

# Sustav daljinskog elektroenergetskog nadzora u zgradi FERIT-a

---

**Vidović, Antonela**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:688180>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-13**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek  
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija  
Osijek

DIPLOMSKI RAD

**Sustav daljinskog elektroenergetskog nadzora u zgradi  
FERIT-a**

**Mentor :**  
*Prof. dr. sc, Damir Šljivac*

**Studentica:**  
*Antonela Vidović, univ.bacc.ing.el.*

**Sumentor :**  
*Dalibor Marković, ing.*

# Sadržaj

1. UVOD .....	1
1.2. Zadatak diplomskog rada .....	2
2. DISTRIBUIRANA PROIZVODNJA I MIKROMREŽE .....	3
2.1. Utjecaj distribuirane proizvodnje na distribucijsku mrežu.....	6
2.2. Distribuirane proizvodnje i mikromreže.....	9
2.3. Mikromreža .....	12
2.4. Upravljanje potrošnjom.....	16
3. SUSTAV ELEKTROENERGETSKOG NADZORA I UČINKOVITOSTI .....	17
3.1. Energetske slike .....	18
3.2. Izvedba sustava energetskog nadzora i učinkovitosti .....	22
3.3. Stanica daljinskog nadzora i upravljanja.....	25
3.4. Centralni sustav nadzora potrošnje električne energije na primjeru jedne tvrtke .....	29
4. PRIJEDLOG SUSTAVA DALJINSKOG NADZORA I UPRAVLJANJA U ZGRADI FERIT-A .....	36
4.1. Pametno brojilo .....	38
4.2. Industrijski ethernet .....	42
4.3. Mrežni preklopnik.....	43
4.4. PLC Simatic S7 1200 modularni mikrokontroler.....	45
5. ZAKLJUČAK.....	47
6. SADRŽAJ.....	49
6. ABSTRACT .....	50

## 1. UVOD

U današnjem svijetu život bez električne energije je nezamisliv. Potrošnja električne energije iz dana u dan raste i to pokazuje statistika potrošnje i potražnje fosilnih goriva.

Pokazatelj potrošnje električne energije je povećanje korištenja obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije. No međutim udio obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije i dalje nije velik.

Zabilježeni rast potrošnje električne energije dovodi do potrebe nadogradnje i rekonstrukcije postojećih elektroenergetskih sustava i to na svim razinama od proizvodnje do potrošača. Svrha nadogradnje i rekonstrukcije postojećih elektroenergetskih sustava jest poboljšanje sigurnosti opskrbe te kvalitete električne energije.

Tehničkim razvojem u svijetu sve je veća potražnja za kvalitetnom električnom energijom koju je potrebno isporučiti u što kraćem vremenskom roku uz ispunjene tehničke uvjete te uz ekonomski prihvatljive uvjete kao i ispunjene sigurnosne uvjete.

Jedan od načina rješavanja ovog problema je primjena distribuirane proizvodnje i novih naprednih tehnologija. Kroz koncept naprednih tehnologija također se nastoje realizirati dodatni zahtjevi i ciljevi za smanjenjem emisija stakleničkih plinova, pa napredne tehnologije su i ekološki prihvatljive tehnologije.

Sve veći razvoj tehničkih i financijskih faktora doprinose razvoju mikromreža koje predstavljaju integraciju distribuirane proizvodnje električne energije, skladištenja energije te upravljanja potrošnjom. Mikromreža je najveća nadolazeća promjena infrastrukture električne energije.

U unaprjeđenju kvalitete električne energije, nadzora potrošnje i upravljanja električnom energijom veliku ulogu ima automatizacija elektroenergetske mreže. Potpuno integrirana automatizacija predstavlja integraciju s konfiguracijom, programiranjem, spremanjem i prijenosom podataka. Automatizacija omogućava jedinstveno upravljanje svim komponentama i to pomoću jedne platforme sa jedinstvenim korisničkim sučeljem.

Pametne tehnologije su najefikasniji način uspostavljanje ravnoteže između proizvodnje i potrošnje električne energije kao i za poboljšanje energetske učinkovitosti. Korištenjem pametnih tehnologija neće se samo omogućiti snabdijevanje kvalitetnije električne energije i uštede električne energije nego će se i poticati i zaštita okoliša.

## **1.2. Zadatak diplomskog rada**

U teorijskom dijelu ovog diplomskog rada biti će opisana distribuirana proizvodnja i mikromreža te obrađena problematiku sustava daljinskog elektroenergetskog nadzora u općenito u zgradstvu i mikromrežama.

Praktični dio ovog rada sastoji se od primjera sustava elektroenergetskog nadzora i energetske učinkovitosti na primjeru podataka jedne tvrtke te sadržava i konkretan primjer sustava daljinskog nadzora na primjeru zgrade Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.

## 2. DISTRIBUIRANA PROIZVODNJA I MIKROMREŽE

Razvoj tržišta električne energije najprije bi trebao pratiti unaprjeđenje i modernizaciju postojećih elektroenergetskih sustava i to na svim razinama kako bi se zadržala kvaliteta i sigurnost opskrbe električnom energijom ali također je potrebno i uvođenje novih tehnologija u elektroenergetske sustave.

Iz gore navedenih razloga te kako bi se nove tehnologije mogle uspješno implementirati i što učinkovitije koristiti, potrebno je napraviti prelazak s današnjih pasivnih elektroenergetskih mreža u aktivne elektroenergetske mreže.[9]

Novе tehnologije osim tehničkih i ekonomskih zahtjeva trebaju ispuniti i okolišne zahtjeve poput emisije stakleničkih plinova koje je potrebno svesti na minimalnu razinu.

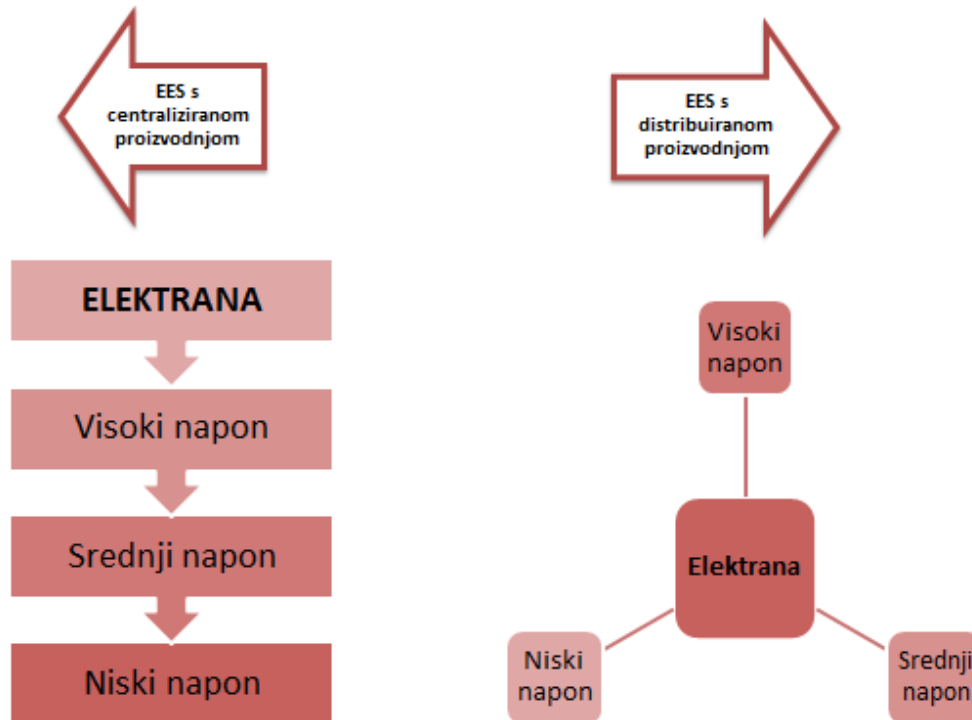
Virtualne elektrane i mikromreže dva su koncepta osmišljena u svrhu naprednog i aktivnog upravljanja mrežama i to uglavnom na razini distribucijske mreže.[9]

Proizvodnja električne energije u današnjim elektroenergetskim sustavima obavlja se u pravilu u velikim elektranama s velikim snagama koje su priključene na prijenosnu mrežu visokog napona.

Takve su elektrane u pravilu značajno udaljene od mjesta potrošnje te se proizvedena električna energija pomoću prijenosne mreže dovodi do približnog mjesta potrošnje odnosno do distribucijske mreže.

Uz pomoć distribucijske mreže koja je na srednjem i niskom naponu proizvedena električna energija se predaje krajnjim potrošačima.

Centraliziranom proizvodnjom nazivamo ovakav način proizvodnje električne energije.



*Slika 1.1. EES s centraliziranom proizvodnjom (lijevo) i EES s distribuiranom proizvodnjom (desno)*

Distribuirana proizvodnja električne energije je proizvodnja iz malih elektrana priključenih na distribucijsku mrežu. Posljednjih nekoliko godina distribuirana proizvodnja zauzima sve važnije mjesto u proizvodnji električne energije.

Ovakav koncept proizvodnje električne energije u najvećoj mjeri doprinosi smanjenju troškova ulaganja u prijenosnu mrežu, a koja se odnose na povećanje kapaciteta prijenosnih vodova.

Glavne prednosti distribuirane proizvodnje u odnosu na konvencionalne elektrane velikih snaga su:

- smanjenje gubitaka kod prijenosa električne energije,
- manji pogonski troškovi,
- manji troškovi održavanja,
- kraće vrijeme izgradnje postrojenja,
- mogućnost modularne izvedbe,
- mogućnost proizvodnje na svim naponskim razinama. [10]

Distribuirana proizvodnja kod proizvodne jedinice kao gorivo može koristiti fosilna goriva i/ili obnovljive izvore energije koji se sve više uključuju.

Prednost obnovljivih izvora je što osim troškova izgradnje i održavanja nemaju troškove goriva i neovisni su o promjenama cijene energenata na tržištu ali posjeduju i veliki nedostatak što to nisu kontinuirani izvori, nego su ovisni o vremenskim prilikama što pak zahtijeva precizno planiranje proizvodnje uz mogućnost pohrane električne energije. [11]

U distribuiranoj proizvodnji koriste se sljedeće tehnologije:

- vjetroelektrane,
- male hidroelektrane,
- postrojenja na biomasu i bioplin,
- gorivne ćelije,
- fotonaponske elektrane,
- geotermalne elektrane,
- mikroturbine,
- klipni motori,
- kogeneracijska postrojenja,
- skladišta energije.[9]



## 2.1. Utjecaj distribuirane proizvodnje na distribucijsku mrežu

Pozitivne kao i negativne učinke na mrežu ima integracija distribuirane proizvodnje u distribucijske mreže. Postojeće distribucijske mreže funkcioniraju kao radijalne mreže s jednosmjernim tokom energije i nisu predviđene niti napravljene za prihvatanje proizvodnih objekata što predstavlja najveći problem kod integracije distribuirane proizvodnje u distribucijske mreže.

Postoje razni načini za smanjenje negativnog utjecaja distribuirane proizvodnje na distribucijsku mrežu a, jedan od njih je određivanje optimalne lokacije distribuiranog izvora u mreži kao i optimalnu veličinu distribuiranog izvora.

Danas u praksi odabir lokacije distribuiranog izvora u distribucijskoj mreži kao i veličine distribuiranog izvora u Hrvatskoj i EU nije u domeni operatora distribucijskog sustava ili nekog drugog nadležnog tijela već je to uglavnom prepušteno odluci investitora koji veličinu distribuiranog izvora odabiru prema ekonomskom kriteriju gdje se najčešće maksimizira profit ovisno o iznosu poticajnih sredstava, a takva praksa u suprotnosti je s dosadašnjom logikom izgradnje elektroenergetskog sustava u kojem su izvori planirani prema potrošnji u mreži. [12]

Negativan utjecaj distribuirane proizvodnje na distribucijsku mrežu možemo promatrati kroz nekoliko aspekata kao što su :

1. utjecaj distribuirane proizvodnje na gubitke u mreži,
2. utjecaj distribuirane proizvodnje na naponske prilike,
3. utjecaj distribuirane proizvodnje na kvalitetu električne energije.

Utjecaj distribuirane proizvodnje na gubitke u mreži važno je smanjiti na takav način da se odredi optimalna veličina distribuiranog izvora odnosno maksimalna instalirana snaga distribuiranog izvora koja se može i smije priključiti na distribucijsku mrežu, dakle veličinu distribuiranog izvora potrebno je prilagoditi potrošnji u distribucijskoj mreži gdje je planirana izgradnja distribuiranog izvora.

Prilikom planiranja investicije uz interese privatnih investitora treba se uzeti u obzir očuvanje efikasnosti postojećeg elektroenergetskog sustava.

Sadašnja zakonska i tehnička regulativa nigdje ne spominje utjecaj distribuiranog izvora na gubitke u mreži što dovodi do zaključka da je svakako potrebno razmotriti negativne posljedice postojeće regulative te ih pokušati smanjiti donošenjem nove. [13][14]

Kako bi se smanjio utjecaj distribuirane proizvodnje na naponske prilike potrebno je naponske prilike u distribucijskoj mreži održavati unutar propisanih granica te na taj način osigurati kvalitetu isporuku električne energije. Dakle problemi sa naponskim prilikama pojavljuju se i prije pojave distribuirane proizvodnje kada je u distribucijskoj mreži prenizak napon na dugim radijalnim vodovima ali i nakon pojave distribuirane proizvodnje dolazi do promjena unutar naponskih prilika.

Ako želimo predati električnu energiju iz distribuiranog izvora u mrežu potrebno je podići napon na mjestu priključenja na distribucijsku mrežu a, to može imati pozitivne i negativne učinke na naponske prilike u mreži.

U slučaju da je potrošnja u mreži velika odnosno da je mreža preopterećena napon će biti nizak i u tom slučaju distribuirani izvori doprinose poboljšanju naponskih prilika u mreži ali ukoliko pak je mreža podopterećena obično je napon u mreži visok te naponske prilike u mreži jako ovise o trenutnoj proizvodnji distribuiranog izvora.[9]

Problem nastaje kada je razlika između trenutne potrošnje u mreži i proizvodnje distribuiranog izvora velika te napon poraste iznad dozvoljene granice te se na taj način narušavaju naponske prilike u mreži. [9]

Kako bi se smanjio utjecaj distribuirane proizvodnje na naponske prilike vrlo je važno odrediti optimalnu veličinu distribuiranog izvora točnije prilagoditi veličinu distribuiranog izvora potrošnji u mikromreži ili u dijelu distribucijske mreže.

Ako postoji mogućnost skladištenja električne energije to je još jedan od načina kako se može smanjiti negativan utjecaj na naponske prilike.

