**III Potrošači. Profil opterećenja. Savremeni načini mjerenja potrošnje električne energije.**

**III.1. Potrošači. Profil opterećenja**

**Potrošači u EDS-a** predstavljaju krajnje korisnike električne energije, čiji obrasci potrošnje (intenzitet i vremenska dinamika potrošnje kao i distribucija i varijacija opterećenja) značajno utiču na sve faze razvoja i funkcionisanja EDS-a: planiranje, izgradnju, pogon, održavanje, optimizaciju, upravljanje i ekonomsku efikasnost.

**Pod potrošačem električne energije** podrazumijeva se grupa trošila (električnih uređaja) koji su na odgovarajući način priključeni na distributivnu mrežu, odakle angažuju odgovarajuću snagu i uzimaju potrebnu električnu energiju neophodnu za svoj rad.

Sa strane EDS-a, potrošači se posmatraju u odnosu na **tačku priključka na distributivnu mrežu**, koja predstavlja mjesto primopredaje električne energije, sa ugrađenim uređajima za registraciju odgovarajućih parametara i karakteristika potrošnje. Praktično, potrošači su **kupci** električne energije.

Potrošači se, u širem smislu, zavisno od ciljeva analize koje se sprovode u okviru EDS-a, mogu posmatrati kao grupe potrošača, ali i kao pojedinačni elementi distributivne mreže sa pripadnim potrošačima.

Npr. za SN distributivnu mrežu, potrošač su svi potrošači jednog industrijskog pogona sa tačkom priključka na 10 kV naponski nivo. Takođe, TS 10/0.4 kV sa potrošačima koji se iz njih napajaju, za 10 kV mrežu se mogu posmatrati kao potrošači.

Najvažniji zadaci u analizi potrošača EDS-a, sa aspekta optimizacije EDS-a su:

1. **Kategorizacija potrošača**:

Potrošači se dijele prema kategorijama, kao što su domaćinstva, industrija, prateći potrošači (javni sektor, poslovni i komercijalni objekti, trgovina, uslužne djelatnosti dr.) i sl. Kategorizacija omogućava da se analiziraju različite grupe potrošača sa specifičnim zahtjevima za električnom energijom i obrascima potrošnje, što pomaže u planiranju resursa i optimizaciji mreže.

1. **Određivanje profila opterećenja:**

Profili opterećenja ili **dijagrami opterećenja**, predstavlja **promjene opterećenja tokom vremena. Prikazuju se kao grafičke zavisnosti,** koje omogućavaju praćenje specifičnih obrazaca u potrošnji električne energije. Profili se definišu za različite kategorije potrošača (npr. domaćinstva, industrija, prateća potrošnja) ili za pojedinačne elemente mreže (npr. trafostanice TS SN/NN), dijelove siste (npr. srednjenaponska mreža) i EDS u cjelini. Prikazuju se za specifične vremenske periode, kao što su **dan, sedmica, mjesec, sezona** i **godina**. Dnevni i godišnji profili opterećenja su posebno važni, jer omogućavaju identifikaciju perioda visokih i niskih opterećenja, kao i sezonskih varijacija, identifikaviju vršnog godišneg opterećenja (vršno popterećenje

Poznavanje profila opterećenja je važno za analizu vremenskih obrazaca potrošnje, prilagođavanje kapaciteta mreže i optimizaciju snabdijevanja električnom energijom prema specifičnim zahtjevima potrošača i stabilnosti sistema

1. **Analiza karakteristika profila opterećena:**

Nakon određivanja profila opterećenja, analiziraju se specifične karakteristike kao što su vršno opterećenje, prosječno i minimalno opterećenje, potrošnja električne energije, bazna potrošnja, promjenljiva potrošnja, faktor opterećenja, trajanje vršnog opterećenja i dr. opterećenja.

Analiza profila pomaže pri optimizaciji resursa, prilagođavanju naponskih nivoa i izradi strategija za naponskih nivoa i izradi strategija za smanjenje energetskih gubitaka.

1. **Optimizacijone procedure zasnovane na kategorizaciji i analizi prifila opterećenja potrošača:**

Na osnovu kategorizacije potrošača i analize profila opterećenja, razvijaju se optimizacione strategije koje uključuju balansiranje opterećenja, upravljanje vršnim opterećenjem i prilagođavanje tokova snage. Optimizacija omogućava bolju efikasnost mreže, smanjenje operativnih troškova i povećanje stabilnosti sistema.

Optimizacione procedure u EDS-u obuhvataju prilagođavanje distribucije energije, regulaciju napona i primjenu tehnologija za praćenje opterećenja u realnom vremenu (kao što su DMS i SCADA sistemi), čime se doprinosi dugoročnoj stabilnosti, pouzdanosti i ekonomičnosti elektrodistributivnog sistema.

* 1. **Konzumi (potrošnja) EDS-a i njihove karakteristike**

* + 1. **Konzum EDS-a**

**Konzum EDS-a predstavlja ukupnu potrošnju, odnosno ukupnu električnu energiju koja se isporučuje svim potrošačima unutar elektrodistributivnog sistema (EDS-a).**

**Potrošači, čija potrošnja čini konzum**, su veoma raznovrsni i mogu se svrstati u nekoliko osnovnih grupa prema svojim potrebama i karakteristikama:

* **Domaćinstva**: individualni stambeni objekti (kuće, stanovi) koji koriste električnu energiju za svakodnevne potrebe (osvjetljenje, grijanje, hlađenje, kućni aparati i dr.).
* **Industrijski potrošači**: veliki i srednji industrijski objekti i proizvodni pogoni, kao što su fabrike i industrijski kompleksi, koji troše značajne količine energije za svoje industrijske procese.
* **Komercijalni i poslovni objekti**: trgovine, supermarketi, pijace, banke, kancelarije, restorani, tržni centri, poslovni centri, frizerski i kozmetički saloni, teretane i drugi uslužni objekti.
* **Javni sektor**: škole, vrtići, bolnice, domovi zdravlja, kulturne ustanove (biblioteke, muzeji, pozorišta, koncertne dvorane, kino sale), sportski objekti (stadioni, sportski kompleksi), državne institucije, administrativne zgrade i socijalne ustanove (domovi za stare, centri za socijalnu pomoć) i dr.
* **Infrastrukturni objekti**: vodovodi, kanalizacione službe, elektrodistributivne kompanije, javna rasvjeta (ulična rasvjeta, rasvjeta parkova i javnih površina) i dr.
* **Ugostiteljski i turistički objekti**: hoteli, odmarališta, kampovi, marine, wellness centri, zabavni parkovi, tematski parkovi, diskoteke, barovi, noćni klubovi, planinarski domovi, skijališta, hosteli, apartmani i dr.
* **IT i telekomunikacioni objekti**: data centri, telekomunikacione mreže, repetitori, bazne stanice za mobilne mreže (BTS), server sobe i druga infrastruktura koja zahtijeva konstantno napajanje električnom energijom.
* **Poljoprivreda**: farme, navodnjavanje, staklenici, pogoni za preradu poljoprivrednih proizvoda, sušare, mlinovi, silosi, ribnjaci i dr.
* **Transport**: električni vozovi, tramvaji, metro, trolejbusi, punionice za električna vozila, aerodromska, željeznička i lučka infrastruktura.

**Osnovne kategorije potrošača EDS-a**

Za potrebe analiza u EDS-u, potrošači se često grupišu u tri osnovne kategorije:

1. **Domaćinstva**: Individualni stambeni objekti (kuće, stanovi) koji koriste električnu energiju za svakodnevne potrebe poput osvjetljenja, grijanja, kućanskih aparata, kuhanja i drugih aktivnosti.
2. **Ostala ili prateća potrošnja: Obuhva** komercijalne objekte (trgovine, supermarketi, hoteli, restorani, banke, kancelarije), javne objekte (škole, vrtići, bolnice, kulturne ustanove, sportski objekti, državne institucije, administrativne zgrade), telekomunikacione i IT objekte (data centri, repetitori, bazne stanice za mobilne mreže), infrastrukturne objekte (vodovodne i kanalizacione službe, elektrodistributivne kompanije, javna rasvjeta, ulična rasvjeta, rasvjeta parkova i javnih površina), kao i potrošače iz sektora transporta i poljoprivrede, a koji se često izdvajaju kao posebne kategorije.
3. **Industrija,** gdje su manji i srednji industrijski objekti najčešće dio jedinstvenog konzuma EDS-a, a veliki industrijski objekti (popuut Kombinata aluuminijuuma Podgorica) čine konzum sopstvenog industrijskog EDS-a.

Zbog veličine i specifičnosti, kategorije potrošnje kao što su:

* **Transport**
* **Poljoprivreda**

često se posebno izdvajaju i analiziraju.

