

## Uređaji za klimatizaciju i letnji maksimum potrošnje električne energije u mreži PD ED Beograd

Nada Vrcelj, Danka Kecman

Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Koste Glavinića 8a,  
11000 Beograd, Srbija

[nada@ieent.org](mailto:nada@ieent.org), [danka.kecman@ieent.org](mailto:danka.kecman@ieent.org)

**Kratak sadržaj:** U radu je izvršena analiza uticaja potrošnje uređaja za klimatizaciju, kako na oblik dnevnog dijagrama potrošnje, tako i na ostvareni maksimum u toku letnjeg perioda. Posmatrana su tri slučaja, odnosno izvodi 10 kV koji pretežno napajaju: komercijalni sektor, toplificirano stambeno naselje i stambeno naselje koje za grejanje u zimskim mesecima koristi električnu energiju. Analiziran je i zimski maksimum za svaki posmatrani slučaj, kao i mogućnost nedozvoljenog strujnog opterećenja kablova na trasama posmatranih izvoda 10 kV.

**Ključne reči:** uređaji za klimatizaciju, dnevni dijagram potrošnje, letnji maksimum, prenosna moć kablova, nedozvoljeno strujno opterećenje

### 1. Uvod

U poslednjih nekoliko godina primećen je značajan porast potrošnje električne energije na hlađenje prostorija u letnjem periodu. Uticaj potrošnje uređaja za klimatizaciju se odražava, kako na oblik dnevnog dijagrama potrošnje, tako i na visinu letnjeg maksimuma.

Naime, uočeno je da se u nekim delovima mreže PD ED Beograd sve češće ima situacija da je letnji maksimum na nivou izvoda 10 kV blizak ili veći od zimskog i da se taj odnos u manjoj ili većoj meri prenosi i na kompletan konzum pojedinih TS X/10 kV. Kako se distributivna mreža dimenzioniše prema očekivanim vršnim opterećenjima koji su obično zimi, postavlja se pitanje da li u toku leta dolazi do nedozvoljenog strujnog opterećenja kada su uslovi hlađenja otežani.

## **2. Promena oblika dnevnog dijagrama u zavisnosti od srednje dnevne temperature**

Kao što je već rečeno analizirana je promena oblika dijagrama potrošnje na nivou izvoda 10 kV u zavisnosti od srednje dnevne temperature u tri slučaja. Posmatrni su:

izvodi koji napajaju komercijalni sektor (tržni centar Delta City - izvodi C13 iz TS 110/10 kV Fob i C18 iz TS 35/10 kV Novi Beograd 3),

izvodi koji pretežno napajaju stambena naselja koja su priključena na sistem daljinskog grejanja (Blok 45, delom Blok 61, 62 i 63, kao i Blok 70, 71 i 72 - izvodi C6 i C22 iz TS 110/10 kV Fob i C47 i C43 iz TS 110/10 kV Bežanija),

izvodi koji pretežno napajaju stambena naselja koja u zimskim mesecima za grejanje koriste električnu energiju (deo naselja Bele Vode - izvodi C4 i C10 iz TS 35/10 kV Bele Vode).

Za svaki navedeni slučaj su posebno analizirani radni dani, a posebno dani vikenda. Na raspolaganju su bila merenja struje u intervalima od petnaest minuta na početku izvoda. Međutim, kako je u svim slučajevima posmatrana suma opterećenja grupe izvoda, za analize je korišćena proračunata aktivna snaga sa usvojenim vrednostima i to za napon 10 kV, a za faktor snage 0.97.

Takođe treba reći i da se u drugom slučaju pri proceni mogućih uticaja na oblik dijagrama uzimalo u obzir da se deo potrošača u navedenim delovima naselja u zimskim mesecima možda dogrevao koristeći električnu energiju, kao i da se u trećem slučaju deo potrošača u zimskom periodu grejao na neki drugi način (gas ili etažno grejanje na ugalj, drva, pelet i dr.).

