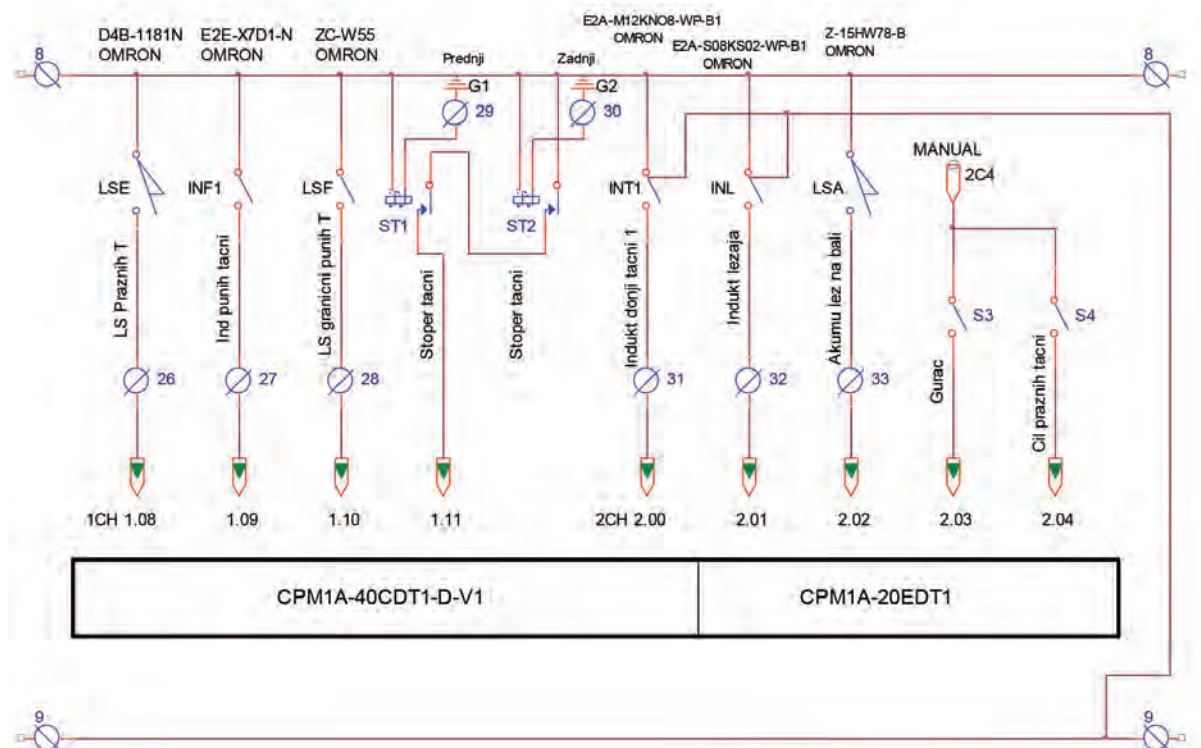
Title		
SLAGALICA		
Size	Document Number	Rev
A	DAIDO METAL KOTOR	01
Date:	Thursday, June 15, 2006	Sheet 1 of 7



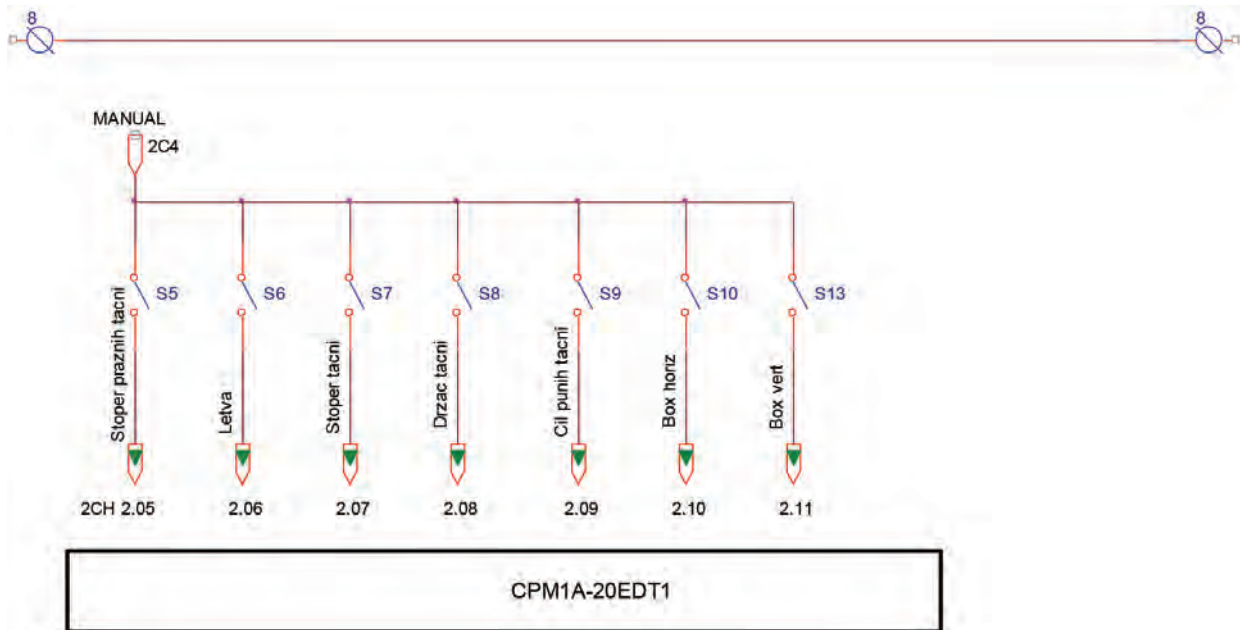
Title		
SLAGALICA		
Size	Document Number	Rev
A	DAIDO METAL KOTOR	01
Date:	Thursday, June 15, 2006	Sheet 2 of 7



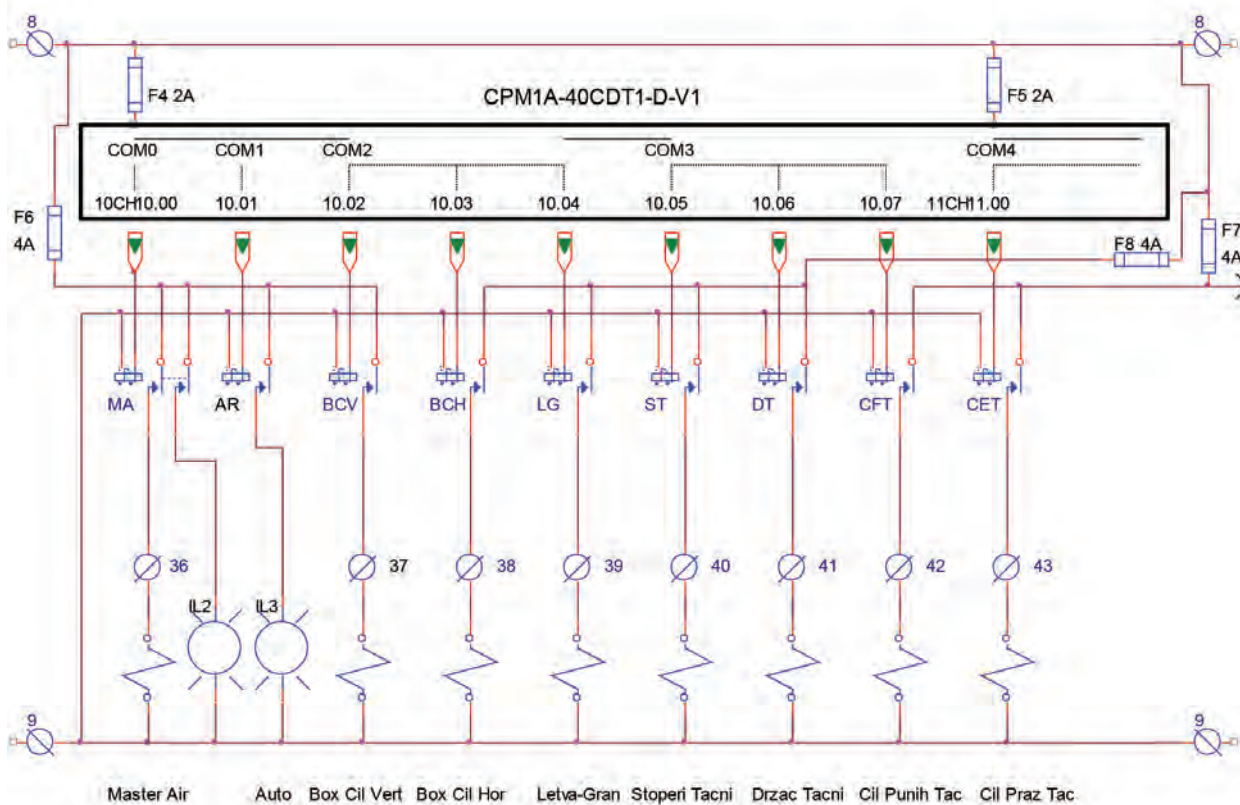
Title		
SLAGALICA		
Size	Document Number	Rev
A	DAIDO METAL KOTOR	01
Date:	Thursday, June 15, 2006	Sheet 3 of 7