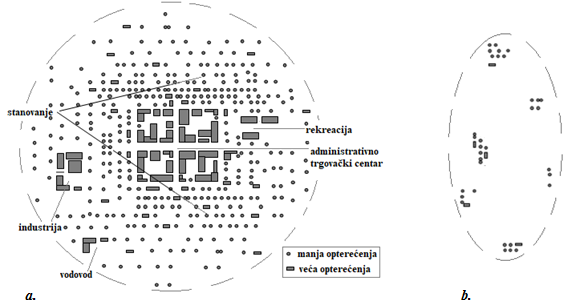
* + 1. **Vrste Konzuma EDS-a**

**Konzum EDS-a**, ili elektrodistributivni konzum, **čini potrošnja** potrošača napajanih iz posmatranog EDS-a, koji su prostorno locirani na pripadajućoj teritoriji.

**Prema karakteristikama teritorije i potrošača**, elektrodistributivni konzumi se mogu podijeliti na:

* gradske,
* seoske i
* industrijske.

**Osnovne karakteristike gradskih konzuma** su visoka gustina gradnje i naseljenosti, ravnomjerna raspodjela i velika koncentracija potrošača različitih kategorija. Gradski konzumi uključuju potrošače značajnih instalisanih snaga, sa velikom potrošnjom električne energije. Takođe, ovi konzumi zahtijevaju visoku pouzdanost i kvalitet isporuke električne energije, ne samo zbog različitih tipova potrošača (stanovanje, komercijalni i infrastrukturni objekti), već i zbog posljedica koje bi prekidi napajanja imali na vitalne funkcije gradova i ekonomiju. Za elektrodistributivne sisteme gradskih konzuma karakteristična je dominantna primjena kablovskih mreža zbog visoke gustine naseljenosti, ograničenog prostora i potrebe za pouzdanijim i estetski prihvatljivijim rješenjima.



*Slika III.1 Tipična raspodjela potrošnje u a) gradskim konzumima, B seeoskim konzumima*

**Slika III.1.a** prikazuje **tipičnu raspodjelu potrošnje u gradskim konzumima EDS-a**. Centralnu zonu čine trgovački, poslovni i administrativni objekti veće potrošnje (označeni tamnijim kvadratima), gdje su zahtjevi za električnom energijom izuzetno visoki, uz prisustvo manjeg broja stambenih objekata. Ova zona se karakteriše vrlo visokom površinskom gustinom opterećenja (reda stotina MW/km2) i malim prostornim razmacima između objekata.

Okolo centralne zone nalazi se stambena zona sa gustinom koncentracijom manjih potrošača (označenih kružićima), uglavnom domaćinstava. Pored stambenih objekata, prisutni su i objekti prateće potrošnje, kao što su manje trgovine, rekreativne površine i manji infrastrukturni objekti, kao i zelene i rekreativne površine. Ova zona se karakteriše ravnomjernijom raspodjelom opterećenja, većim brojem potrošača i manjom površinskom gustinom opterećenja (reda desetine MW/km2) . Prostorni razmaci između objekata su veći nego u centralnoj zoni, ali su i dalje relativno mali zbog relativno velike gustine gradnje, prvenstveno stambenih objekata.

Na periferiji konzuma, koncentracija većih stambenih objekata se smanjuje, a preovladava individualna gradnja sa manjom potrošnjom. Prisutni su veći infrastrukturni objekti, manji industrijski pogoni i slični objekti sa većim pojedinačnim opterećenjima. Ova zona se karakteriše nižom gustinom opterećenja (reda do više MW/km2) i većim prostornim razmacima između objekata, sa fokusom na potrošnju infrastrukturnih i industrijskih objekata

**Osnovne karakteristike seoskih kanzuma** su razuđena i niska gradnja, sa koncentracijom potrošača na veoma malom prostoru u odnosu na ukupnu površinu konzuma. Broj potrošača i potrošnja su je značajno manji. Seoski konzumi imaju niže zahtjeve u pogledu pouzdanosti i stabilnosti snabdijevanja, a potrošnja je često sezonskog karaktera (npr. navodnjavanje tokom ljeta, sezonski radovi, seoski turizam i sl. ). Za elektrodistributivne sisteme seoskih konzuma karakteristična je dominantna primjena nadzemnih elektroenergetskih vodova I samonosećih kablovskih vodova sa dužim dionicama.

**Slika III.1.b** prikazuje **tipičnu raspodjelu potrošnje u seoskim konzumima EDS-a**. Potrošnja je uglavnom koncentrisana u okviru seoskih naselja, gdje dominira mala individualna potrošnja seoskih kuća (označena kružićima). Pojedinačna potrošnja je značajno niža, a razmaci između objekata su veći, uz velike slobodne površin. Nešto veću potrošnju (označenu kvadratićima) imaju prerađivački objekti, poljoprivredni pogoni, farme, navodnjavanje i sl. Površinska gustina opterećenja u seoskim konzumima se izražava u kW/km2, i kreće do više stotina kW/km2.

**Industrijske konzume** čine potrošači velikih industrijskih pogona, kao što je primjer Kombinata aluminijuma u Podgorici. Industrijski potrošači su koncentrisani na relativno malom prostoru, ali imaju značajnu instalisanu snagu i specifične režime rada. Broj i struktura potrošača variraju od slučaja do slučaja, zavisno od vrste industrijske djelatnosti. Veliki industrijski konzumi se najčešće napajaju direktno iz prenosna mreže EES-a i njihovo napajanje se analizira posebno u sklopu industrijskih EDS-a, odnosno ili industrijskih mreža.

Karakteristike konzuma u osnovi određuju karakteristike EDS-a.

* + 1. **Karakteristike konzuma EDS-a**

**Konzum, odnosno potrošnju EDS-a definišu osvovne elektroenergetske karakteristike:**

**1. Potrošnja** električne energiije

**2. Opterećenje**, odnosno angažovana **aktivna snaga**

**- Vršno opterećenja** (**Vršna snaga**)

**- Specifična opterećenja:**

**- Površinska gustina opterećenja**

**- Opterećenje po stanovniku**

**- Opterećenja po domaćinstvu**

**3. Profili opterećenja**

**4. Kvalitet isporučene električne energije i dr.**

Ove karakteristike konzuma (potrošnje EDS-a) određuju karakteristike EDS-a, kako na napojnom nivou (glavna/e TS, elementi napojnih VN mreža), tako i na nivou distributivnih mreža (elementi SN i NN distributivnih mreža).

**Potrošnja predstavlja ukupnu količinu električne energije koju koriste potrošači u određenom periodu (tolom dana – dnevna potrošnja električne energije, tokom mjeseca –mjesečna potrošnja električne enrgije, tokom godine – godišnja potrošnja električne energije i sl.)**

**Potrošnja** se u okviru EDS-a može posmatrati na različitim nivoima, npr.:

* **ukupna potrošnja EDS-a**, ili preuzeta električne energije: konzum + gubici električne energije na svim nivoima, u **MWh** ili **GWh**
* potrošnja na nivou napojne TS (NTS VN/SN ili VN/VSN), u **MWh**
* potrošnja na nivou distributivnih TS (DTS VSN/SN, DTS SN/NN), u **MWh** ili **kWh**
* potrošnja potrošaća, npr. potrošnja domaćinstva, u **kWh**

**Opterećenje** je osnovna karakteristika potrošnje, koje se može iskazati preko:

* aktivne snage, u MW za cjelokupni konzum i najviše naponske nivoe, u kW za pojedinačne potrošače i nivo NN
* struje u A
* prividne snage, u MVA za cjelokupni konzum i najviše naponske nivoe, u kVA za pojedinačne potrošače i nivo NN

**Opterećenje se uobičajeno izražava preko aktivne snage**

**opterećenje ≡ aktivna snaga**

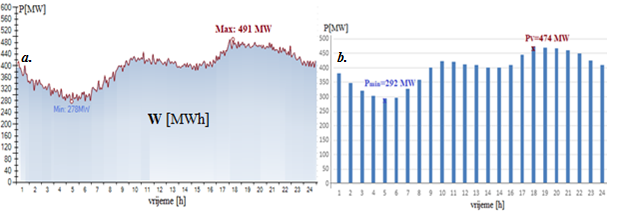
Vrijednost opterećenja u posmatranom trenutku zavisi od niza faktora:

* broja i karakteristika priključenih potrošača,
* doba dana (dan/noć),
* perioda godine (ljeto/zima),
* klimatskih uslova (toplo/izuzetno niska temperatura) i dr.

S obzirom na promjenljivost uticajnih faktora, **opterećenje je u opštem slučaju promjenljivo tokom vremena** (*Slika III.2. - dijagram a*).

Praktično se pod opterećenjem podrazumijeva srednja vrijednost opterećenja tokom određenog vremenskog intervala (15 ili 30 min, a u određenim slučajevima i 1 h), *Slika III.2. - dijagram b*)

Najveće opterećenje u posmatranom vremenskom periodu (dan, sedmica, mjesec, godina) predstavlja najveću srednju vrijednost opterećenja, odnosno najveću registrovanu aktivnu snagu u tom periodu (474 MW za opterećenje na *Slici III.2*).

