

## **UPOREDNA ANALIZA IZVORA NAPAJANJA SA PRIRODNIM I PRINUDNIM HLAĐENJEM**

Miroslav Lazić, Dragan Stajić  
Iritel. A.D. Beograd

### **I UVOD**

Stepen korisnog dejstva prekidačkih napajanja, u zavisnosti od izabrane konfiguracije i korisne snage se nalazi u opsegu od 75 do 95%. Najveći stepen korisnog dejstva se postiže kod neizolovanih DC/DC konvertora sa prekidačkim režimom bez gubitaka (soft switching converters). Međutim, ovakva rešenja se ne mogu primeniti za napajanje telekomunikacionih uređaja. Realno je očekivati stepen korisnog dejstva između 80 i 92%. Praktično, prekidački izvor napajanja snage 1000W, disipira u obliku termičkih gubitaka od 100W do 180W. Iz prakse je poznato, da povećanje temperature elektronskih komponentata za 10 stepeni smanjuje njihov vek trajanja za 50%. Zato je izuzetno važno korektno rešiti odvođenje toplotne energije iz ispravljača.

Do pre nekoliko godina, primena ventilatora za odvođenje toplotne energije nije bila dozvoljena. Osnovni razlog za to je bila mala pouzdanost ventilatora. Sa pojavom ventilatora sa srednjim vremenom otkaza i do 10 godina, počela su se pojavljivati rešenja kod kojih su se za odvođenje toplote koristili ventilatori (prinudno hlađenje).

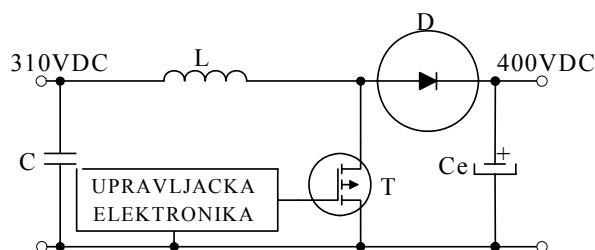
Ovaj rad daje komparativnu analizu ova dva pristupa projektovanja prekidačkih izvora napajanja.

### **II RASPODELA TERMIČKIH GUBITAKA U ISPRAVLJAČU**

Prema važećim propisima za napajanja telekomunikacionih uređaja, svaki moduo ispravljačkog postrojenja u sebi mora imati dva DC/DC konvertora.

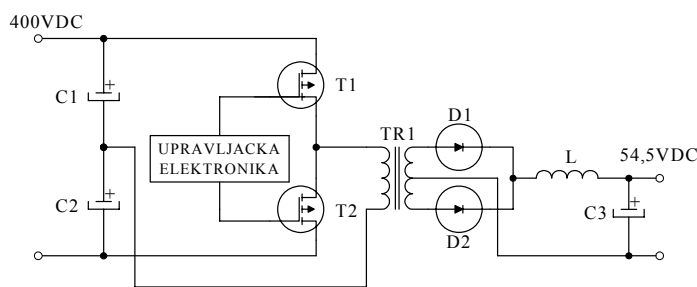
Na ulazu, iza ispravljača, neophodan je sklop korektora faktora snage. Uloga ovog sklopa je da obezbedi da ulazni napon i struja budu istog - sinusnog oblika. Mera ispravnog rada ovog sklopa je faktor snage ( $\cos\phi$ ) koji treba da bude veći od 0.96. Po konstrukciji, korektor faktora snage je neizolovani DC/DC konvertor, podizač napona. Od ulaznog nestabilisanog napona generiše stabilisani izlazni napon vrednosti oko 400Vdc. S obzirom da je konvertor neizolovan, ima samo jednu induktivnu komponentu, prigušnicu, i da na svom izlazu generiše napon relativno velike vrednosti (veličina izlazne struje je mala), stepen korisnog dejstva korektora faktora snage se ostvaruje i nešto iznad 95%. Dakle, oko 5% snage ispravljačkog modula se disipira na elementima korektora faktora snage. Primenom u literaturi, dobro opisanih postupaka [1] može se izračunati raspodela snage po

elementima energetske elektronike: 60% snage se disipira na energetskom prekidaču T, 20% na prigušnici L, 10% na ispravljačkoj diodi D, a ostalih 10% gubitaka nastaje na disipativnim snaber mrežama (slika 1). Naravno, ovi podaci su samo dobra inženjerska procena i mogu varirati, ali ne značajno.



Sl.1 Elementi energetske elektronike korektora faktora snage

Drugi DC/DC konvertor je spuštač napona. Od napona na izlazu korektora faktora snage vrednosti oko 400V, generiše napon reda 54V. Najčešće korišćena konfiguracija je polumostni push-pull (slika 2).