Poboljšanje naponskih prilika u distribucijskoj mreži može se realizirati i kroz pomoćne usluge koje vlasnici distribuiranih jedinica mogu pružati operatoru mreže na njegov zahtjev. [15]–[16]

Različiti čimbenici utječu na kvalitetu električne energije u distribucijskoj mreži. Najčešći čimbenici su:

- vrsta distribuiranog izvora,
- način priključenja distribuiranog izvora na mrežu,
- veličina distribuiranog izvora,
- način rada distribuiranog izvora,
- količina proizvedene energije u odnosu na opterećenje u mreži na mjestu priključenja i sl.

Svi distribuirani izvori koriste pretvarača odnosno neku vrstu energetske elektronike poput AC/AC ili DC/AC pretvarača uz pomoć kojih se priključuju na mrežu.

Svi pretvarači utječu na izobličenje sinusnog oblika struje koja se injektira u mrežu što uzrokuje harmonijsko izobličenje koje može uzrokovati probleme u radu trošila koja su priključena na istu distribucijsku mrežu. [17][18]

Najčešći parametri koji se analiziraju prilikom razmatranja utjecaja distribuirane proizvodnje na kvalitetu električne energije su [9]:

- frekvencija napona,
- harmonijsko izobličenje,
- treperenje napona (*flicker*),
- naponska nesimetrija,
- faktor snage. [9]

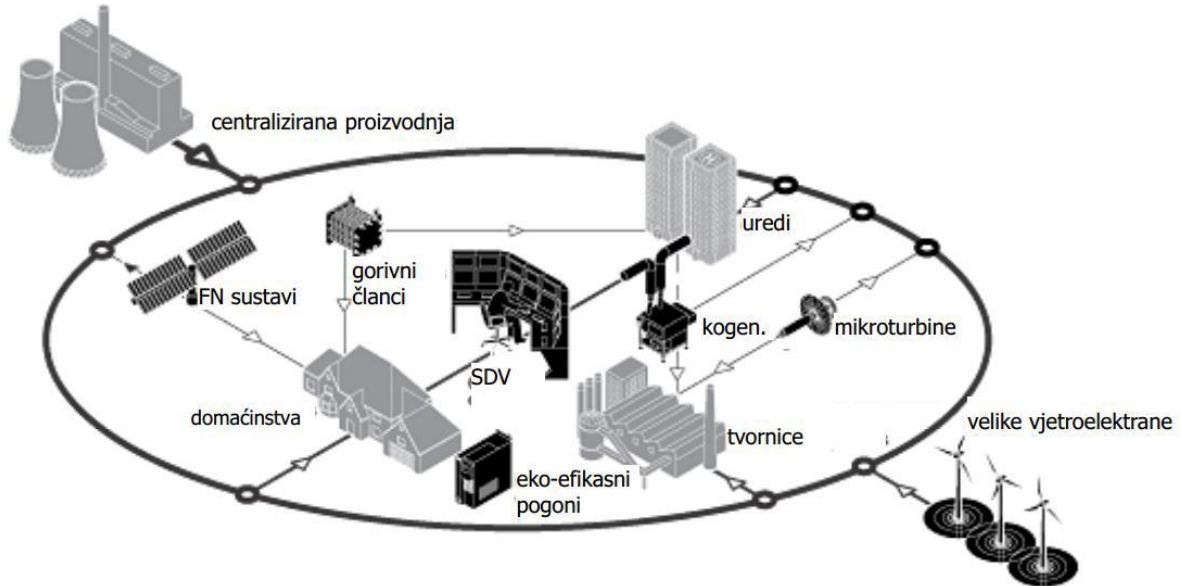
## 2.2. Distribuirane proizvodnje i mikromreže

Distribuirana proizvodnja označava pojam termina kojim se označuje proizvodnja električne energije na lokaciji potrošača. Provedena su mnoga istraživanja o povezivanju distribucijske proizvodnje unutar distribucijske mreže i to od upravljanja, zaštite pa do stabilnosti i kvalitete električne energije jer su distribuirani izvori povezani s distribucijskom mrežom na srednjim i visokom naponu i to tako da je opterećenje potrošača pasivno, a tokovi snaga usmjereni od trafostanica ka potrošaču.

Postoje različite tehnologije mikromreže kao što su mikroturbine, fotonaponi, gorivne ćelije i vjetroturbine i one imaju mogućnost direktnog spajanja na niskonaponsku mrežu.

Ovakve obećavajuće tehnologije ispunjavaju zahtjeva za pouzdanom i kvalitetnom isporukom električne energije.

Korištenjem ovakvih tehnologija jasno je da niskonaponska mreža više neće biti smatrana pasivnim dodatkom prijenosne mreže.



*Slika 2.2. Konfiguracija elektroenergetskog sustava sa distribuiranim izvorima energije[20]*

Jedna od velikih prednosti mikromreža jest utjecaj mikroizvora na uravnoteženu proizvodnju i potrošnu električne energije. Kako bi se olakšala integracija mikroproizvodnje i kako bi se olakšao nadzor i upravljanje opterećenjem sustava potreban je nadzor i upravljanje mikromrežom što bi donijelo niz potencijalnih prednosti na svim naponskim razinama distribucijske mreže. Kako bismo postili niz potencijalnih prednosti potrebno je usvojiti različite strategije upravljanja.

Najvažnija primarna ekonomska značajka primjene distribuiranih izvora energije je upravo iskorištavanje toplinskih gubitaka i to prilikom pretvorbe koja se odvija za prilikom dobivanja električne energije. Distribuirana proizvodnja integrirana s mikromrežom izvrsna je podrška sustavu u vremenu poremećaja.

Mogućnošću upravljanja mikromrežama, distribuiranim izvorima energije koji su povezani na mrežu, te upravljanja opterećenjem uvodi se koncept mnogostrukih mikromreža. [8]

Koncept mnogostrukih mreža jest mnogostruka mreža sa strukturnom hijerarhijom upravljanja koja se sastoji od:

- primarne razine upravljanja,
- sekundarne razine upravljanja,
- tercijarne razine upravljanja.

Uloga prve ili primarne razine upravljanja je održavanje frekvencije i napona pod kontrolom, a njezina najveća značajka je najbrži odziv. Primarna razina sastoji se od lokalnog upravljanja proizvodnjom električne energije iz kućanstva, upravljanja skladištenjem električne energije te upravljanja upravljivim opterećenjima. [1]

Sekundarna razina upravljanja je ključna za kvalitetu električne energije i doprinosi smanjenju odstupanja frekvencije i napona od normalne razine koja je podešena primarnim kontrolerom. Tercijarna razina upravljanja ili najviša razinu kontrole zadužena je ovisno o optimalnim tokovima energije za postavljanje dugoročnih početnih uvjeta na temelju informacija primljenih o statusu distribuiranih izvora energije, tržišne signale i druge zahtjeve sustava. [21]

Lokalni kontroleri su upravljivi i upravljaju se MGC-om3 („*Microgrid controller*“) koji ima mogućnost razmjene informacija sa tercijarnim kontrolerom- MMCC-om4 („*Multi-Microgrid central controller*“). [22] **MGC** je neovisan o operatoru distribucijskog sustava. **MMCC** koordinira rad distribucijskog sustava od strane raspoređivanja svih uključujući i one



### 2.3. Mikromreža

Mikromreža je aktivna mreža koju možemo promatrati kao elektroenergetski sustav sa različitim distribuiranim jedinicama i trošilima instaliranim unutar distribucijske mreže. Distribuirani izvori koji su instalirani unutar mikromreže su nekonvencionalni, obnovljivi izvori energije.

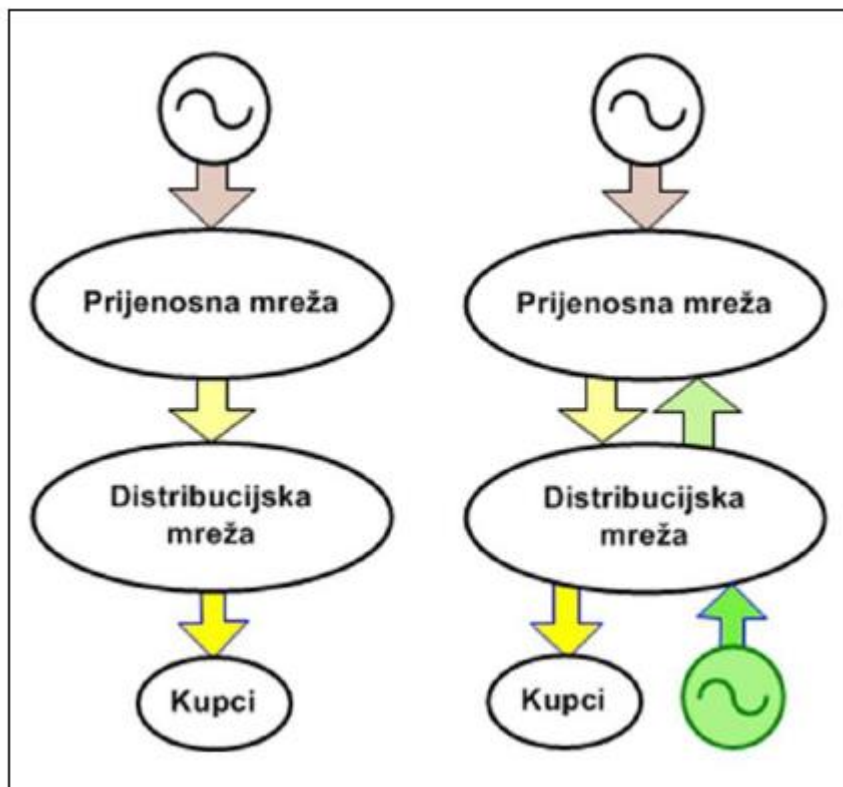
Takvi sustavi mogu se upravljati na dva načina:

- autonomni način ili mrežni režim rada paralelno s distribucijskom mrežom,
- otočni režim ili samostalna mreža ako je sustav isključen s glavne mreže, izoliran.

U autonomnom načinu rada operator sustava mikromrežu nadgledao kao upravljivu cjelinu. Otočni pogon je vrlo koristan prilikom pojave bilo kakvih kvarova unutar mreže ali i pri dovođenju električne energije u ruralne krajeve. Postoji i problem otočnog načina rada, a to je kontrola frekvencije, napona, reaktivne i aktivne snage. Oba načina rada daju značajan dopisno u distribucijskoj mreži kako korisnicima ali i okolišu. Tako s gledišta distribucijske mreže glavna prednost mikromreža je da se mogu promatrati kao upravljani sustavi unutar mreže ili EES.[4] S gledišta korisnika prednost mikromreža je što mogu zadovoljiti lokalne potrebe za energijom, dok je s gledišta okoliša doprinos mikromreža u smanjenju emisija kroz korištenje tehnologija koje doprinose smanjenju ugljičnog otiska. [4]

Moderno društvo ovisi o sigurnoj potrošnji električne energije. Današnji, postojeći elektroenergetski sustavi moraju se nositi sa brzim razvojem tehnologije, društva ali i ekonomskim problemima. Izmjene trenutnog sustava te problematika sustava ali i zaštita u elektroenergetskom sustavu je vrlo zahtjevan izazov za elektroinženjere, a potreba za sigurnijim ali i ekonomičnijim sustavom je primarna. Sigurnost sustava, zaštitu okoliša, kvalitetu električne energije, troškove opskrbe i energetska učinkovitost potrebno je ispitati na nove načine. Energetska učinkovitost treba biti sve više prisutna u svim aspektima potrošnje energije, kvaliteta električne energije mora ispunjavati određene kriterije, a energija treba biti stalno dostupna. Svi navedeni izazovi igraju važnu ulogu u razvoju mikromreže, energetske mreže koja može pokriti nedostatke današnjeg sustava. Rad mikromreže nudi niz različitih prednosti za cjelokupni sustav ako se na učinkovit način s njom upravlja i koordinira. Upravljanje potrošnjom, integracija distribuirane proizvodnje te skladištenje energije na razini mikromreža jedan je od načina povećanja pouzdanosti te kvalitete električne energije. Mikromreža ima niz prednosti kao što je podržavanje fleksibilne i učinkovite električne mreže omogućavajući integraciju obnovljivih izvora energije. Osim toga, korištenjem lokalnog

izvora električne energije koji smanjuje opterećenje postojeće mreže, smanjuju se gubici u prijenosu i distribuciji te se tako povećava učinkovitost sustava isporuke električne energije. [2] Sve veća prisutnost distribuiranih izvora polako pretvara distribucijsku mrežu iz pasivne mreže u aktivnu i to dovodi do takvih rezultata da se u nekim granama mreže mijenja smjer tokova snaga. Aktivna mreža treba novu opremu i usluge, zahtjeva kontrolu napona, zaštitu sustava, proračune tokova snaga te glavna funkcija takve mreže jest ujednačenje proizvodnje i potrošnje električne energije u realnom vremenu.



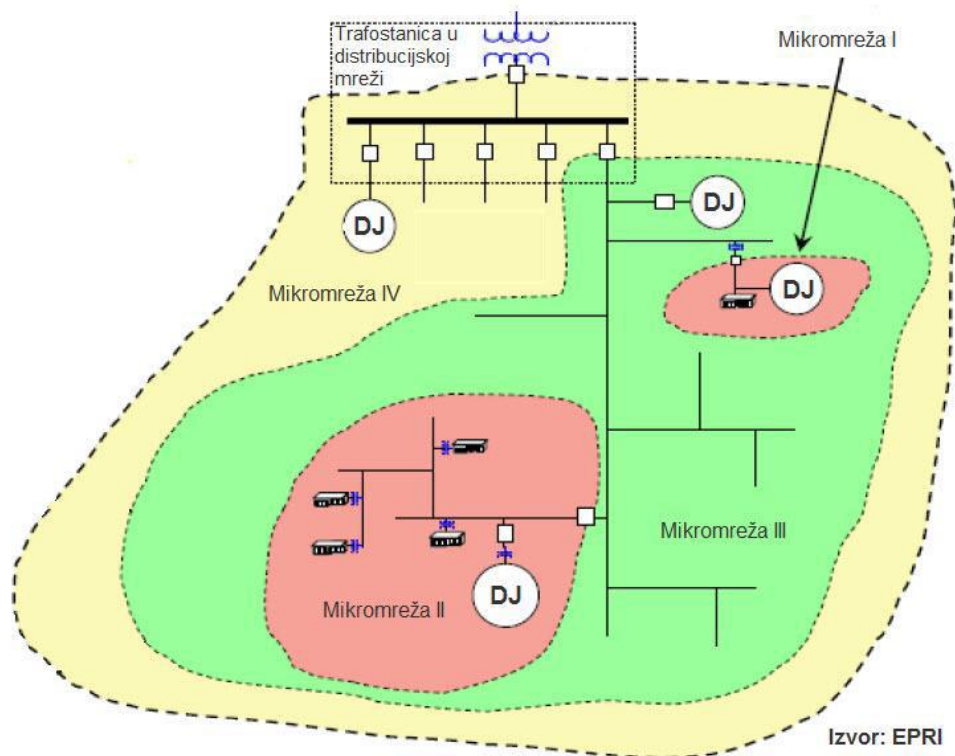
Slika 2.4. Blok dijagram pasivne i aktivne mreže [1]

Krajnji korisnici imaju mogućnosti i to je ključni potencijal mikromreže, na lokalnoj razini, moguće je pravilno upotrijebiti svu neiskorištenu toplinu koja nastaje kao nusproizvod pri dobivanju električne energije, a sa stajališta iskoristivosti moguća je smanjenje potrebe za distribucijskim i prijenosnim jedinicama.

