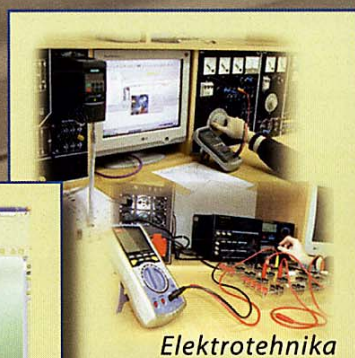


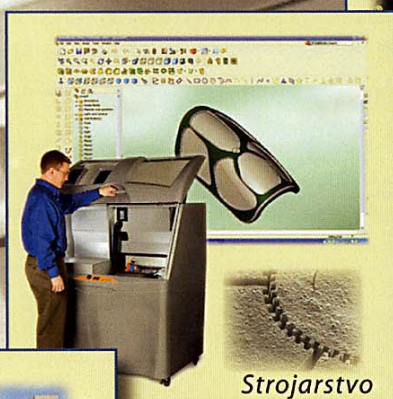
Tehnički Glasnik

Časopis Veleučilišta u Varaždinu

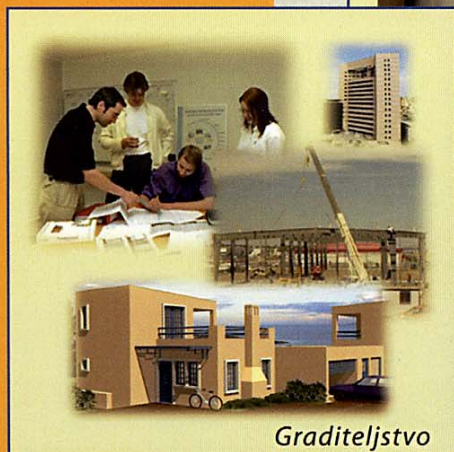
1-2/2007



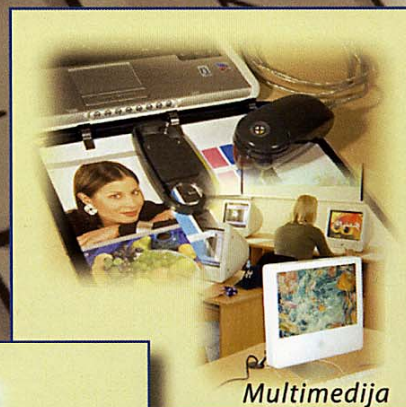
Elektrotehnika



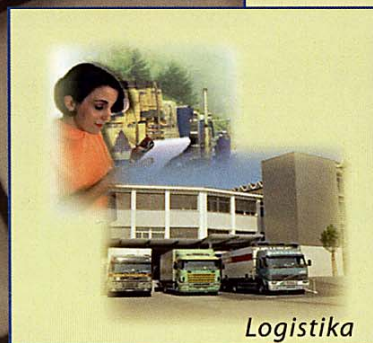
Strojarstvo



Graditeljstvo



Multimedija



Logistika

ISSN 1846-6168
Godina 1, Broj 1-2, Str. 1-72
Varaždin, listopad 2007.



TehničkiGlasnik

Časopis Veleučilišta u Varaždinu

1-2/2007

Časopis s područja elektrotehnike, strojarstva,
multimedije, informatike, logistike i građevinarstva

Godište (Volume) 1.
Broj (Number) 1-2
Varaždin, listopad 2007.
ISSN 1846-6168

Osnivač i izdavač (Founder and Publisher):

Veleučilište u Varaždinu

Uredništvo (Editorial Office):

J.Križanića bb, HR-42000 Varaždin, Hrvatska;
Tel.++385/ 42/ 493 328, Fax.++385/ 42/ 493 333
e-mail: casopis@vels.hr; URL <http://www.vels.hr>

Glavni urednik (Editor-in-Chief):

Živko Kondić

Tajništvo (Secretary Office)

Andreja Petrović

Urednici rubrika (Contributing Editors):

Elektrotehnika - Mario Punčec,
Strojarstvo - Živko Kondić,
Multimedija – Damir Vusić,
Logistika – Mladen Kos
Građevina- Božo Soldo
Vijesti s Veleučilišta - Jelena Spajić.