U prvom i drugom slučaju je posmatran letnji period 2010. godine i zimski period 2010/2011., dok je u trećem slučaju zbog nekompletnih merenja analiziran letnji period 2009. godine i zimski period 2009/2010. godina.

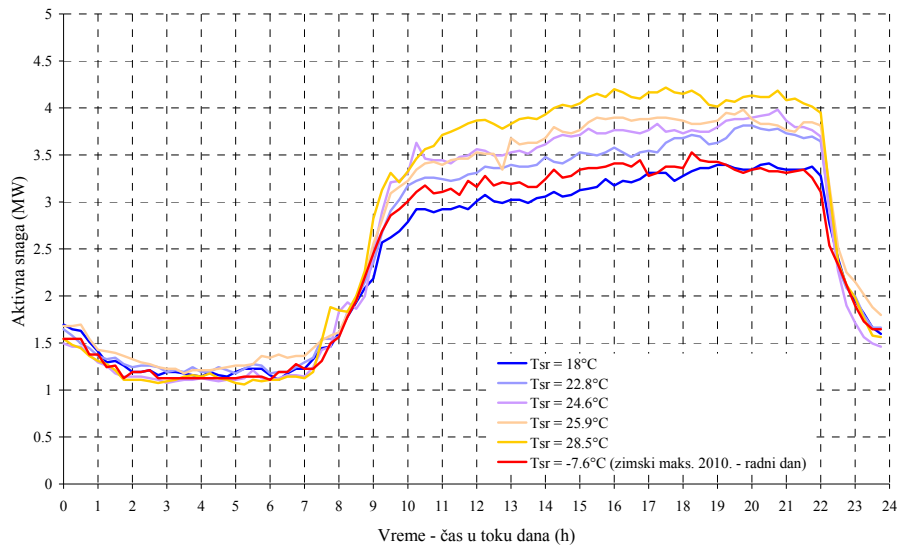
### **2.1. Primer komercijalnog sektora – Delta City (trgovina i ugostiteljstvo)**

U ovom slučaju je posmatran samo jedan potrošač koji se napaja preko izvoda C18 iz TS 35/10 kV Novi Beograd 3 (izvod C13 iz TS 110/10 kV Fob je rezervni). Inače, tržni centar je priključen na sistem daljinskog grejanja i u zimskim mesecima se električna energija nije koristila za zagrevanje prostorija, mada nije isključeno da se u nekoj manjoj meri koristila za dogrevanje.

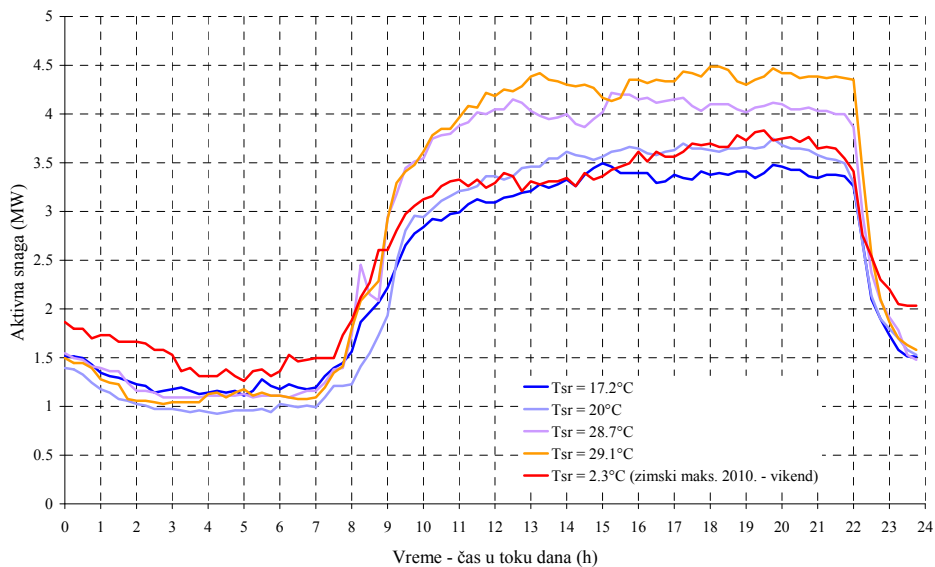
Nakon analize letnjih meseci u 2010. godini za prikaz uticaja uređaja za klimatizaciju je izabran mesec jun. Razlog da se ovako postupi je što se u ovom mesecu imala maksimalna letnja potrošnja ovog potrošača i što je najveća srednja dnevna temperatura u ovom mesecu iznosila i do 29.1°C. Takođe, u junu