Velika prednost također je i nad konvencionalnim elektranama, a to je blizina odnosno mikromreže se nalaze na mjestu potrošnje, što je velika prednost pri pružanju pomoćnih usluga pri poboljšanju pouzdanosti ali i efikasnosti postojeće distribucijske mreže



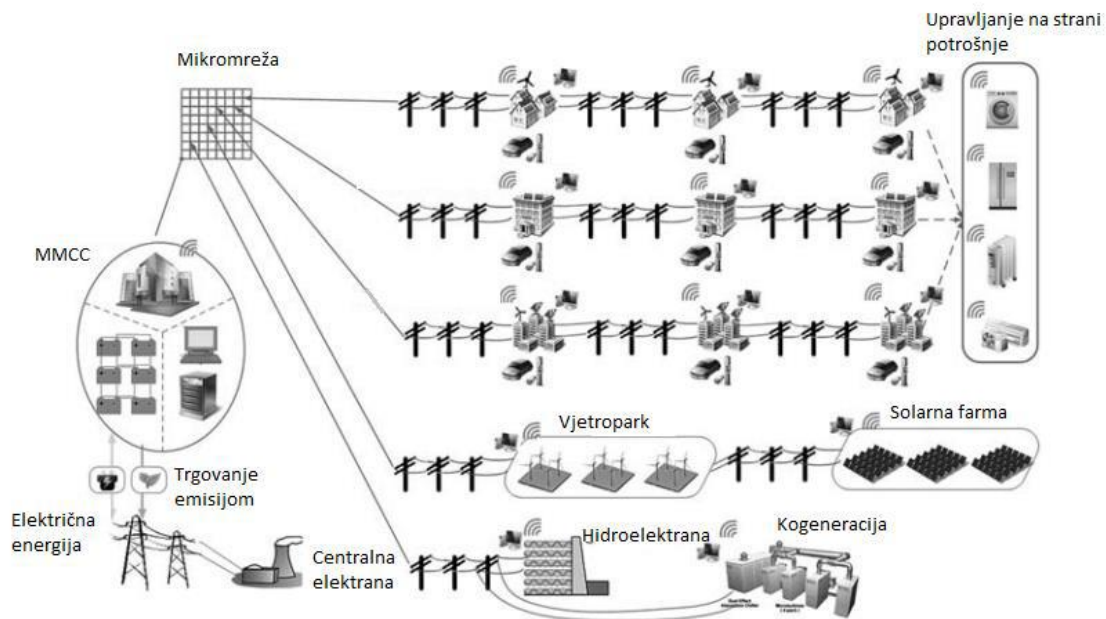
Pomoćne usluge koje mogu pružati mikromreže distribucijskoj mreži su npr. uravnoteženje opterećenja, regulacija napona, regulacija jalove snage te sekundarna i tercijarna regulacija. [5] Da bi se što bolje iskoristio potencijal mikromreže u pružanju pomoćnih usluga vrlo je bitno kvalitetno upravljati i optimizirati pogon mikromreže. [6] *Slika 2.5.* prikazuje tipične veličine mikromreža, koje se mogu sastojati od jednog korisnika (Mikromreža I) pa do svih korisnika koji su priključeni na jednu trafostanicu distribucijske mreže (Mikromreža IV). [9]



*Slika 2.5. Tipične veličine mikromreža*

Mnogo je spomenutih karakteristika mikromreža i sve one su dovoljan dokaz kako je potrebno razvijati novi koncept elektroenergetskog sustava u svijetu koji se razvija brzo i ovakve promjene su prijeko potrebna. Potrebno je riješiti mnoga tehnička, različita ekonomska i regulatorna pitanja te definirati nove tehničke standarde kako bih se mogao uspješno integrirati koncept mikromreže u postojeći elektroenergetski sustav. Vrlo je zastupljen ovaj problem u istraživanjima i postoje različiti projekti u svijetu vezani uz razvoj mikromreža na svim područjima, kao što je projekt MoreMicrogrids na razini Europske Unije (EU). [7]

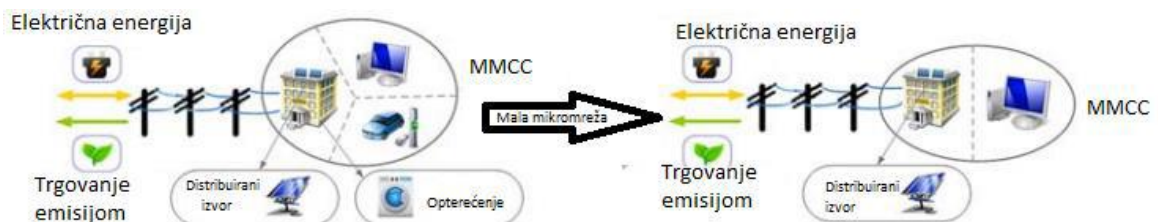
Mikromreža se pojavljuje na razini niskonaponske mreže, niskonaponskog pojnog voda i na razini niskonaponskog kućanstva. [8]



Slika 2.6. Mikromreža na razini niskonaponske mreže [8]



Slika 2.7. Mikromreža na razini pojnog voda [8]



Slika 2.2. Mikromreža na razini kućanstva [8]

## 2.4. Upravljanje potrošnjom

Sve su veći zahtjevi za smanjenje opterećenja u distribucijskim mrežama ali istovremeno i povećanje energetske učinkovitosti te takvi zahtjevi dovode do razvoja novih tehnologija ali i trošila s čilijim se radom može upravljati. Npr. punionice za električna vozila, klima uređaji, dizalice topline i sl. Korištenjem upravljivih ili fleksibilnih trošila omogućava upravljanje potrošnjom (*engl. Demand Side Management*) te se u budućnosti očekuje daljnje povećanje njihove primjene u mikromrežama.

Kako bi se što bolje iskoristila fleksibilnost koju ta trošila pružaju potrebno je koristiti nove tehnike upravljanja fleksibilnim trošilima te provoditi optimizaciju pogona sustava ili mikromreže u kojoj su ta trošila instalirana. [23]

Upravljanje potrošnjom, ukoliko se provodi na optimalan način, ima pozitivne tehničke i ekonomske učinke na sustav u kojem se primjenjuje. [24][25]

Upravljanje potrošnjom podrazumijeva funkcije kao što su:

- smanjenje vršnog opterećenja,
- povećanje potrošnje u razdobljima malog opterećenja,
- preseljenje potrošnje iz razdoblja velikog opterećenja u razdoblje malog opterećenja,
- povećanje opterećenja.

Uz prethodno navedeno potencijal upravljanja potrošnjom je i u mogućnosti pružanja pomoćnih usluga sustavu što svakako otvara nove ekonomske dobiti za vlasnike fleksibilnih trošila koji se mogu prilagoditi tržišnim zahtjevima. [26]

### **3. SUSTAV ELEKTROENERGETSKOG NADZORA I UČINKOVITOSTI**

Električna energija je poseban energent koji zbog svojih svojstava nije vidljiv te ne izaziva pažnju kod korištenja.

Potrošnja električne energije se ne može „golim okom“ uočiti te je ona vidljiva jedino na računu ali i tada vrlo je teško locirati problem te ga sanirati. U gospodarstvu je problem potrošnje električne energije puno izraženiji nego u domaćinstvima zbog velikog broja potrošača.

Razvijanje svijesti o racionalnom korištenju električne energije te njezinim efikasnim korištenjem mogu se ostvariti značajne uštede.

Jedna od najvažniji karakteristika programa ili sustava energetske učinkovitosti je adaptacija odnosno individualan pristup svakom problemu pojedinačno.

Kako bi se dobio što bolji uvid u problem potrebno je sagledati energetske stanje promatranog sustava te poznavati njegovu tzv. energetske sliku. Energetske sliku najbolje možemo opisati u usporedbi s EKG-om.

EKG slika nam daje informacije o radu našeg kardiovaskularnog sustava u usporedbi s tim energetske slika nam daje informacije o radu njegovog elektroenergetskog sustava.

Uz pomoć energetske slike moguće je odrediti nedostatke u radu tog sustava, pronaći njegov uzrok, postaviti dijagnostiku za otklanjanje te anomalije.

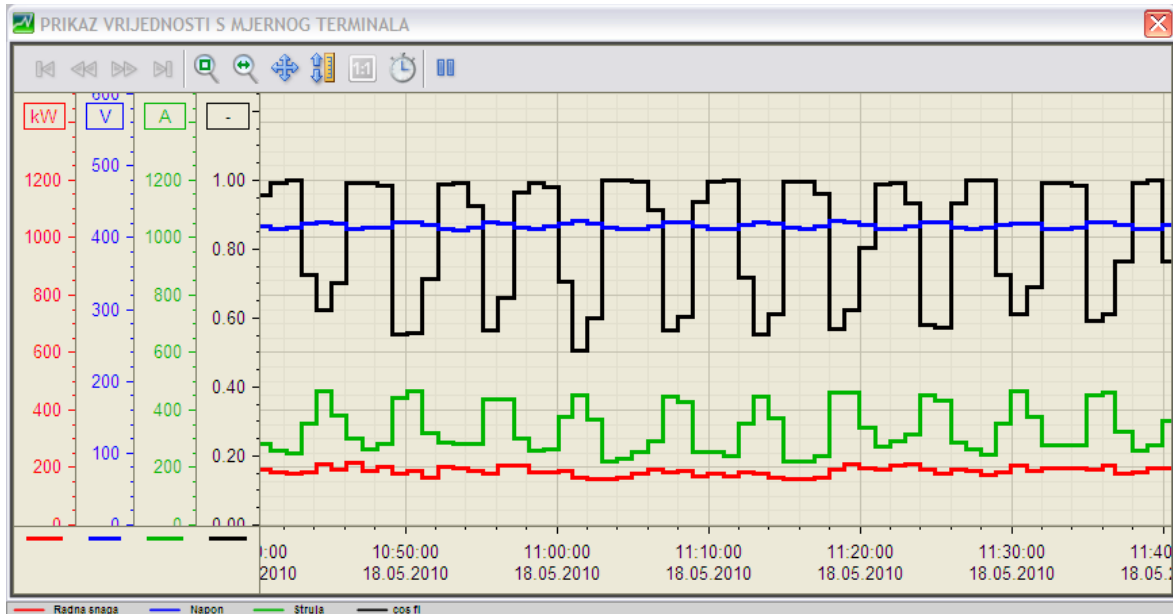
### 3.1. Energetske slike

Analizom energetske slike možemo na najefikasniji način pristupiti energetskej učinkovitosti. U ovom potpoglavlju se nalazi niz različitih primjera energetske slike i kratkih analiza.

*Na Slici 3.9.* prikazuje se dijagram opterećenja u ovisnosti promatranih električnih veličina u periodu od 24h. Označena područja prikazuju nedostatke u radu pogona i one su uzrokovale nestanak napajanja u pojedinim dijelovima objekta. Prikazana anomalija uzrokuje nepravilnost u radu objekata (gašenja dijela rasvjete, klimatizacije i sl.) te na takav način umanjuje njegovu pouzdanost.

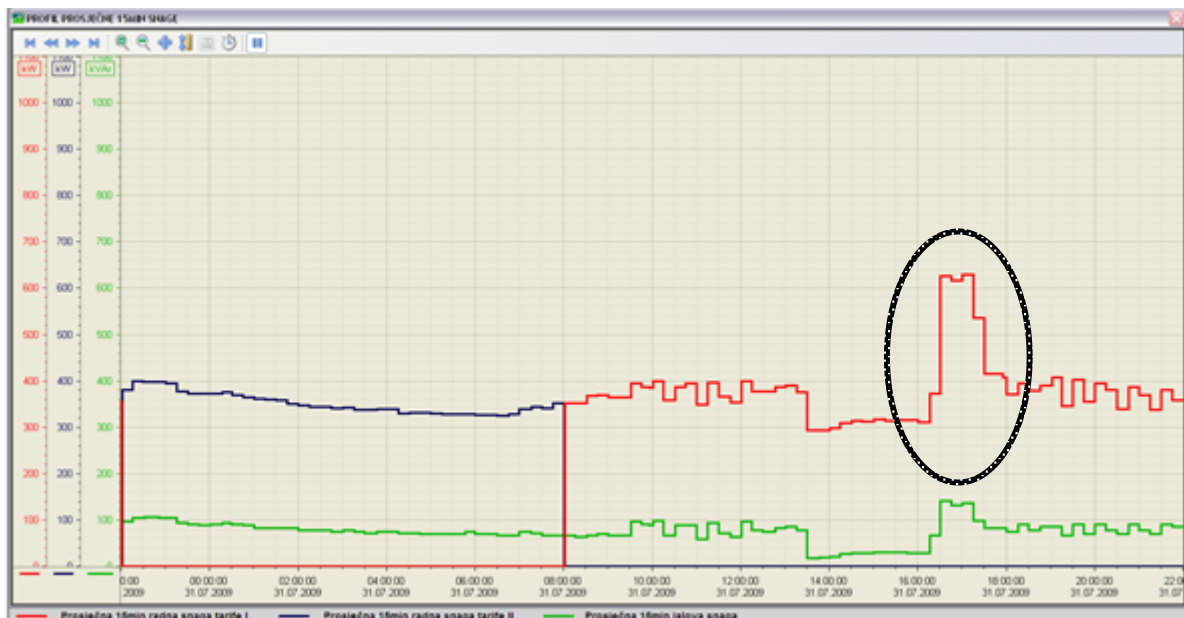


*Slika 3.9.* prikazuje dijagram opterećenja u ovisnosti promatranih električnih veličina u periodu od 24h.