**

*Slika III.2. Promjena opterećenja tokom dana (EDS CG, 14.12.2019): a. trenutne vrijednosti b. srednje satne vrijednosti*

**Vršno opterećenje je najveće opterećenje u toku godine** ().

Izbor i provjera parametara elemenata EES vrši se prema režimima kada je opterećenje maksimalno (u toku godine), odnosno prema: **vršnom opterećenju,** tj. **maksimalnom opterećenju**

**Vršno opterećenje** je **vršna snaga: *P*v [kW] ili [MW] tj. maksimalna snaga: *P*max [kW] ili[MW])**

Vršno opterećenje se može posmatrati za

* pojedinačne ptrošače, npr. domaćinstva: *Pvd*[kW]
* grupu potrošača, npr. N domaćinstava: *PvNd*[kW]
* pojedinačne elemente mreže, npr. TS SN/NN: *PvTS*[kW]
* grupu elemenata iste vrste, npr NTS: *PvNTS*[MW]
* za čitav konzum, tzv. **jednovremeno vršno opterećenje** **(JVO)** u [MW]

**Vršno opterećenje grupe potrošača**, **ne dobija se sabiranjem vršnih opterećenja pojedinačnih potrošača**

**Vršno opterećenje više elemenata ne dobija se sabiranjem vršnih opterećenja pojedinačnih elemenata**,

**jer se pojedinačna vršna opterećenja najšešće ne pojavljuju jednovremeno (u isto vrijeme).**

Nejednovremenost pojavljivanja pojedinačnih vršnih opterećenja uvažava se preko tzv. **faktora jednovremenosti opterećenja**.

**Faktor jednovremenosti opterećenja N elemenata (potrošača)**

se definiše kao odnos vršnog opterećenja svih N elemenata (potrošača) -  i sume vršnih opterećenja pojedinačnih elemenata (potrošača) - :





Što je broj elemenata (potrošača) veći , je manje.

**Faktor raznovremenosti opterećenja**

je recipročna vrijednost faktora jednovremenosti opterećenja: .

**Faktor jednovremenosti opterećenja**, odnosno **fakter raznovremenosti opterećenja** definiše se i između pojedinih nivoa EDS-a:

* **najviši nivo je nivo konzuma EDS-a**, to je **jednovremeno vršno opterećenja EDS-a** (**JVO**). Praktično, to je **nivo G TS VVN/VN**,

a ostali niži nivoi u EDS direktne transforma su :

* **VN**,
* **N TS VN/SN**,
* **SN**,
* **D TS SN/NN** i
* NN.

**Specifična opterećenja**

Opterećenja konzuma (nivo JVO) se, prije svega radi mogućnosti poređenja različitih konzuma, često izražavaju preko **specifičnih opterećenja**. Pri tome su od posebne važnosti specifična vršna opterećenja:

* **površinska gustina opterećenja**
* **vršno opterećenje po stanovniku** i
* **vršno opterećenje po domaćinstvu** (stambenoj jedinici)

**Površinska gustina opterećenja (**)

se definiše kao odnos vršne snage  i pripadajuće površine konzuma :

.

**Za seoske konzume** površinska gustina opterećenja se izražava u



Vrijednost površinske gustine opterećenja koje se daju u literature odnose se, ako drugačije nije precizirano, na vrijednost na cjelokupnog EDS-a, odnosno na jednovremeno vršno opterećenje (JVO). Praktično, je to nivo G TS .

Vrijednosti površinskih gustina opterećenja za pojedine niže nivoe EDS-a (*Sl.III.3*) se razlikuju od - u skladu sa vrijednostima faktora jednovremenosti, odnosno faktora raznovremenosti između posmatranog nivoa i JVO.

Na nivou JVO, odnosno kod G TS se u kontinuitetu vrše mjerenja i snage i energie, te se poznaje vrijednost . Takođe poznata je površina konzuma .

Znači, vrijednosti  na nivou EDS-a su poznate, kao odnos izmjerene vrijednosti vršne snage i poznate površine konzuma.

**G TS 400/110 kV**

**Pv [MW**]

⇒ **A [km2]**

****



****

**N TS Pv110/10 110/10 kV [MW]**

TS 10/0.4

⇒ **A110/10 [km2]**



*Slika III.3 Ilustracija za površinske gustine opterećenja po nivoima*

Vrijednosti površinske gustine opterećenja na ostalim nivoima, gdje nemamo mjerenja u kontinuitetu, mogu se odrediti preko  i odgovarajućih faktora raznovremenosti, odnosno faktora jednovremenosti.

Površinska gustina opterećenja na nižim napnskim nivoima, npr. na nivou D TS SN/NN () je:



gdje su :

- površinska gustina opterećenja na novou konzuma (nivo JVO), jednaka odnosu vršnog opterećenja konzuma i površine kovzuma.

 - faktor raznovremenosti između nivoa JVO i nivoa DTS

**Vrijednosti površinskih gustina opterećenja na nižim naponskim nivoima veća su od vrijednosti na nivou JVO.**

Ukoliko postoje potrebni mjerni podaci, površinske gustine opterećenja za niže naponske nivoe mogu se takođe direkno računati iz odnosa vršne snage i odgovarajuće priradne teritorije.

Npr. za nivi NTS VN/SN, gde su mjerenaj uvijek dostupna, je.:



Ovakvo određivanje površinske gustine opterećenja, za određene naponske nivoe često je tačnije, s obzirom na moguće specifičnosti tog dijela konzuma, npr. prisustvo velikih zelenih površina, izrazito visok gradnje i sl.

**Površinska gustina opterećenja u gradskim konzumima je reda desetine MW/km2**, do više stotina MW/km2 kod metropola sa veoma visokim indeksom izgrađenosti, odnosno sa dominantno visokom gradnjom i visokim životnim standardom (Menhetn, Tokio i sl).

**Opterećenje po stanovniku** () predstavlja odnos vršnog opterećenja (vršne snage  konzuma i broja stanovnika na posmatranom konzumu ():



**Opterećenje po domaćinstvu** () predstavlja odnos vršnog opterećenja (vršne snage  konzuma i broja domaćinstava na posmatranom konzumu ():



Vrijednosti specifičnih opterećenja po stanovniku i domaćinstu odnosne se na nivo JVO.

U skladu sa definicijom, vrijednosti opterećenja po stanovniku i opterećenja po domaćinstvu uključuju opterećenja svih potrošača. Stoga je npr. vrijednost specifičnog opterećenja po domaćinstvu veća od vrijednosti učešća pojedinačnog domaćinstva u vršnom opterećenju konzuma, odnosno u jednovremenom vršnom opterećenju.

Vrijednosti opterećenja po stanovniku zavise prvenstveno od gustine stanovanja ([st/km2]) i životnog standarda.

Tipična vrijednost operećenja po stanovnik, sa kojom se može perspektivno računati je: .

* 1. **Opterećenje pojedinačnih i grupnih potrošača** 
     1. **Kategorije potrošača**

Potrošači konzuma EDS-a su brojni i veoma raznovrsni, kako u pogledu veličine tako i u pogledu karakteristika i toka opterećenja.

Zbog svoje brojnosti i raznovrsnosti sa jedne strane, a zbog potreba za jednostavnijim analizama, potrošače je potrebno grupisati u odgovarajuće kategorije.

Osnovne kategorije potrošača su:

* **domaćinstva**
* **prateća potrošnja** (ostala potrošnja) i
* **industrija**.

**Domaćinstva** su dominantna kategorija potrošača u gradskoim EDS-ima. Učestvuju u potrošnji sa 50% do 80%, pri čemu je gornji interval karakterističan za gradske stambene konzume.

**Prateća potrošnja ili ostala potrošnja**, čije je učešće (20-30)% , obuhvata komercijalne objekte (trgovine, supermarketi, hoteli, restorani, banke, kancelarije), javne objekte (škole, vrtići, bolnice, kulturne ustanove, sportski objekti, državne institucije, administrativne zgrade), telekomunikacione i IT objekte (data centri, repetitori, bazne stanice za mobilne mreže), kao i infrastrukturne objekte (vodovodne i kanalizacione službe, elektrodistributivne kompanije, javna rasvjeta, ulična rasvjeta, rasvjeta parkova i javnih površina), transport, poljoprivreda i dr.

**Industriju** kao posebnu kategoriju potrošača, čine manji industrijski pogoni (sitna industrija), koji su obično priključeni direktno na SN (VSN) nivo.

Veći industrijski potrošači (industrijski pogoni), čije opterećenje često premašuje cjelokupno opterećenje gradskih EDS-a, čine poseban - industrijski konzum. Njihovo napajanje se realizuje preko sopstvenog – industrijskog EDS-a, najčešće direktno povezanog na prenosnu mrežu (npr. Kombinat aluminijuma u Podgorici).