se, za razliku od jula i avgusta, tokom čitavog meseca imala visoka potrošnja, što se pripisuje masovnom odlasku potrošača na godišnje odmоре u julu i avgustu.

Rezultati analiza su dati kao Slika 1. i Slika 2.:



Slika 1. Dnevni dijagrami potrošnje tržnog centra u zavisnosti od srednje dnevne temperature za radne dane



Slika 2. Dnevni dijagrami potrošnje tržnog centra u zavisnosti od srednje dnevne temperature za dane vikenda

Kao što može da se vidi u toku noći se ima približno isto opterećenje nevezano za srednju dnevnu temperaturu, međutim, kako je radno vreme tržnog centra od 9:00h do 22:00h, u ovom periodu se uočava značajan porast potrošnje koji zavisi od temperature i koji se pripisuje korišćenju uređaja za klimatizaciju.

Ako se posmatraju dijagrami radnih dana uočava se da je potrošnja za približno iste temperature niža nego vikendom, kao i da je potrošnja u oba slučaja u večernjim satima veća nego u prepodnevnom. Ova razlika se pripisuje povećanoj potrošnji električne energije na ugostiteljske usluge tržnog centra, odnosno, smatra se da je poseta tržnom centru veća u večernjim satima i vikendom.

Treba reći da je analizom obuhvaćen veći broj dijagrama nego što je prikazano u ovom radu i da na osnovu svih izvršenih analiza može da se zaključi da su pri srednjoj dnevnoj temperaturi od oko 26°C uključeni svi uređaji za klimatizaciju i da je dalji porast potrošnje vrlo blag i ne zavisi od temperature, već od broja posetioca i vrste usluga koje se pružaju u tržnom centru.

Kada je reč o zimskoj maksimalnoj potrošnji tržnog centra u 2010. godini, može se reći da je ona u oba slučaja manja nego letnja za oko 0.7 MW, što je oko 20% ostvarene maksimalne zimske potrošnje (3.53 MW za radne dane, odnosno 3.83 MW za dane vikenda).

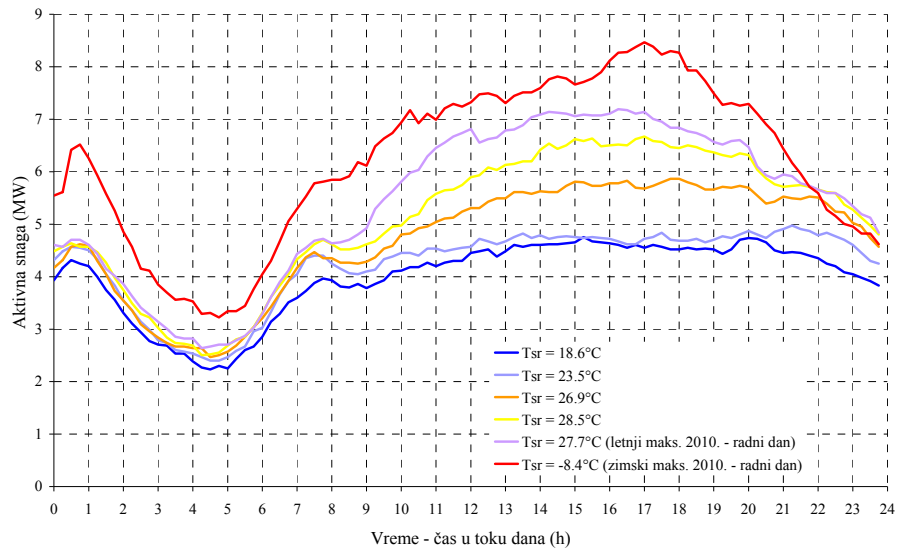
S obzirom na sve navedeno, kao i na činjenicu da je u letnjem periodu mogućnost hlađenja kablova zbog visokih temperatura vazduha i male vlažnosti tla daleko manja nego u zimskom periodu [1], postavlja se pitanje da li u ovakvim i svim sličnim situacijama u mreži 10 kV dolazi do nedozvoljenog strujnog opterećenja kablova. Pri tome treba imati na umu da se kablovi ovog naponskog nivoa u prvih nekoliko deonica često položu u istom rovu i da može da ih ima čak i više od deset.