Urednički odbor (Editorial Board):

Veleučilište u Varaždinu:

Mladen Kos, Mario Punčec, Šumiga Ivan, Kondić Živko, Vusić Damir, Tropša Vlado)

VERN Zagreb: Vrhovski Mijo

Sveučilište u Zadru: Belak Stipe

Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb :

Mudronja Vedran, Indof Janez, Husnjak Mirko, Biserka Runje

Fakultet elektrotehnike i računarstva: Bogdan Stjepan, Kovačić Zdenko

UM FERI Maribor: Boris Tovornik, Nenad Muškinja

Grafički fakultet Zagreb: Mrvac Nikola, Zjakić Igor

Fakultet strojarstva u Slavonskom Brodu: Kljajin Milan, Mateiček Franjo

Geotehnički fakultet u Varaždinu: Božičević Mladen, Soldo Božo

Institut Ruđer Bošković: Car Tihomir

Visoka tehnička škola Novi Sad: Zoran Lovreković, Abramović Borislav

Mašinski fakultet Sarajevo: Marin Petrović

JP Elektroprivreda HZHB d.d. Mostar: Bakula Slobodan

Grafički zavod Hrvatske: Milković Marin

Lektori: (Linguistic Advisers):

Marušić Vasilčić Ružica (za hrvatski jezik)
Snježana Pavlek Husnjak (za engleski jezik)

Tehnički urednici (Technical Editors):

Dean Valdec, Damir Vusić

Tisak (Print):

Grafički zavod Hrvatske, Zagreb

Časopis je besplatan i izlazi u dva broja godišnje • Naklada:300 primjeraka •
Časopis „Tehnički glasnik Veleučilišta u Varaždinu“ upisan je u Upisnik HGK o izdavanju i
distribuciji tiska 18. listopada 2007. godine pod rednim brojem 825.
Rukopise, narudžbe oglasa, objave i drugo slati na adresu uredništva. Rukopisi se ne vraćaju.
Upute autorima nalazi se na internetu.

Uređenje zaključeno (Preparation ended):

SADRŽAJ

UVODNA RIJEČ GLAVNOG UREDNIKA

RIJEČ DEKANA

ELEKTROTEHNIKA

1. *Šumiga I., Grđan M., Huđek J.*
Termoelektrični moduli – fizikalne osnove i smjernice za uporabu 5
2. *Havaš L., Huđek J., Šumiga I.*
Određivanje snaga u jednofrekventnom sustavu pomoću ekstrema funkcije primjenom programa „Graphmatica“ 11
3. *Šalovarda M., Malarić K., Malarić R.*
Temperature distribution inside GTEM-cell for biomedical experiments 16

STROJARSTVO

4. *Maroević F.*
Problematika zavarivanja sivog lijeva 20
5. *Mađerić D., Kondić Ž., Botak Z.*
CO₂ kao rashladna tvar u suvremenim rashladnim sustavima 24
6. *Horvatić M.*
Kontinuirana regulacija tlaka vode u cjevovodu korištenjem centrifugalne crpke napajane iz frekvencijskog pretvarača s ugrađenim PID regulatorom 31
7. *Busija Z.*
DSSP: Novi pristup razvoju proizvoda 34

MULTIMEDIJA

8. *Hunjet A.*
Doživljaj boje na akromatskim podlogama 38
9. *Vusić D., Valdec D.*
Vrhunske tehnologije digitalnog tiska CANON image PRESS C1 44
10. *Kičinbaći J., Irena Bertić I., Mrvac N.*
Trendovi razvoja fleksografskog tiska 47
11. *Vusić D.*
Poslovna izvrsnost 51
12. *Divković M.*
(D)evolucija marketinga 55

INFORMATIKA

13. *Kukec M.*
Uvod u izgradnju računalne mreže za pristup Internetu za male i srednje urede na sustavu otvorenog koda 59

VIJESTI S VELEUČILIŠTA

Diplomanti	63
UPUTE AUTORIMA	69

RIJEČ UREDNIKA

Poštovane čitateljice i čitatelji,

Bilo mi je izuzetno zadovoljstvo uhvatiti se u koštac s poslovima glavnog i odgovornog urednika vašeg i našeg časopisa. Želja mi je bila da ovaj prvi broj ugleda svjetlo dana i pored niza problema i poteškoća koje su ga pratile o ideje pa do tiska. Izgleda da je to sudbina svih publikacija sličnog tipa. Nakon uspješnog lansiranja ovog prvog broja nastupiti će vrijeme sigurne plovidbe bar dva puta godišnje. Nadam se da će naši mladi stručnjaci na Veleučilištu vrlo brzo uvidjeti značaj ovog časopisa i da će svojim punim angažmanom doprinijeti još boljoj kvaliteti, sadržaju i opremljenosti.

Očekujem da će vam čitanje časopisa biti ugodno i da ćete dobiti niz novih informacija iz naših djelatnosti i različitih nam interesnih stručnih područja. Pored proizvodnog strojarstva i elektrotehnike moći će se naći materijali iz područja graditeljstva, logistike i vrlo popularne multimedije. U tom smislu časopis je podijeljen na nekoliko tematskih područja prema kojima smo razvrstali vaše radove. U ovaj dvobroj uvrstili smo sve radove koji su imali bar dvije pozitivne recenzije od priznatih stručnjaka iz konkretnog tematskog područja. To će nam i u buduće jamčiti dobru informiranost, kvalitetu i stručnost.