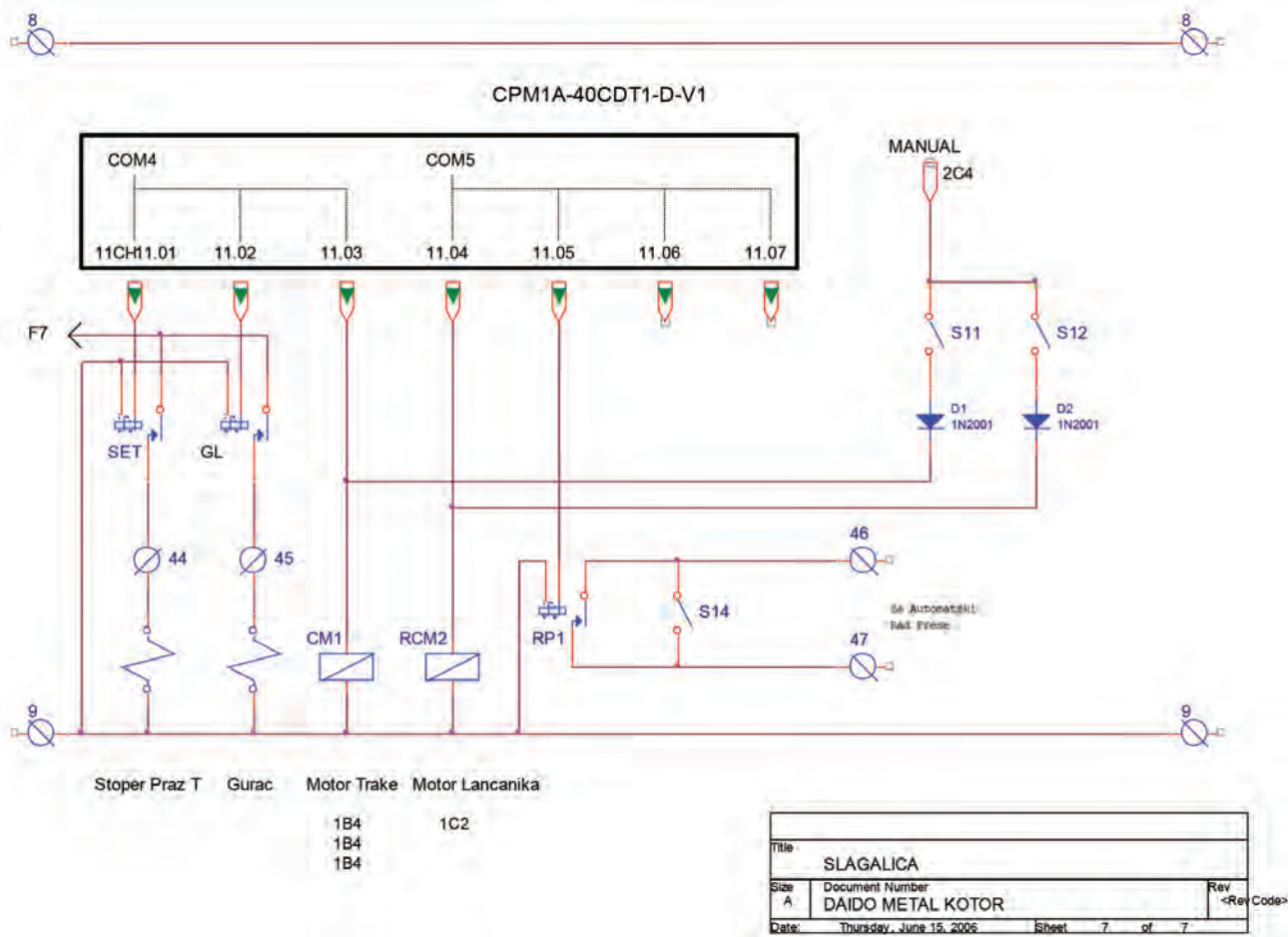
Title		
SLAGALICA		
Size	Document Number	Rev
A	DAIDO METAL KOTOR	01
Date:	Thursday, June 15, 2006	Sheet 4 of 7



Title	SLAGALICA	
Size	Document Number	Rev
A	DAIDO METAL KOTOR	01
Date	Thursday, June 15, 2006	Sheet 5 of 7



Title	SLAGALICA	
Size	Document Number	Rev
A	DAIDO METAL KOTOR	01
Date	Thursday, June 15, 2006	Sheet 6 of 7



Sl. 9 Električna šema mašine (OrCAD)

5. PLC PROGRAM

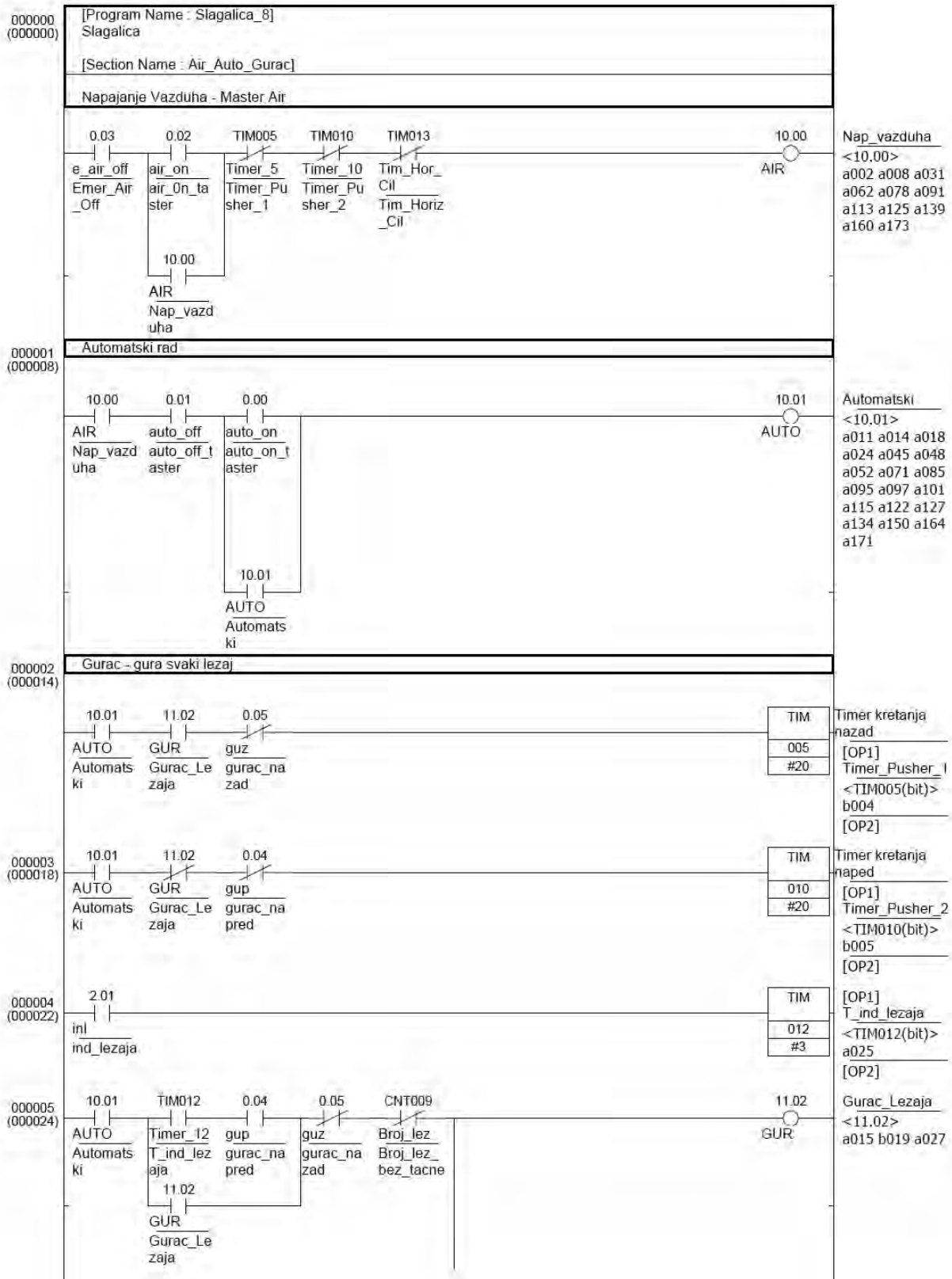
U ovoj instalaciji korišten je PLC Omron CPM1A-40CDT1-D(V1) sourcing transistor outputs [1] sa 24 ulaza i 16 izlaza, sa modulom proširenja CPM1A-20EDT1 [2] koji ima 12 ulaza i 8 izlaza, što daje ukupno 36 ulaza i 24 izlaza, a kao što je vidljivo sa šeme, upotrebljeno je svih 36 ulaza i 14 izlaza.

Za programiranje PLC-a (Programmable Logic Controller) korišten je CX Programmer [3], Omron-ov Softverski alat koji omogućava dosta brzo pisanje programa, debugiranje i izvršavanje programa dok ste povezani sa PLC-om – online. Program je pisan Ladder diagramom koji podsjeća na simbole električnih šema i ima dosta lijepu mogućnost pisanja programa u sekcijama.

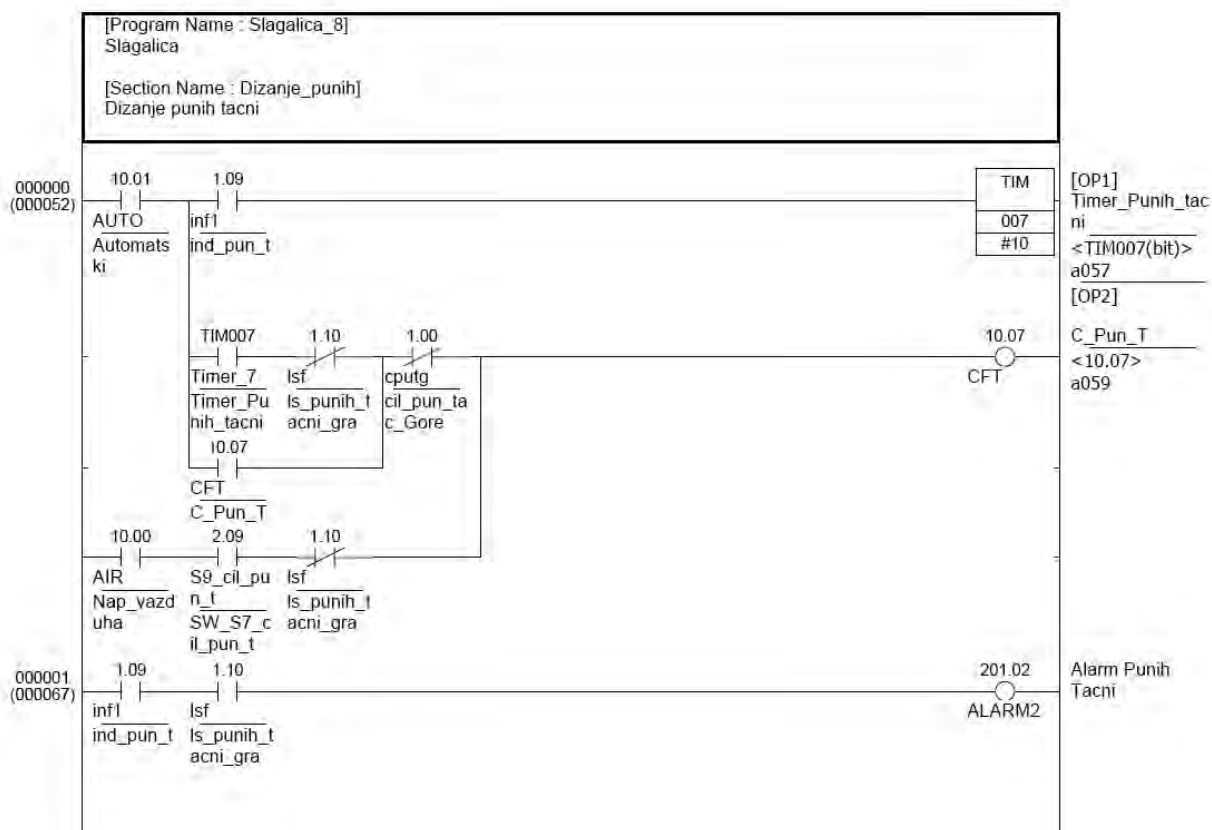
Na slici 10 prikazan je Ladder digram sekcije napajanje vazduha – Master Air, sekcija za automatski rad mašine i sekcija gurača – pneumatskog cilindra koji gura svaku polutku.

