
ANALIZA OSNOVNIH PARAMETARA HLADNOG VRŠNOG OPTEREĆENJA U DIJELOVIMA ELEKTRODISTRIBUTIVNE MREŽE

S. Jusic , JP “Elektroprivreda BiH” Sarajevo – “Elektrodistribucija” Zenica , BiH

1. UVOD

Ispad dijelova elektroenergetske distributivne mreže je jedan od inicijalnih događaja koji vodi odstupanju potrošnje u odnosu na planiranu .Nakon uspostavljanja ponovnog sistema napajanja, dolazi do znatnih odstupanja u odnosu na stanje kada nije bilo prekida u napajanju el. energijom. Karakter i nivo odstupanja opterećenja ovisi o više faktora, kao što je struktura potrošnje,vrijeme trajanja prekida, vremensko doba i slično.

Po osnovu strukture, potrošnja se klasificira na potrošnju industrijskog konzuma,potrošnju opšteg komercijalnog konzuma i potrošnju stambenog konzuma.

Za industrijsko opterećenje, potrošnja el.energije nakon poremećaja može biti značajno manja u odnosu na normalan rad [1].

Zbog sličnosti po namjeni potrošnje (rasvjeta,zagrijavanje, rashladni uređaji i sl.),razmatranje ponovnog uspostavljanja napajanja električnom energijom za potrošače opšteg komercijalnog konzuma svodimo u daljnjem na razmatranje potrošnje stambenog konzuma.

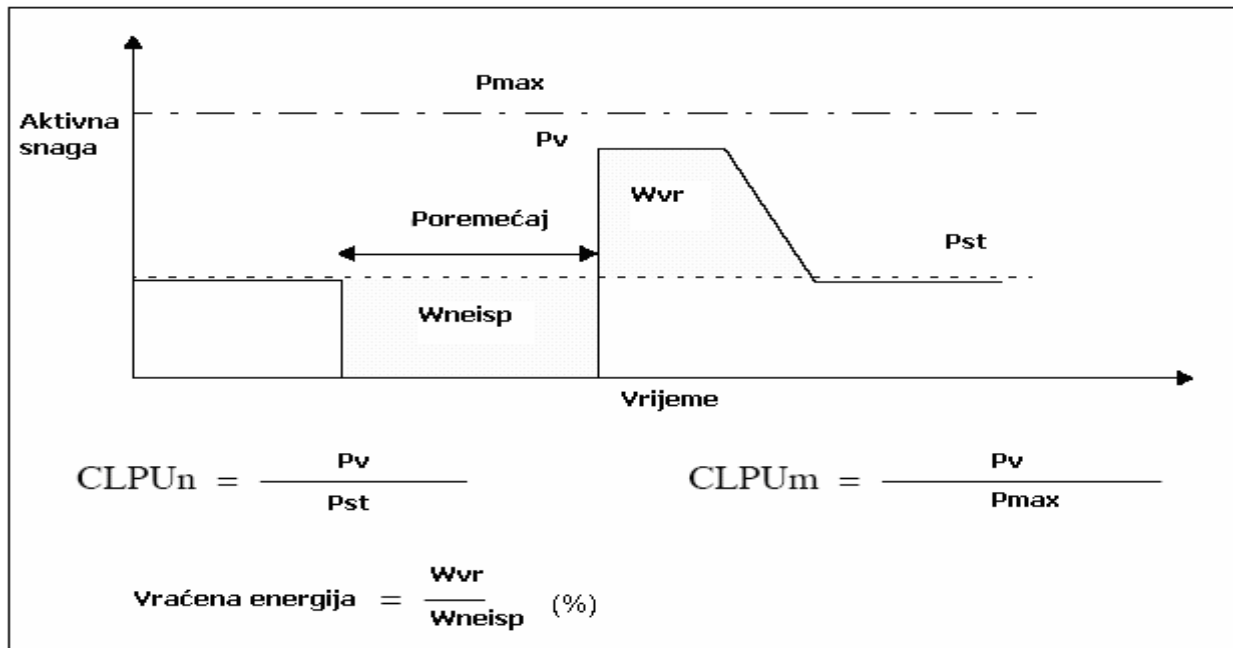
Za stambeni konzum, potrošnja el.energije nakon prekida može biti u značajnoj mjeri veća u odnosu na situaciju prije nestanka el.energije. Pojačana potrošnja el.energije nakon prekida je još više uočljivija u područjima gdje se velika većina stanovništva zagrijava električnom energijom . Čak i na nižoj vanjskoj temperaturi ovo može dovesti do preopterećenja sistema, što opet može kao rezultat imati probleme ponovnog uspostavljanja napajanja el. energijom.