Zbog veličine i značaja pojedinih vrsta potrošača, često se transport i poljoprivreda izdvajaju kao zasebne kategorije.

**Prema naponskom nivou** na koji se priključuju, razlikujemo dvije kategorije potrošača:

* **potrošači na niskom naponu** i
* **direktni potrošači**

Direktni potrošači su veći potrošači priključeni direktno na SN ili VSN nivo, npr. proizvodni i industrijski pogoni, važniji komunalni i infrastrukturni objekti, objekti saobraćaja i sl.

* + 1. **Opterećenje pojedinačnih potrošača**

**Suma snaga električnih aparata** () je osnovna veličina koja određuje opterećenje potrošača. To je praktično poznata veličinom, koja se određuje statističkom analizom vrsta i zastupljenosti pojedinih električnih aparata kod pojedinih kategorija potrošača u ralnim konzumima.

Svi električni aparati u okviru jednog potrošača se ne uključuju jednovremeno. Stoga je opterećenje potrošača promjenljivo. Opterećenje se mijenja, praktično od nule (ni jedan električni aparat nije uključen) do maksimalne, odnosno vršne snage potrošača.

**Vršna snaga potrošača** () je maksimalna snaga potrošača (tokom godine), odnosno maksimum jednovremeno uključenih električnih aparata potrošača.

**Faktor potražnje** (*fp*)iskazuje nejednovremenost uključenja električnih aparata. Po definiciji faktor potražnje je odnos vršne snage potrošača i snage jednake sumi snaga svih električnih aparata kod potrošača:



Vrijednost faktora potražnje se određuje na osnovu empirijsko-statističkih istraživanja u realnim konzumima i može se smatrati poznatom veličinom.

**Vršna snaga potrošača** (),za koji su poznate karakteristike:

* suma snaga električnih aparata  i
* faktor potražnje ,

određena je izrazom:



Prethodni postupak određivanja vršne snage potrošača, kao najbitnijeg parametra u definisanju opterećenja na svim nivoima EDS-a, odnosi se prvenstveno na kategoriju domaćinstava.

Opterećenja potrošača iz kategorije prateće potrošnje, uvijek prisutnih uz domaćinstva kao dominantnu kategoriju potrošača, mogu se iskazati povećanjem vršnog opterećenja domaćinstva preko **koeficijenta učešća prateće potrošnje**

.

Tačniji pristup je tretiranje objekata prateće potrošnje kao pojedinačnih potrošača.

U tom pristupu, vršno opterećenje pojedinačnog objekta (potrošača) prateće potrošnje (), najčešće se određuje kao količnik poznate **specifične vršne snage**  i korisne površine objekta prateće potrošnje , (*Tabela III.1.*):



*Tabela III.1. Specifične vršne snage objekata prateće potrošnje*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Vrsta objekata | Prosvjeta | Zdravstvo | Sport | Turizam | Hoteli | Poslovni o. | Trgovina |
| [W/m2] | 10 - 25 | 10 - 35 | 10 -50 | 20 - 30 | 30 -70 | 15 - 30 | 25 -60 |

**1.2.4 Opterećenje grupa potrošača**

Dimenzionisanje elemenata EDS-a vrši se na osnovu vršnog opterećenja grupe potrošača koje napaja taj element.

**Vršno opterećenje grupe potrošača:** ili , ne dobija se sabiranjem vršnih opterećenja pojedinačnih potrošača (, *i*=1,2,...N), jer se pojedinačna vršna opterećenja najšešće ne pojavljuju jednovremeno. Nejednovremenost pojavljivanja pojedinačnih vršnih opterećenja uvažava se preko tzv. **faktora jednovremenosti** opterećenja.

**Faktor jednovremenosti *N* potrošača:** , je odnos vršnog opterećnja *N* potrošača i sume vršnih opterećenja pojedinačnih potrošača:



Za faktor jednovremenosti važi:  ,  za *N*=1.

Recipročna vrijednost faktora jednovremenosti je **faktor raznovremenost:**



**Vršno opterećenje (vršna snaga) grupe potrošača:**  ili , poznatih karakteristika opterećenja:

* vršne snage pojedinačnih potrošača , *i*=1,2,...,N i
* faktora jednovremenosti *N* potrošača , određena je izrazom:



Ako grupu potrošača čini *N* potrošača iste kategorije i karakteristika, vršna snaga posmatrane grupe potrošača je:



Pravilno definisanje vršne snage pojedinačnih potrošača i grupe potrošača, važno je ne samo za dimenzionisanje elemenata, već i pri eksploataciji, gdje treba izbjeći preopterećenje elemenata EDS-a.

Zadovoljenje termičkih ograničenja za elemente EDS-a, iskazuje se odnosima:

 , 

gdje su:

- naznačena aktivna snaga TR, određena iz naznačene snage  i naznačenog faktora snage 

- trajno termički dozvoljena snaga voda (naznačena aktivna snaga voda)

- vršna snaga grupe potrošača koji se napajaju preko posmatranog TR

- vršna snaga grupe potrošača koji se napajaju preko posmatranog voda.

**1.2.5. Domaćinstva kao potrošači električne energije**

Važnu kategoriju potrošača u konzumima EDS-a čine domaćinstva.

Ona učestvju u dimenzionisanju elemenata EDS-a sa svojim **vešnim opterećenjem**, odnosno **vršnom snaga domaćinstava**: ****

Vršna opterećenja domaćinstava su različita na različitim nivoima EDS-a, najveća je na nivou domaćinstva, a najmanje na nivou JVO.

**Kategorije domaćinstava**

Prema stepenu elektrifikacije domaćinstva možemo svrstati u tri osnovne kategorije:

* djelimična elektrifikacija (domaćinstva *I* kategorije, "*dI*")
* potpuna elektrifikacija (domaćinstva *II* kategorije, "*dII*"),
* totalna elektrifikacija (domaćinstva *III* kategorije, "*dIII*"),

**Djelimična elektrifikacija** označava domaćinstva koja za podmirenje svojih potreba koriste sem električne energije i druge vidove energije. Tu npr. spadaju domaćinstva sa neelektričnom pripremom hrane, tople vode i nelektričnim grijanjem, kao što su domaćinstva u naseljima sa gasovodnom mrežom.

**Potpuna elektrifikacija** označava domaćinstva kod kojih samo grijanje nije električno.

**Totalna elektrifikacija** označava domaćinstva koja sve energetske potrebe podmiruju primjenom električne energije. To su domaćinstva sa električnim grijanjem prostorija, koje uzrokuje značajno povećanje opterećenja, kako na nivou samog domaćinstva, tako i na svim ostalim nivoima, do JVO.

**Vršno opterećenje pojedinačnih domaćinstva** može se odrediti “Metodom faktora potražnje “:



gdje su:

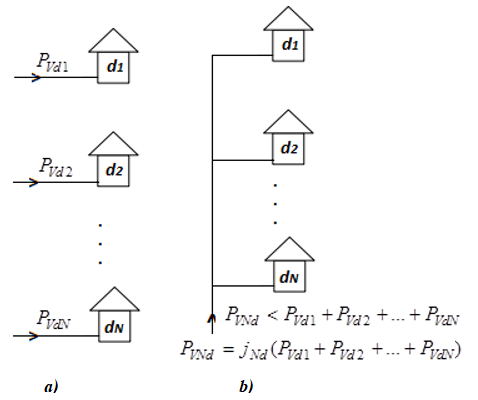
- suma snaga svih električnih aparata u domaćinstvu, čija vrijednost se kreće od (**10-25)** **kW**. Može se račuunati sa **** , ****.

 - faktora potražnje, koji izražava nejednovremenost uključenje električnih aparata. Vrijednosi faktora potražnje su različite za različite kategorije domaćinstava i nalaze se u intervalu: Gornja granica intervala odgovra domaćinstvima *III* kategorije. Za domaćinstva druge kategorije, može se računati sa: 

Korišćenjem tipičnih vrijednosti, dobija se: 

**Vršno opterećenje grupe domaćinstava**  (*Slika III.5.*)

Posmatrajmo grupu sa domaćinstava, pojedinačnih vršnih snaga . **Vršna snaga grupe domaćinstava** () jednaka

**

*Slika III.5. a) Pojedimnačna vršna opterećenja i b) zbirno vršno opterećenje domaćinstava*

Ako su sva domaćinstva iste kategorije, sa jednakim vršnim snagama  je:



 - je faktor jednovremenosti opterećenja  domaćinstava, preko kojeg se uvažava činjenica da se vršna opterećenja pojedninačnih domaćinstava ne pojavljuju jednovremeno.

**Faktor jednovremenosti *Nd* domaćinstava** ( ) računa se preko izraza (Rask-ov ili "švedski" izraz) :



gdje je:  - faktor jednovremenosti za veoma veliki, teorijski beskonačan () broj domaćinstava. To je npr. broj domaćinstava na nivou konzuma (JVO).