Sl.2 Elementi energetske elektronike DC/DC konvertora

Kod ove konfiguracije postoje dve energetske induktivne komponente (TR1 i L), dva aktivna energetska prekidača (T1 i T2) i dve ispravljačke diode (D1 i D2). Gubici u diodama (u odnosu na diodu kod korektora faktora snage) su veći srazmerno povećanju struje kroz diode. Generalno se gubici mogu grupisati u gubitke u induktivnim elementima i gubitke u energetskim prekidačima. Kod korektno projektovanog

konvertora ukupni gubici se kreću od 10 do 15% ukupne snage. U zavisnosti od postupka projektovanja, može se donekle promeniti raspodela gubitaka u induktivnim i prekidačkim komponentama. Dobra inženjerska procena je da se 70% od ukupnih gubitaka disipira na prekidačkim elementima, a ostalo na induktivnim komponentama i snaber mrežama.

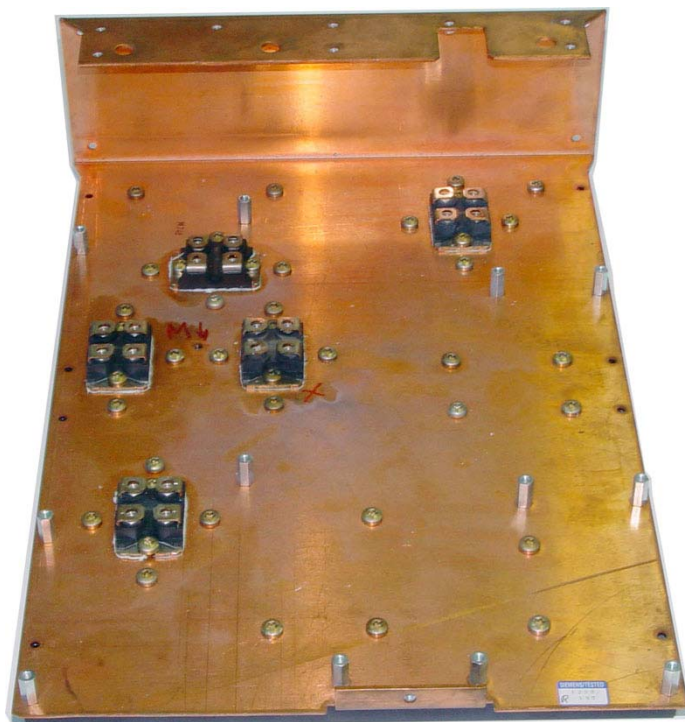
Prethodna analiza svakako ne pretenduje da bude matematički precizna. Njen cilj je da da dovoljno dobru procenu ukupne raspodele gubitaka na energetskim prekidačima i u induktivnim komponentama. Dakle, uz prethodne pretpostavke, kod ispravljačkog modula snage 1500W, snaga koju dispiraju elementi korektora faktora snage je reda 75W, a snaga koju disipira DC/DC konvertor se kreće od 75 do 150W. Pri tome je ukupna snaga koju dispiraju prekidački elementi od 105 do 157.5W. Snaga koju dispiraju induktivne komponente je reda 34 do 52 W.

### **III RASPORED ELEMENATA ISPRAVLJAČKOG MODULA SA PRIRODNIM ODVOĐENJEM TERMIČKIH GUBITAKA**

S obzirom da su telekomunikacioni uređaji od trenutka kad su pušteni u rad neprekidno aktivni u celom svom radnom veku, neophodno je posvetiti posebnu pažnju odvođenju termičkih gubitaka. Na slici 3 je data slika jednog rešenja ispravljačkog modula. Kod ovog rešenja su svi energetski prekidači montirani na jednom jedinstvenom hladnjaku (slika 4).



Slika 3. Izgled ispravljačkog modula sa prirodnim hlađenjem



Slika 4. Odvođenje toplotnih gubitaka energetskih prekidača

Svi energetski prekidači su montirani na jednom hladnjaku koji je u isto vreme i bočna stranica ispravljačkog modula. Ukoliko se dozvoli temperatura pregrevanja od 30 stepeni, lako je izračunati da temperaturni koeficijent odvođenja toplote hladnjaka treba da bude reda 0.12 K/W. Praktično to su hladnjaci čiji su gabariti reda veličine 300mm x 400 mm sa visinom rebara reda 50 do 80 mm [2].

Prednost ovakvog pristupa je što se veći deo toplotne energije koju dispiraju energetski prekidači disipira izvan prostora ispravljača. Na taj način je smanjen uticaj energetskih prekidača na ostale elemente.