Slika 11 je ladder diagram sekcije dizanja punih tacni, a slika 12 je ladder diagram sekcije pomjeranja ležaja do kraja kolone pomoću box horizontalnog i vertikalnog cilindra i pomjeranje tacne za jedno polje pomoću lančanika.

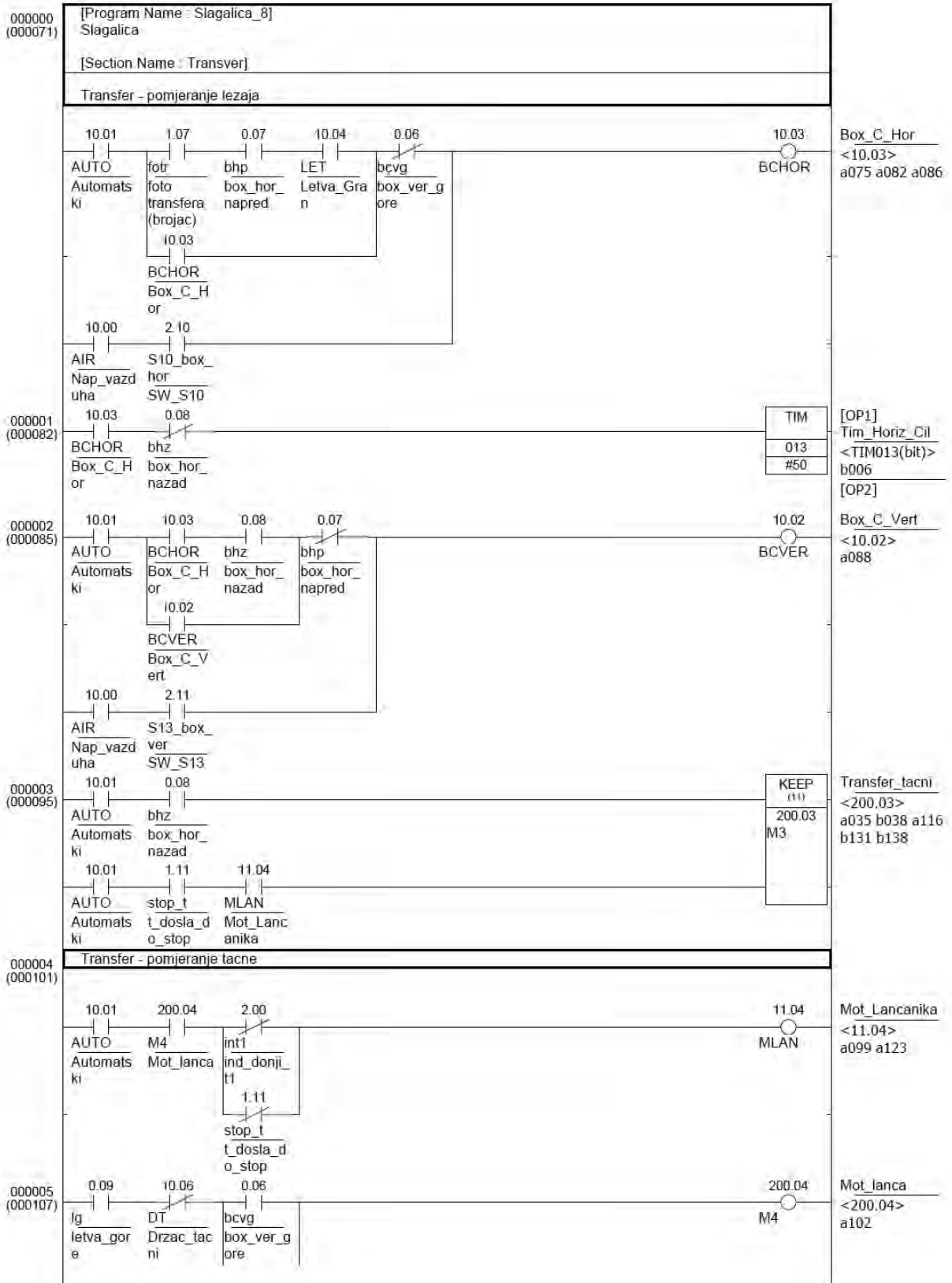
Slika 13 prikazuje ladder sekciju PLC programa za spuštanje praznih tacni.