U literaturi se preporučuju i u praksi koriste, veoma različte vrijednosti za **. Najčešće su to vrijednosti iz intervala: .

Dati interval odnosi se na domaćinstva prve kategorije (manje vrijednosti) i domaćinstva druge kategorije (veće vrijednosti).

Tipične vrijednosti:  i 

Za razliku od većine ostalih aparata, električno grijanje prostorija pokazuje visok faktor jednovremenosti, najčešće sa vrijednostima iz intervala: .

Ovo značajno povećava faktor jednovremenosti domaćinstava treće kategorije, pa je tipična vrijednost za domaćinstva *III* kategorije je: .

Električno grijanje prostorija značajno povećava (udvostručava) i vršnu snagu i faktor jednovremenosti domaćinstva.

**Vršna snaga domaćinstva na nivou konzuma (JVO)**

Vršna snaga svih domaćinstava na nivou konzuma, ako su domaćinstva iste kategorije i karakteristika, je:



**Vršna snaga domaćinstva na nivou konzuma**, odnosno učešće vršne snage domaćinstva u JVO(), određeno je odnosom ukupne vršne snage i broja domaćinstava, što daje:



Za navedene kategorije domaćinstava, računajući sa tipičnim vrijednostima parametara opterećenja, je:



Zaključije se da električno grijanje značajno (četiri puta) povećava potrebne instalisane kapacitete elektroenergetskih objekata na napojnom nivou. To povećanje je prisutno na svim nivoima. Veće je što je naponski nivo viši.

**Vršno opterećenja grupa domaćinstava i prateća potrošnja**) može se prrocjeniti uvećanje vršne snage domaćinstava preko koeficijenta učešća prateće potrošnje :

 , 

**Opterećenaj mjerodavna za izbor elemenata EDS-a**

Za određivanje opterećenja mjerodavnih za izbor elemenata EDS-a elektroenergtskih vodova i transformatora), potrebno je izvršiti proračun vršnog opterećenja grupe domaćinstava koja se napajaju preko posmatranog elementa, uz uračunavanje prateće potrošnje, odnosno odrediti za posmatrani element: .

Za dalje dimenzionisanje elektroenergetskih vodove mjerodavno je vršno strujno opterećnje ():



gdje su: - nazivni linijski napon mreže

 - faktor snage (predpostavljenja vrijednost, za dominantno prisustvo domaćinstava u strukturi potrošnje )

Na osnovu izračunate vršne struje, određuje se termički dozvoljeno strujno opterećenje voda, odnosno nazivna struja elektroenergetskog voda. Pri tome treba uvažiti i konkretne eksploatacione uslove (temperaturu okoline, a za kablove i karakteristike - specifični toplotni otpor tla), kao uticaj načina polaganja kablova.

Za izbor elektroenergetskih transformatora, mjerodavna je vršna prividna snaga , određena izrazom:



Reaktivna snaga u režimu vršnog opterećanja je vršna reaktivna snaga (), određena izrazima:



Na osnovu izračunate vršne prividne snage, odabira se nazivna snaga transformatora, uz uvažavanja konfiguracije mreže (faktor rezerve) i i konkretnih eksploatacionih uslova (faktor privremenog preopterećenja).

**1.3. Profil opterećenja (Dijagram opterećenja)**

Opterećenje je u opštem slučaju promjenljivo u toku vremena, npr. u toku dana, mjeseca, sezone, godine, a takođe i tokom posmatranog niza godina.

Grafička ilustracija vremenske promjene opterećenja predstavlja **profil** ili **dijagram opterećenja.**

Kako se opterećenje uobičajeno predstavlja aktivnom snagom, dijagram opterećenja predstavlja zavisnost  .

Vremenski intervali za koje se formiraju dijagrami opterećenja su:

* **dan ()**, **dnevni profil opterećenja ili dnevni dijagram opterećenja**
* **sedmica**
* **mjesec**
* **sezona**
* **godina (),**

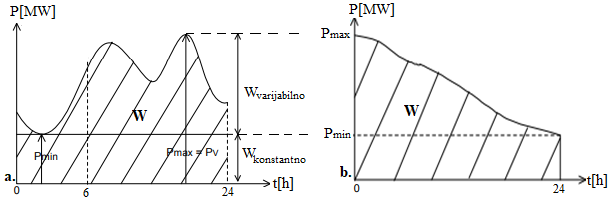
Promjene opterećenja tokom dana, prvenstveno su vezane za noć/dan, dok su varijacije tokom sedmice vezane za radni/neradni dan. Mjesečne, odnosno sezonske promjene opterećenja prvenstveno zavise od električne energije koja se koristi za grijanje i hlađenje, kao i za rasvjetu.

U analizama se najčešće koriste **dnevni profil/dijagrami opterećenja**, i to i za karakteristične dane: **dan vršnog opterećenja**, tipičan radni dani, neradni dan i sl.

Na *Slici III.6* je prikazan dnevni dijagram opterećenja, tipičan za gradske elektrodistributivne konzume.

Dijagrami opterećenja se je prikazan u dva oblika:

* **stvarni profil/dijagram opterećenja** ili **hronološki dijagram opterećenja** (*Slika III.6.a*.) i
* **sređeni profil/dijagram opterećenja** ili **kriva trajanja opterećenja** (*Slika III.6.b*.)



*Slika III.6. Dnevni profil/dijagram opterećenja*

Osnovne **karakteristike (parametri) profila/dijagrama** opterećenja su:

* **vremenski period posmatranja** (, za dnevni dijagram opterećenja)
* **maksimalna snaga** ()
* minimalna snaga ()
* odnos maksimalne i minimalne snage ()
* utrošena električna energija tokom perioda posmatranja (, jednaka površini ispod krive opterećenja)
* **faktor opterećenja** (), određen izrazom:



i koji prestavlja odnos stvarno utrošene električne energije za vrijeme  i energije koja bi se za vrijeme utrošila pri konstantnoj snazi, jednakoj .

* **vrijeme trajanja vršne snage** (), određeno izrazom:



pri čemu je .

Količnik utrošene električne energije (koja se može izmjeriti) i maksimalne snage (koja se može izmjeriti) definiše vrijeme trajanje vršne snage , bilo da se radi o vremenskom periodu od jednog dana, sedmice, mjeseca, godine ili ma kom drugom.

Između parametara  i  važi odnos:



Najčešća upotreba je kod godišnjeg dijagrama opterećenja, a faktora opterećenja  kod dnevnog dijagrama opterećenja.

Faktor opterećenja  je pokazatelj racionalnosti potrošnje, odnosno iskoristivosti postrojenja EDS-a. Sistem sa manjim faktorom opterećenja ima slabije iskorišćenje postrojenja, odnosno slabije organizovanu i vremenski raspoređenu potrošnju. Praktično, povećanje znači uštedu u izgradnji EDS-a, i ujedno racionalno korišćenje električne energije.

Dijagrami opterećenja se daju ne samo za elektrodistributivni konzum, odnosno za nivo JVO, već i za dio konzuma, kao i za potrošnju na nivou pojedinih elemenata EDS-a, npr za napojnu transformatorsku stanicu - NTS ili DTS. Takođe, prisutni su i na nivou EES-a, kao i za podsisteme proizvodnje i prenosa.

Sa naponskim nivoom, mijenjaju se i parametri dijagrama opterećenja. Tako,  godišnjeg dijagrama opterećenja raste sa naponskim nivom, od nešto iznad 500 h za NN i do 6000 h za nivo 400 kV.

**Distributivno opterećenje (DO)**

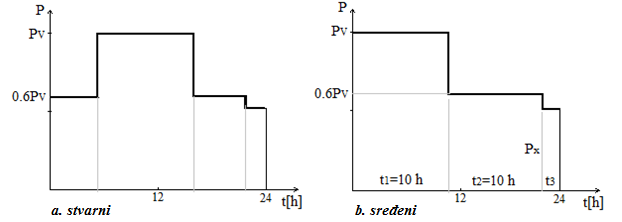
Za dimenzionisnje i provjeru elemenata EDS-a (dozvoljeno opterećenje TR i energetskih kablova), koristi se idealizovani dnevni dijagram distributivnog opterećenja, tzv. **distributivno opterećenje (DO).**

**Distributivno opterećenje (DO)** je ono opterećenje kod kojeg 10 h traje vršno opterećenje, a isto toliko traje opterećenje jednako 60% vršnog opterećenja (*Slika III.7.*).

"Nepoznato" opterećenje , određuje se na osnovu specifičnosti konkretnih konzuma.

Za DO sa vršnim opterećenjem trajanja 10 h i opterećenjem 60% vršnog opterećenja trajanja 14 h, dobija se **granična vrijednost faktora optrećenja:**



*Slika III.7. Idealizovani dnevni dijagram distributivnog opterećenja - DO*

DO se često prikazuje u relativnim jedinicama, kao zavisnost  ili preko prividnih snaga , radi upoređenja sa naznačenim snagama TR.