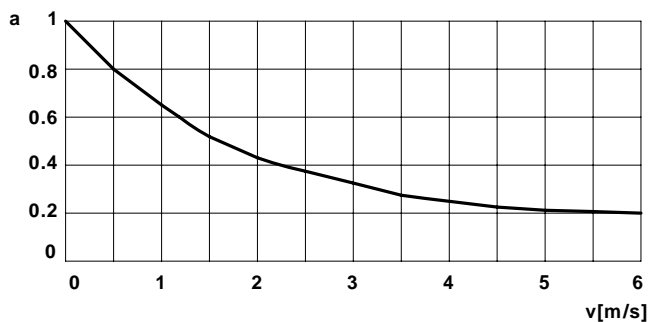
### **IV RASPORED ELEMENATA ISPRAVLJAČKOG MODULA SA PRINUDNIM ODVOĐENJEM TERMIČKIH GUBITAKA**

Na slici 5 je dat uticaj vazdušnog strujanja na termičku otpornost hladnjaka.

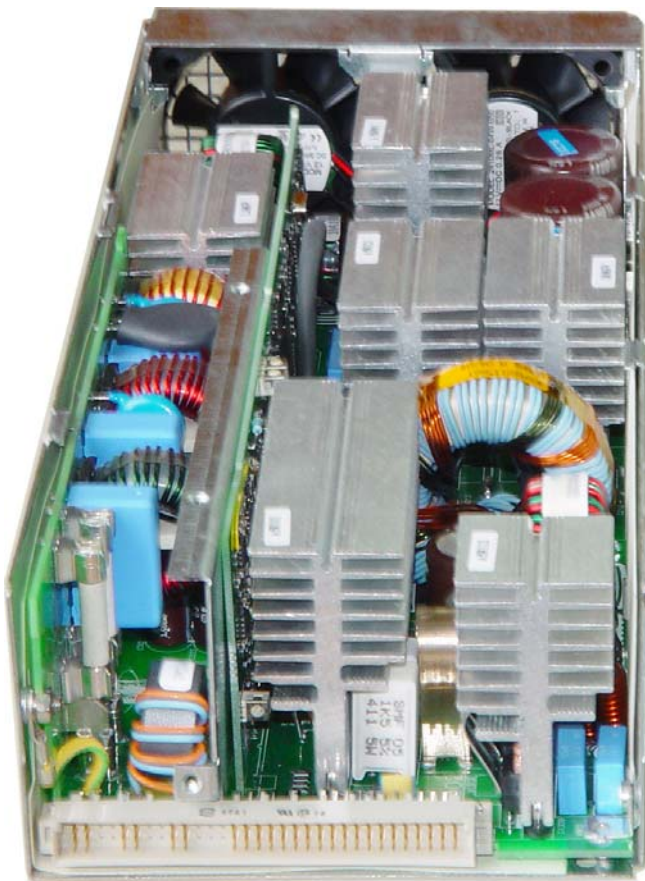
Termička otpornost hladnjaka se množi sa koeficijentom  $a$  čija vrednost zavisi od brzine vazdušnog strujanja. Sa slike je očigledno da se pri brzini od 6m/s termička otpornost smanjuje pet puta.

Ova osobina je iskorišćena da se bitno smanje dimenzije hladnjaka ispravljačkih postrojenja. Razvijene su nove generacije hladnjaka prilagođene za prinudno hlađenje. Promenjena je konstrukcija ispravljačkog modula. Energetske komponente se raspoređuju tako da formiraju neku vrstu tunela

kroz koji cirkuliše vazduh. Na taj način se istovremeno može hladiti više energetskih komponenata.



Slika 5. Uticaj strujanja vazduha na termičku otpornost



Slika 6. Izgled ispravljačkog postrojenja sa prinudnim hlađenjem.

Ispravljački moduo sa slike 6 je po snazi identičan kao i ispravljački moduo sa slike 3. Očigledna je razlika u veličini i prekidačkih i induktivnih komponenata. Kod prikazanog rešenja formirana su dva tunela. Ventilatori ubacuju vazduh iz spoljašnje sredine i sa njime pored prekidačkih elemenata hlade i induktivne komponente. Kod ovog rešenja za jezgra

induktivnih elemenata izabrani su torusni materijali prilagođeni za motanje namotaja samo u jednom sloju. S obzirom da vazduh hladi i namotaje, pri proračunu debljine žice sa kojom se motaju induktivne komponente može se tretirati kao provodnik u slobodnom prostoru.

Da bi se sprečilo uništavanje ispravljača, u slučaju otkaza ventilatora, meri se temperatura u tunelu i kada dostigne kritičnu vrednost isključuje se ispravljački moduo.

## V UPOREDNA ANALIZA

S obzirom da se sa fotografija ne može steći stvarna slika odnosa dimenzija ispravljačkih postrojenja data je tabela 1.