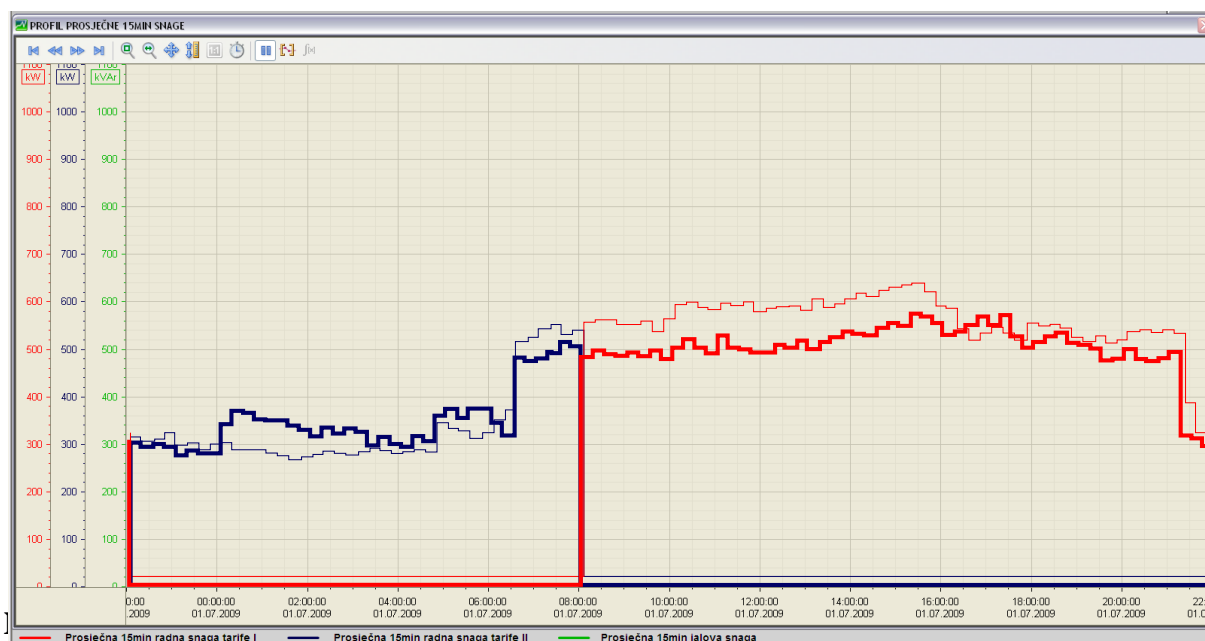
*Slika 3.10. Primjer energetske slike*

*Na slici 3.10.* također je prikazan primjer narušavanja pouzdanosti objekta te je jasno vidljivo u ovom primjeru energetske slike oscilacije električnih veličina koje nikako nisu poželjne. Uzrok oscilacija struje (zeleno) je neispravna kompenzacija jalove energije. Ovakav dugotrajan rad uzrokuje smanjenje životne dobi elektroopreme te samim time povećava troškove održavanja i smanjuje pouzdanost objekta.



*Slika 3.11. Primjer energetske slike*

**Slika 3.11.** prikazuje dijagram opterećenja iz jednog objekta koji je otkrio da zbog nepravilnosti u radu rashladnih uređaja dolazi do naglog (kratkotrajnog) skoka snage koji pak direktno utječe na znatno povećanje troškova uslijed značajnog porasta ostvarene vršne snage. Poduzimanjem mjera za kontrolu rada rashladnih kompresora, koja onemogućuje njihovo istovremeno uključivanje, onemogućeni su ovakvi nekontrolirani skokovi. Uz to potrebno je napomenuti da ovom kontrolom rada rashladnih uređaja nije narušena tehnologija postrojenja tj. nema utjecaja na rashladni kapacitet objekta.



**Slika 3.12.** Utjecaj promjene režima hlađenja na energetska slika

Na **slici 3.12.** prikazane su temperature objekta dan/noć u ljetnim mjesecima.

Promjenom režima upravljanja opremom ostvareni su efekti koji su prikazani na **slici 3.12.** (tanje linije prije promjena, a deblje nakon). Navedeni zahvati su poduzeti iz razloga što je energija II. tarife (noć, plavo na dijagramu) više nego dvostruko jeftinija od one u I. tarifi (dan, crveno na dijagramu).

Na taj način se postiglo smanjenje troškova, iako je ukupna utrošena energija ostala ista ili je čak i porasla. Ovim zahvatom je preraspodijeljena energija između tarifa u svrhu veće potrošnje jeftinije energije, a manje potrošnje skuplje.



Bitno je za primijetiti da su se, zbog posjedovanja energetske slike, efekti poduzetih mjera mogli uočiti već nakon 24h.

Kroz različite primjere energetske slike možemo uvidjeti da je svaki problem individualan i da se svakom problemu treba pristupiti na drugačiji način. Teško je jednu metodu energetske učinkovitosti primijeniti na sve moguće anomalije sustava. Važno je naglasiti da uštede su uvijek moguće, samo ih treba prepoznati. Kako bi se prepoznali ti načini, važno je tehničko znanje, iskustvo te kvalitetna analiza energetske slike.



### 3.2. Izvedba sustava energetskeg nadzora i učinkovitosti

Energetske slike moguće je snimiti sa industrijskim sklopovljem.

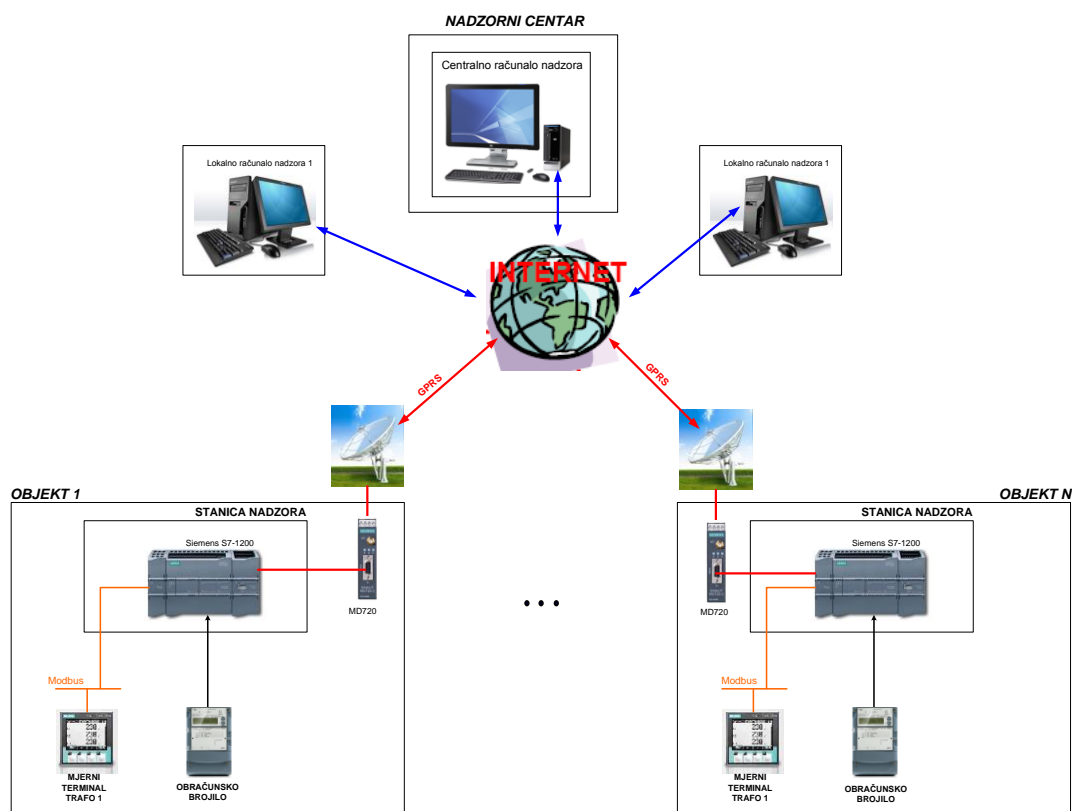
Sustav energetskeg nadzora i učinkovitosti (SENU) osigurava snimanje i arhiviranje energetskeg slika objekta te također objedinjuje funkciju djelovanja na objekt u svrhu smanjenja troškova vršne snage (vođenje vršne snage ili VVS).

Sustav energetskeg nadzora i učinkovitosti sastoji se od:

- centralnog računala sa instaliranim grafičkim sučeljem i
- n dislociranih stanica daljinskog nadzora i upravljanja.

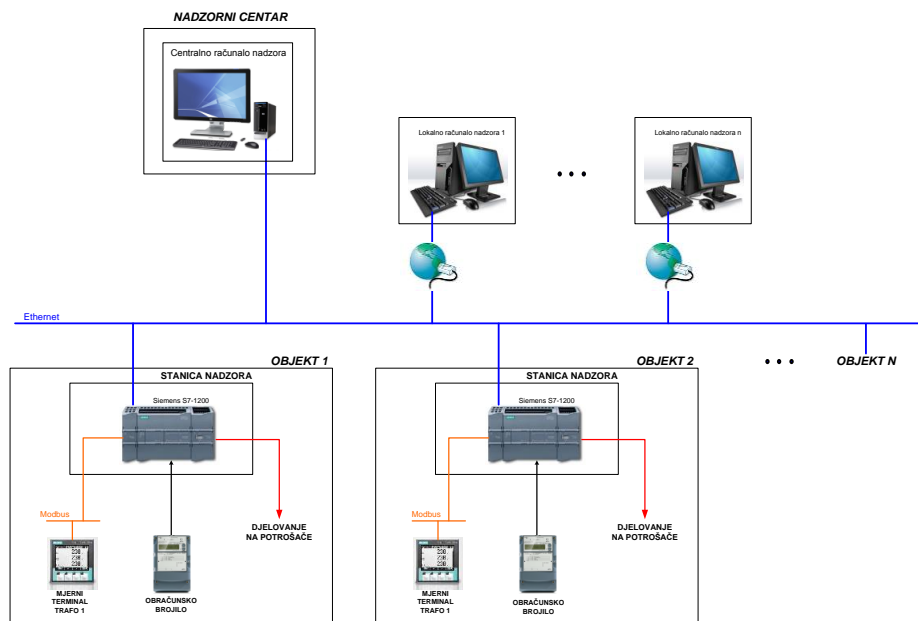
U stanicama daljinskog nadzora i upravljanja nalazi se industrijsko računalo koje ima mogućnost prikupljanja podataka s mjernih uređaja te ima mogućnost djelovanja na odabrane potrošače u objektu u svrhu optimiranja troškova.

**Slika 3.13.** prikazuje sustav energetskeg nadzora i učinkovitosti koji koristi GPRS komunikaciju između nadziranih objekata (stanica) i centralnog računala nadzora.



*Slika 3.13. Prikazuje sustav energetskeg nadzora i učinkovitosti realiziran korištenjem GPRS komunikacije*

Sustav energetskeg nadzora i učinkovitosti može se sastojati od centralnog računala za nadzor i  $n$  lokalnih računala nadzora i to se najčešće upotrebljava kada postoji računarska mreža. Sustav posjeduje opciju web-servera koja omogućava da  $n$  korisnika u isto vrijeme koriste sustav, naravno uz dogovorene ovlasti pojedinih korisnika, ovakva koncepcija je posebno korisna u većim sustavima kada više različitih profila korisnika (strojari, električari, itd) mogu svojom analizom i idejama pridonijeti ostvarivanju ušteda.



*Slika 3.14. Sustav energetskeg nadzora i učinkovitosti realiziran korištenjem Ethernet komunikacije*

Sustav energetskeg nadzora i učinkovitosti ima mogućnosti raditi:

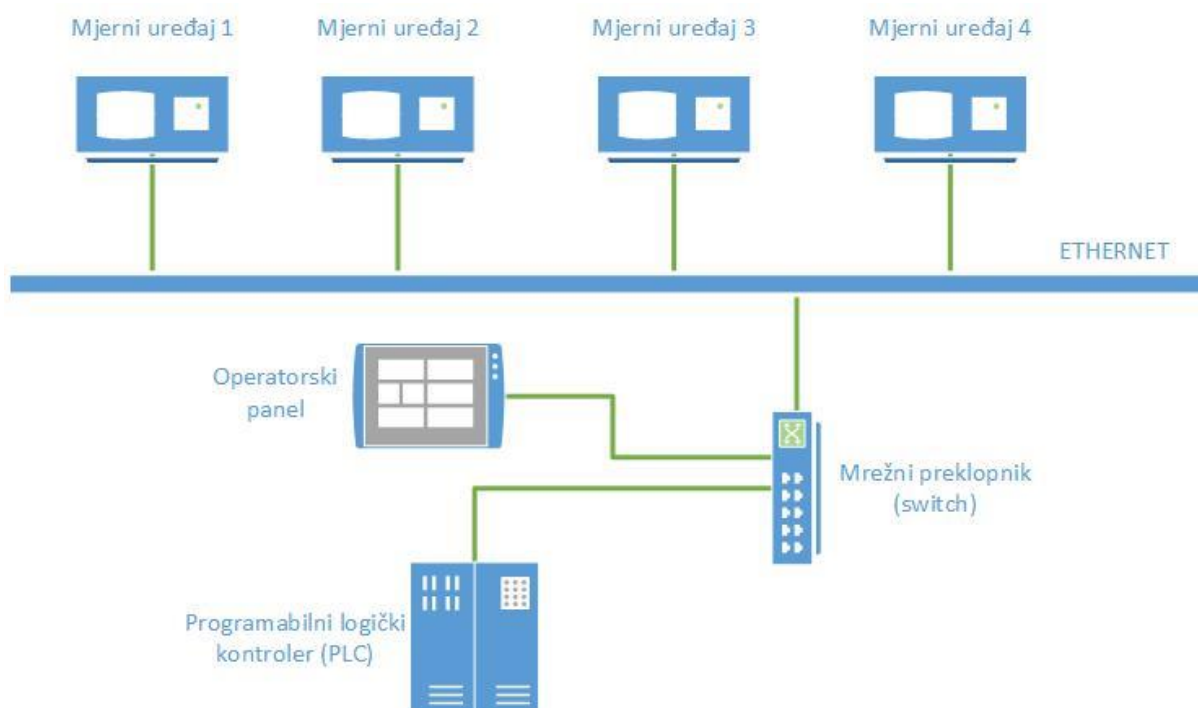
1. u režimu nadzora i daje uvid u:
  - trenutno stanje pogona (opterećenje, potrošnja, naponsko stanje, stanje kompenzacije jalove energije)
  - stanje kumulativne potrošnje na nivou 15 min, 1 sata, 1 dana, 1 mjeseca
  - arhivu događaja (alarmna stanja)
2. u režimu vođenja i obavlja:
  - analizu stanja trenutne potrošnje i osigurava potrošnju električne energije u režimu minimalnih troškova

Također u eksploataciji sustav korisniku omogućava:

- bolji uvid u rad pogona
- analizu rada sustava u određenom vremenskom intervalu
- efikasno poduzimanje korektivnih radnji
- brzi uvid u efekte poduzetih aktivnosti
- evidentiranje događaja
- brzo uočavanje anomalija u radu pogona
- brze servisne intervencije

### 3.3. Stanica daljinskog nadzora i upravljanja

Stanica daljinskog nadzora i upravljanja sastoji se od PLC uređaja, sučelja operatora (operatorski panel) te ostale opreme koja osigurava povezivanje stanice daljanskog nadzora i upravljanja s traženim mjernim uređajima kao što su to mjerni terminali, brojlara, kalorimetri, analizatori i sl.