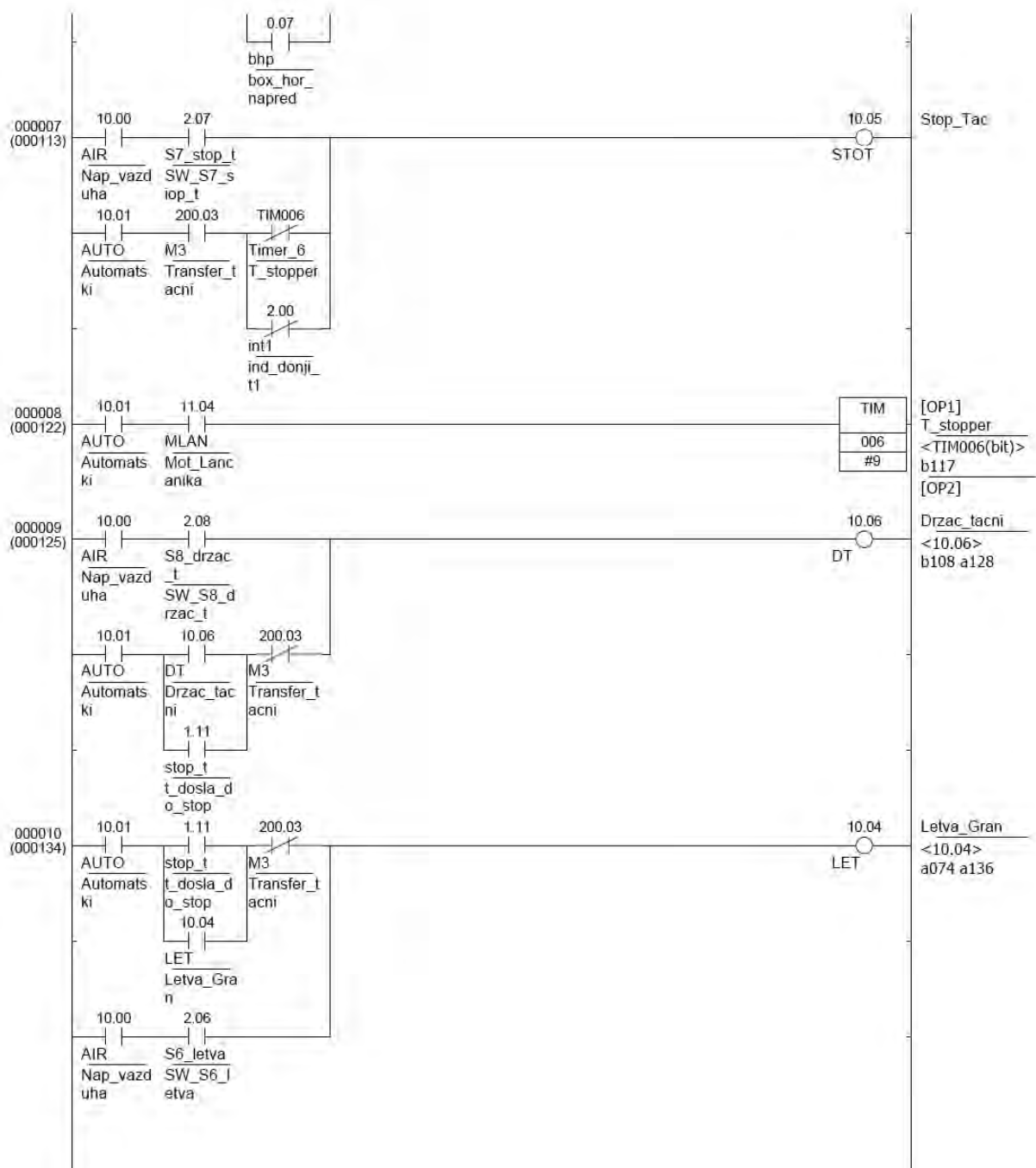


Sl. 10 PLC program, sekcija Air_Auto_Gurac

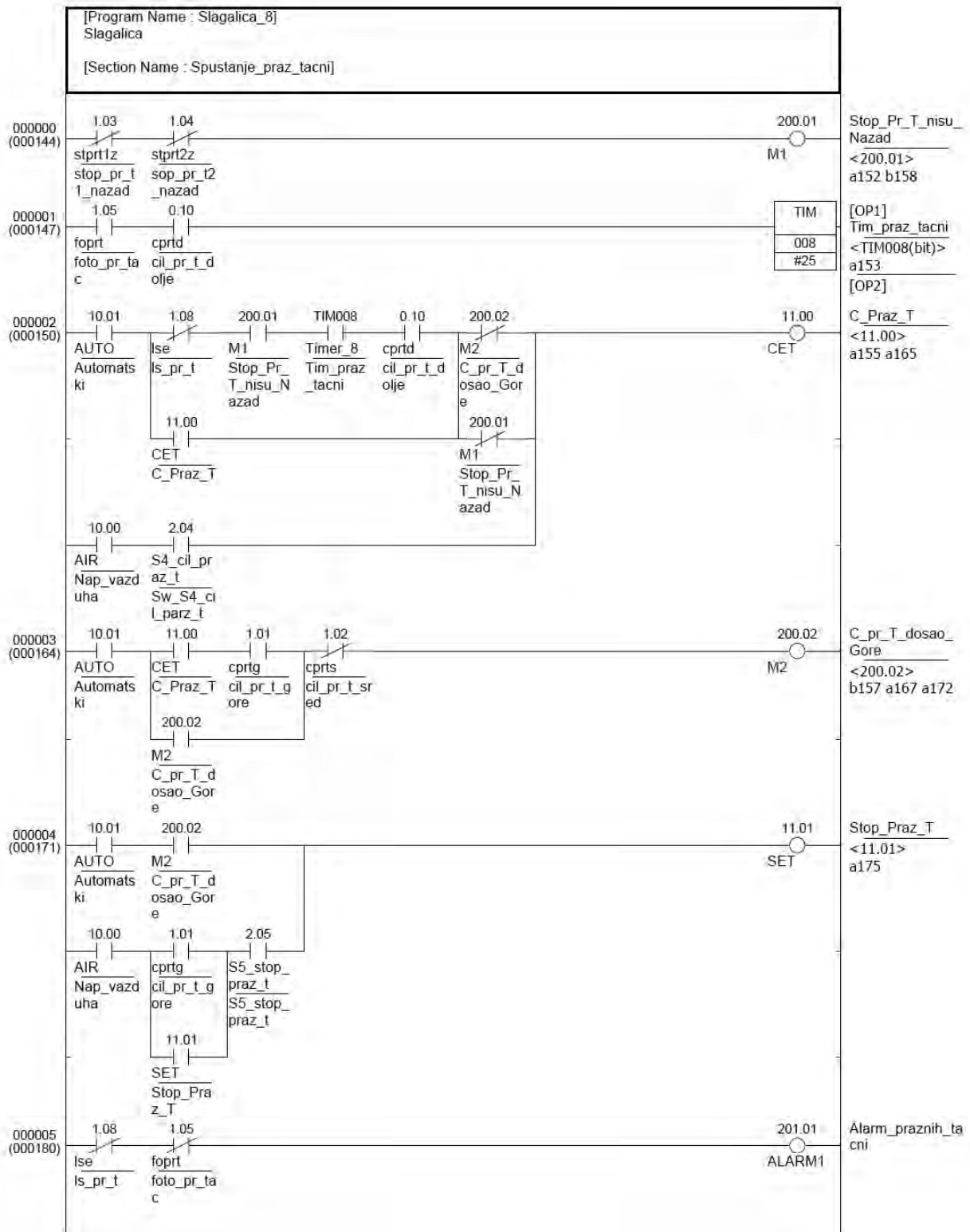


Sl. 11 PLC program, sekcija dizanje punih tacni

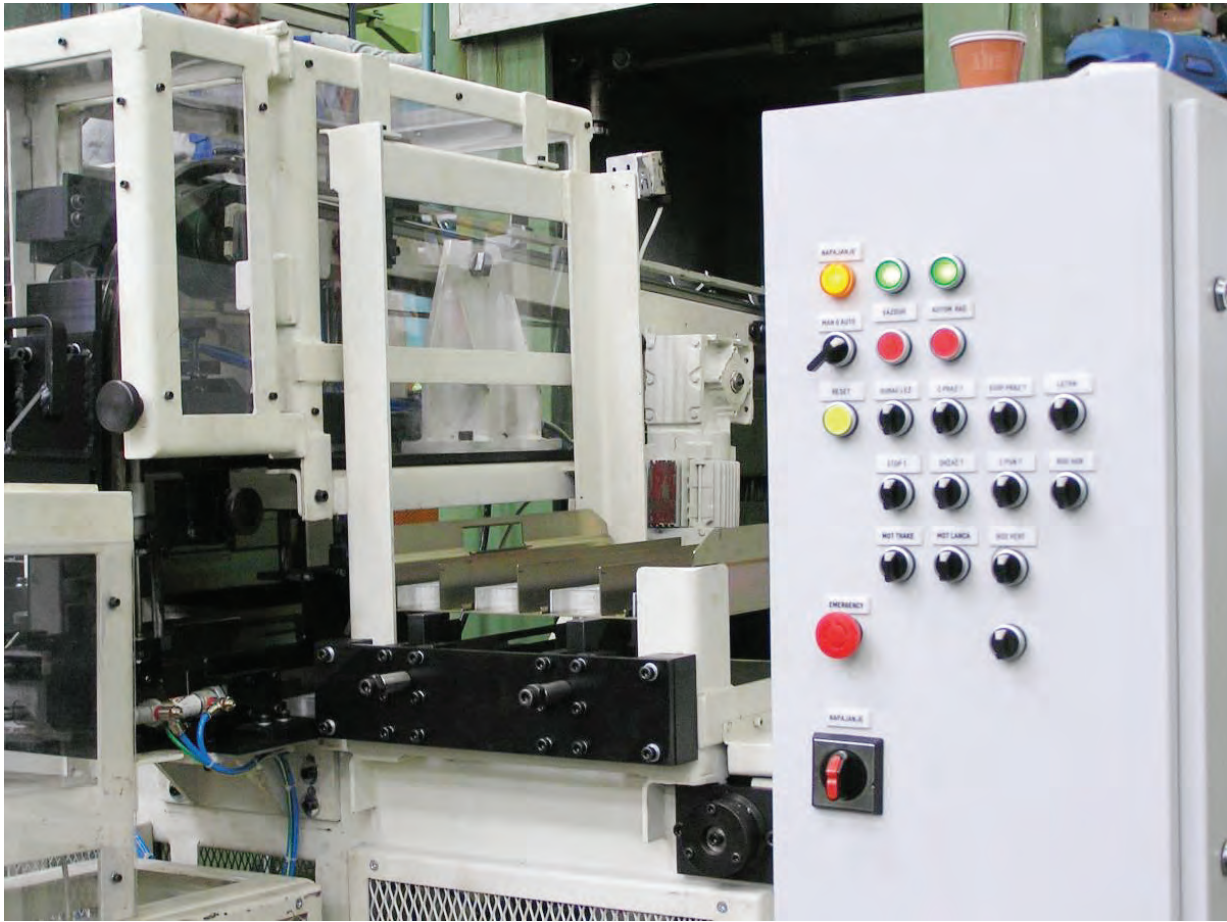




Sl. 12 PLC program, sekcija pomjeranje ležaja do kraja kolone i pomjeranje tacne



Sl. 13 PLC program, sekcija spuštanje praznih tacni



Sl. 14 Izgled panela

LITERATURA

- [1] CPM1A Programmable Controllers, Operation Manual, OMRON Corporation, Revised 2007.
- [2] Micro Programmable Controller CPM1A, OMRON ELECTRONICS LLC, Cat. No. R301-E3-01
- [3] CX-Programmer Introduction Guide, OMRON Corporation 2008-2013, Cat. No. R132-E1-05

SISTEMI ZA SKLADIŠTENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE - IZVEDBE, KONEKCIJA SA MREŽOM I TROŠKOVI INSTALACIJE

Martin Čalasan - Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet, Podgorica

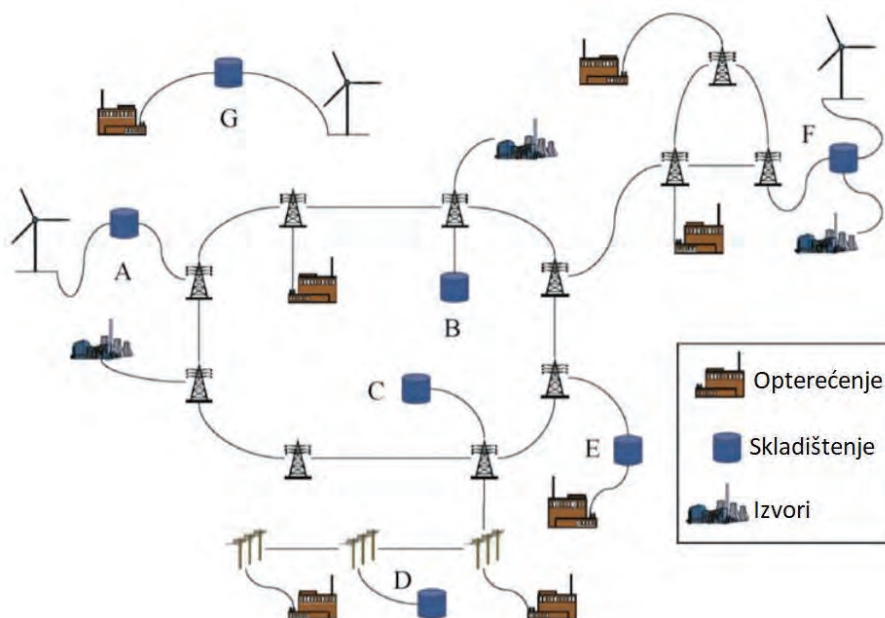
KRATAK SADRŽAJ

Sigurno, efikasno i ekonomično snabdijevanje potrošača električnom energijom predstavlja osnov energetske politike svih zemalja svijeta. Međutim, kako je električna energija roba koju je potrebno i čuvati, u svijetu se razvijaju brojni sistemi za skladištenje električne energije. Pošto se i u Crnoj Gori planira implementacija nekog od tih sistema upravo ovaj rad se tiče opisa njihovih trenutno najpoznatijih izvedbi. Osim opisa rada, u radu će biti date osnovne jednačine koje opisuju sisteme za skladištenje energije, opisana konekcija sa elektroenergetskom mrežom i naveden pregled stanja po pitanju ovih projekata u svijetu. Takođe, u radu će biti izvršeno poređenje osnovnih tehničkih karakteristika (nominalna snaga, efikasnost, životni vijek i slično) različitih tehnologija za skladištenje električne energije. Na kraju, prikazaće se poređenje po pitanju troškova instalacije i pogonskih troškova različitih tipova sistema za skladištenje energije.

Ključne riječi: Sistemi za skladištenje električne energije, EES, troškovi instalacije, izvedbe.