## **2.2. Primer stambenog naselja koje je priključeno na sistem daljinskog grejanja – savski blokovi na Novom Beogradu**

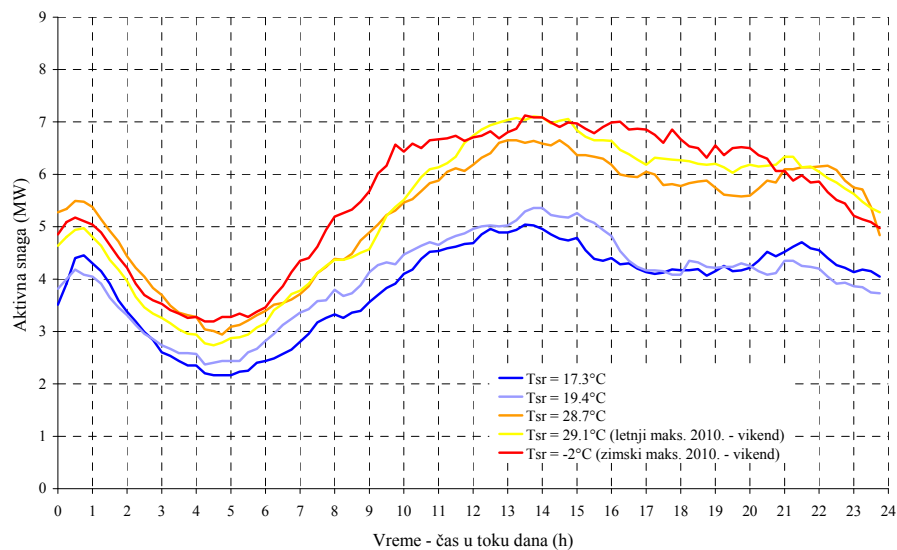
Drugi analizirani slučaj su potrošači stambenih blokova: 45, delom 61, 62 i 63, kao i 70, 71 i 72, odnosno posmatrana su opterećenja izvoda 10 kV C6 i C22 iz TS 110/10 kV Fob i C47 i C43 iz TS 110/10 kV Bežanija. Pojedine TS 10/0.4 kV na ovim izvodima napajaju i komercijalni sektor, ali je daleko veći broj TS koje napajaju stambene zgrade. Inače, ovi potrošači su priključeni na sistem daljinskog grejanja, mada nije isključeno da se određeni broj potrošača u najhladnijim danima dogrevao koristeći električnu energiju.

Iz istih razloga, kao u prethodnom slučaju, posmatrani su dnevni dijagrami opterećenja navedenih izvoda 10 kV u teku meseca juna 2010. godine i posebno su analizirani radni dani i dani vikenda.