*Slika 3.15. Blok shema*

Prikazana blok shema je podložna promjenama ovisno od sustava do sustava. PLC uređaji se mogu proširivati s komunikacijskim i signalnim modulima, također mogu se dodavati i nove stanice daljinskog nadzora i upravljanja koje su međusobno povezane putem etherneteta. Stanica daljinskog nadzora i upravljanja može prihvatiti različite informacije iz postrojenja (različiti alarmi, mjerenja temperatura i sl.) te također može se proširiti s funkcijom vođenja vršne snage u svrhu smanjenja troškova za električnu energiju.

Korištenjem vođenja vršne snage sustav djeluje na odabrane potrošače u svrhu optimiranja troškova za električnu energiju.

Dakle stanicu daljinskog nadzora i upravljanja moguće je proširivati i sa novim brojilima električne energije, plinomjerima, vodomjerima i sl., naravno stanicu daljinskog nadzora i upravljanja moguće je proširiti i povezati sa SCADA sustavom.

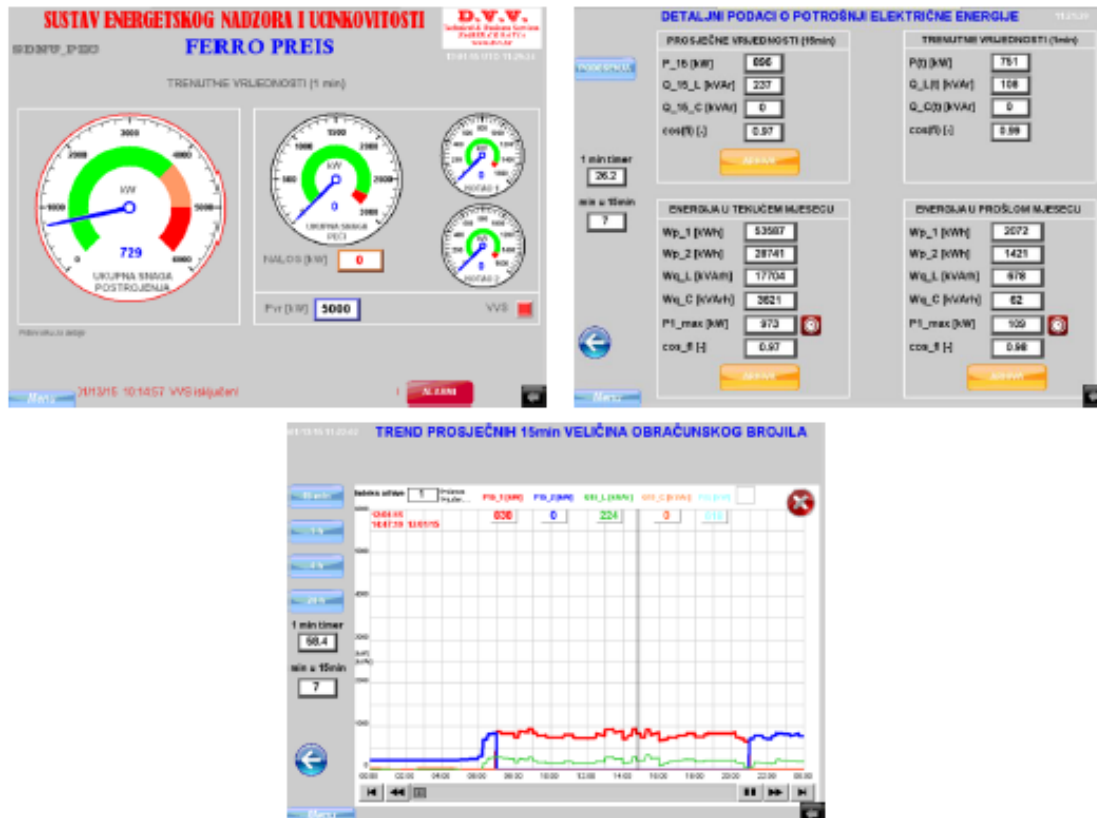
Korisnik ima pregled svih parametra potrošnje i kvalitete električne energije korištenjem sučelja operatora.

Parametri za svako radno mjesto:

- napon ,
- struja ,
- trenutna radna i jalova (ind. i kap.) snaga ,
- faktor snage,
- faktor harmonijskog izobličenja ,
- prosječne (15 min) radna i jalova (ind. i kap.) snaga ,
- utrošenu energiju u tekućem mjesecu ,
- utrošenu energiju u prošlom mjesecu ,
- ukupnu utrošenu energiju ,
- maksimalnu ostvarenu prosječnu snagu tekućeg mjeseca (i vrijeme maksimuma) i
- maksimalnu ostvarenu prosječnu snagu prošlog mjeseca (i vrijeme maksimuma).

Svako radno mjesto ima prikaz i vremenskog dijagrama trenutne i prosječne radne i jalove snage. Svi ti parametri imaju mogućnost arhiviranja u memoriju operatorskog panela s mogućnošću pohrane za više od pedesetak godina.

Na *slici 3.16.* prikazan je primjer različitih ekrana sučelja operatera. Svi ekrani, prikazi i orijentacije podložni su promjenama prema potrebi korisnika.



Slika 3.16. Različiti ekrani sučelja operatera

Na *slici 3.16.* na lijevoj strani je prikazan ekran, desno na slici je numerički prikaz brojila, a dolje se nalazi vremenski dijagram. Stanica daljinskog nadzora i upravljanja ima mnoštvo različitih mogućnosti te je usmjerena prema potrebama korisnika i prema zahtjevi sustava.

Stanica daljinskog nadzora i upravljanja ima mogućnost:

- snimanje svih bitnih parametara potrošnje električne (ili bilo koje druge) energije
- prikaz vremenskih dijagrama snage
- arhiviranje mjerenih podataka
- analiza snimljenih podataka
- mogućnost daljinskog pristupa
- mogućnost excel obrade arhiviranih podataka
- izrada automatiziranih izvještaja
- e-mail alarmi i izvještaji
- neograničena mogućnost proširenja
- velik broj raspoloživih komunikacijskih opcija (TCP/IP, Profinet, Profibus, Modbus, CAN, MBus, KNX,. OPC)
- DVV energetske menadžment

### 3.4. Centralni sustav nadzora potrošnje električne energije na primjeru jedne tvrtke

U ovom poglavlju se nalazi primjer centralnog sustava nadzora i potrošnje električne energije na primjeru jedne tvrtke unutar kompanije.

Nakon pokretanja aplikacije centralnog sustava nadzora i potrošnje električne energije te unosa korisničkog imena i lozinke otvara se prozor na *slici 3.17.* Početna ikona prikazuje sve tvrtke unutar kompanije u nastavku ćemo promatrati primjer samo jedne od tvrtki iz cijele kompanije.



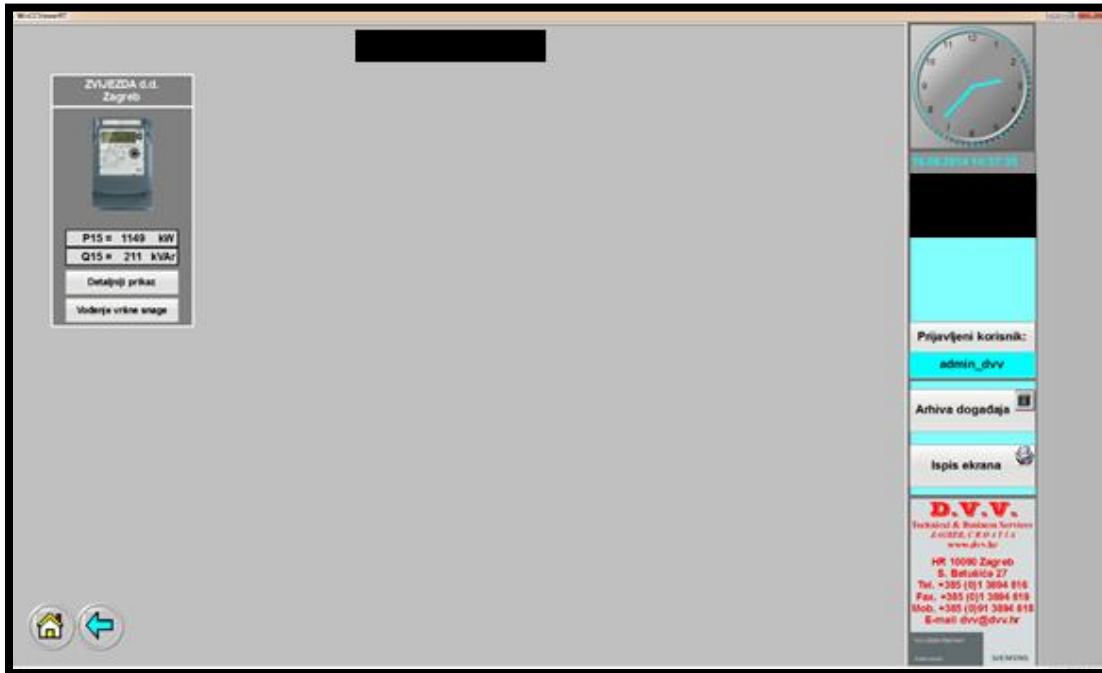
*Slika 3.17. Početna strana CSNPEE jedne kompanije*

Svaka tvrtka unutar kompanije ima pristup samo podacima svoje tvrtke.

Na *slici 3.18.* prikazani su osnovni podaci o potrošnji električne energije jedne tvrtke iz centraliziranog sustava jedne kompanije.

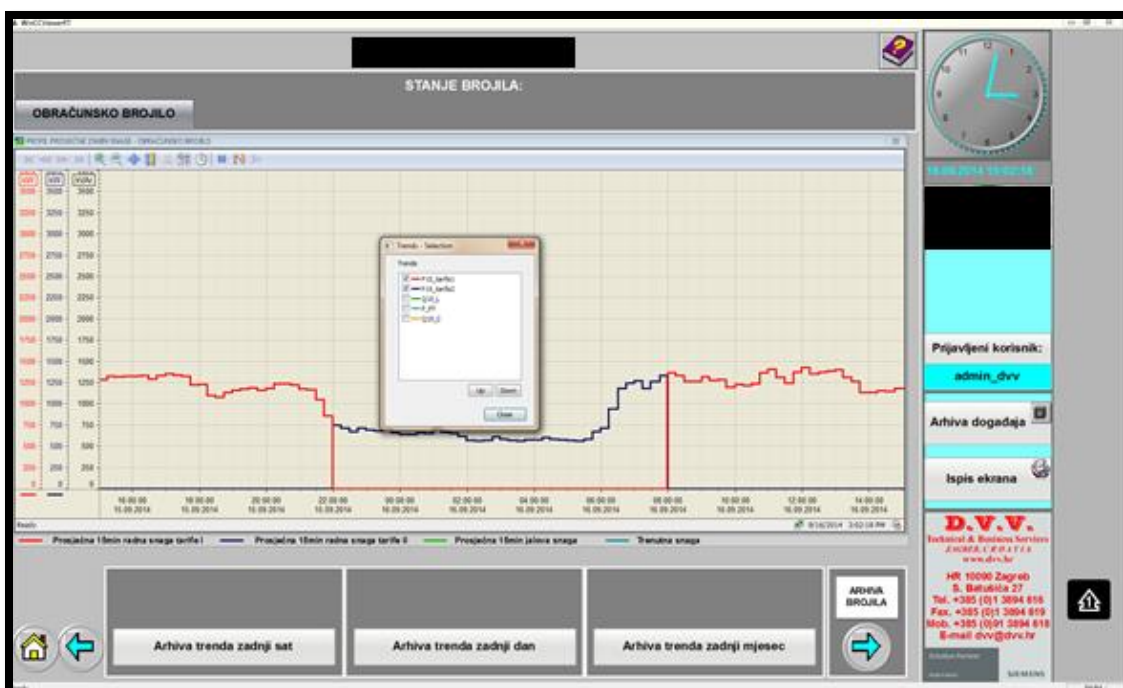
Osnovni prikaz predstavlja prosječnu radnu snagu posljednjih 15 minuta, dok je Q15 prosječna ukupna jalova snaga u posljednjih 15 minuta.





Slika 3.18. Osnovni prikaz objekta jedne tvrtke

Osim osnovnog prikaza postoji mogućnost i detaljnog prikaza. U detaljnom prikazu moguć je ulaz u dio sustava unutar kojeg je moguće promatrati vremenske dijagrame snimljenih veličina, *slika 3.19.*



Slika 3.19. Vremenski dijagrami prosječne i trenutne snage

U donjem dijelu ekrana nalaze se tri fiksna vremenska intervala:

- posljednji sat,
- posljednji dan i
- posljednji mjesec.

Vremenski raspon je moguće ugoditi klikom na simbol sata koji se nalazi u alatnoj traci samog dijagrama.

Na dijagramu se prikazuju prosječna radna snaga prve (crvene boje) i druge (plave boje) tarife.

U izborniku je moguće odabrati i veličine koje želimo promatrati. Dostupne su osim radne snage i prosječne vrijednosti jalove induktivne i kapacitivne snage te trenutna radna snaga. Na alatnoj traci ima niz mogućnosti poput povećala za zumiranje te strelica za listanje prikaza u vremenu. Moguće je listati povijest podataka dan po dan.



Slika 3.20. Statistička obrada vremenskih dijagrama

Ispod grafa se također nalazi i statistički prozor. Odabirom vremenskih granica pritiskom na tipku f(x) računa se statistika.

Standardno statistika prikazuje prosječne vrijednosti promatranih veličina u izabranom vremenskom intervalu, a u slučaju da je potrebno više podataka klikom na drugu ikonu slijeva na alatnoj traci statističkog prozora otvara se konfiguracijski dijalog unutar kojeg je moguće obarati dodatne statističke funkcije.

U Arhivi brojila moguće je promatrati mjesečna očitavanja potrošnje za period od jedne godine. Na *slici 3.21.* prikano je vođenje vršne snage. Funkciju vođenja vršne snage moguće je promatrati te podešavati njene parametre. Osnovni parametri koji se mogu omogućiti/onemogućiti su funkcija vođenja, podešavanje godišnjeg plana vođenja te trenutni limit vršne snage.