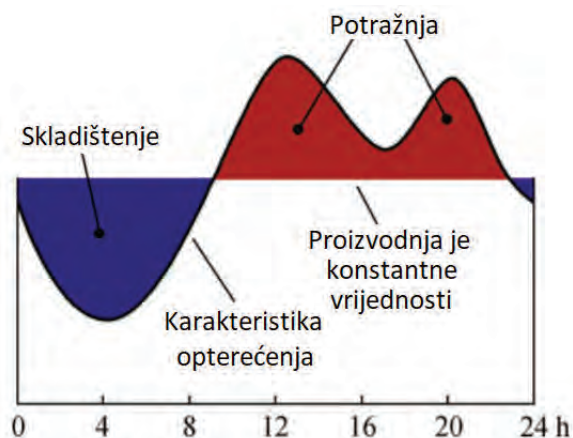
1. UVOD

Elektroenergetski sistem (EES) predstavlja složen, dinamičan sistem od koga se očekuje trenutno obezbjeđivanje električne energije za potrošača. Međutim, kao posljedica nejednakih vrijednosti proizvodnje i potrošnje električne energije, javljaju se problemi vezani za pulsacije napona i frekvencije od njihovih nominalnih vrijednosti. Ovo je posebno karakteristično kod EES koji sadrže i obnovljive izvore energije, jer se ovi izvori karakterišu nestacionarnom proizvodnjom. Jedno od potencijalnih rješenja za premošćavanje razlike između proizvodnje i potrošnje električne energije bazira se na upotrebi sistema za skladištenje električne energije (SEE) [1-2]. Jedan opšti prikaz pozicije sistema za skladištenje energije u prisustvu vjetroelektrana prikazan je na slici 1.1 [3].



Slika 1.1 Pozicije sistema za skladištenje energije u EES [3]

Postupak skladištenja električne energije predstavlja postupak prilagođavanja proizvedene električne energije u odnosu na njenu potrošnju. Međutim, i proizvodnja i potrošnja energije su vremenski promjenjive, pa postupak skladištenja energije ustvari predstavlja “peglanje” dijagrama proizvodnje i dijagrama potrošnje električne energije. Na slici 1.2 prikazana je kriva opterećenja, prava koja predstavlja proizvodnju i intervali u kojima se energija skladišti i potražuje.



Slika 1.2 Grafički prikaz značaja sistema za skladištenje energije [3]

U tehničkom smislu, skladištenje električne energije se zasniva na transformaciji energije iz jednog oblika u drugi. Ako se govori o električnim sistemima onda se energija čuva u vidu elektromagnetne, elektrohemijske, kinetičke ili potencijalne energije. Međutim potrebno je naglasiti da iako se generalno govori o skladištenju energije, u praksi ovaj postupak podrazumijeva i obrnuti postupak. Naime, energija se skladišti u intervalima kada je proizvodnja energije veća od potrošnje, dok se skladištene rezerve koriste kada potrošnja energije nadmašuje njenu proizvodnju [4-7].

Sistemi za skladištenje električne energije moraju da ispune, osim energetske, i ekološke i ekonomske zahtjeve. Isto tako, od ovih sistema se očekuje da budu brzi, efikasni i ekonomski isplativi [8]. Zbog toga, izbor odgovarajućeg sistema za skladištenje energije nije nimalo lak zadatak. U tom cilju potrebno je poznavati opšte karakteristike sistema za skladištenje među kojima su najznačajniji - kapacitet skladištenja, vremenska konstanta reagovanja sistema, gustina energije (snage), brzina punjenja i pražnjenja, efikasnost sistema, vrijednost investicija, kompatibilnost i slično.

U ovom radu je dat opis najvažnijih sistema za skladištenje električne energije. U tom cilju opisan je ukratko princip njihovog rada, najvažnije prednosti sistema, ali i nedostaci. Takođe, izvršeno je poređenje različitih tehnologija za skladištenje energije sa različitih kriterijuma.

Sam rad je organizovan iz nekoliko poglavlja. U drugom poglavlju, kroz veći broj cjelina opisani su najznačajniji tipovi sistema za skladištenje električne energije. U trećem poglavlju opisana je konekcija sistema za skladištenje energije sa elektroenergetskom mrežom. Analiza broja realizovanih projekata sistema za skladištenje energije u svijetu data je u četvrtom poglavlju, dok je u petom izvršeno poređenje sistema za skladištenje enregije sa različitih aspekata. U zaključku je dat osvrt na cjelokupan rad.

2. SISTEMI ZA SKLADIŠTENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE [8]

Danas postoje različiti načini za skladištenje električne energije. Najznačajniji među njima su:

- Sistemi zasnovani na upotrebi potencijalne energije iz vodenih rezervoara,
- Sistemi zasnovani na upotrebi kompresovanog vazduha,
- Sistemi zasnovani na upotrebi elektrohemijske energije baterija,
- Sistemi zasnovani na upotrebi kinetičke energije zamajca,
- Sistemi zasnovani na upotrebi magnetnog polja kalema i
- Sistemi zasnovani na upotrebi električnog polja kondenzatora.

U ovom poglavlju su navedene najvažnije odlike svakog od prethodno navedenih sistema.

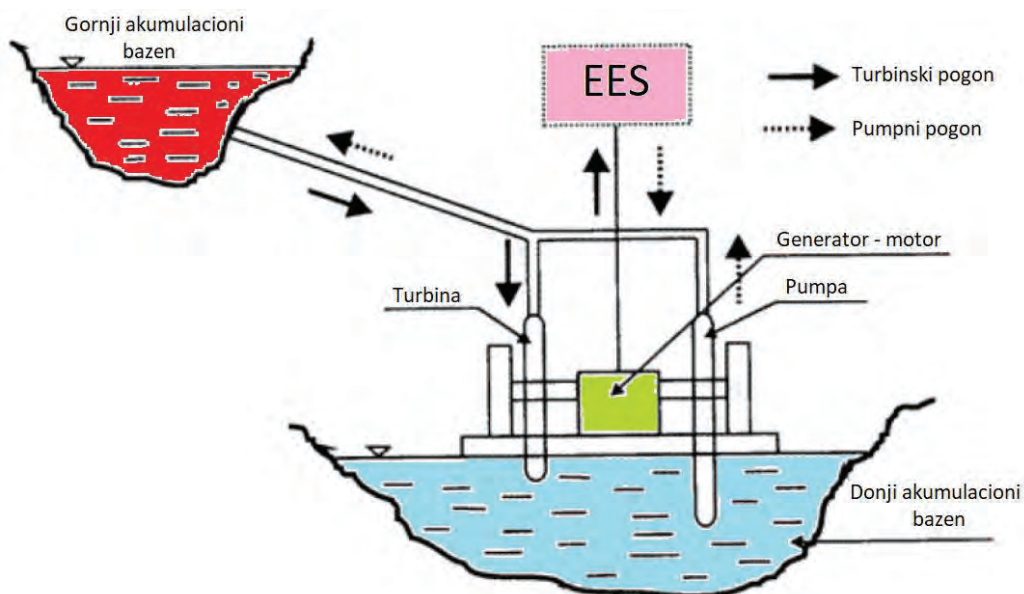
2.1 REVERZIBILNE HIDROELEKTRANE

Reverzibilne hidroelektrane su najrazvijeniji sistemi skladištenja energije, a čiji princip rada je zasnovan na principu potencijalne energije vode iz vodenih rezervoara. Naime, u periodu manje potražnje električne energije, voda se iz donjeg rezervoara pumpa upotrebom električnog motora u gornji rezervoar gdje se skladišti. Kada je potrebno proizvesti električnu energiju voda se iz gornjeg rezervoara propušta kroz turbine koja pokreće generator. Prema tome, skladištena vrijednost energije je proporcionalna zapremini vode u gornjem rezervoaru i visini rezervoara, shodno sljedećem izrazu:

$$E_{PHS} = \rho g H V, \quad (2.1)$$

gdje je E_{PHS} skladištena energija, ρ je gustina vode, g je gravitaciono ubrzanje, H je visina gornjeg bazena i V je zapremina vode u gornjem bazenu.

Za razliku od konvencionalnih hidroelektrana, kod kojih voda iz akumulacionog jezera protiče kroz postrojenje, reverzibilne hidroelektrane imaju dva skladišta vode - gornju i donju akumulaciju. Gornja akumulacija ima istu ulogu kao akumulaciono jezero kod klasičnih hidroelektrana. Izgradnjom brane na ovoj akumulaciji osigurava se skladištenje (akumulacija) vode, koja kada protiče kroz postrojenje služi za proizvodnju električne energije. Ta voda koja služi za proizvodnju energije prelazi u drugo, donje, akumulaciono jezero i ne vraća se u osnovni tok rijeke. Opšti blok dijagram reverzibilne elektrane je prikazan na slici 2.1.



Slika 2.1. Opšti blok dijagram reverzibilne hidroelektrane



Bajina Bašta - Maksimalna snaga elektrane u generatorskom režimu je 614 MW, sa prosečnom godišnjom proizvodnjom od oko 800 do 1.000 GWh. Maksimalna ulazna snaga u pumpnom režimu je 620 MW.



Velebit (Hrvatska) - Elektrana ima dve generatora snage po 138 MW, dok je snaga motora-pumpe 2x120 MW. Prosečna godišnja proizvodnja je oko 430 GWh.

Slika 2.2 Reverzibilne elektrane u regionu

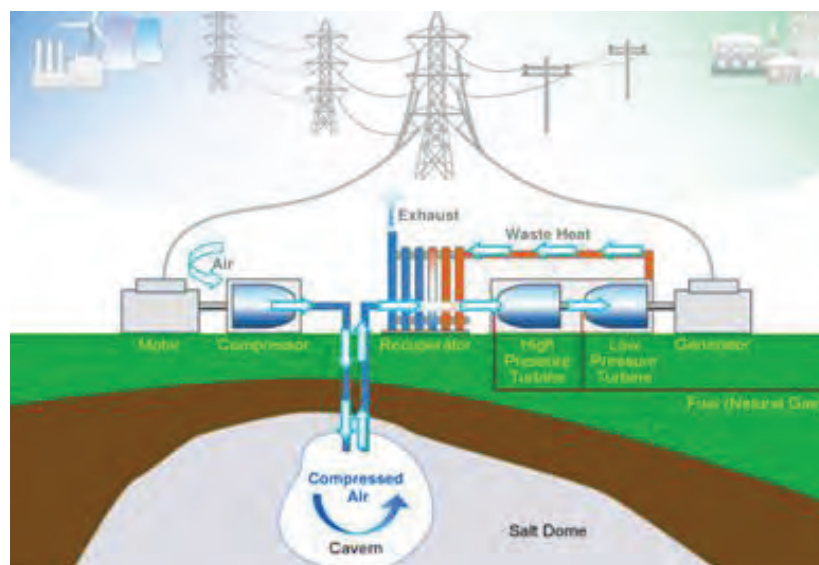
Reverzibilne elektrane koriste pouzdane elemente (generatori i električne turbine) koji omogućavaju brzu regulaciju proizvodnje električne energije. Sa druge strane, radni vijek reverzibilnih hidroelektrana je oko 30-50 godina, sa efikasnošću od 65-75%. Međutim, glavni nedostatak reverzibilnih elektrana je zavisnost od geografskog terena, što uslovljava i cijenu izgradnje.