Ukoliko prekid u napajanju traje duže, manja je vjerovatnoća održivosti trenutnog uspostavljanja napajanja el energijom svih potrošača. Odmah nakon puštanja u pogon napojnog voda, javljaju se velike struje koje mogu prekoračiti vrijednosti stacionarnog stanja nekoliko puta.Ova pojava nazvana je hladno vršno opterećenje “ **Cold Loud Pickup**” (**CLPU**) [3].

Veoma važan faktor u procesu ponovnog uspostavljanja napajanja el.energijom predstavlja način na koji je opterećenje kontrolisano.Opterećenja mogu biti kontrolisana ručno i automatski. Tokom CLPU, uticaj

automatski kontrolisanog opterećenja, posebno termostatički kontrolisanog opterećenja je preovladavajući.

Opšti dijagram hladnog vršnog opterećenja CLPU prikazan je na slici 1 [3].



Slika 1: Opšti dijagram podizanja hladnog opterećenja (CLPU)

Za analizu CLPU definisani su sljedeći parametri [3]:

- CLPUn faktor prihvatanja hladnog opterećenja je definisan kao odnos maksimalne snage nakon ponovnog uspostavljanja napajanja el.energijom i snage ostvarene u stacionarnom stanju. Snaga ostvarena u stacionarnom stanju predstavlja snagu ostvarenu neki drugi dan u isto vrijeme i pri istoj vanjskoj temperaturi kao i nakon nestanka el. energije.
- CLPUm faktor je definisan kao odnos maksimalne snage nakon ponovnog uspostavljanja napajanja i maksimalne snage ostvarene tokom godine.
- Nakon nestanka el. energije aktivna snaga može biti veća od normalne i stoga će se potrošiti nešto više el.energije. Vraćena energija definisana je kao odnos povišene potrošnje el.energije nakon uspostavljanja ponovnog napajanja i el.energije izgubljene tokom trajanja prekida. Vraćena energija se izražava u procentima.

2.KARAKTERISTIKE STAMBENOG KONZUMA

Pošto tip lokacije praktično određuje sve navedene karakteristike od kojih zavisi potrošnja električne energije jednog domaćinstva (navike korisnika električne energije, tip i veličinu stana, način grijanja, način pripreme tople vode i kuhanja, klimatski uslovi, broj članova domaćinstva), podjela prema tipu lokacije je i osnovna podjela potrošača stambenog konzuma . Prema tipu lokacije potrošače stambenog sektora dijelimo na gradske (urbane) , prigradske (priurbane) i vangradske (ruralne) .

Sa aspekta načina napajanja električnom energijom, gradska područja se isključivo napajaju podzemnim i srednjenaponskim i niskonaponskim vodovima, prigradska mješovito (i podzemnim i nadzemnim i srednjenaponskim i niskonaponskim vodovima), a vangradska isključivo nadzemnim i srednjenaponskim i niskonaponskim vodovima.

Za poređenje navedenih potrošačkih grupa analizirana je potrošnja električne energije pojedinih potrošačkih grupa na teritoriji Općine Kakanj u toku 2003.g.

Na osnovu izvršenih analiza zaključujemo sljedeće [9]:

- Sa aspekta energetske snabdjevenosti, najveće opterećenje imaju domaćinstva gradskog stambenog konzuma kod kojih je električno zagrijavanje prostorija, tako da je vršno opterećenje jednog takvog domaćinstva praktično određeno snagom električnih uređaja za zagrijavanje
- Električno zagrijavanje prostorija kod nas je rijetko, a isključivo je prisutno u gradskom stambenom konzumu
- Integralno zagrijavanje prostorija putem električnih kotlova ima dosta značajniju potrošnju u odnosu na parcijalno zagrijavanje termoakumulacionim pećima. Dnevni dijagram opterećenja kod takvog zagrijavanja ima oscilatorni karakter tokom svih 24 sata uzrokovan naizmjeničnim ciklusima uključanja i isključenja putem termostata. Dnevni dijagram opterećenja kod zagrijavanja termoakumulacionim pećima ima vrhove opterećenja u doba niže dnevne tarife (od 13-16 i od 22-07 sati)
- Najveći broj potrošača stambenog konzuma ima neelektrično zagrijavanje prostorija. U prigradskom i vangradskom konzumu se u zimskom periodu najčešće neelektrični izvor zagrijavanja koristi i za kuhanje i pripremu tople vode, pa je prisutna ravnomjernost u potrošnji električne energije tokom cijele godine, jer se povećana potrošnja za rasvjetu i ostale potrebe u zimskom periodu kompenzira korištenjem drugog oblika energije za kuhanje i pripremu tople vode. U gradskom stambenom konzumu prisutna je upotreba električne energije tokom cijele godine za sve potrebe, izuzev za zagrijavanje prostorija, tako da je logična veća potrošnja u zimskom periodu u odnosu na ljetni
- Snimljeni dijagrami opterećenja stambenog konzuma sa neelektričnim grijanjem pokazuju karakteristike tipičnog dnevnog dijagrama opterećenja (minimalno opterećenje u toku noćnih sati od 00-06, vršna opterećenja u jutarnjim, popodnevnim i večernjim satima). Treba istaći da je sa aspekta večernih vršnih opterećenja dnevni dijagram pomjeren u zimskom periodu u odnosu na ljetni period, zbog pomjeranja nastupanja noći
- Prema dnevnim dijagramima opterećenja, evidentno je da je faktor jednovremenosti grupe domaćinstava najveći kod konzuma sa električnim zagrijavanjem prostorija, zatim kod gradskog i prigradskog konzuma, a najmanji kod vangradskog (ruralnog) konzuma

3. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA CLPU EFEKTA

Ekperimentalnim istraživanjima izvršena su mjerenja CLPU efekta u određenim vangradskim, prigradskim i gradskim stambenim područjima Općine Kakanj. Mjerenja su izvršena mjernim instrumentom POWER HARMONICS ANALYSER, proizvodnje METREL, a obrada izmjerenih podataka programskim paketom PHA.

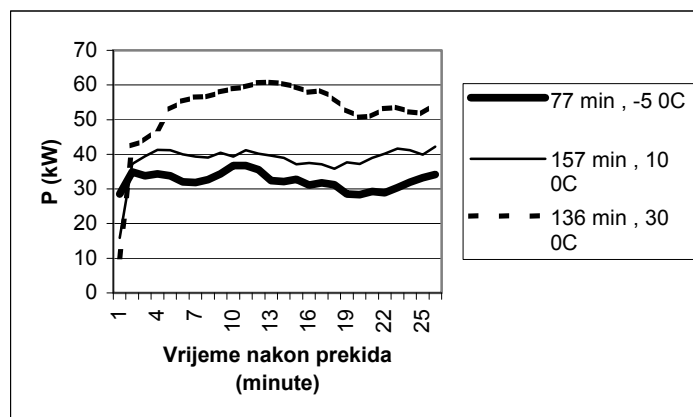
Izmjereni su pikovi aktivne snage nakon prekida napajanja električnom energijom različitih trajanja i pri različitim vanjskim temperaturama, kao i njihova veza sa nominalnom i maksimalnom snagom u toku godine. Radi usporedbe, izvršena su i mjerenja tokom normalnog perioda napajanja u istom vremenskom intervalu i pri istim ili sličnim vremenskim uslovima (dan prije ili poslije izvedenog mjerenja pri prekidu napajanja električnom energijom). Vrijednosti izmjerene aktivne snage su srednje jednodominutne vrijednosti.

Ispitano je takođe ponašanje potrošnje električne energije nakon prekida napajanja.