Ovaj prvi broj pokušaj je Uredništva da „oslušne“ i prepozna vaše potrebe. Jesmo li imali dovoljno sluha, reći ćete vi. Vaše primjedbe i prijedlozi bit će nam poticaj. Pišite, izrazite svoja iskustva i rezultate istraživanja, pokažite kako vi gledate na probleme i kako ih rješavate.....! Ali, prije svega - budite kritični! Jedino tako časopis može postati uistinu vašim. „Tehnički glasnik“ bit će otvoren za sve ideje i probleme našeg veleučilišta i šire. Zato želimo čuti vaš glas – „glas čitatelja“. Krenimo zajedno!

RIJEČ DEKANA

Glasnik bogova, Merkur, zaštitnik trgovaca, inovatora, hodočasnika i putnika, krilatim štapom kaducejem (lat. Caduceus) u ruci budi ljude iz sna. Tako bi i ovaj naš časopis što ga pokrećemo, poput dodira kaducejem, imao probuditi naše predavače, suradnike i studente. U tome očito kasnimo i morali smo se hitno probuditi. Utemeljitelji časopisa „Tehnički glasnik“, postavili su si zadaću poticati i pomoći studentima, gospodarstvu i nastavnicima u svrhovitu, bržem i sustavnom rješavanju teškoća, problema, projekata i svih stručnih i znanstvenih izazova.

Cilj nam je prilagoditi se potrebama i odgovoriti zahtjevima gospodarstva i šire društvene zajednice, objavljivati stručne i znanstvene napise i vijesti, te prenositi strana iskustva i rješenja o kojim pišu svjetski časopisi. Pritom će od velike koristi biti suradnja s drugim visoko školskim institucijama i gospodarskim subjektima.

Pored zahvale svim autorima i urednicima, osjećam obvezu posebno se zahvaliti dosadašnjem dekanu g. Blagi Spajiću koji je pokrenuo ovaj časopis i poticao svoje suradnike na njegovom osmišljavanju i konačnom oblikovanju.

v.d. DEKAN
prof.dr. Mladen Kos

TERMOELEKTRIČNI MODULI – FIZIKALNE OSNOVE I SMJERNICE ZA UPORABU

Šumiga I.¹, Grđan M.¹, Huđek J.¹

¹ Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: U članku su opisane fizikalne osnove termoelektričnih modula i materijala za njihovu izradu. Izneseni su problemi pasivnog hlađenja samog modula i primjene poluvodičkih toplinskih crpka s izloženim prednostima upotrebe. Navedene su preporuke za montažu i načini korištenja u svrhu postizanja što veće pouzdanosti i «životnog vijeka» modula.

Ključne riječi: Peltierov članak, termoelektrični modul, toplinska pumpa, pouzdanost

Abstract: This paper describes physical bases of thermoelectrical modules and materials for their production. The problems of module passive cooling and semiconductor thermal pump application with enclosed usage advantages are presented. In order to achieve the higher liability and longer module “lifetime”, mounting and users methods recommendations are listed in this article.

Key words: Peltier article, thermoelectric module, thermal pump, liability

1. UVOD

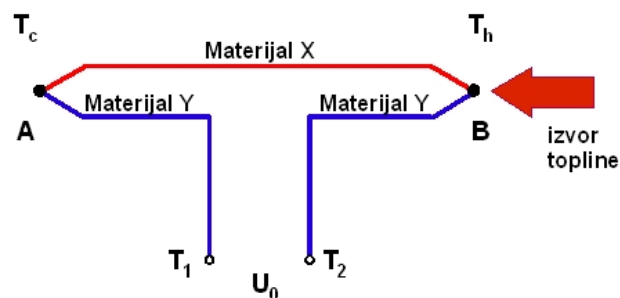
Termoelektrični moduli imaju široku primjenu u funkcijama grijanja i hlađenja, a mogu poslužiti i za generiranje električne energije. U ovom članku su prikazane fizikalne osnove poluvodičkih termoelektričnih modula s naglaskom na pouzdanost, konstrukciju i područja primjene. Najčešće se koriste kao hladnjaci manjih snaga gdje dolaze do izražaja njihove prednosti: nemaju pokretnih dijelova, manji su, lakši i pouzdaniji od kompresorskih.