Reverzibilne hidroelektrane efikasno omogućuju integraciju obnovljivih izvora energije (posebno energije vjetrova i energije sunca), kao i tzv. ekonomsku arbitražu (uz pomoć njih se može smanjivati cijena električne energije iz skupih izvora) i stepenovanje ulaganja u električne mreže i slično. Međutim, realnost je da kapaciteti za skladištenje bazirani na reverzibilnim elektranama neće biti dovoljni da „koordinišu“ između svih drugih obnovljivih izvora energije.

Najveće reverzibilne elektrane u regionu prikazane su na slici 2.2. Inače, najveća reverzibilna elektrana u svijetu je Bath County Pumped Storage Station - SAD (3003MW), Huizhou Pumped Storage Power Station - Kina (2448MW) i Guangdong Pumped Storage Power Station or Guangzhou Pumped Storage Power Station - Kina (2400MW) [9].

2.2 SISTEMI ZASNOVANI NA UPOTREBI KOMPRESOVANOG VAZDUHA

Sistemi zasnovani na upotrebi kompresovanog vazduha (Compressed Air Energy Storage - CAES) zahtijevaju upotrebu parnih turbina. Kod ovih sistema se energija čuva u vidu kompresovanog vazduha, ispod zemlje pod pritiskom u opsegu od 40 do 70 bara pri temperaturi bliskoj sobnoj temperaturi. Takođe, postoje i izvedbe u kojima se ne koriste podzemne pećine, već se kompresovani vazduh čuva u nadzemnim rezervoarima.



Slika 2.3 Princip rada CAES sistema

Kada je potrebno proizvesti električnu energiju, kompresovani vazduh se zagrijava i širi u nizu turbina visokog i niskog pritiska. Ove turbine energiju kompresovanog vazduha pretvaraju u kinetičku energiju, dok generator kinetičku energiju pretvara u električnu. Vazduh koji je prošao kroz set turbina se koristi za zagrijavanje vazduha u rezervoaru. Na slici 2.3 je prikazana slika jednog ovakvog sistema za skladištenje energije.

Prednost skladištenja energije sabijenim vazduhom ogleda se u njegovom velikom kapacitetu, dok su nedostaci mali stepen iskorišćenja i geografska ograničenja lokacije. Osim toga, rezervoar za skladištenje kompresovanog vazduha predstavlja i potencijalnu opasnost za okolinu, jer usljed prevelikog pritiska, ili pulsacija pritiska uzrokovanih promjenom temperature, može doći i do eksplozije. Zbog svega navedenog, u prilog tome koliko je ovo kompleksan sistem, dovoljno govori činjenica da u svijetu do sada postoje svega 2 izvedbe: jedna izvedba u Njemačkoj snage 290MW i druga u Alabami (SAD) snage 110MW. Međutim, uz energetska efikasnost od oko 71% CAES sistemi imaju životni vijek od oko 40 godina, pa se zajedno sa reverzibilnim hidroelektranama svrstavaju u dugotrajne sisteme za skladištenje energije.

2.3 SISTEMI ZASNOVANI NA UPOTREBI ELEKTROHEMIJSKE ENERGIJE BATERIJA

Sistemi zasnovani na upotrebi elektrohemijske energije baterija (Battery Energy Storage System - BESS) pretvaraju električnu energiju u potencijalnu hemijsku energiju, tokom punjenja baterija, i obrnuto, hemijsku u električnu, tokom pražnjenja baterija.

Danas, postoje razne vrste baterija od kojih su najpopularnije: Lead-acid, Ni-Cd, natrijum-sumpor i Li-on baterija. Dalje će biti prikazane neke prednosti i nedostaci ovih baterija.

2.3.1 OLOVNE BATERIJE - LEAD-ACID BATERIJE

Istraživanja na polju baterija sa olovnom kiselinom traju već preko 140 godina. Njihova najveća prednost, a koja uzrokuje i široku upotrebu, jeste niska cijena u odnosu na ostale vrste baterija. Sa druge strane, ovaj tip baterija ima najkraći životni vijek, svega 200-1800 ciklusa, što prije svega zavisi od radne temperature. Takođe ove baterije imaju mali kapacitet energije i snage.

2.3.2 NIKL KADMIJUM BATERIJE - NI-CD BATERIJE

Nikl-kadijum baterije (Ni-Cd) imaju dobre karakteristike u pogledu životnog vijeka. Naime, njihov životni vijek se kreće u granicama od 3500 ciklusa do čak 50000. Glavna prednost upotrebe ovih baterija se ogleda u malom održavanju. Međutim, ove baterije imaju dva velika nedostatka - visoka cijena (posebno u poređenju sa lead-acid baterijama) i opasnost po zdravlje (nikl i kadijum su otrovni teški metali koji mogu izazvati ozbiljne zdravstvene probleme kod ljudi).

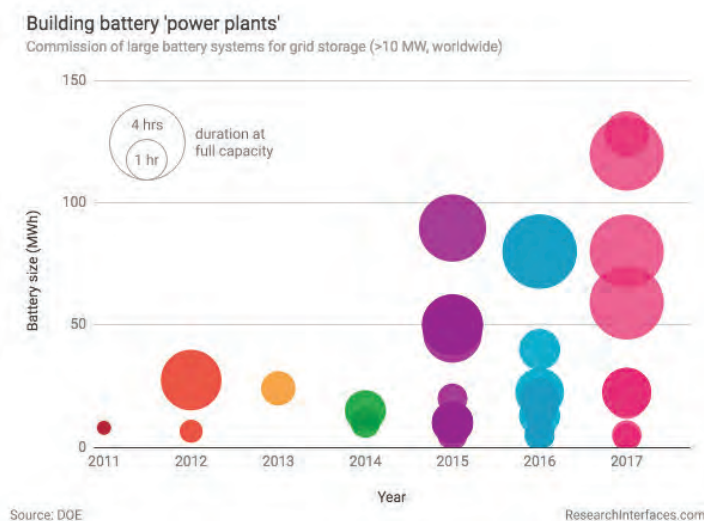
2.3.3 NATRIJUM-SUMPORNE BATERIJE

Natrijum-sumporne baterije predstavljaju jednu od najnovijih vrsta baterija. Ove baterije imaju tri pozitivne odlike - velika energetska efikasnost (85%), velika gustina energije (151kWh/m³) i veoma malo samopražnjenje. Međutim, najveća mana ove tehnologije jeste njihov kratak životni vijek, što je posljedica reakcija koje se dešavaju unutar baterije.

2.3.4 LITIJUM – JONSKE BATERIJE LI-ON BATERIJE

Litijum – jonske baterije su trenutno najpoznatije baterije, koje imaju i široku primjenu. Ove baterije imaju visoku specifičnu energiju (oko 75-125 Wh/kg), visoku energetska gustinu (oko 170-300 Wh/l) brzo punjenje i visoku efikasnost (78%). Međutim, glavni nedostatak ovih baterija leži u njihovim lošim naponskim i temperaturnim karakteristikama, pa za pravilno funkcionisanje zahtijevaju zaštitna kola. I pored ovih nedostataka ovaj tip baterija ima najveću primjenu kod mobilnih telefona, u računarskoj tehnici, dok se intenzivno istražuje njihova primjena za električne automobile.

Međutim, glavna primjena litijum-jonskih baterija jeste i u sistemima za skladištenje energije, a koji se odlikuju velikim vrijednostima snage i brzim odzivom. Na slici 2.4 prikazan je trend upotrebe litijum jonskih MW-tnih sistema za skladištenje energije u svijetu.



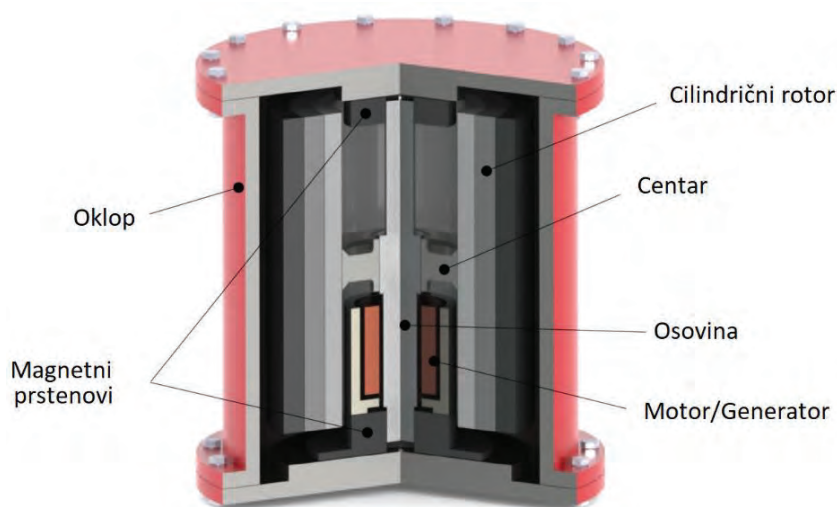
Slika 2.4 Trend upotrebe Litijum jonskih baterija kao sistema za skladištenje električne energije [9]

2.4 SISTEMI ZASNOVANI NA UPOTREBI KINETIČKE ENERGIJE ZAMAJCA - FLYWHEEL ESS

Kod sistema zasnovanih na upotrebi kinetičke energije zamajca - Flywheel ESS (FESS) skladišti se kinetička energija u rotacionom disku koji je postavljen na osovinu električne mašine. Prema tome, kod ovih sistema kada mašina radi kao motor, energija se prenosi na zamajac, dok kada dolazi do smanjenja brzine pogona, energija zamajca se prazni pri čemu dolazi do regenerativnog kočenja električne mašine koja pogoni čitav sistem. Energija zamajca se može izraziti na sljedeći način:

$$E_{fw}(J) = \frac{1}{2} J\omega^2. \quad (2.2)$$

gdje je J moment inercije zamajca, a ω ugaona brzina zamajca. Međutim, treba naglasiti da je kapacitet energije ovakvog sistema limitiran maksimalnom i minimalnom brzinom zamajca. U današnjim FESS svi rotacioni djelovi sadrže magnetne prstenove, kako bi se smanjilo trenje pri velikim brzinama, dok je čitav sistem montiran u vakuumu. Glavne prednosti FESS-a su njihova visoka energetska efikasnost i dug životni vijek. Na slici 2.5 je prikazana topologija ovog sistema.