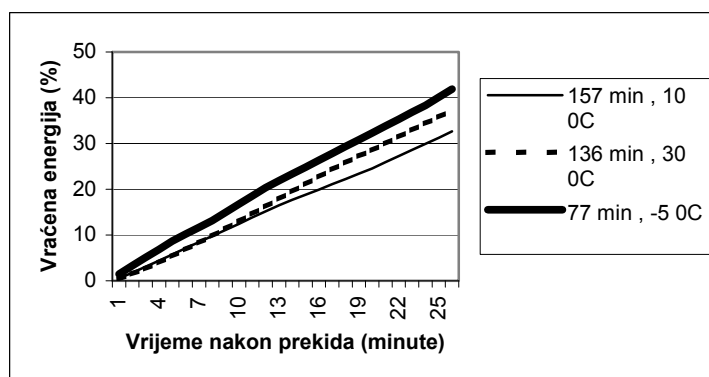
Ovdje ćemo prezentirati rezultate izvršenih mjerenja u dijelu jednog vangradskog i jednog gradskog stambenog konzuma [9].

3.1 Mjerenja u vangradskom naselju Kubure

Usporedba promjene aktivne snage i vraćene električne energije 25 minuta nakon prekida napajanja kod izvršenih mjerenja u vangradskom naselju Kubure prikazana je na slikama 2 i 3.

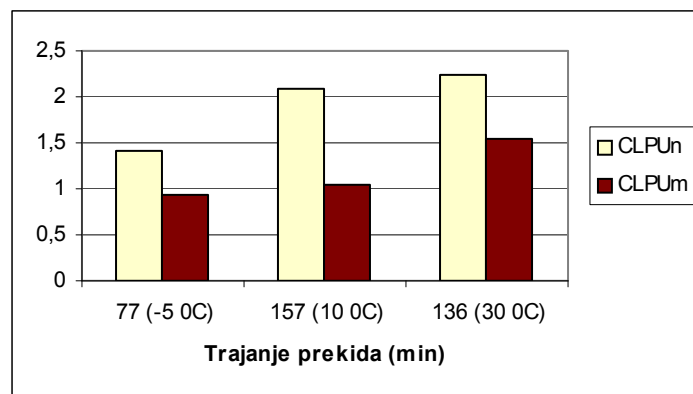


Slika 2 : Dijagrami opterećenja 25 minuta nakon trajanja prekida napajanja niskonaponskog izlaza sa 65 stambenih objekata u vangradskom naselju Kubure

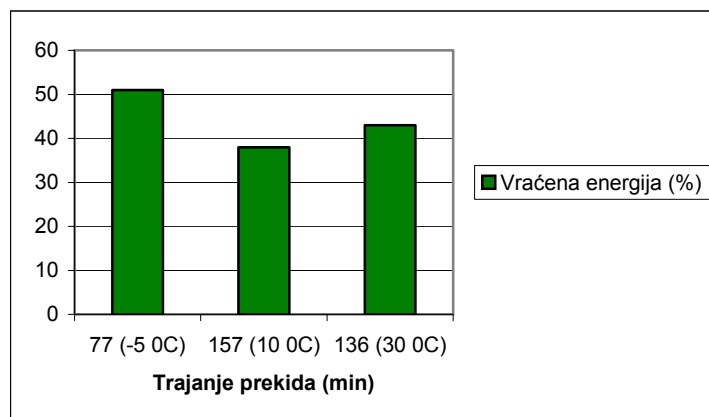


Slika 3 : Dijagrami vraćene energije 25 minuta nakon trajanja prekida napajanja niskonaponskog izlaza sa 65 stambenih objekata u vangradskom naselju Kubure

Usporedbe faktora CLPUn i CLPUm i vraćene energije za različita trajanja i različite vanjske temperature za izvršena mjerenja u vangradskom naselju Kubure dati su histogramima na slikama 4 i 5 .



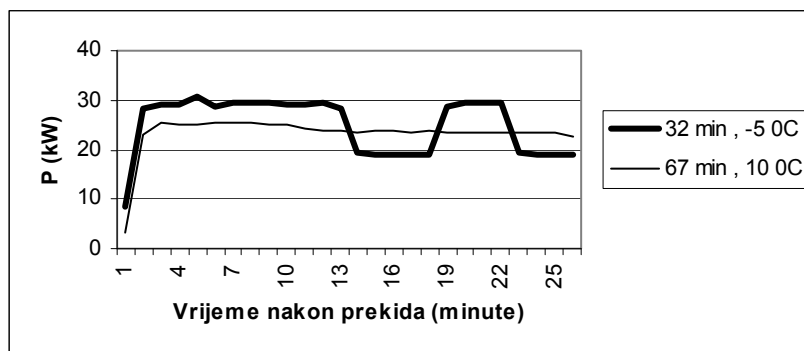
Slika 4 : Faktori CLPUn i CLPUm nakon trajanja prekida napajanja niskonaponskog izlaza sa 65 stambenih objekata u vangradskom naselju Kubure