2. FIZIKALNE OSNOVE TERMOELEKTRIČNIH MODULA

Jedan od načina dobivanja energije koristi se termoelektričnim efektima. Ako metalnu žicu grijemo na jednom kraju, duž žice se stvara temperaturna razlika. Posljedica je narušavanje termodinamičke ravnoteže jer elektroni na toplijem dijelu žice imaju veću energiju od onih na hladnijem, pa dolazi do difuzije elektrona iz toplijeg na hladniji kraj žice tako da nastaje električno polje s pozitivnim polom na toplijem, a negativnim na hladnijem dijelu žice. To električno polje dovodi do ponovne uspostave stanja termodinamičke ravnoteže.

Ako se u strujnom krugu sastavljenom od dva različita metala prema slici 1 zagrijava njihov spoj u točki B,

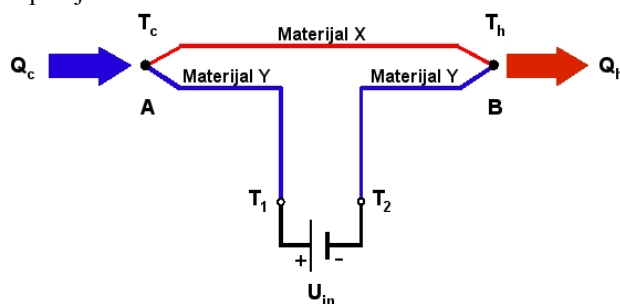
između točaka T_1 i T_2 pojavit će se napon U_0 , poznat kao Seebeckova elektromotorna sila.



Slika 1: Seebeckov efekt

Ako se između točaka T_1 i T_2 spoji otpor, kroz njega će poteći električna struja. Spoj djeluje kao termoelektrični generator napona.

Ako se u istom spoju između točaka T_1 i T_2 spoji napon U_{in} , unutar zatvorene petlje će poteći struja. U točki A na spojištu dvaju metala, kao rezultat toka struje, javlja se efekt hlađenja, a u točki B efekt zagrijavanja (slika 2). Promjenom polariteta napona mijenja se i tok struje. Posljedica je hlađenje u točki B i zagrijavanje u točki A. Ovu pojavu prvi je opisao francuski fizičar Jean Peltier pa se po njemu zove Peltierov efekt.



Slika 2: Peltierov efekt

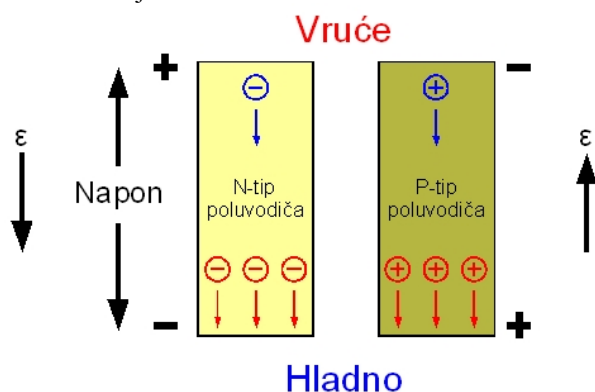
Sredinom 19.st. William Thomson, poznatiji kao Lord Kelvin, iznio je sveobuhvatno objašnjenje Seebeckova i Peltierova efekta i opisao njihovu povezanost.

Na temelju iznesenog može se realizirati termoelektrični generator električne energije ili sklop za grijanje, odnosno hlađenje. Materijali koji pokazuju navedena svojstva nazivaju se termoelektrici[7]. Za praktičnu upotrebu, da bi se pojačalo djelovanje, potrebno je umnožiti osnovni sklop spajanjem više termoelektrika. Paralelni spoj nije dobar jer ne umnožava napon, a zahtijeva veliku struju koja protjecanjem kroz termoelektrik generira Jouleovu toplinu proporcionalnu kvadratu struje, znatno smanjujući efekt hlađenja. Serijski spoj ima veći otpor, a to znači manju

struju i manju Jouleovu toplinu. Metalne žice koje povezuju topli i hladni kraj termoelektrika, i ovdje umanjuju učinak hlađenja, jer same dobro vode toplinu.

Bitan napredak u realizaciji termoelektričnih sklopova donosi upotreba poluvodiča umjesto metala.