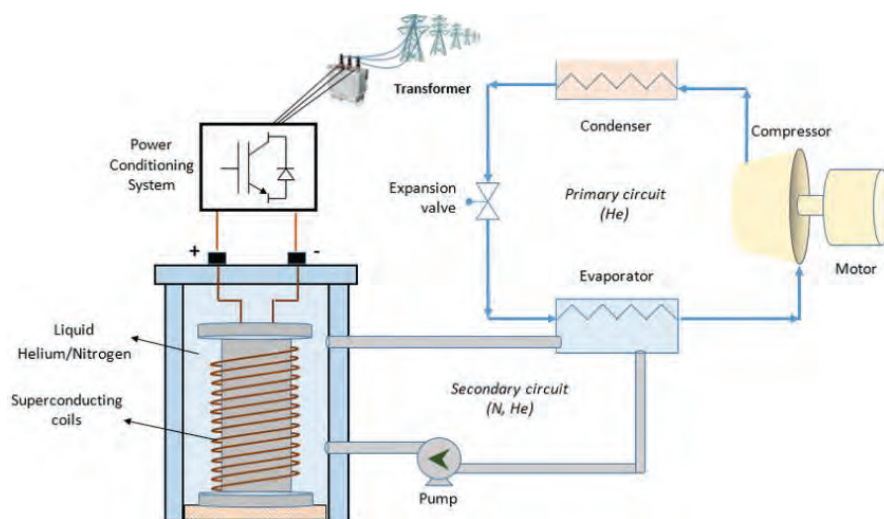
Slika 2.5 Topologija flywheel sistema

2.5 SISTEMI ZASNOVANI NA UPOTREBI MAGNETNOG POLJA KALEMA - SUPERCONDUCTING MAGNETIC ENERGY STORAGE - SMES

Princip rada sistema zasnovanih na upotrebi magnetnog polja kalema baziran je na skladištenju energije u magnetnom polju. Kod ovih sistema magnetno polje se stvara proticanjem DC struje kroz superprovodni kalem pri veoma niskim temperaturama (od -150°C do -273°C). Pri niskim temperaturama kakve su ove, kalemovi imaju zanemarljivu otpornost i samim tim Džulove gubitke. Energija skladištena u SMES-u se može odrediti po formuli:

$$E_{SMES} = \frac{1}{2} LI^2. \quad (2.3)$$

gdje je L induktivnost kalema a I vrijednost struje koja protiče kroz njega. Najveći nedostatak ovakvih sistema jeste u tome što se pri punom opterećenju isprazne u veoma kratkom vremenskom periodu (od par sekundi do par minuta) i u tome što imaju veliko samo-pražnjenje, koje direktno zavisi od radne temperature. Sa druge strane, životni vijek SMES sistema je veoma visok. Blok dijagram SMES sistema koji uključuje kolo za regulaciju temperature oko kalema, kao i priključno kolo dat je na slici 2.6.



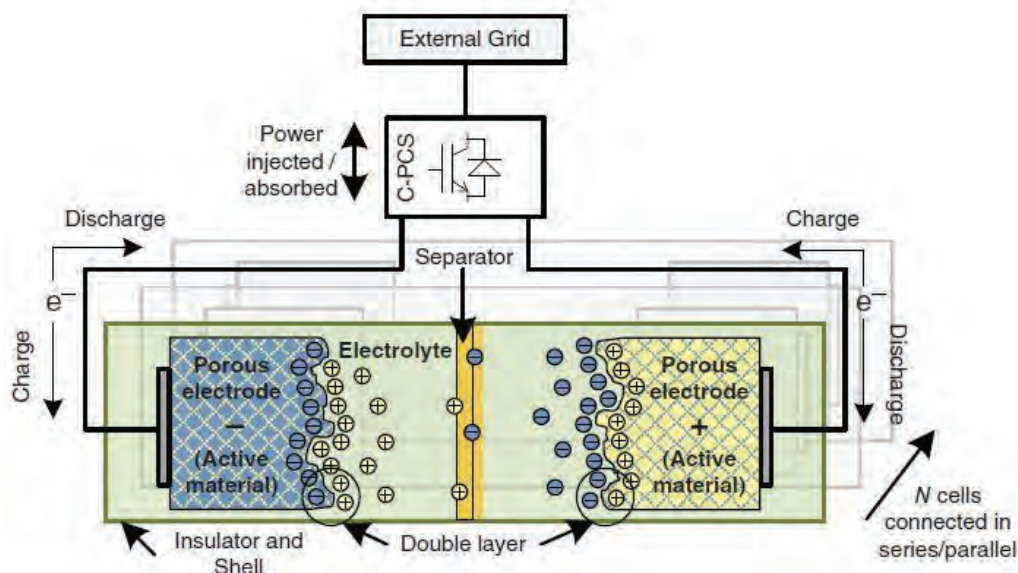
Slika 2.6 SMES sistem

2.6 SUPERKONDEZATORI

Superkondenzatori, kao i elektrohemijske ćelije, su sastavljene od dvije provodne elektrode, elektrolita i porozne membrane koja sprečava protok jona između elektroda (slika 2.7). Za razliku od elektrohemijskih sistema, kod superkondenzatora ne dolazi do nekih hemijskih reakcija već se energija čuva u elektrostatičkom polju. Energija superkondenzatora se može računati po formuli:

$$E_{sc}(J) = \frac{1}{2} CV^2, \quad (2.4)$$

gdje je C kapacitivnost kondenzatora, dok je V napon između ploča kondenzatora. Napon između ploča kondenzatora zavisi od jačine električnog polja, dok je električno polje proporcionalno količini pozitivnih i negativnih jona koji se nalaze na dodirnoj površini.



Slika 2.7 Princip rada superkondenzatora

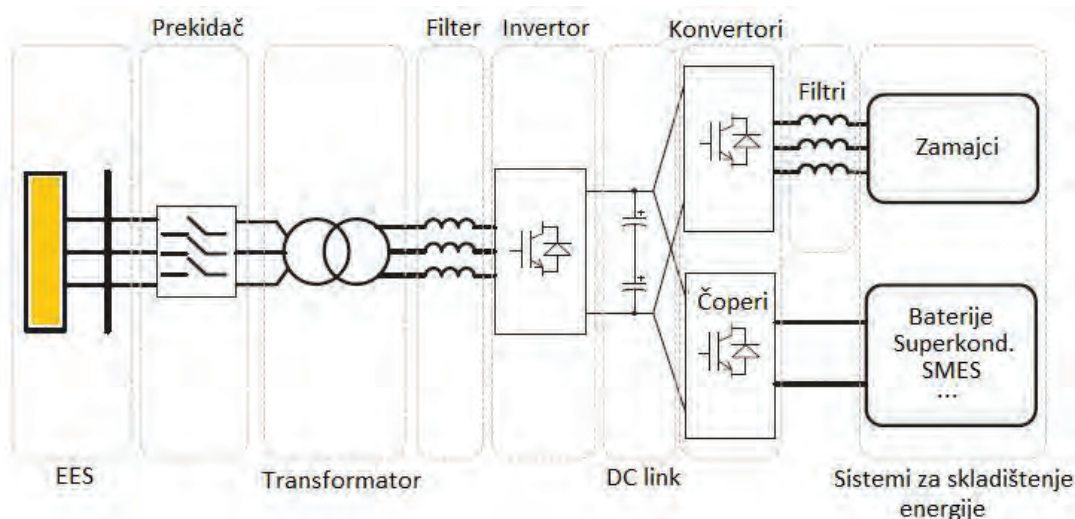
Veoma važan podatak kod superkondenzatora jeste vremenska konstanta pražnjenja/punjenja, koja se definiše kao:

$$\tau = RC. \quad (2.5)$$

gdje je R unutrašnja otpornost. Upravo je unutrašnja otpornost veoma nepovoljna karakteristika superkondenzatora jer od njene vrijednosti zavisi i stepen i brzina samopražnjenja. Glavne prednosti superkondenzatora se ogledaju u dugom životnom vijeku, velikoj efikasnosti (80%), velikoj specifičnoj snazi i gustini snage (10 puta većom od konvencionalnih baterija). Sa druge strane, njihov glavni nedostatak jeste visok stepen samo-pražnjenja koji može iznositi i do 20% ukupnog kapaciteta za 12h.

3. KONEKCIJA SISTEMA ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE SA ELEKTROENERGETSKOM MREŽOM

U zavisnosti od toga koji tip sistema za skladištenje energije se koristi, razlikuju se sklopovi energetske elektronike koji se koriste u toj namjeni. Nezavisno od vrste sistema za skladištenje energije, generalan princip povezivanja ESS-a na elektroenergetsku mrežu dat je na slici 3.1.



Slika 3.1 Način povezivanja ESS-a na mrežu

Naime, kako je u prethodnom poglavlju pomenuto – SMES, superkondenzatori, baterije i slično pripadaju jednosmjernim sistemima, tj. sistemima koji zahtijevaju upotrebu bidirekcionih čopera pa onda invertora za konekciju sa mrežom. Međutim, sistemi kao što su zamajci, ako rade kao generatori zahtijevaju upotrebu ispravljača, a ako rade kao motori upotrebu invertora. Razlog za to leži u činjenici da zamajci pripadaju naizmjeničnim sistemima skladištenja energije kao posljedica postojanja električnih mašina kod ovih sistema. U opštem slučaju, konekcija sistema za skladištenje energije sa EES-om prikazana je na slici 3.2.



Slika 3.2 Položaj sistema za skladištenje energije u odnosu na mrežu i potrošače [5-6]

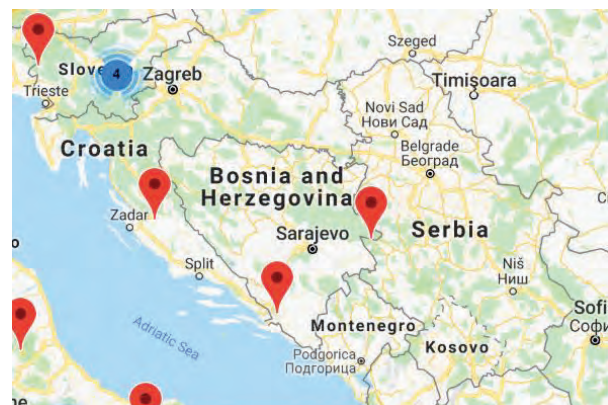
4. ANALIZA BROJA REALIZOVANIH PROJEKATA SISTEMA ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE U SVIJETU

Trenutno u svijetu postoji veliki broj sistema konektovanih na EES. Grafički prikaz ovih sistema, sa navedenim brojem realizovanih sistema, prikazan je na slici 4.1. Broj i pozicija realizovanih sistema za skladištenje energije u Evropi i zemljama bivše Jugoslavije dat je na slici 4.2. Broj projekata i vrijednost instalisane snage realizovanih projekata u 10 zemalja svijeta prikazan je na slici 4.3.