	<b>Dimenzije (m)</b>	<b>Gustina snage (w/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>Ispravljač sa prirodnim hlađenjem</b>	<b>0.31X0.24X0.11</b>	<b>0,17</b>
<b>Ispravljač sa prinudnim hlađenjem</b>	<b>0.325X0.128X0.069</b>	<b>0,53</b>

Tabela 1

Ispravljač sa prinudnim hlađenjem ima blizu tri puta veću gustinu snage. Ili, drugim rečima, iz tri puta manje zapremine se dobija ista snaga. Ovo je svakako velika prednost rešenja sa prinudnim hlađenjem.

Druga, ali ne manje značajna prednost je cena komponenata. Sve energetske komponente su jeftinije kod prinudnog hlađenja. To proizilazi iz činjenice što rade u znatno povoljnijim uslovima. Naravno, i tehnologija proizvodnje je znatno jednostavnija. Praktično, i cena ispravljačkog modula je na tržištu oko tri puta manja.

Medjutim, uslovi rada u telekomunikacionim objektima u našoj zemlji su često veoma loši. Pored klimatskih koji su, ne retko, izvan deklariranih vrednosti, kod nas postoje i neki specifični za koje i ne postoje propisi koje treba da zadovolje ispravljačka postrojenja. Iskustva iz prakse, pokazuju da u našim uslovima prinudno hlađenje ima ozbiljne nedostatke. To se pre svega odnosi na cirkulaciju vazduha. Kod prvih naših rešenja, ostavljan je slobodan prostor prema tunelima. Praktično, otvor kroz koji je ventilator uvlačio vazduh bio je otvoren. No to nije bilo dobro jer su se ventilacioni kanali brzo napunili raznim insektima ili sitnim glodarima koji su bili privučeni toplotom. Rezultat je bila smanjena sposobnost odvođenja toplote i na kraju otkaz ispravljačkog postrojenja. Naravno, postoje filtri namenski razvijeni za zaštitu ventilacionih otvora. Nažalost i kada su primenjeni nije rešen problem, jer su se otvori na filteru vremenom, pod uticajem prašine iz vazduha, zatvorili, što je dovelo do isključivanja ispravljačkog modula.

Rešenje ovog problema je u periodičnom čišćenju filtera. Pitanje je koliko je to primenljivo u našim uslovima. Recimo na teritoriji jedne organizacije jedinice koja poseduje 144 telekomunikaciona objekta održavanjem napajanja se bavi tim od 4 zaposlena radnika.

## **XII Telekomunikacioni forumTELFOR 2004, Beograd, Sava Centar, 23.-25.11. 04.g**

Krajnji sud će ipak dati praksa. Danas je broj ispravljačkih postrojenja sa prinudnim hlađenjem još nedovoljan da bi se mogla napraviti korektna analiza.

### **VI ZAKLJUČAK**

U radu je analiziran problem koji je danas često prisutan i kod projektanata ispravljačkih postrojenja i kod korisnika. Analizirana je raspodela termičkih gubitaka u ispravljačkom modulu, a zatim je na praktičnim rešenjima prikazan princip rada ispravljačkih postrojenja sa prirodnim i prinudnim hlađenjem. Ispravljači sa prinudnim hlađenjem imaju i do tri puta veću gustinu snage, a i po ceni su jeftiniji. Na prvi pogled izgleda su rešenja ispravljača sa prinudnim hlađenjem u velikoj prednosti. Međutim, dosadašnja iskustva su pokazala da postoje i ozbiljni problemi. Pre svega, ispravljači sa prinudnim hlađenjem traže redovno održavanje. Koliko je to ostvarivo u našim uslovima, pokazaće vreme.

### ***Abstract***

In this paper was analyzed problem that is today very often met from point of view of designers and clients. Distribution of thermal losses was analyzed in the rectifier module, after that, on practical solutions, were showed principle of power systems working, with natural and with

seems to be that rectifiers with forced cooling have great advances. But, experiences until these days, shows that serious forced cooling. Rectifiers with forced cooling have almost three times more power density and lower cost. At the first sight, problems exist. At first, forced cooling rectifiers need permanent maintenance. Big question is how much that fact can be tolerable at our conditions.

### **VII LITERATURA**

1. ***APPLICATION NOTE AN 827/1297***, SGS – THOMPSON
2. FISHER ELEKTRONIK, KATALOG 2003G.
3. MIROSLAV LAZIĆ: Novi postupci za projektovanje prekidačkih izvora napajanja, Magistarski rad, Beograd 1992g.
4. SEVERNS P. RUDOLF BLOOM E. GORDON: ***Modern DC-To-DC Switchmode Power Converter Circuits***, Van Nostrand Reinhold/Computer Science and Engineering Series New York 1985.