Danas većina proizvođača kablova najčešće daje dozvoljena opterećenja sa faktorom opterećenja ili , kao i za neprekidno puno opterećenje (trajno opterećenje, odnosno konstantni dijagram opterećenja).

## **Zadatak 1:**

Razmatraju se tri kategorije potrošača priključene na TS 10/0,4 kV, pri čemu svaka kategorija ima karakterističan profil opterećenja:

1. **Domaćinstva** – sva domaćinstva imaju isti profil opterećenja sa sljedećim karakteristikama:
   * Jutarnje opterećenje: **3 kW** (07:00–09:00).
   * Večernje opterećenje: **3,5 kW** (18:00–21:00).
   * U ostalom periodu opterećenje od : **1,2 kW** po domaćonstvu
   * Broj domaćinstava: **600**.
2. **Industrijska postrojenja** – sva industrijska postrojenja imaju isti profil opterećenja sa sljedećim karakteristikama:
   * Konstantno opterećenje tokom radnog dijela dana: **400 kW** po postrojenju (08:00–16:00).
   * Konstantno noćno opterećenje od: **100 kW** po postrojenju (16:00–08:00).
   * Broj postrojenja: **3**.
3. **Javni sektor (škole i bolnice)** – sve institucije u javnom sektoru imaju isti profil opterećenja sa sljedećim karakteristikama:
   * Opterećenje tokom radnog vremena: **6 kW** po instituciji (07:00–17:00).
   * Noćno opterećenje: **2 kW** po instituciji (17:00–07:00).
   * Broj institucija: **15**.

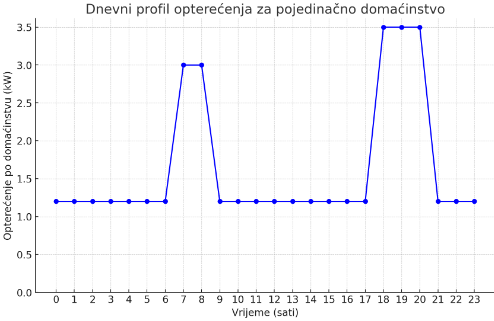
* a) Prikaži dnevne profile/dijagrame opterećenja za svaku kategoriju potrošača.
* b) Izračunaj dnevnu potrošnju električne energije za svaku kategoriju potrošnje
* c) Prikaži dnevni profil /dijagram za skupno opterećenje (optrećenje TS)
* d) Odredi vršno i minimalno opterećenje TS

e) Odredi faktor opterećenja za svaku kategorija potrošaća i za skupnu potrošnju (TS)

f) Izaberi nazivnu snagu RS, is skala nazivnih vrijednosti: 2,4,6,12,5, 40,63 MVA

g) Diskutuj o stabilnosti i efikasnosti EDS-a i predloži mjere optimizacije.

**Rješenje**

**a)**

## 

### 

### 

### b) Potrošnja električne energije

### 1. Domaćinstva

**Jutarnja potrošnja**: 3 kW×2 h×600=3600kWh

**Večernje vršno opterećenje**: 3,5 kW×3 h×600=6300kWh

**Bazna potrošnja**: 1,2 kW×19 h×600=13680 kWh

**Ukupna dnevna potrošnja za domaćinstva**: **Wdd**=3600+6300+13680=23580 kWh

### 2. Industrijska postrojenja

**Radno opterećenje**: 400 kW×8 sati×3=9600

**Noćno opterećenje**: 100 kW×16 sati×3=4800 kWh

**Ukupna dnevna potrošnja za industrijska postrojenja**: **WdI**= 9600+4800=14400 kWh

### 3. Javni sektor (škole i bolnice)

**Radno opterećenje**: 6 kW×10 sati×15=900 kWh

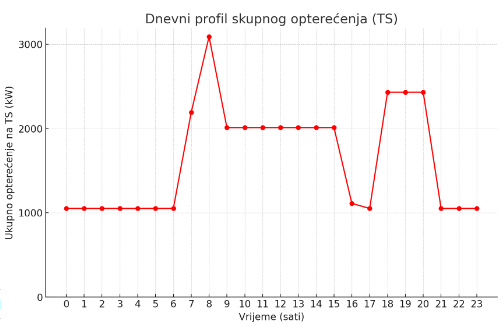
**Noćno opterećenje**: 2 kW×14 sati×15=420 kWh

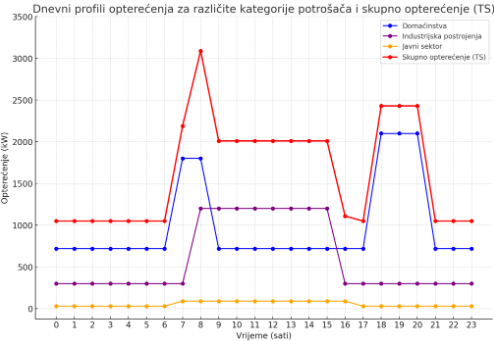
U**kupna dnevna potrošnja za javni sektor**: **WdJS** =900+420=1320  kWh

**4. Ukupna dnevna potrošnja sve tri kategorije potrpšača, potrošnja TS**:

**W dTS**=23580 kWh+ 14400 kWh + 1320 kWh=39300 kWh

**c)** Profil/dijagram opterećenja ukupne potrošnje (TS)





**d)**

Vršno opterećenje trafo stanici (TS) iznosi:

**PVTS** =**3090 kW**,

dok je minimalno opterećenje

**Pmin =1050 kW**.

**e)** Faktor opterećenja 

- za kategoriju domaćinstava: ***md***=0,47

- za kategoriju industrije: ***mI***=0.5

- za javni setor: ***mJS***=0,61

- za skupno opterećenje (RS) ***mTS***=0,52

f)

Nazivnu snagu TR biramo iz skale nazivnih snaga za TS 35/10 kV: 2,4,8, 12.5, 16 MVA

S obzirom na vršno opterećenje koje smo izračunali PVTS = **3090 kW** (**3,09 MW**), potrebno je da TS ima kapacitet veći od vršnog opterećenja kako bi osigurala stabilnost i pouzdanost, uz izvjesnuu rezervu.

Uz predpstavku cos φ=0,9, potrebna prividna snaga je: .

Biramo TS sa TR jedinicom **4 MVA**.

g)

Za stabilnost i efikasnost elektrodistributivnog sistema (EDS) važno je analizirati dnevne profile opterećenja i faktor opterećenja za svaku grupu potrošača. Ova analiza nam omogućava da identifikujemo potencijalne probleme i predložimo mjere optimizacije kako bi se smanjili gubici, poboljšala stabilnost i povećala efikasnost rada sistema.

### Diskusija o stabilnosti i efikasnosti

1. **Vršno opterećenje i faktor opterećenja**:
   * Vršno opterećenje dostiže vrijednost od **3090 kW**, što znači da TS mora imati kapacitet koji pokriva vršna opterećenja, ali se većinu vremena koristi s nižim opterećenjem.
   * Ukupni faktor opterećenja za TS iznosi **0.53**, što pokazuje relativno neravnomjerno opterećenje tokom dana, s velikim oscilacijama između baznog i vršnog opterećenja. Niži faktor opterećenja znači da TS nije optimalno iskorišćena, jer značajan kapacitet ostaje neiskorišten tokom perioda niskog opterećenja.
2. **Neravnomjernost u profilima opterećenja**:
   * Domaćinstva imaju izražena jutarnja i večernja vršna opterećenja, što stvara pikove u sistemu. Ova oscilacija može opteretiti mrežu, a takođe povećava gubitke zbog frekventnog prelaska iz baznog u vršno opterećenje.
   * Industrijska postrojenja i javni sektor imaju stabilniji profil opterećenja, ali industrija takođe doprinosi opterećenju ujutru kada se uključuju postrojenja.
   * Javni sektor ima stabilniji profil tokom dana i noći, ali njegov doprinos ukupnom opterećenju je relativno nizak.
3. **Uticaj na stabilnost EDS-a**:
   * Veliki pikovi u opterećenju povećavaju rizik od preopterećenja transformatora i drugih elemenata mreže, što može dovesti do smanjenja životnog vijeka opreme i većih operativnih troškova.
   * Niži faktor opterećenja utiče na efikasnost sistema, jer postoji stalna potreba za održavanjem opreme koja se ne koristi optimalno.