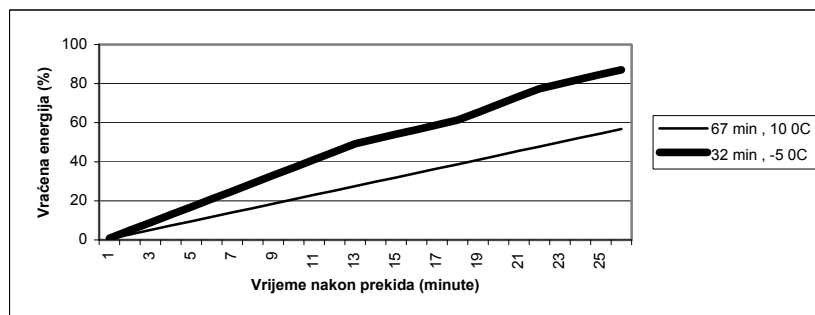
Slika 5 : Vraćene energije nakon trajanja prekida napajanja niskonaponskog izlaza sa 65 stambenih objekata u vangradskom naselju Kubure

3.2. Mjerenja u gradskom konzumu sa električnim zagrijavanjem prostorija

Usporedba promjene aktivne snage i vraćene električne energije 25 minuta nakon prekida napajanja kod izvršenih mjerenja za 4 stambene jedinice sa električnim zagrijavanjem prostorija u zgradi «Limarija» prikazana je na slikama 6 i 7 .

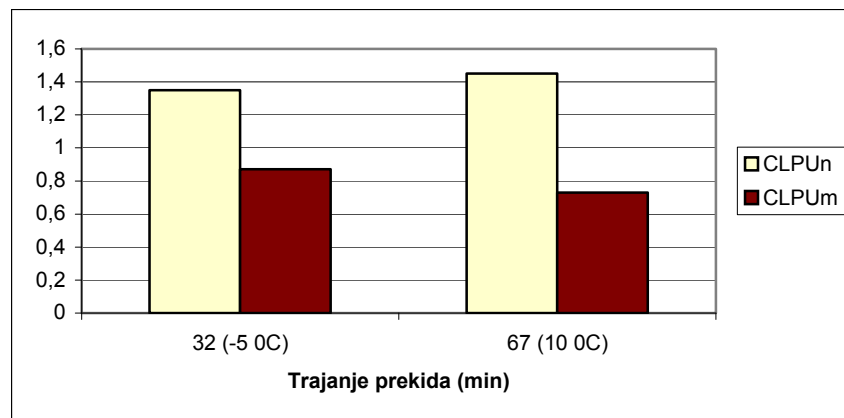


Slika 6 : Dijagrami opterećenja 25 minuta nakon trajanja prekida napajanja 4 stambene jedinice sa električnim zagrijavanjem prostorija u zgradi «Limarija»

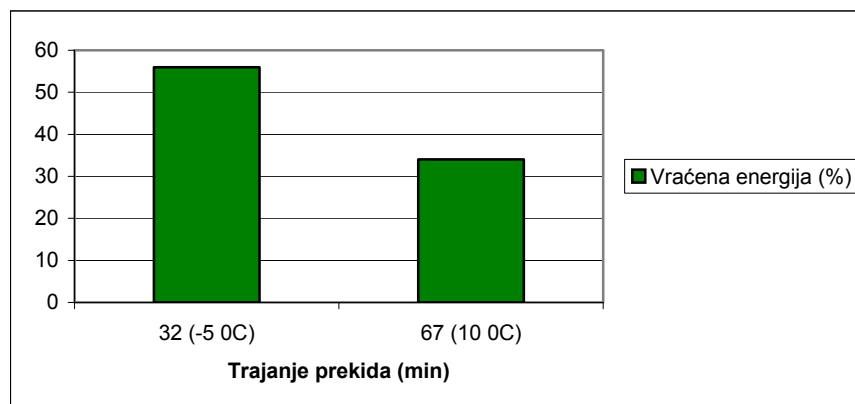


Slika 7 : Vraćene energije 25 minuta nakon trajanja prekida napajanja 4 stambene jedinice sa električnim zagrijavanjem prostorija u zgradi «Limarija»

Usporedbe faktora CLPUn i CLPUm i vraćene energije za različita trajanja i različite vanjske temperature za izvršena mjerenja 4 stambene jedinice sa električnim zagrijavanjem prostorija u zgradi «Limarija» dati su histogramima na slikama 8 i 9 .