Rezultati analiza su dati kao Slika 3. i Slika 4.:



Slika 3. Dnevni dijagrami potrošnje novobeogradskih blokova u zavisnosti od srednje dnevne temperature za radne dane



Slika 4. Dnevni dijagrami potrošnje novobeogradskih blokova u zavisnosti od srednje dnevne temperature za dane vikenda

Kao što može da se vidi, dnevni dijagrami, kada su se imali zimski i letnji maksimumi, su po obliku i visini opterećenja vrlo slični. Dnevno vršno opterećenje u toku radnih dana se dostizalo u kasnijim popodnevnim satima, dok se za dane

vikenda dnevni maksimum obično imao oko podneva. Ovakav oblik dijagrama odgovara navikama i načinu života ljudi u posmatranim stambenim naseljima (veliki broj potrošača radnim danima nije prisutno u periodu od oko 8:00h do oko 20:00h, dok su vikendom žitelji domaćinstava uglavnom na okupu). To se najbolje vidi kada se posmatraju dijagrami za  $T_{sr}=18.6^{\circ}\text{C}$  (Slika 3.) i za  $T_{sr}=17.3^{\circ}\text{C}$  (Slika 4.), odnosno kada se smatra da je uključen tek poneki uređaji za klimatizaciju.

Sa porastom srednje dnevne temperature oblik dijagrama se značajno menjao samo u periodu od oko 8:00h do oko 20:00h, odnosno opterećenje je raslo srazmerno porastu temperature. U slučaju kada su posmatrani radni dani letnji maksimum je iznosio 7.19 MW, a zimski 8.47 MW. Kada su posmatrani dani vikenda situacija je nešto drugačija, odnosno, letnji i zimski maksimumi su bili približno iste visine - letnji 7.11 MW, a zimski 7.12 MW.

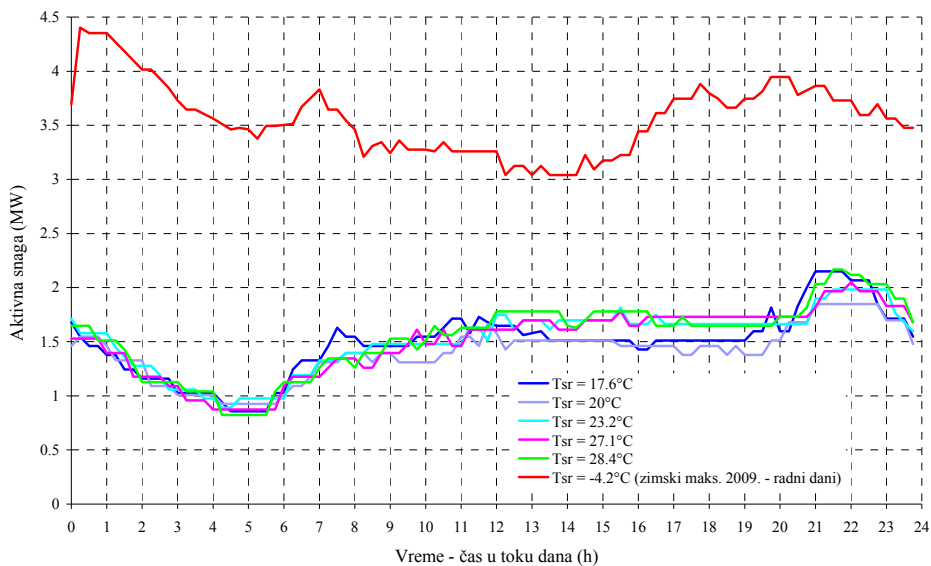
Dakle, i na primeru stambenih naselja koja su priključena na sistem daljinskog grejanja se uočava značajan rast opterećenja sa porastom srednje dnevne temperature, odnosno potrošnja električne energije na hlađenje prostorija u letnjem periodu je postala značajna. Ukoliko se uzme u obzir i da je mreža 10 kV na posmatranom području dimenzionisana prema očekivanim zimskom maksimalnim opterećenjima, postavlja se pitanje da li u letnjem periodu kada se ima isto ili nešto niže opterećenje dolazi do prekoračenja dozvoljenog strujnog opterećenja posebno ako se imaju na umu tehničke preporuke [1] za izrazito peskovito tlo na području Novog Beograda.