### Mjere optimizacije

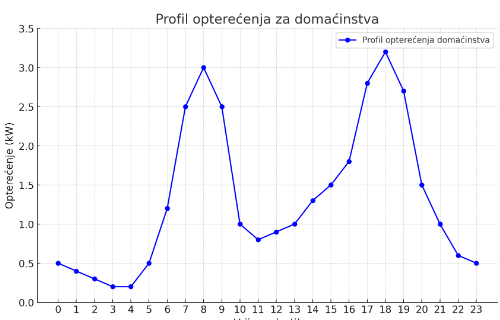
1. **Primjena tarifa za potrošnju u vanvremenskim periodima (off-peak)**:
   * Uvođenjem nižih cijena električne energije tokom perioda nižeg opterećenja, podstakli bismo potrošače da koriste energiju izvan vršnih sati. Na primjer, domaćinstva bi mogla odgoditi potrošnju električnih aparata za noćne sate.
2. **Integracija pametnih mreža i upravljanje opterećenjem**:
   * Pametni brojila i sistemi upravljanja opterećenjem mogu pružiti veću kontrolu nad radom EDS-a, omogućavajući automatsko prilagođavanje potrošnje na osnovu trenutnih potreba i kapaciteta mreže.
   * Pametni uređaji bi omogućili industrijskim potrošačima i domaćinstvima da bolje upravljaju svojom potrošnjom u realnom vremenu.
3. **Uvođenje distributivnih izvora energije**:
   * Integracija solarnih panela ili drugih obnovljivih izvora energije na nivou domaćinstava ili javnih institucija može smanjiti opterećenje TS, naročito tokom dnevnih sati.
   * Korišćenjem lokalnih izvora energije, smanjila bi se potreba za energijom iz mreže, što bi doprinijelo stabilnosti sistema.
4. **Optimizacija rada industrijskih potrošača**:
   * Industrijska postrojenja mogu razmotriti prilagođavanje svog radnog vremena kako bi izbjegli preklapanje sa vršnim opterećenjem domaćinstava.
   * Premještanjem dijela potrošnje iz vršnih u vanvremenske periode, smanjuje se opterećenje na TS tokom kritičnih sati.
5. **Povećanje faktora opterećenja**:
   * Postizanje ravnomjernijeg opterećenja može se stimulisati kroz razne programe podsticaja za optimizaciju potrošnje. Veći faktor opterećenja smanjuje troškove rada i održavanja, jer se smanjuje opterećenje na opremu i infrastrukturu tokom vršnih sati.

### Zaključak

Primjenom ovih mjera optimizacije moguće je smanjiti vršna opterećenja, povećati faktor opterećenja i unaprijediti stabilnost i efikasnost rada EDS-a. Smanjenje oscilacija u opterećenju i ravnomjernija distribucija potrošnje omogućavaju dugotrajniji rad transformatora i smanjuju operativne troškove, čineći sistem pouzdanijim i efikasnijim za sve potrošače.

**ZADATAK 2**

Na slici je prikazan profil (dijagram)opterećenja za kategoriju domaćinstva.

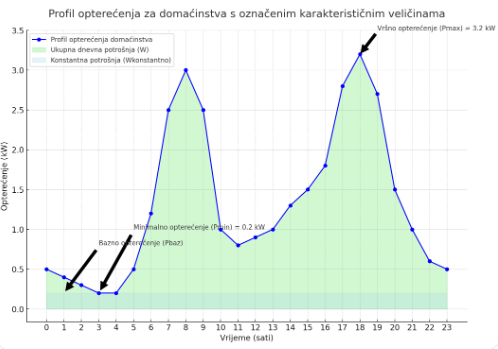


Na dijagramu označi:

* PV ​- Vršno opterećenje
* Pmin - Minimalno opterećenje
* Pbaz​ - Bazno opterećenje
* W - Ukupnu dnevnu potrošnj (šrafiraj površinu).
* Wcto​ - Konstantnu dnevnuu potrošnju (šrafiraj površinuu)

Da li se prikazani profil (dijagram) opterećenja odnosi na jedno ili grupu domaćinstava ?

**Rješenje:**



* **Vršno opterećenje (Pmax​)**: 3.2 kW, što odgovara maksimalnom opterećenju tokom večernjeg vršnog perioda.
* **Minimalno opterećenje (Pmin)**: 0.2 kW, konstantno opterećenje tokom noćnih sati.
* **Bazno opterećenje (Pbaz)**: prikazano kao stabilan nivo minimalnog opterećenja.
* **Ukupna dnevna potrošnja (W)**: cijela sjenčana površina ispod krive (zelena boja).
* **Konstantna potrošnja (WCto)**: stabilna površina ispod baznog opterećenja (svijetloplava boja).

Ovaj dijagram prikazuje profil za jedno domaćinstvo, s umjerenim vršnim opterećenjem. ​

**ZADATAK 2**

Poznati su sljedeći podaci o dnevnom profilu (dijagram) opterećenja za kategoriju domaćistava EDS-a:

 Jutarnje opterećenje: 500 kW (od 6:00 do 9:00)

 Dnevno opterećenje: 200 kW (od 9:00 do 17:00)

 Vršno opterećenje: 700 kW (od 18:00 do 22:00)

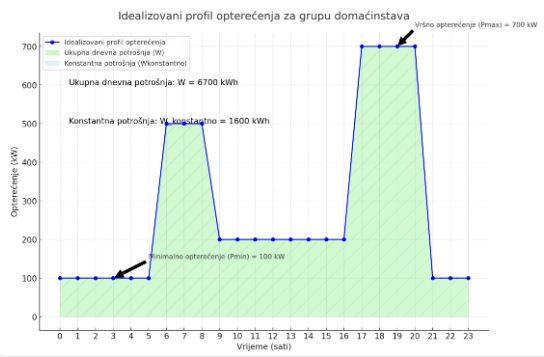
 Noćno opterećenje (minimalno opterećenje): 100 kW (od 22:00 do 6:00)

1. Nacrtaj idealizovani dijagram opterećenja na osnovu datih podataka.
2. Na dijagramu označi i očitaj sljedeće karakteristične vrijednosti:

* PV ​- Vršno opterećenje
* Pmin - Minimalno opterećenje
* W - Ukupnu dnevnu potrošnja (sjenčanje odgovarajuće površine)
* Wcto - Konstantna potrošnja (sjenčanje površine ispod baznog opterećenja)

1. Da li se prikazani profil (dijagram) opterećenja odnosi na jedno domaćinstvo ili na grupu domaćinstava?

**Rješenje**



* **Vršno opterećenje:**  PV=700 kW u večernjem periodu.
* **Minimalno opterećenje:** Pmin=100  kW tokom noćnog perioda.
* **Ukupna dnevna potrošnja:** W=6700 kWh
* **Konstantna potrošnja:** Wkonstantno=1600 kWh

Prema vrijednosti vršnog opterećenja, profil (dijagram) opterećenja se odnasi na veću grupu domaćinstava.

## **PRIMJER OPTIMIZACIJA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE I UŠTEDe kodpotrošača**

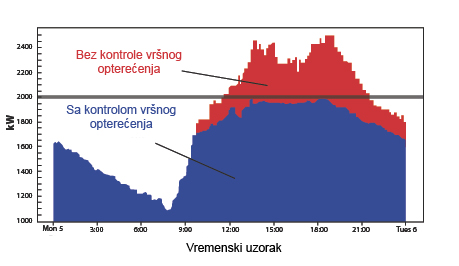
Velike proizvodne firme troše ogromna finansijska sredstva za pokrivanje troškova električne energije. Cilj svake firme je da troškove poslovanja smanji na najmanju moguću mjeru, pa se i ovi troškovi mogu smanjiti za više od 40 % uvođenjem odgovarajućeg sistema za optimizaciju potrošnje električne energije i kontrolu vršnog opterećenja.

**Kompenzacija reaktivne energije**

Instaliranjem uređaja za kompenzaciju reaktivne energije, mjesečne uštede na računima za električnu energiju mogu biti velike. Rok povrata investicije može biti od 1-5 godina u zavisnosti od složenosti sistema koji se ugrađuju.

**Vršno opterećenje**

To je maksimalna potrošnja električne energije u 15-minutnom periodu. Optimizacijom maksimalne angažovanje snage moguće je cijeli utrošak električne energije smanjiti do 30%. Optimizacija se bazira prvenstveno na uvidu u tehnološki proces koji se primjenjuje u proizvodnji. Konkretniji podaci se dobijaju kratkoročnim i dugoročnim mjerenjem na napojnoj infrastrukturi električne mreže.



**2.5. Z A D A C I**

**1**. Izračunati vršno opterećenje konzuma gradskog EDS-a, sa 100000 stanovnika i specifičnim opterećenjem po stanovniku 

*Rješenje*

Broj stanovika na posmatranom konzumu je.

Specifično opterećenje po stanovniku je . Podaci o specifičnom opterećenju po stanovniku, odnose se na nivo konzuma, odnosno na nivo JVO i sadrže opterećenje od svih kategorija potrošača (domaćinstva, prateća potrošnja i sitna industrija).