Slika 8 : Faktori CLPUn i CLPUm nakon trajanja prekida napajanja za 4 stambene jedinice sa električnim zagrijavanjem prostorija u zgradi «Limarija»



Slika 9 : Vraćene energije nakon trajanja prekida napajanja za 4 stambene jedinice sa električnim zagrijavanjem prostorija u zgradi «Limarija»

3.3. Analiza dobijenih rezultata

Na osnovu dobijenih rezultata mjerenja stambenog konzuma bez električnog zagrijavanja prostorija zaključujemo sljedeće :

- U posmatranom stambenom konzumu bez električnog zagrijavanja prostorija termostatički kontrolisana opterećenja su uglavnom frižideri i zamrzivači
- Skoro sva mjerenja stambenih opterećenja pokazuju isto ponašanje. Nakon restauracije napajanja zahtjevana snaga će biti veća ili mnogo veća u poređenju sa iznosom prije poremećaja. U nekim slučajevima će ostati na ovom visokom nivou neko vrijeme, a onda će opasti na stacionarni nivo. Ovo je u skladu sa mnogim dobijenim rezultatima koji koriste fizikalno bazirano modeliranje opterećenja.
- U stambenom konzumu bez električnog zagrijavanja prostorija dominantan uticaj na faktore CLPUn i CLPUm i procenat vraćene električne energije ima trajanje prekida u napajanju, dok je uticaj vanjske temperature zanemariv

-
- Faktori CLPUn i CLPUM se povećavaju sa dužinom trajanja prekida u napajanju, dok se procenat vraćene energije smanjuje
 - Na faktore CLPUn i CLPUM i procenat vraćene energije izuzetno utiče vrijeme prekida u dnevnom dijagramu opterećenja. Skoro sva mjerenja su izvedena u popodnevnim satima kada nije korištena rasvijeta prostorija, tako da se sa sigurnošću može konstatovati da se u trenutku ponovnog uspostavljanja napajanja opterećenje uglavnom sastojalo od termostatički kontrolisanih frižidera i zamrzivača. Evidentno je takođe da je u određenim stambenim područjima nakon ponovnog uspostavljanja napajanja sa određenom vremenskom zadržkom dolazilo do povećanja opterećenja usljed uključivanja ručno kontrolisanih električnih uređaja, najčešće za pripremu jela.
 - Iz izvršenih mjerenja se takođe zaključuje da je opterećenje termostatički kontrolisanih frižidera i zamrzivača nakon ponovnog uspostavljanja napajanja veće pri višim temperaturama

Kod nas je stambeni konzum koji koristi električno zagrijavanje skoro zanemariv. Zbog toga su izvršena mjerenja za svega 4 stambene jedinice koji su izvjestan period koristili termostatički kontrolisane električne kotlove sa 3 grijača snage po 6 kW. Izvršena mjerenja pokazuju da su predmetni potrošači koristili samo jedan grijač za centralno zagrijavanje stanova. Zbog malog broja posmatranih potrošača, evidentno je da je faktor jednovremenosti njihovog rada izuzetno visok. Na osnovu izvršenih mjerenja za ovaj stambeni konzum zaključujemo sljedeće :

- U stambenom konzumu sa električnim zagrijavanjem prostorija dominantan uticaj na faktore CLPUn i CLPUM i procenat vraćene električne energije imaju trajanje prekida u napajanju i vanjska temperatura
- Faktor CLPUn se povećava sa povećanjem trajanja prekida u napajanju i povećanjem vanjske temperature, faktor CLPUM se povećava sa povećanjem trajanja prekida u napajanju, a smanjuje sa povećanjem vanjske temperature, dok se procenat vraćene energije smanjuje sa povećanjem trajanja prekida u napajanju i povećanjem vanjske temperature,
- Dijagram na slici 6 pokazuje da se tranzijent tokom CLPU sastoji iz dva dijela. Prvi dio tranzijenta ima sva opterećenja uključena. Drugi dio tranzijenta ima opterećenje pod normalnim termostatičkim ciklusom. Ipak, opterećenje u sistemu još uvijek nije dostiglo ravnotežu, zbog toga što u ovom trenutku svi termostati teže istovremeno da cikliraju .