**OSNOVNI PARAMETRI**

OMOGUĆENO ONEMOGUĆENO

ZADAVANJE VRIJEDNOSTI VRŠNE SNAGE

Mjesec	Vrijednost (kW)
1. SVEČANJ	2150 kW
2. VELJAČA	2150 kW
3. OŽUJAK	2200 kW
4. TRAVANJ	2350 kW
5. SVIBANJ	2400 kW
6. LIPANJ	2400 kW
7. SRPANJ	2550 kW
8. KOLOVOZ	2550 kW
9. RUJAN	2500 kW
10. LISTOPAD	2400 kW
11. STUDENI	2350 kW
12. PROSINAC	2300 kW

TRAJNA VRIJEDNOST ZADANE VRŠNE SNAGE: 1800 kW

**STATISTI RADA**

POTROŠAČ	ET_OFF (s)	PT_OFF (s)	ET_ON (s)	PT_ON (s)	LOW (°C)	T (°C)	HIGH (°C)
1. LABORATORIJ	0	1207	0	667	---	---	---
2. UPRAVA	0	1337	0	737	---	---	---
3. SKLAD. URSIDI	0	1457	0	971	---	---	---
4. ZONA 7	0	731	0	847	23,0	18,2	25,0
5. ZONA 5	0	733	0	723	22,0	18,7	24,0
6. ZONA 1C	0	727	0	737	16,0	12,1	17,0
7. ZONA 4	0	731	0	733	15,5	14,5	17,5
8. ZONA 1A	0	560	0	667	16,0	14,1	17,0
9. ZONA 1B	0	427	0	549	16,0	13,3	17,0
10. ZONA 2	0	431	0	611	8,0	6,6	9,0
11. ZONA 6	0	367	0	673	6,0	4,8	7,0
12. ZONA 3	0	323	0	617	3,0	3,2	4,0

Prijavljeni korisnik: admin\_dvv

Arhiva događaja

Ispis ekrana

**D.V.V.**  
Elektro i Buroarski Servisi  
ZAGREB, C.F.P. I.T.I.  
www.dvv.hr

HR 10000 Zagreb  
B. Batulića 27  
Tel. +385 (0)1 3894 616  
Fax. +385 (0)1 3894 618  
Mob. +385 (0)91 3894 618  
E-mail: dvv@dvv.hr

Slika 3.21. Vođenje vršne snage – status i podešenja

U statusu rada mogu se promatrati trenutna stanja funkcije vođenja.

U funkciju vođenja je uključeno 12 potrošača. Funkcija vođenja na temelju prediktivnog algoritma i potrebnih mjerenja (trenutna snaga i temperatura) odlučuje koji će potrošač biti isključen.

U slučaju da sustav nije dao nalog za isključenje potrošača njegov naziv biti će zelene boje, a ukoliko je dan nalog za isključenje potrošača njegov naziv je crvene boje.

Za svakog potrošača postoje sljedeća polja:

1. ET\_OFF – status brojača (timera) isključenja. Nakon što je sustav izdao nalog za isključenje pokreće se brojač vremena isključenosti koji broji od nule do zadanog vremena isključenja (sekundama).
2. PT\_OFF – zadano vrijeme isključenosti u sekundama.
3. ET\_ON – nakon što je potrošač bio isključen vrijeme PT\_OFF daje se nalog za uključenje potrošača i kreće brojač vremena uključenosti, od nula do zadanog vremena uključenosti (u sekundama).
4. PT\_ON – zadano vrijeme uključenosti u sekundama.
5. T – temperatura pojedine zone (potrošača) u °C, ukoliko postoji mjerenje. Kada  $T > \text{HIGH}$  ćelija postaje narančasta te ostaje takva sve dok  $T < \text{LOW}$  kada postaje zelena.
6. HIGH – ukoliko temperatura T pojedinog potrošača prijeđe HIGH granicu njegovo isključenje je blokirano tj. neće se isključivati. Ukoliko je izdan nalog za isključivanje on se poništava, bez obzira na stanje ciklusa brojača isključenja, te je time omogućeno pokretanje potrošača. Kad je funkcija vođenja u limitu temperature to ne znači da je i sustav regulacije temperature pojedine zone u grešci ili alarmu.
7. LOW – ukoliko je temperatura T prešla HIGH granicu njegovo isključenje se blokira sve dok temperatura ne padne ispod LOW granice, u °C. Kada temperatura padne ispod LOW potrošač se ponovno može isključiti.

U sustavu postoji i vrijeme međusobne blokade ponovno uključanja potrošača, nakon što ih je funkcija vođenja isključila.

Ponovno uključenje svakog potrošača je pomaknuto za vrijeme  $T_{INT}$  u odnosu na prošli potrošač i time je spriječen istovremeni start više potrošača.

Parametri HIGH i LOW treba promatrati kao dio funkcije vođenja vršne snage, oni ne predstavljaju limite alarma i/ili regulacijske parametre sustava regulacije temperature zona.

U svakom retku tablice Status rada nalazi se gumb sa simbolom dalekozora i pritiskom na njega otvara se vremenski dijagram svakog potrošača kao na *slici 3.22.*

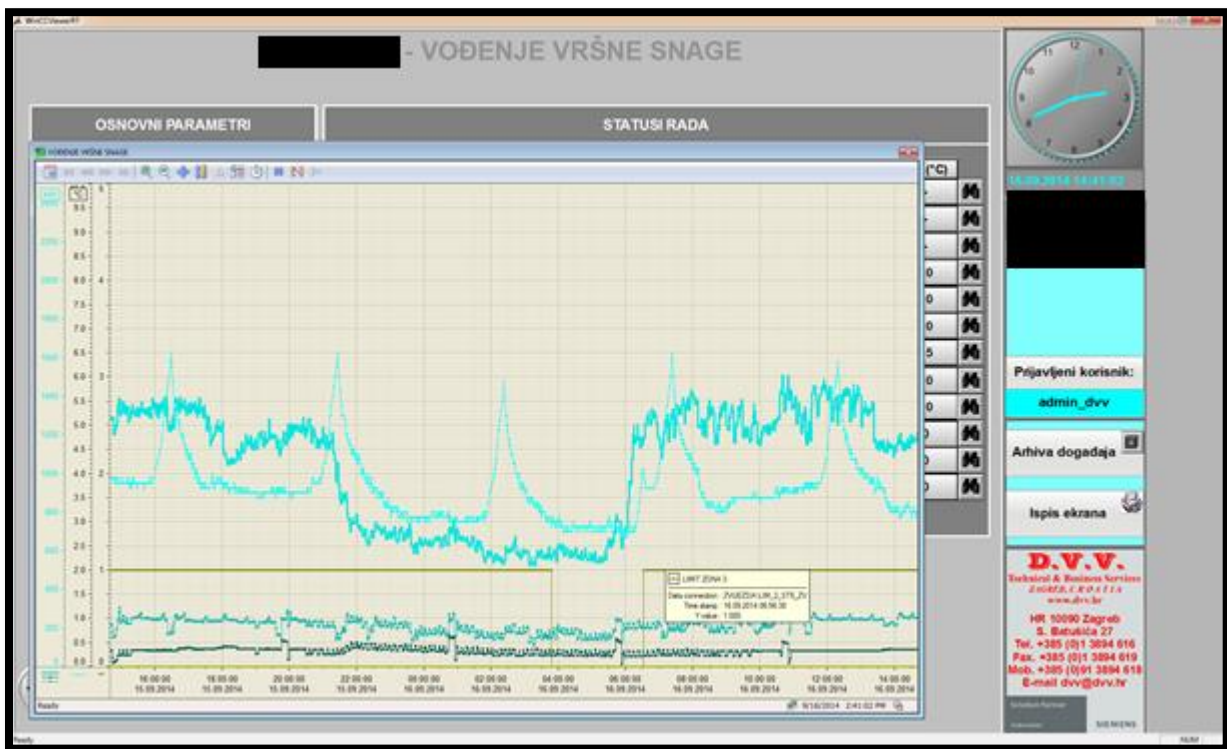


*Slika 3.22. Vremenski dijagram potrošača unutar funkcije vođenja vršne snage*



Vremenski dijagram potrošač omogućava praćenje:

1. Ukupne trenutne snaga tvornice u kW
2. Temperature zone – ukoliko postoji mjerenje. Za prva 3 potrošača ono ne postoji.
3. Ukupne snage skladišta u kW
4. Parcijalne trenutne snage dijela skladišta u kojem se potrošač nalazi. Svi potrošači unutar skladišta (zone) raspoređeni su u dva razvoda (mjerenja). Njihov zbroj daje ukupnu trenutnu snagu skladišta.
5. Statusa isključenosti pojedinog potrošača – kada je dan nalog za isključenje status isključenosti poprima vrijednost 1.
6. Statusa limita temperature – kada je temperatura prijeđe HIGH granicu status limita temperature poprima vrijednost 1, *slika 3.23*.



*Slika 3.23. Vremenski dijagram potrošača unutar funkcije vođenja vršne snage*

## 4. PRIJEDLOG SUSTAVA DALJINSKOG NADZORA I UPRAVLJANJA U ZGRADI FERIT-A

Kako bi se povećala energetske učinkovitosti u zgradi Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u ovom poglavlju prikazana će biti konfiguracija uređaja koja omogućava prikaz podataka o potrošnji električne energije, pohranu tih podataka, nadzor potrošnje električne energije te upravljanje potrošnjom električne energije.

Postojeće podatke o utrošenoj električnoj energiji potrebno je provjeriti uvođenjem sustava daljinskog nadzora i upravljanja koji se sadržava posebnu mjernu opremu.

Pametno ili napredno brojilo stavlja se sa svrhom dobivanja parametara o stvarnoj potrošnji električne energije odnosno omogućava napredno reguliranje potrošnje u zgradi Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija.

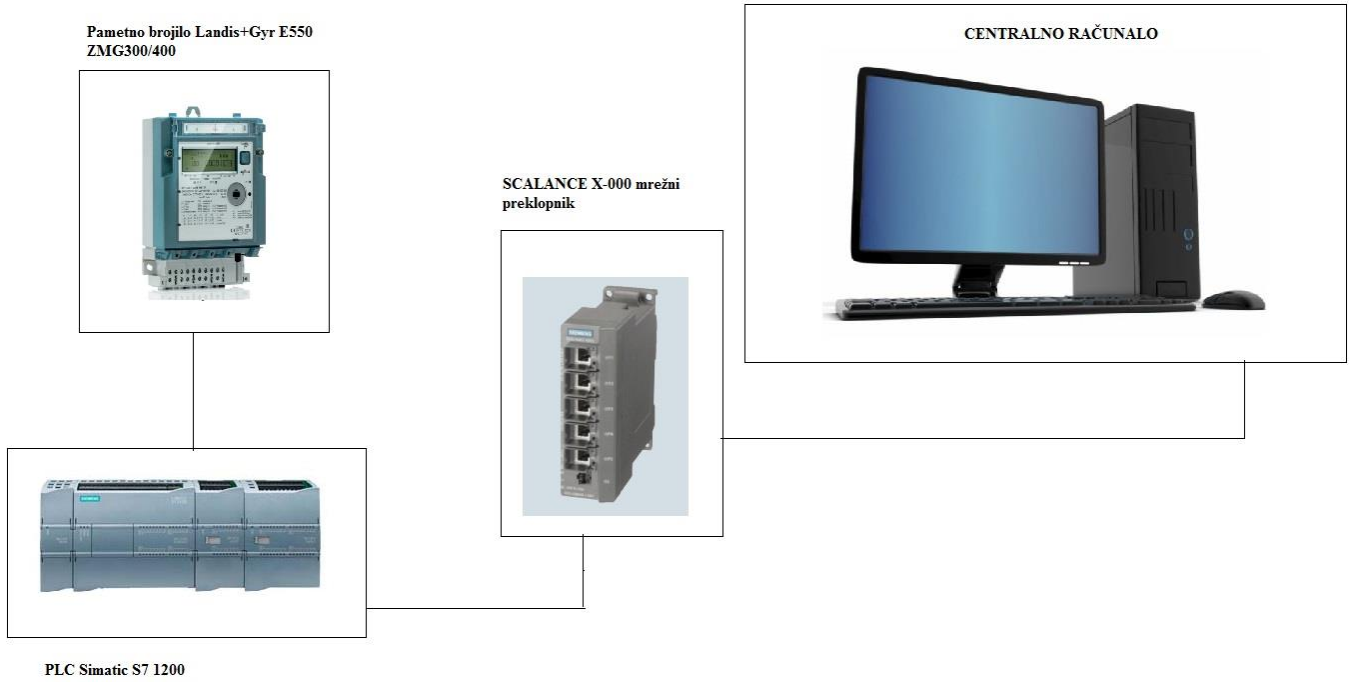
Dobiveni podaci se uspoređuju sa dobivenim parametrima na glavnom brojilu ili sa podacima o potrošnji električne energije dobivenim na mjesečnom računu.

Principijelna blok shema za izradu sustava daljinskog nadzora i upravljanja na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija sastoji se od:

- pametnog brojila,
- mrežnog preklopnika,
- PLC-a i
- centralnog računala.

Pametno brojilo informacije daje PLC preko impulsnih bežnaponskih kontakata izlaza brojila. Centralno računalo i PLC na mrežni preklopnik spojeni su preko UTP kabela.

Prilikom uvođenja druge mjerne opreme odnosno pametnog brojila potrebno je zatražiti dozvolu od strane HEP-a o pristupu korištenja korisničkih impulsa te o izvođenju radova na priključku mjerne opreme na korisničke impulse.



Slika 4.24. Primjer konfiguracije za zgradu FERIT-a



## 4.1. Pametno brojilo

Pametno ili napredno brojilo je elektronički uređaj koji bilježi potrošnju električne energije u određenom vremenskom periodu npr. 1 sat, 30 minuta ili 15 minuta. Imaju mogućnost komuniciranja sa uređajima poput PLC-ova, davanja informacija ali i primanja informacija nazad.

Pametna brojila imaju mogućnost dvosmjerne komunikacije između brojila kao mjernog uređaja i središnjeg upravljačkog sustava. Također imaju mogućnost prikupljanja informacija za daljinsko izvješće. Pametno ili napredno brojilo nudi niz dodatnih funkcionalnosti, uključujući davanje podataka u stvarnom vremenu zatim obavijest o prekidu napajanja te praćenje kvalitete električne energije.

Pametna brojila omogućavaju i praćenje opterećenja kako bi se automatski odredilo koliko električne energije koristi svaki uređaj. Pametna brojila su zbog dvosmjerne komunikacije otišla korak dalje od jednostavnog automatskog brojila. Komunikacija se može obavljati putem fiksnih žičnih veza (komunikacija s mrežnim kabelima) ili bežičnim putem.

U primjeru sustava daljinskog nadzora i upravljanja za zgradu Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija nalazi se pametno brojilo Landis+Gyr E550 ZMG300/400.