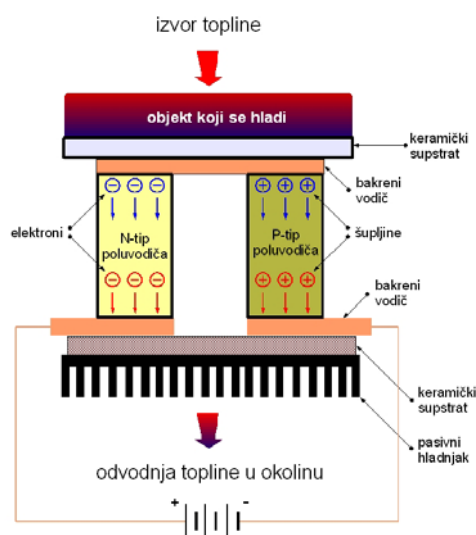
Termoelektrične pojave primijenjene na poluvodič[1] mogu se prikazati prema slici 3. Ako se poluvodič zagrije na jednom kraju, važno je uočiti da poluvodič n-tipa na toplijem kraju ima manje negativnih slobodnih nosilaca elektriciteta, elektrona, nego na hladnijem, kao i metal, dok poluvodič p-tipa ima na toplijem dijelu manje pozitivnih nosilaca elektriciteta, šupljina nego na hladnijem. Zbog toga n-tip poluvodiča na hladnoj strani generira negativni potencijal, a p-tip pozitivni. Korištenjem elektrona i šupljina u vođenju struje kroz poluvodič može se realizirati serijski spoj koji ne umanjuje učinak hlađenja.



Slika 3: Peltierov efekt na poluvodičima

Osnovni modul za grijanje, odnosno hlađenje pomoću poluvodiča, prikazan je na slici 4.

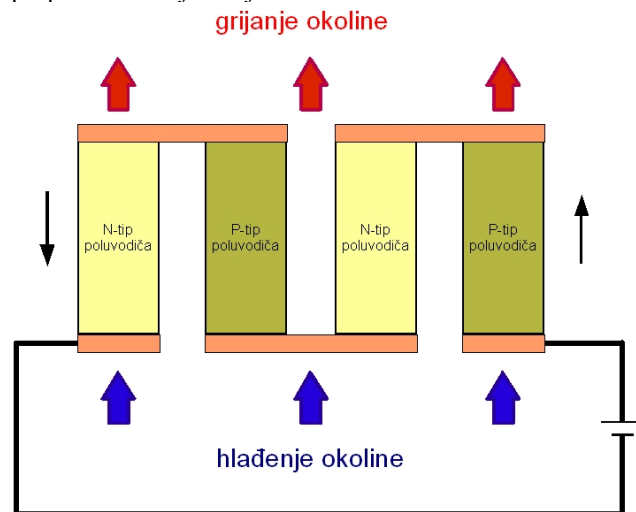
Elektroni se mogu slobodno gibati u bakrenom vodiču. Pri prijelazu iz metala na topliju stranu p-tipa poluvodiča rekombiniraju se sa šupljinama. Kako su elektroni u metalu na višoj energetskej razini od šupljina, da bi popunili prazna mjesta na nižoj energetskej razini u kristalnoj strukturi poluvodiča, gube energiju u obliku topline. Unutar p-tipa poluvodiča struju čine šupljine koje se kreću od hladnijeg prema toplijem kraju. Pri prijelazu iz p-tipa poluvodiča u bakreni vodič na hladnoj strani elektroni trebaju skočiti na višu energetskej razinu.



Slika 4: Modul za grijanje/hlađenje

To je moguće samo tako da apsorbiraju potrebnu količinu energije. Nakon toga se slobodno kreću kroz bakreni vodič na hladnoj strani. Zatim dolaze na spoj metala i poluvodiča na hladnoj strani. Budući da je dno vodljivog pojasa poluvodiča na višoj energetskej razini od Fermijeve energetske razine vodiča, elektroni trebaju apsorbirati energiju dovoljnu da prijeđu u vodljivi pojas poluvodiča n-tipa. Zbog toga je taj dio poluvodiča hladniji. Kroz poluvodič n-tipa elektroni se kreću u vodljivom energetskej pojasu. Na kraju dolaze do drugog spoja metala i poluvodiča. Slobodni elektroni u vodljivom pojasu poluvodiča su na višem energetskej nivou od Fermijeve razine metala, pa pri prijelazu u metal gube energiju. Zato se taj dio zagrijava. Da bi dobili bolje hlađenje, na topliju stranu opisanog modula se stavi pasivni hladnjak u svrhu odvođenja topline. Ako se modul koristi za grijanje, potrebno je samo promijeniti smjer struje u krugu promjenom polarizacije napona napajanja. Treba istaknuti da spoj metala i poluvodiča ni na jednom mjestu nije ispravljački.