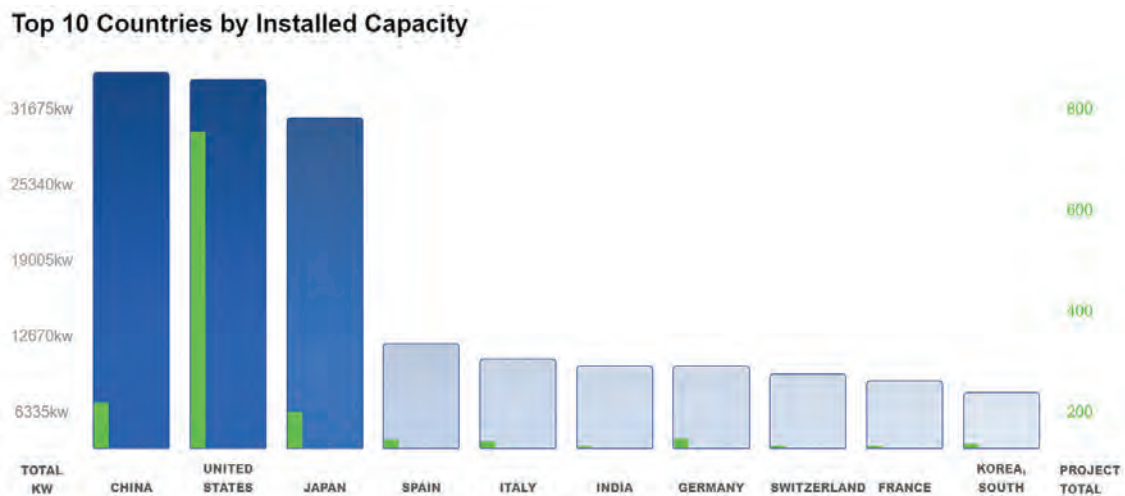
SAD su zemlja koja ima najveći broj realizovanih projekata iz oblasti sistema sa skladištenje energije. Međutim, i pored toga, Kina je zemlja koja ima instalisane sisteme najveće snage. Osim ove dvije zemlje, skladištenje električne energije je veoma izraženo i u Japanu, a od evropskih zemalja, u Španiji i Italiji [9].



Slika 4.1 Broj realizovanih sistema za skladištenje energije u svijetu [9]



Slika 4.2 Broj realizovanih sistema za skladištenje energije u Evropi i zemljama bivše Jugoslavije [9]



Slika 4.3 Broj projekata iz oblasti sistema za skladištenje energije sa ukupnim kapacitetom istih [9]

Od svih trenutno instaliranih sistema, najveću primjenu imaju sistemi bazirani na reverzibilnim elektranama. U ovom trenutku u svijetu postoji 350 realizovanih reverzibilnih elektrana sa ukupnom instaliranom snagom od 181190MW. Nakon njih, najčešće korišćeni sistem za skladištenje energije su sistemi baterija – trenutno u svijetu postoji 991 projekat ovih sistema, čija je ukupna instalirana snaga 3297MW.

5. PREGLED OSNOVNIH TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA RAZLIČITIH TEHNOLOGIJA ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE

Pregled osnovnih tehničkih karakteristika različitih tehnologija za skladištenje energije dat je u Tabeli 5.1. Poređenje troškova investicija i pogonskih troškova za velike sisteme za skladištenje energije dato je u Tabeli 5.2, dok je uporedni pregled troškova za različite tipove sistema za skladištenje energije dat u Tabeli 5.3.

Najveću efikasnost imaju elektrohemijske baterije, superkondenzatori i sistemi zasnovani na elektromagnetnoj energiji, dok najmanju efikasnost imaju sistemi zasnovani na kompresovanom vazduhu. Najduži životni vijek imaju sistemi baterija, čak i do 100 godina. Veliki životni vijek imaju i sistemi reverzibilnih elektrana, dok najmanji životni vijek imaju superkondenzatori. Ovo je sasvim logično jer su kondenzatori izuzetno osjetljivi na starenje pa se njihove karakteristike veoma brzo mijenjaju tokom vremena, a što je i posljedica samopražnjenja. Što se tiče nominalne snage, sistemi za skladištenje energije koji imaju najveću snagu su definitivno reverzibilne elektrane, dok su odmah za njima sistemi zasnovani na kompresovanom vazduhu.

Tabela 5.1 Tehničke karakteristike sistema za skladištenje energije [6]

	Medijum za skladištenje	Nominalna snaga [MW]	Vrijeme odziva	Efikasnost [%]	Životni vijek	Samopražnjenje
Reverzibilne elektrane	Voda	100-5000	Min	70-80	>50	Vrlo malo
CAES	Vazduh	5-300	Min	41-75	>25	Malo
Baterije – Li-on	Elektrode i elektrolit	0-0.1	<s	65-75	5-100	0.1-0.3
Baterije – Ni-Cd	Elektrode i elektrolit	0-40	<s	60-80	5-20	0.2-0.6
Baterije – Na-S	Elektrode i elektrolit	0.05-8	<s	70-85	10-15	20
Zamajci	Rotirajuća masa	0-0.25	<s	80-90	15-20	100
Kondenzatori	Elektrostatičko polje	0-0.3	<s	85-98	4-12	20-40
Kalemovi	Elektromagnetno polje	0.1-10	<s	75-80	-	10-15

Troškovi investicija, kao i pogonski troškovi različitih sistema za skladištenje energije se veoma razlikuju. Ove razlike su posljedica tehnologije izrade i potrebnog održavanja. Naime, npr. superkondenzatori zahtijevaju specifičnu tehnologiju izrade što direktno utiče na cijenu investicija. Ista situacija jeste i sa inercionim masama kod kojih je veoma bitna stavka formiranje medijuma u kojem će se rotacioni elementi okretati. U skladu sa investicionim troškovima su i pogonski troškovi – najveće pogonske troškove, a samim tim i najveće održavanje, zahtijevaju superkondenzatori.

Tabela 5.2 Poređenje troškova investicija i pogonskih troškova za velike sisteme za skladištenje energije [6]

	Superkondenzatori	Inercione mase male brzine	Inercione mase velike brzine	Sistemi sa pumpanjem vode	CAES
Investicioni troškovi, US\$/MWh	25-106	300000	25-106	7000	2000
Pogonski troškovi, US\$/MWh	5	3	4	4	3

Iako sistemi bazirani na reverzibilnim elektranama imaju najveće snage, i veoma veliku efikasnost, ipak ovi sistemi imaju i najveću cijenu proizvodnje energije po kW, ali i po kWh. Ništa manje cijene nema ni električna energija proizvedena iz sistema sa kompresovanim vazduhom. Najmanja cijena električne energije je ona koja se dobija iz olovnih akumulatora. Glavni razlog za to jeste i niska cijena proizvodnje i široka dostupnost ovih sistema.

Tabela 5.3 Uporedni pregled troškova za različite tipove sistema za skladištenje energije [6]

Tip sistema	Tipičan opseg snage, MW	US\$/kW	US\$/kWh
Olovni akumulatori	0,5-100	100-200	150-300
Superkondenzatori	1-10	300	3600
Inercione mase	1-10	200-500	100-800
Sistem sa kompresorima vazduha	50-1000	500-1000	10-15
Sistemi sa pumpanjem vode	100-1000	600-1000	10-15

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat opis sistema za skladištenje električne energije. Navedene su njihove osnovne odlike – princip rada, mogućnost instalacije, osnovne jednačine, prednosti i nedostaci. Posebno je ukazano na stanje ovih sistema u svijetu – broj instalacija, vrijednost instalisanih snaga i najveći relizovani sistemi. Posebna pažnja je posvećena načinima konekcije sistema za skladištenje energije i EES. Na kraju rada izvršeno je poređenje različitih sistema za skladištenje energije po pitanju tehničkih karakteristika, kao i po pitanju troškova instalacija.

U radu je zaključeno da su najveći sistemi za skladištenje energije sistemi zasnovani na reverzibilnim elektranama. Ovi sistemi imaju dug radni i životni vijek, imaju veliku efikasnost, ali su zavisni od geografske pozicije i terena. Osim njih, najveće interesovanje i veoma veliki broj projekta u svijetu se bazira na upotrebi litijum jonskih baterija. Upravo litijum jonske baterije predstavljaju budućnost sistema za skladištenje energije jer imaju sve neophodne karakteristike dok su geografski nezavisne.

LITERATURA

- [1] F. Díaz-González, A.Sumper, O. Gomis-Bellmunt, “Energy Storage in Power Systems”, Wiley, may 2016.
- [2] K.S. Kook, et. all, “A study on applications of energy storage for the wind power operation in power systems”, Power Engineering Society General Meeting, 2006. IEEE
- [3] H. Chen, et. all, „Progress in electrical energy storage system: A critical review“, Progress in Natural Science, Vol. 19, pp. 291–312, 2009.
- [4] F. Díaz-González, A.Sumper, O. Gomis-Bellmunt, “Energy Storage in Power Systems”, Wiley, may 2016.
- [5] M. Milanović, M. Komatina, „Skladištenje električne energije iz obnovljivih izvora“, ETF Beograd, prezentacija
- [6] J. Mikulović, „Sistemi za skladištenje energije u EES“, ETF Beograd, prezentacija
- [7] F. Barnes, J. Levine, “Large Energy Storage Systems Handbook”, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2011.
- [8] O. Lukačević, „Sistemi za skladištenje električne energije i njihov uticaj na mrežu“, ETF Podgorica, jul 2019.
- [9] <https://www.energystorageexchange.org/> - DOE Global ES Database
- [10] https://www.google.com/search?q=Superconducting+Magnetic+Energy+Storage+-+SMES&rlz=1C1GCEA_enME827ME827&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=C-5DtE_ptNOyYM%253A%252Cf08PSNk7JBqMJM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kQMSoWg01bsl6mIXbaPkIDss24OQA&sa=X&ved=2ahUKewjruiY0s7kAhVjx4sKHfXcDoYQ9QEwCHoECAUQBg#imgrc=wqyw3MfphJswAM:&vet=1

Zbornik radova

TREĆI DANI ELEKTRO INŽENJERA IKCG

ZBORNİK RADOVA

Podgorica, 2019.