### **2.3. Primer stambenog naselja čiji potrošači za grejanje prostorija koriste pretežno električnu energiju – deo naselja Bele Vode**

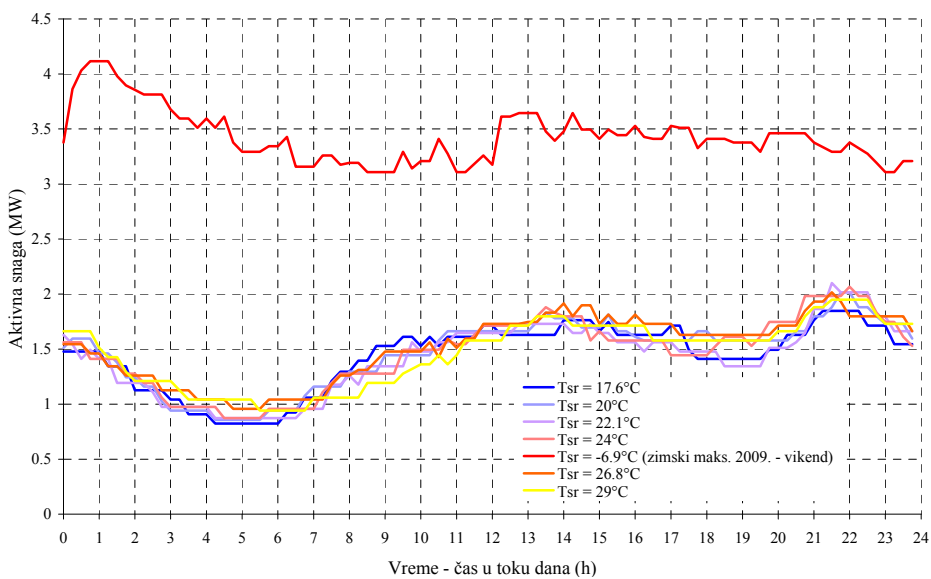
Treći analizirani slučaj su potrošači u ulici Leposave Mihailović, Palisadska - 2. deo i Vodovodska (naselje Rupčine), odnosno posmatrano je opterećenje izvoda 10 kV C4 i C10 iz TS 35/10 kV Bele vode. Kao što je već rečeno potrošači u navedenim naseljima se u zimskim mesecima dominantno greju koristeći električnu energiju (TA, klima uređaji, grejalice i sl.), mada postoji i određeni broj potrošača koji za grejanje koristi druge energente (gas, ugalj, drva i dr.), kao i deo potrošača koji pripadaju komercijalnom sektoru.

S obzirom da se za ovaj primer nije rasplagalo sa dovoljnim brojem merenja u 2010. godini, analiza porasta potrošnje u zavisnosti od srednje dnevne temperature je vršena za mesec jun 2009. godine, odnosno za mesec kada je i ostvaren letnji maksimum i kada su se imala relativno visoka opterećenja u toku čitavog meseca. Za analizu dnevnih dijagrama potrošnje koji su se imali vikendom u razmatranje je ušao i mesec avgust zbog vrlo visokih temperatura (krive  $T_{sr}=26.8^{\circ}\text{C}$  i  $T_{sr}=29^{\circ}\text{C}$  – Slika 6.). Odgovarajući zimski maksimum je tražen u zimskom periodu 2009/2010. godine.

Rezultati analiza su dati kao Slika 5. i Slika 6.:



Slika 5. Dnevni dijagrami potrošnje dela naselja Bele Vode u zavisnosti od srednje dnevne temperature za radne dane



Slika 6. Dnevni dijagrami potrošnje dela naselja Bele Vode u zavisnosti od srednje dnevne temperature za dane vikenda

Za razliku od prethodna dva primera, uticaj porasta temperature na potrošnju električne energije je u ovom primeru gotovo zanemarljiv bez obzira da li su

pitanju radni dani ili dani vikenda. Ovakvo stanje se pripisuje izboru primera, odnosno dominantna većina potrošača koja se napaja preko izvoda C4 i C10 iz TS 35/10 kV Bele vode su kuće sa dvorištem, odnosno potrošači za koje se pretpostavlja da nemaju tako izraženu potrebu za hlađenjem prostorija u letnjem periodu. Naime, pretpostavlja se da veliki broj posmatranih kuća ima toplotnu izolaciju i da su navike potrošača takve da leti manje vremena provode u zatvorenim, odnosno klimatizovanim prostorijama, u odnosu na potrošače koji žive u stambenim zgradama.