Tvrtka Landis+Gyr u posljednjih stotinjak godina svojim asortimanom pomaže krajnjim korisnicima u upravljanju energijom. Stvorili su rješenja koja omogućavaju kako poduzećima tako i krajnjim potrošačima diljem svijeta poboljšanje energetske učinkovitosti te smanjenje troškova potrošnje električne energije. Ističu se na području pametnog mjerenja s najbogatijim programom, rješenjima i uslugom.

Pametno brojilo Landis+Gyr E550 ZMG300/400 je četverokutni robusno dizajnirani uređaj koji ima širok raspon inovativnih značajki prilikom mjerenja potrošnje električne energije. Jedna od velikih prednosti jest mogućnost mjerenja podataka o mreži i mjerenje kvalitete električne energije. Istodobno se može koristiti do 12 mjernih veličina.

Memorija bilježi potrošnju, potražnju, maksimalne vrijednosti, prethodne vrijednosti, opterećenja i to najviše do 512 dana. Na raspolaganju ima veliki izbor komunikacijskih sučelja kao što su CS, RS-232, RS-485, RS-422, itd.

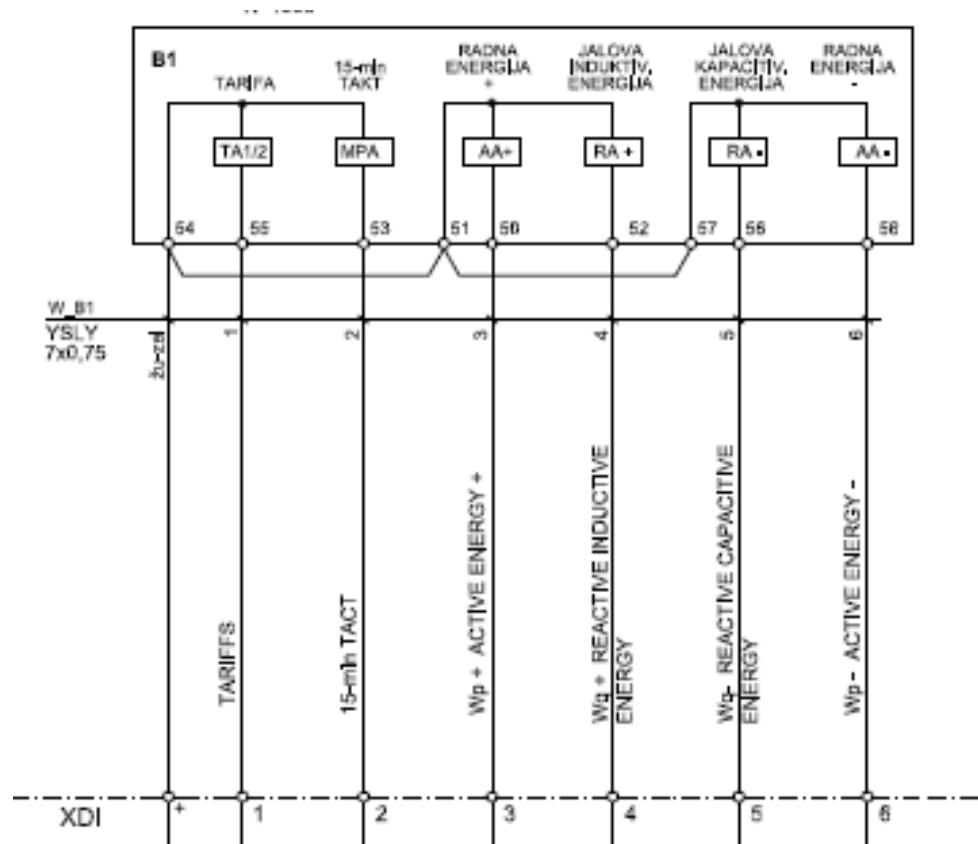
Prekidi unutar mreže se mogu slati putem mobilne telefonske mreže pomoću SMS funkcije. Pametno brojilo Landis+Gyr E550 ZMG300/400 informacije o kvaliteti električne energije

kao što je pad napona ili prekoračenju unaprijed definirane vrijednosti mogu očitati preko različitih sučelja. *Slika 4.25.* prikazuje Pametno brojilo Landis+Gyr E550 ZMG300/400.



*Slika 4.25.* Landis+Gyr E550 ZMG300/400

Na *slici 4.25.* prikazana je shema brojila energije Landis+Gyr E550 ZMG300/400 te primjer različitih mjernih signala koje šalju PLC-u.



Slika 4.26. Shema spajanja pametnog brojila i PLC-a

PLC i pametno brojilo su direktno spojeni. Na shemi je prikazani izlazi brojila koji prikazuju:

1. tarifa - 0=viša (I) tarifa, 1=niža (II) tarifa
2. 15 min takt – sinkronizacijski impuls za usrednjavanje 15 minutnih izračuna
3. RE+ - radna energija iz mreže
4. RE- - radna energija u mrežu
5. JE1 – jalova induktivna energija
6. JE2-jalova kapacitivna energija

Kontakti od 3 do 6 su proporcionalni energiji koju brojilo mjeri. Najčešće je to 5000 impulsa po kWh (kVARh) izmjerene energije. To još treba pomnožiti sa konstantom mjerenja (prijenosni omjer strujnih\* prijenosni omjer naponskih mjernih transformatora). Iz toga svega može izračunati:

- trenutna snaga (proporcionalna vremenu između 2 impulsa)
- prosječnu 15 min snagu (preko sinkronizacije sa taktom (2))
- utrošenu ili proizvedenu radnu i jalovu energiju u I i II tarifi

## 4.2. Industrijski ethernet

Ethernet je mrežna tehnologija i najčešće korištena tehnologija za lokalne mreže (LAN).

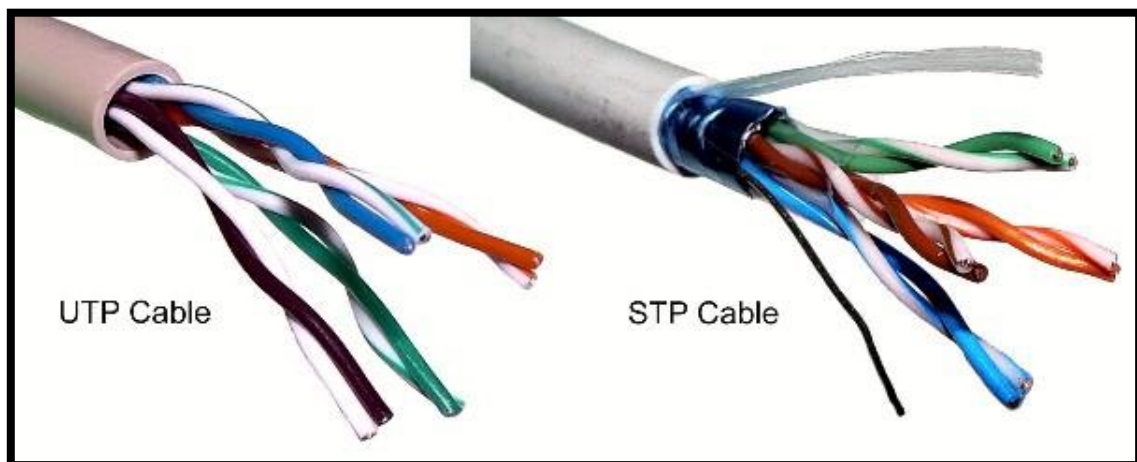
Radi po principu jedan uređaj šalje paket mrežnom segmentu, obavještavajući sve ostale uređaje u tom segmentu da obrate pažnju na poslani paket.

Ethernet, danas poznat i pod imenom IEEE 802.3, postao je najrasprostranjeniji standard za računarsku mreže.

Najčešće se koristi fizičkom infrastrukturom koja je izvedena po principu strukturnog kabliranja. Koriste se bakreni kablovi s četiri opletene parice i optički kablovi.

Neki od bakrenih kabela su:

- UTP - neoklopljena upletena parica
- STP - oklopljena upletena parica
- FTP - upletena parica zaštićena od smetnji folijom
- S/FTP - upletena parica zaštićena od smetnji folijom i žičnim opletom



*Slika 4.27. Prikazuje primjer utp i stp kabela*

### 4.3. Mrežni preklopnik

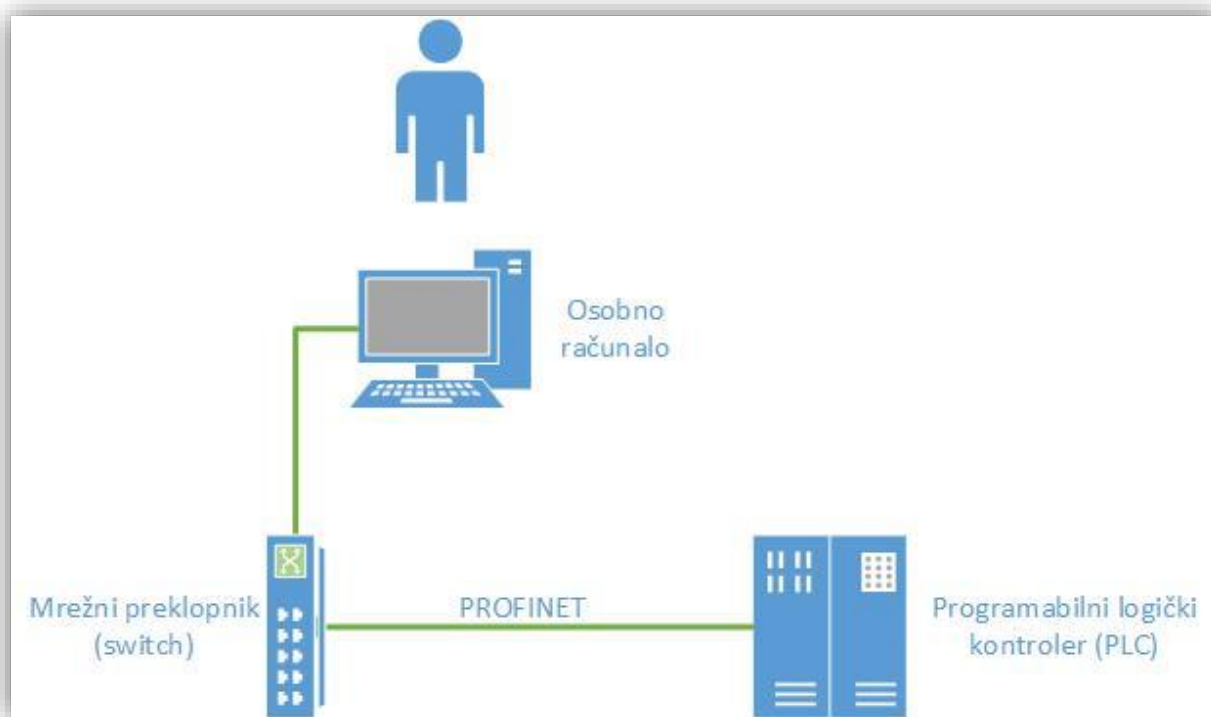
Mrežni preklopnik ili prespojnik (od eng. *network switch*) naziv je za uređaj s većim brojem mrežnih sučelja i on služi kao središte zvjezdaste topologije i radi na drugom ili trećem sloju OSI modela i ovisno o načinu rada jednak je mrežnom prenosniku ili usmjereniku.

Mrežni preklopnik ima više priključaka, njime je omogućeno filtriranje i prosljeđivanje paketa podataka između priključaka i na taj način se stvara prostrana logička mreža.

Siemensov SCALANCE X-000 mrežni preklopnik odabran je u konfiguraciji sustava daljinskog nadzora i upravljanja na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija. SCALANCE X-000 sadržava 5 RJ45 priključaka, vrlo kompaktnog izgleda sa čvrstim metalnim kućištem.



*Slika 4.28. SCALANCE X-000 mrežni preklopnik*



*Slika 4.29. Shema spajanja mrežnog preklopnika, PLC-a i osobnog računala*

#### 4.4. PLC Simatic S7 1200 modularni mikrokontroler

PLC je programibilni logički kontroler ili poznatiji kao industrijsko računalo.

Sastoji se od:

- memorije,
- procesora i
- industrijskih ulaza i izlaza.

PLC se koristi kao osnovni dio upravljačkih automatskih sustava u industriji, njegov program ili točnije algoritam na jednostavan se može mijenjati te je pogodan za brza rješenja i aplikacije. U industriji je dio mnogih strojeva i procesa.

Program na digitalnom računalu PLC-u izvršava se ciklički i prolazi kroz tri faze:

- čitanje ulaznih varijabli,
- izvršavanje programskog koda te
- ispisivanje rezultata logičkih operacija na izlazu.

PLC program je napravljen za teške uvjete rada, može biti otporan na vibracije, temperaturne promjene ali i električne smetnje.

SIMATIC S7 kontroleri čine osnovu automatizacijskih sustava.

SIMATIC S7-200 i S7-1200 mikrosustavi su sa najnižim rasponom mogućnosti te se koriste kao samostalna rješenja.

SIMATIC S7-300 sa standardnom centralnom programskom jedinicom te dodatnim mogućnostima klasično je rješenje kod proizvodnih linija u industriji.

Uređaj sa najviše mogućnosti iz serije SIMATIC kontrolera je SIMATIC S7-400 koji omogućava sustavna rješenja za proizvodnju i industrijske procese.

U konfiguraciji sustava daljinskog nadzora i upravljanja na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija nalazi se Siemensov SIMATIC S7-1200 najmlađi član SIMATIC kontrolera.

S7-1200 sastoji se od centralne procesorske jedinice koja je proširiva digitalnim i analognim ulaznim i izlaznim modulima također posjeduje PROFINET sučelja pa se centralna procesorska jedinica može povezati na industrijski ethernet.

S7-1200 se konfigurira i programira unutar TIA Portala korištenjem STEP 7 Basic/Professional.



Siemens u svojoj ponudi nudi niz mogućnosti i pogodnosti u okviru S7-1200 od kompaktnog dizajna zatim tri različite centralne procesorske jedinice od kojih svaka nudi niz različitih mogućnosti.

Centralna procesorska jedinica 1200 ima tri načina rada:

- STOP,
- STARTUP i
- RUN.

U stop načinu rada korisnički program se ne izvodi ali centralna procesorska jedinica ima mogućnost komunikacije te može prenositi korisnički program. Startup način rada je pokretanje i u ovom načinu rada se vrši parametrisiranje modula. U run načinu rada se izvodi glavni korisnički program.

Profinet sučelje omogućuje spajanje centralne procesorske jedinice 1200 sa drugim uređajima preko industrijskog etherneteta.