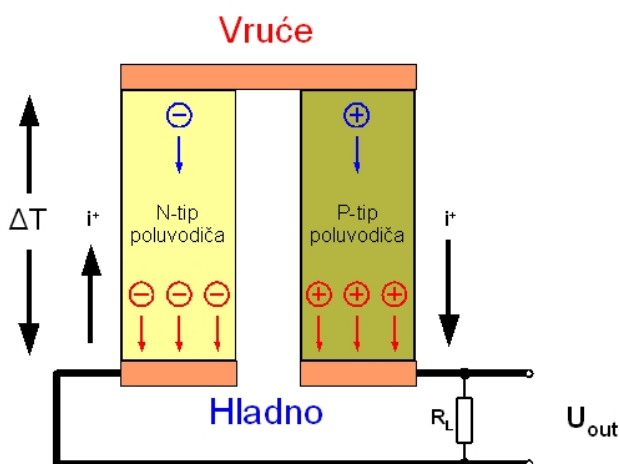
Ako se želi dobiti veće grijanje ili hlađenje, potrebno je više takvih modula spojiti u seriju. Na taj način se dobije Peltierova toplinska crpka – uređaj sastavljen od velikog broja naizmjenično poredanih osnovnih elemenata između dva sloja keramike (slika 5). Toplina se uvijek apsorbira na hladnoj strani p-tipa i n-tipa poluvodiča. Kapacitet grijanja ili hlađenja ovakve toplinske crpke ovisi o geometrijskim dimenzijama, broju parova elemenata p-tipa i n-tipa poluvodiča, svojstvima korištenih materijala, a proporcionalan je struji.



Slika 5: Sastavljanje elemenata

Osnovni modul za termoelektrični generator prikazan je na slici 6.

Ako se uz pomoć metala spoje zajedno topliji krajevi p i n-tipa poluvodiča, a između hladnijih krajeva se spoji električni otpor, napon uzrokovan Seebeckovim efektom će potjerati struju kroz strujni krug. Takav spoj generira snagu na električnom potrošaču. Serijskom vezom više modula mogu se dobiti viši naponi.



Slika 6: Termoelektrični generator (prema [4])

3. MATERIJALI

Za dobivanje što kvalitetnijih opisanih modula potrebno je ispuniti određene zahtjeve u odabiru termoelektričnih materijala. Osnovno je da možemo dobiti dva tipa vodljivosti: elektronsku i šupljinsku. Taj zahtjev ispunjavaju poluvodiči. Važna je i što efikasnija pretvorba električne energije u toplinsku ili obratno, ovisno o vrsti modula. Materijali koji se danas koriste, pružaju otpor prolasku struje, što se manifestira u zagrijavanju materijala (Jouleova toplina). To je najveća smetnja kod modula za hlađenje jer se direktno umanjuje učinak toplinske crpke, a potrebno je da specifična električna vodljivost materijala bude što veća. Kako kristali poluvodiča na jednom kraju trebaju biti topli, a na drugom hladni, toplinska vodljivost im treba biti što manja kako bi se održavao gradijent temperature. Parametar kojim se vrednuje kvaliteta termoelektrika, zove se faktor izvrsnosti (thermoelectric figure of merit), označava se sa ZT i definira izrazom:

$$ZT = \frac{\alpha^2 \sigma}{\kappa} T$$

gdje je:

ZT – faktor izvrsnosti

α – Seebeckov koeficijent

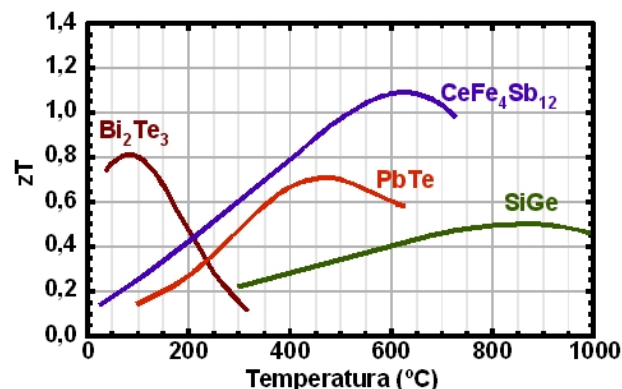
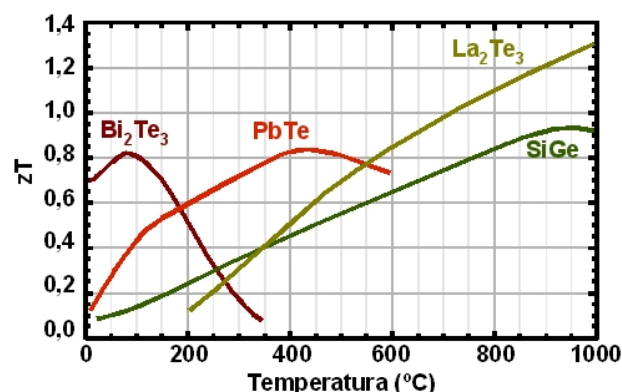
σ – specifična vodljivost materijala