Što se tiče opterećenja u toku zimskih meseci 2009/2010. godine, ono je bilo značajno veće od opterećenja koje se imalo u toku leta 2009. godine. Zimski maksimum je, kada su posmatrani radni dani, iznosio 4.4 MW, a kada su posmatrani dani vikenda 4.12 MW. U oba slučaja je to daleko veće od letnjeg maksimuma koji je iznosio 2.27 MW.

Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da, kada je reč o potrošačima koji za grejanje dominantno koriste električnu energiju, letnje maksimalno opterećenje, bez obzira na uslove hlađenja, ne bi trebalo da predstavlja pretnju u smislu nedozvoljenog strujnog opterećivanja kablova. Naravno, smatra se da je potrebno da se svaki pojedinačni slučaj ovoga tipa zasebno ispita i detaljno istraži. Sličan stav se ima i kada je reč o prethodna dva primera.

### **3. Zaključak**

Izbor primera koji su opisani u radu je izvršen sa namerom da se skrene pažnja na različite posledice koje u mreži 10 kV može da izazove korišćenje električne energije za hlađenje prostorija, a u zavisnosti koja vrsta delatnosti se obavlja u tim prostorijama, kao i kojeg su tipa te prostorije (komercijalni sektor, stambena naselja – kuće, stambene zgrade).

S obzirom da su retki izvodi 10 kV preko kojih se napaja samo jedna vrsta potrošača, i da je prenosna moć kablova u toku leta dodatno ograničena lošijim uslovima hlađenja, a letnji maksimum u nekim slučajevima može da bude isti ili veći od zimskog, smatra se da je kablovska mreža 10 kV u svakom od tih slučajeva potencijalno ugrožena.

U radu je analizirano stanje kablovske mreže srednjeg napona, međutim, postavlja se pitanje kakva je situacija kada je reč o energetske transformatorima i kablovima višeg napona. Ovi elementi mreže u toku leta takođe mogu da budu visoko opterećeni, a da uslovi njihovog hlađenja mogu da budu daleko nepovoljniji nego u zimskom periodu.

Smatra se da je trend porasta opterećenja u toku letnjeg perioda u poslednjih nekoliko godina takav da je pri dimenzionisanju mreže u nekim slučajevima neophodno uzeti u obzir i letnji maksimum, odnosno smanjenje prenosne moći kablova i otežane uslove hlađenja u letnjem periodu.



## Literatura

- [1] Tehničke preporuke Direkcije za distribuciju, Tehnička preporuka 3 (TP 3) peto izdanje, Izbor i polaganje energetskih kablova u elektrodistributivnim mrežama 1 kV, 10 kV, 20 kV i 35 kV, 2004. godina.
- [2] Godišnji izveštaj o opterećenju elemenata mreže u toku zimskog perioda 2010/2011. godine, PD Elektrodistribucija Beograd d.o.o., april 2011.

**Abstract.** The paper presents an analysis of the impact of consumption of air conditioning in the form of daily consumption diagram as well as their impact on the achieved power consumption maximum during the summer period. Three cases were observed, regarding 10 kV cables, that supply with electricity mainly: the commercial sector, residential area that does not use electricity for heating and residential area that uses electricity for winter heating. At the same time the winter maximum in the each of the observed cases, as well as the possibility of exceeding the allowable current loads on the routes of monitored 10 kV cables are analyzed.

**Keywords:** air conditioners, the daily chart of consumption, summer load maximum, allowable current load of cables

## **Air Conditioners And Summer Maximum Electricity Consumption In The Network PD ED Belgrade**

Rad primljen u uredništvo 11.09.2011. godine  
Rad prihvaćen 25.10.2010. godine