4.ZAKLJUČAK

Iz naprijed navedenog, zaključujemo da nakon prekida u napajanju električnom energijom stambenog konzuma postoji realna opasnost od preopterećenja i onemogućavanja ponovnog uključivanja kompletnog konzuma zbog prisustva termostatički kontrolisanih opterećenja kao što su rashladni i grijni uređaji, što je posebno izraženo kod dužih prekida u napajanju električnom energijom. Ukoliko stambeni konzum ima električno grijanje, problem će biti još izraženiji u zimskom periodu. Pošto je kod nas trenutno skromna primjena klima uređaja, a u budućnosti se očekuje njihova masovnija primjena, biće potrebno posebnu pažnju posvetiti ponašanju opterećenja nakon ponovnog uspostavljanja napajanja u ljetnom periodu.

Izvršena eksperimentalna istraživanja u našem stambenom konzumu pokazala su da je ponašanje opterećenja nakon ponovnog uspostavljanja napajanja u skladu sa rezultatima dosadašnjih dostupnih istraživanja u drugim zemljama. Najveći uticaj tokom CLPU kod stambenog konzuma sa neelektričnim zagrijavanjem prostorija ima vrijeme trajanja prekida u napajanju, a zatim lokacija i tip stambenih objekata od kojih najčešće zavisi struktura i način potrošnje električne energije, dok kod stambenog konzuma sa električnim zagrijavanjem pored trajanja prekida u napajanju dominantan uticaj ima i vanjska temperatura.

CLPUn faktor, energija i dobijeni modeli opterećenja za domaćinstva su od interesa kod proučavanja CLPU fenomena sa aspekta osiguranja napajanja električnom energijom. Oni zbog toga mogu biti korišteni kod formulisanja restauracije i kod podešavanja šeme rotirajućih opterećenja.

CLPUM faktor je dobar indikator stvarnih zahtjeva za snagom, te može biti korišten kod istraživanja rizika preopterećenja u distributivnom sistemu. Rizik od preopterećenja može biti smanjen sekcionisanjem podstanica i uključivanjem opterećenja u fazama sa pauzama od nekoliko minuta.

LITERATURA :

- [1] Agneholm E., "The Restoration Process following a major Breakdown in a Power System", Technical Report No. 230L, Chalmers University of Technology, Sweden 1996.
- [2] T. Babnik , S. Gašperič , A.F. Gubina , F. Gubina : " Load Estimation in Service Restoration Process " , University of Ljubljana , Faculty of Electrical Engineering , Ljubljana , Slovenija
- [3] E. Agneholm, J.Daalder : " Cold Load Pick-up After an Outage" , Chalmers University of Technology , Goteborg, Sweden, 1999.g.
- [4] Dossat R. J., "Principles of Refrigeration", Prentice-Hall Inc., 1991.
- [5] Nykvist H., "Cold Load Pick-up Measurements and Modelling of Individual Loads", graduation thesis, Dept. of Electrical Power Engineering, Chalmers University of Technology, Sweden, 1997.
- [6] Agneholm E., Daalder J., "Cold Load Pick-up for Individual Load Objects", UPEC'98, proceedings Volume 1, pp. 53-56, September 8-10, 1998,Edinburgh,United Kingdom.
- [7] Ihara S., Schweppe F. C., "Physically Based Modelling of Cold Load Pickup", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No. 9, September 1981, pp. 4142-4150.
- [8] McDonald J. E., Bruning A. M., Mahieu W. R., "Cold Load Pickup", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-98, No. 4, July/Aug 1979, pp. 1384-1386.
- [9] Sakib Jusić : „Analiza opterećenja u dijelovima elektroenergetske distributivne mreže nakon prekida i ponovnog uspostavljanja sistema napajanja električnom energijom“,magistarski rad, februar 2007.g., Elektrotehnički fakultet Sarajevo