κ – koeficijent toplinske vodljivosti

T – temperatura

Dobri termoelektrični materijali trebaju imati što veći faktor izvrsnosti, a to znači što veću specifičnu električnu vodljivost i što manju toplinsku vodljivost. Problem je u tome što materijali koji imaju dobru električnu vodljivost, imaju i dobru toplinsku vodljivost. Zato se za termoelektrične materijale istražuju one poluvodičke strukture koje pokazuju visoku vodljivost slobodnih nosilaca elektriciteta, a istodobno otežavaju gibanje kvanta toplinske energije, fonona. Do danas su se najboljim pokazali spojevi iz obitelji telurita. U termoelektričnim hladnjacima najviše se koristi legura bizmuta i telurida koja je prikladno dopirana primjesama tako da se dobije visokoa vodljivost p-tip i n-tip poluvodiča bizmut-telurida

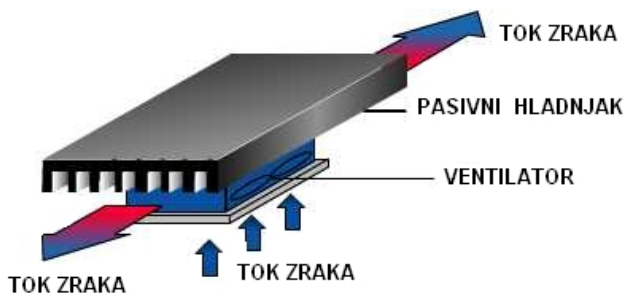
(Bi_2Te_3). Treba istaknuti da ne postoji jedan materijal koji je pogodan za primjenu u svim temperaturnim područjima koja su od interesa. Zato se koriste i drugi materijali, ovisno o primjeni, kao što su: olovo-telurid (PbTe), silicij-germanij (SiGe), bizmut-antimon legure (Bi-Sb). Bizmut-telurid je najpogodniji u temperaturnom području u kojem ima najviše primjena hlađenja i grijanja (slika 7a i slika 7b).

Slika 7a: Faktor izvrsnosti (zT) za poluvodičke materijale p-tipa (prema [10])Slika 7b: Faktor izvrsnosti (zT) za poluvodičke materijale n-tipa (prema [10])

Novu kvalitetu u područje termoelektrične industrije unosi razvoj nanokristalnih struktura poluvodiča. Osnovni element takvih struktura je zasebna cjelina poluvodiča promjera reda veličine 2 do 10 nm i zove se kvantna točka. Termoelektrični modul izgrađen od kvantnih točaka izgleda isto kao i klasični, s razlikom da p-tip i n-tip poluvodiča nisu homogene čvrste ploče, već mreža ogromnog broja kvantnih točaka međusobno povezanih molekularnim vezama. Budući da u ovakvim strukturama dolaze do izražaja zakoni kvantne mehanike, električna i toplinska svojstva im se razlikuju od onih u klasičnim volumnim poluvodičima. Važno je da se mrežom kvantnih točaka može smanjiti toplinska vodljivost i time povećati faktor izvrsnosti te tako više nego dvostruko uvećati granica djelotvornosti termoelektričnih modula.

4. PASIVNI HLADNJACI ZA ODVOĐENJE TOPLINE

Primjenom istosmjernog napajanja na termoelektrični modul, strana koja apsorbira toplinu, hladnija je i na nju se montira objekt hlađenja. Istodobno druga strana disipira toplinu pa je važan sastavni dio takvog sustava, pasivni hladnjak koji se montira na keramičku podlogu (slika 8). Njegova uloga je disipiranje topline crpke i Jouleove topline, generirane zbog električnog otpora modula.



Slika 8: Primjena pasivnog hladnjaka (prema [2])

Idealni hladnjak za odvođenje disipirane topline modula trebao bi biti sposoban apsorbirati neograničenu količinu topline, a da se njegova temperatura ne poveća. Kako to nije moguće u stvarnosti, kod projektiranja treba odabrati hladnjak koji će imati što manji porast temperature tijekom rada uređaja. Za većinu primjena prihvatljiv je porast temperature pasivnog hladnjaka 5 do 10°C iznad temperature okoline.

Djelovanje pasivnog hladnjaka definira se pojmom toplinskog otpora između termoelektričnog modula i hladnjaka (Q_s):

$$Q_s = \frac{T_s - T_a}{Q}$$

gdje je:

Q_s – toplinski otpor u °C/W

T_s – temperatura hladnjaka u °C

T_a – temperatura okoline ili rashladnog sredstva u °C

Q – ulazna toplota u pasivni hladnjak u W

Pri spoju hladnjaka na podlogu najbitnije je da je toplinski otpor što manji. Potrebno je koristiti termičke paste na obje površine (toploj i hladnoj) i paziti da hrapavost dodirne površine hladnjaka bude dovoljno mala kako bi prijanjanje, a time i prijenos topline bio što bolji.