Simatic automatizacijski sustavi sastoje se od brojnih komponenti koje se međusobno povezane konceptom „potpuno integrirana automatizacija“ (engl. Totally Integrated Automation, TIA).

Potpuno integrirana automatizacija (TIA) predstavlja automatizaciju s integriranom konfiguracijom, programiranjem, spremanjem i prijenosom podataka.

U sustavu daljinskog nadzora i upravljanja PLC ima mogućnost skupljanja informacija sa brojila te na temelju korisničkog programa unutar PLC-a te informacije sprema i zatim ih šalje centralnom računalu koje ima mogućnost vizualizacije tih podataka.

## 5.ZAKLJUČAK

U vremenu sveobuhvatne krize koja zahvaća sve grane gospodarstva ali i sve društvene slojeve, više nego ikada primorani smo na razmišljanje kako sačuvati okoliš oko sebe te povećati kvalitetu života. Sve veća potreba za električnom energijom traži sve suvremenije, funkcionalnije i učinkovitije elektroenergetske sustave.

Cilj istraživanja bio je pronaći optimalan automatizirani primjer sustava daljinskog elektroenergetskog nadzora u zgradi Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija. Sustavi poput daljinskog sustavi nadzora na zgradi Fakulteta izrađuju se u nekoliko faza s ciljem postizanja energetski najefikasnijeg sustava. Kako bi primjer sustava bio energetski što efikasniji prikazani sustav na zgradi fakulteta potrebno kvalitetno analizirati te podijeliti u nekoliko faza od čega su dvije najvažnije: faza projektiranja i izvedbena faza. Faza projektiranja sustava napravljena je na kvalitetan i individualan način, a u izvedbenoj fazi danog sustava potrebno je nakon provedenih mjerenja pronaći najefikasniju metodu optimiranja uzimajući u obzir tehnologiju objekta u zgradi fakulteta ali i njegovu energetsku sliku.

Primjer ovakvog sustava omogućava korisniku analizu rada sustava u određenom vremenskom intervalu, uvid u evidentiranje događanja, brzo uočavanje anomalija u mreži fakulteta, mogućnost nadograđivanja sustava i sl. Sa financijskog aspekta korištenjem ovakvog sustava smanjuju se troškovi za vršnu snagu, zadržava se vršna snaga unutar ugovorenih granica, sprečavanje troškova za jalovu energiju u slučaju poremećaja rada, preraspodjela potrošnje električne energije među tarifama, racionalno upravljanje radom potrošača i sl.

Prikupljeni podaci na ovakvim sustavima prikazuju se i arhiviraju na centralnom računalu kako bi operater imao uvid u sve relevantne parametre objekta te kako bih mogao na ispravan način kontrolirati rad objekta odnosno moguće nepravilnosti u radu i kvarove.

Osim na centralnom računalu nadzora sustav daljinskog upravljanja se može promatrati i na više lokalnih računala nadzora, čime se proces analize profila potrošnje može distribuirati na niz dodatnih mjesta te u analizu i eksploataciju podataka dobivenih iz sustava uključiti veći broj stručnjaka i ostvariti veća efikasnost samog projekta energetske učinkovitosti.

Potrebno je napomenuti da primjer daljinskog elektroenergetskog sustava za nadzor posjeduje i velike mogućnosti proširenja primjene na praćenje dodatnih parametara u objektima kao što

su plin, voda, alarmi i sl., ali i djelovanja na objekt gašenje rasvjete, aktiviranje određenih sustava i sl.

Ovakvim sustavima daljinskog nadzora i upravljanja dobivaju se cjeloviti integrirani ekološki sustavi koji svojom izvedbom su prikaz suvremenog upravljanja potrošnjom električne energije te su prikaz efikasne energetske učinkovitosti.

## 6. SADRŽAJ

U vremenu kada je nezamisliv život bez električne energije, potrebno je, u skladu s razvojem tehnologije, razvijati i kvalitetniju te energetske učinkovitiju proizvodnju i potrošnju električne energije pri tome ne zanemarujući zaštitu okoliša. Automatizacija postojeće elektroenergetske mreže te nadzor rada i upravljanje uvelike doprinosi kvaliteti i opskrbi električne energije. Koncept potpuno integrirane automatizacije omogućava jedinstveno upravljanje svim automatizacijskim komponentama s pomoću jedne platforme. Integrirana komunikacija među svim automatizacijskim komponentama jedan je od preduvjeta za distribuiranu proizvodnju. Međusobno podešeni komunikacijski mehanizmi omogućavaju besprijekorno djelovanje upravljača te vizualizacija sustava.

Na primjeru jedne tvrtke prikazan je centralni sustav nadzora potrošnje električne energije. U takvom centralnom sustavu moguć je daljinski nadzor i upravljanje te vođenje vršne snage. Funkcija vođenja vršne snage omogućava smanjenje troškova električne energije i to na način da djeluje na odabrane potrošače. Ovakav sustav omogućava snimanje energetske slike te lociranje anomalija unutar sustava u potrošnji električne energije, ali posjeduje i mogućnost djelovanja na otklanjanje istih.

U praktičnom djelu opisan je primjer sustava energetske učinkovitosti i nadzora za zgradu Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Takav sustav osigurava snimanje i arhiviranje energetske slike objekata zgrade FERIT-a te također objedinjuje funkciju djelovanja na objekt u svrhu smanjenja troškova vršne snage. Kvalitetnom analizom energetske slike te uspješnom dijagnostikom anomalija u sustavu, moguće je postići velike rezultate na području energetske učinkovitosti i uštede električne energije unutar zgrade Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Ovakav automatizirani sustav primjer je modernoga nadziranja i upravljanja električnom energijom u zgradarstvu, ali i industriji.

**KLJUČNE RIJEČI:** električna energija, energetska učinkovitost, automatizacija, potrošnja električne energije, mikromreža, distribuirana proizvodnja, energetske slike, zaštita okoliša

## 6.ABSTRACT

Nowadays, people cannot imagine their lives without electrical energy. In addition to technology development, measures have to be done in order to provide high quality and energy efficient production and consumption of electrical energy not marginalizing the environment protection. Automatization and control of the current power engineering network contribute to enhancing the quality and supply of electrical energy. The concept of fully integrated automatization provides a unique control of all automatization components using one platform. Integrated communication among automatization components is a prerequisite for distributed production. Adjusted communication mechanisms provide impeccable performance of controllers and system visualization.

Using a case study of a company, a central controlling system of electrical energy consumption is used. In such system, it is possible to remotely control and supervise peak power. The peak power performance provides electrical energy cost reduction consequently having an effect on selected consumers. This system facilitates recording images and locating potential anomalies within the system of energy consumption. In addition to pinpointing, the system can remove anomalies.

In the practical part of the paper, an example of the system for energy efficiency and controlling for the building of the Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek was elaborated on. Such system provides recording and archiving images of the Faculty building and reduces peak power costs.

Analysing images and diagnosing anomalies in the system, impressive results in the field of energy efficiency and savings can be done in the Faculty building. This automatized system is an example of modern control and energy management in building engineering and industry.

**Key words:** electrical energy, energy efficiency, automatization, energy consumption, micro network, distributed production, images, environment protection

## POPIS LITERATURE

- [1]- Mikromreža, Ivona Jovanec, Osijek 2016
- [2]-<http://energy.gov/oe/services/technology-development/smart-grid/role-microgrids-helping-advance-nation-s-energy-system> , pristup ostvaren 31.3.2016.
- [3]-[https://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/Tomislav\\_Alinjak\\_-\\_Kvalifikacijski\\_doktorski\\_ispit.pdf](https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Tomislav_Alinjak_-_Kvalifikacijski_doktorski_ispit.pdf) , pristup ostvaren 31.3.2016.
- [4]- Chowdhury, S., Chowdhury, S. P., Crossley, P., “Microgrids and Active Distribution Networks“, The Institution of Engineering and Technology, London, 2009.
- [5]-Gomes, M. H., Saraiva, J. T., “Allocation of reactive power support, active loss balancing and demand interruption ancillary services in MicroGrids”, Electric Power Systems Research, Vol. 80, No. 10, October 2010, str. 1267–1276.
- [6]-Buhler, R., “Integration of Renewable Energy Sources Using Microgrids, Virtual Power Plants and the Energy Hub Approach”, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2010.
- [7]- Project More Microgrids, dostupno na: <http://www.microgrids.eu/default.php> (6. sudenog 2014.)
- [8]- [Nikos\_Hatziargyriou]\_Microgrids\_Architectures\_an(BookZZ.org), pristup ostvaren 31.3.2016.
- [9]-Slika 2.4. Primjer različitih veličina mikromreže diplomski FER
- [10]- Borbely, A. M., Kreider, J. F., “Distributed Generation: The Power Paradigm for the New Millennium“, CRC Press, 2001.
- [11]- Strnad, I., “Pregled metoda planiranja proizvodnje vjetroagregata primjenom fuzzy logike”, 9. Simpozij o sustavu vođenja EES-a HRO CIGRE, Zadar, Croatia, 2010.

- [12]- Pavić, A., Tunjić, A., Strmečki, G., Lukač, M., Čavlović, M., Trupinić, K., Čučić, R., Jadrijević, Z., “Izvještaj s 21. međunarodne konferencije CIRED-a”, Zagreb, 2011.
- [13]- Soroudi, A., Ehsan, M., Caire, R., Hadjsaid, N., “Possibilistic Evaluation of Distributed Generations Impacts on Distribution Networks”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 26, No. 4, October 2011, str. 2293–2301.
- [14]- Borges, C. L. T., Falcao, D. M., “Impact of Distributed Generation Allocation and Sizing on Reliability, Losses and Voltage Profile”, IEEE Bologna PowerTech Conference Proceedings, Bologna, Italy, 2003.
- [15]- Widén, J., Wäckelgard, E., Paatero, J., Lund, P., “Impacts of distributed photovoltaics on network voltages: Stochastic simulations of three Swedish low-voltage distribution grids”, Electric Power Systems Research, Vol. 80, No. 12, December 2010, str. 1562–1571.
- [16]- Sun, Q., Li, Z., Zhang, H., “Impact of Distributed Generation on Voltage Profile in Distribution System”, International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization, Sanya, Hainan, China, 2009., str. 249–252.
- [17]-Olatoke, A., Darwish, M. K., “A study of the impact of Distributed Generation on Power Quality”, 47th International Conference on Universities Power Engineering, 2012., London, England, str. 1-5.
- [18]-Khan, U. N., “Distributed Generation and Power Quality”, Proceedings of IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering, Krakow, Poland, 2014., str. 2–5.
- [19]-Primjenjivost mikromreža u distribucijskoj mreži HEP ODS-a, mr. sc. Marijana Živić Đurović, prof.dr.sc. Davor Škrlec, Bojan Kezele, Cired, 2010.
- [20]-[https://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/06\\_Distribuirana\\_proizvodnja-1dio\[1\].pdf](https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/06_Distribuirana_proizvodnja-1dio[1].pdf) , pristup ostvaren 5.4.2016.

- [21]-Control strategies for the next generation of microgrids, Ali Mehrizi- Sani, 2011.
- [22][http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/76399/36-aece\\_2015\\_1\\_12.pdf](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/76399/36-aece_2015_1_12.pdf), pristup ostvaren 31.3.2016.
- [23]- Mendil, M., Terenti, M., Wloch, F., “Demand side management certification and control on the distribution network”, 11th International Conference on the European Energy Market, Krakow, Poland, 2014., str. 1–4.
- [24]- Berardino, J., Nwankpa, C. O., “Economic Demand Dispatch of Controllable Building Electrical Loads Incorporating Delayed Response Times”, IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies, Washington, USA, 2013., str. 1–6.
- [25]-Schachter, J., Mancarella, P., “A Short-term Load Forecasting Model for Demand Response Applications”, 11th International Conference on the European Energy Market, Krakow, Poland, 2014., str. 1–5.
- [26]-EUR Lex - legislation Europa, “Promotion of the use of energy from renewable sources”, dostupno na:[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/renewable\\_energy/en0009\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/en0009_en.htm) (15. studenog 2014.)



## ŽIVOTOPIS

Zovem se Antonela Vidović, rođena sam 26. listopada 1993. u Vinkovcima kao četvrto dijete šesteročlane obitelji. Nakon završene osnovne škole Antuna Gustava Matoša u Vinkovcima, upisujem Gimnaziju Matije Antuna Reljkovića, opći smjer, također u Vinkovcima.

U akademskoj godini 2012./2013. upisala sam I. godinu preddiplomskog studija elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku u statusu redovnog studenta i to izravnim upisom, od strane moje srednje škole.

Godine 2015./2016. završavam preddiplomski studij elektrotehnike te dobivam zvanje prvostupnice inženjerke Elektrotehnike

(Antonela Vidović univ. bacc. ing. el. Faculty of Electrical Engineering Osijek)

U akademskoj godini 2015./2016. u rujnu upisujem I. godinu diplomskog studija, a 2016. godine u listopadu upisujem II. godinu diplomskog studija elektrotehnike smjer, Obnovljivi izvori energije na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku u statusu redovnog studenta.

Godinu dana sam obavljala dužnost predsjednice Studenskog Zbora Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, te dvije godine sam bila članica Fakultetskog vijeća istog fakulteta te članica Sveučilišnog studentskog Zbora u Osijeku. Kao predsjednica Studenskog Zbora stekla sam vještine organiziranja kao i mnoge druge komunikacijske vještine, te sam bila suradnik u brojnim projektima istog fakulteta.

Dobitnica sam Priznanja Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija za postignut uspjeh u izvannastavnim aktivnostima zbog iznimne angažiranosti u aktivnostima Studenskog zbora.

Članica sam organizacijskog tima projekta Elektrijski (međunarodni projekt koji okuplja desetak različitih zemalja ,a projekt uključuje natjecanja u znanju i sportu ), organizatorica sam i osnivač interaktivne radionice tvrtke Siemens d.d. Zagreb na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.

Na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijek izvršavala sam demonstratoru iz predmeta Osnove mjerenja gdje sam stekla način izlaganja te prenošenje stečenih znanja, te sam dobila za svoj rad pismenu pohvalu od Mr.sc. Venco Ćorluka pred.izvođač nastave i voditelj laboratorija.

Odradila sam stručnu praksu kroz šest tjedana u Siemensu Zagreb, gdje sam otišla sa ciljem usavršavanja te dobivanja novih znanja i vještina te sam se upoznala sa njihovom tehnologijom i proizvodima. Poblje sam upoznala Siemensovu opremu za automatiku, također radila sam osnovne programe automatizacije te se upoznala sa osnovama Siemensovog TIA Portala.

U svoje slobodno vrijeme, rekreativno bavim se rukometom. Nastupala sam na brojim natjecanjima kao članica rukometnog kluba „Vinkovci“ te kao predstavnica ženske rukometne ekipe Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.