Vršno opterećenje konzuma (JVO) je:



\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**2.** Vršno opterećenje konzuma gradskog EDS-a, sa  stanovnika, iznosi 100 MW. Dominantni potrošači su domaćinstva, sa ućešćem 70% u vršnom opterećenju konzuma. Odrediti:

1. specifično opterećenjem po stanovniku
2. specifično opterećenje po domaćinstvu, ako je prosječan broj članova domaćinstva 3
3. vršno opterećenje domaćinstva na nivou konzuma.

*Rješenje*

1. Broj stanovika na posmatranom konzumu je.

Vršna snaga konzuma je 

Specifično opterećenje po stanovniku je: 

1. Prosječan broj stanovnika po domaćinstvu je , pa je broj domaćinstava: 

Specifično optrećenje po domaćinstvu je: 

1. Učešće domaćinstava u vršnom opterećenju konzuma je 70%.

Vršno opterećenje domaćinstva na nivou konzuma je:

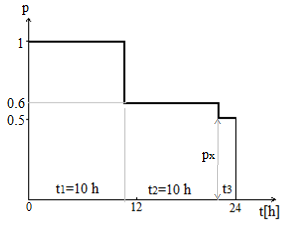


\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**3.** Za distributivno opterećenje (DO) kod kojeg vršno opterećenje traje 10 h, a isto toliko traje opterećenje koje je jednako 60% vršnog opterećenja:

1. nacrtati dnavni dijagram DO, u relativnim jedinicama aktivne snage.
2. odrediti opterećenje u toku preostala 4 h, ako je faktor opterećenja 0.75
3. izračunati vrijeme trajanja vršne snage

*Rješenje*:

1. 
2. Faktor opterećenja je određen izrazom (2.5.): ,

gdje su:

 - utrošena električna energija u vremenu , jednaka površini ispod krive dnevnog dijagrama

 - vršna snaga

 - posmatrani vremenski period, dan .

Iz prethodnog izraza, uz poznato , određujemo nepoznato opterećenje  u periodu :



Razmatrano DO je opterećenje sa vršnim opterećenjem koje traje 10 h, isto toliko traje opterećenje 60% vršnog opterećenja, a u preostala 4 h opterećenje je 50% vršnog opterećenja.

1. Trajanje vršnog opterećenja se, uz poznat faktor opterećenja, može odrediti preko izraza (2.7.): 



\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**4.** Za domaćinsto druge kategorije, poznati su parametri opterećenja:

* suma snaga svih električnih aparata u domaćinstvu (instalisana snaga) 
* koeficijenti linearne korelacione zavisnosti između vršne snage i instalisane snage  i .

Odrediti:

1. vršnu snagu domaćinstva i
2. faktor potražnje.

*Rješenje:*

1. Vršna snaga domaćinstva je određena relacijom (2.19.):  
2. Faktor potražnje je određen izrazom (2.11.): 



\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**5.**Opterećenje potpuno elektrificiranog domaćinstva, grijanog iz toplane, određeno je parametrima:

* suma snaga svih električnih aparata u domaćinstvu (instalisana snaga) 
* koeficijenti linearne korelacione zavisnosti između vršne snage i instalisane snage  i .
* faktor jednovremenosti 

Odrediti:

1. vršnu snagu domaćinstva
2. vršnu snagu domaćinstva na nivou konzuma, odnosno udio vršne snage domaćinstva u JVO.

*Rješenje*

1. 
2. Vršna snaga domaćinstva na nivou konzuma (), odnosno udio vršne snage domaćinstva u JVO određen je relacijom (2.24): 



\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**6.** Ako domaćinstvo definisano u prethodnom zadatku pređe na električno grijanje, sa snagom električnih uređaja za grijanje od 8 kW, a čije je puno uključenje istovremeno sa vršnim opterećenjem ostalih električnih aparata i čiji je faktor jednovremenosti , odrediti:

1. vršnu snagu domaćinstva
2. vršnu snagu domaćinstva na nivou konzuma, odnosno udio vršne snage domaćinstva u JVO
3. faktor jednovremenosti za "" takvih domaćinstava.

*Rješenje*

Novo domaćinstvo pripada *III* kategoriji.

1. Prema uslovu zadatka električno grijanje se uključuje punom snagom u vrijeme kad i ostali električni uređaji u domaćinstvu imaju svoj maksimum (.

Tada je, vršna snaga posmatranog domaćinstva *III* kategorije:



1. Vršna snaga posmatranog domaćinstva *III* kategorije na nivou konzuma (), odnosno udio vršne snage posmaranog domaćinstva *III* kategorije u JVO je:



1. Faktor jednovremenosti za  je:



\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**7**. a) Koliko je vršno opterećenje TS 10/0.4 kV, 630 kVA, koja napaja blok stambenih objekata sa 290 domaćinstava, prosječnih vršnih snaga 9 kW i faktora jednovremenosti za "" broj domaćinstava 0.15, i ako se uticaj prateće potrošnje može izraziti preko koeficijenta učešća u vršnoj snazi domaćinstva od 20%.

b) Komentarisati opterećenje TS sa aspekta dozvoljenog preopterećenja, ako je vrijednost faktora snage 0.9.

*Rješenje*

a) Broj domaćinstava koja se napajanu preko TS 10/0.4 kV je: 

Pojedinačne vršne snage domaćinstava su jednake i iznose: 

Pojedinačne vršne snage domaćinstava sa učešćem prateće potrošnje su:





Faktor jednovremenosti za  domaćinstava se računa preko Raskov-og izraza (2.21.):



Vršna snaga  domaćinstava (sa uračunatom pratećom potrošnjom) koja se napajaju preko posmatrane TS 10/0.4 se računa preko izraza (2.20.):



Ovo je ujedno i vršno opterećenje posmatrane TS 10/0.4 kW

b) Vršno opterećenje TS 10/0.4 kV je . To je aktivna vršna snaga.

Prividna vršna snaga TS 10/0.4 kV je: 

Naznačena snaga TS 10/0.4 kV je 

Preopterećenje TS je:

, odnosno , što je u okiru dozvoljenog preopterećenja TR.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**8.** Posmatra se NN mreža prikazana na slici.

Podaci o priključenim domaćinstvima:

* broj domaćinstava u svakom čvoru NN mreže dat je na Slici
* vršne snage domaćinstava su iste i iznose 8 kW
* faktor snage na nivou domaćinstava je 0.98
* faktor jednovremenosti za "" domaćinstava je 0.17.

Podaci o priključenoj pratećoj potrošnji:

* potrošaći prateće potrošnje i njihove vršne snage, prikazani su na Slici
* faktor snage za prateću potrošnju je 0.98
* faktor jednoremenosti prateće potrošnje sa ostalim potrošačima (domaćinstvima) je 1.

Odrediti:

1. Za NN izvod1

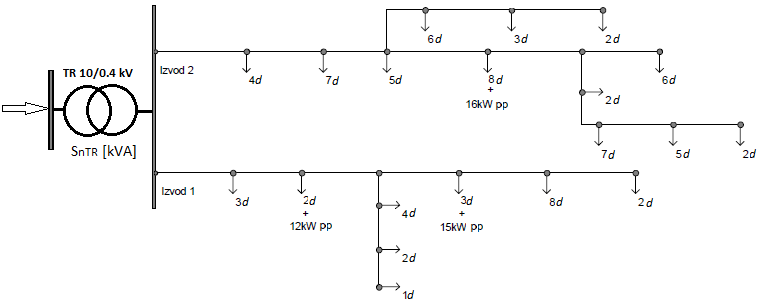
* vršnu snagu domaćinstva na nivou NN izvoda1
* vršnu snagu i strujno vršno opterećenje NN izvoda1

1. Za NN izvod2

* vršnu snagu domaćinstva na nivou NN izvoda2
* vršnu snagu i strujno vršno opterećenje NN izvoda2

1. Za TR 10/0.4 kV

* vršnu snagu domaćinstva na nivou TS 10/0.4 kV
* vršnu aktivnu i vršnu prividnu snagu TR 10/0.4 kV



*Rješenje*

Vršne snage svih domaćinstava su jednake i iznose: . To je vršna snaga domaćinstva, na nivou domaćinstva.

1. Proračun za NN izvod1

Sa slike se očitava broj domaćinstava koja se napajaju preko NN izvoda1 je:.

Faktor jednovremenosti  domaćinstava je:



Vršna snaga domaćinstva na niou NN izvoda1 je: 

Vršna snaga svih domaćinstava je: 

Vršno opterećenje NN izvoda1, pored domaćinstava čini i prateća potrošnja.

Prema Slici, vršne snage prateće potrošnje su: i , sa faktorom jednovremenosti u odnosu na ostale potrošače (domaćinstva) .

Vršna snaga NN izvoda1 računa se preko izraza (2.27.), i iznosi:



Vršno strujno opterećenje NN izvoda1 se računa preko izraza (2.28.), i iznosi:



1. Postupak proračuna za NN izvod2 je identičan prethodnom.















1. Proračun za TR 10/0.4









,  , 



Vršna prividna snaga TR je:

## 