Prema načinu odvođenja topline koriste se pasivni hladnjaci s prirodnom ili prisilnom konvekcijom te hlađeni tekućinom.

Hladnjaci s prirodnom konvekcijom koriste se za toplinske crpke manjih snaga. Toplinski otpor Q_s im je veći od 0.5°C/W, a često prelazi i 10°C/W. Kod montiranja treba paziti na smjer strujanja zraka i eventualne fizičke prepreke koje ometaju protok zraka. Vertikalni položaj poboljšava prirodnu konvekciju, a komponente koje generiraju toplinu u blizini hladnjaka umanjuju efekte hlađenja.

Hladnjaci s prisilnom konvekcijom su značajno učinkovitiji od prethodno opisanih. Uobičajena izvedba se

sastoji od hladnjaka u kombinaciji s ventilatorom koji tjera zrak za hlađenje.

Toplinski otpor prisilnog konekcioniranog sustava tipično je u području od 0.02 do 0.5°C/W.

Hlađeni tekućinom pasivni hladnjaci omogućuju veću toplinsku učinkovitost po jedinici volumena. Ako su optimalno projektirani, mogu imati vrlo mali toplinski otpor, tipično u području od 0.01 do 0.1°C/W.

Jednostavniji sustavi hlađeni tekućinom mogu biti izvedeni lemljenjem bakrenih cijevi na ravnu bakrenu površinu ili bušenjem rupa u metalnom bloku kroz koje može teći voda. U bakrenom ili

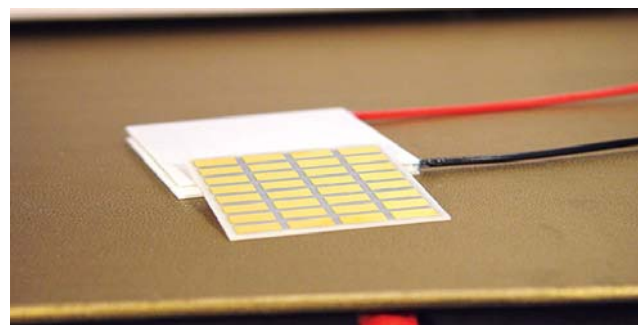
aluminijском bloku može se razraditi zavojiti kanal koji ima bolje toplinsko djelovanje.

5. POUZDANOST TERMOELEKTRIČNIH MODULA

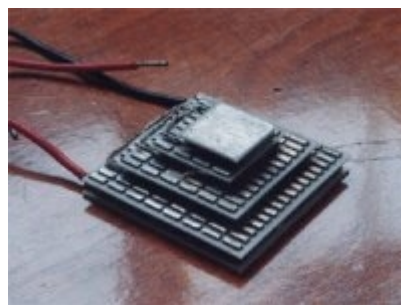
Termoelektrični moduli zbog svoje izvedbe spadaju u visoko pouzdane komponente (slika 9 i slika 10). Postoji mnogo primjera korištenja termomodula dvadeset i više godina. Njihov «životni vijek» često nadmašuje trajanje pridružene opreme. Pouzdanost, vijek trajanja i kvarovi termomodula puno ovise o konkretnoj primjeni. Općenito kod kontinuiranog i jednoličnog hlađenja pouzdanost je jako visoka, dok visoke toplinske oscilacije bitno smanjuju vrijeme trajanja modula.

Intenzitet kvarova može varirati od ekstremno niske do jako visoke vrijednosti, ovisno o načinu sastavljanja modula i montaži, izvoru napajanja, svojstvima temperature i sustavu regulacije.

Ispravna instalacija može značajno smanjiti vjerojatnost od preuranjenih kvarova modula zbog loših tehnika sastavljanja.



Slika 9: Primjer termoelektričnog modula [8]



Slika 10: Primjer višestupanjskog termoelektričnog modula [9]

Moduli imaju relativno veliku mehaničku čvrstoću na pritisak, ali malu posmičnu čvrstoću. Ne smiju služiti u sustavu za glavnu mehaničku potporu. U primjenama gdje su prisutne ozbiljne vibracije i mehanički šokovi, modul se instalira opterećenjem na pritisak, tj. pričvršćuje stezanjem. Pri tome pritisak mora biti dovoljan da ga bočne i poprečne sile ne pomaknu ili olabave. Slaba pritegnutost kod više modula grupiranih u jednu cjelinu za hlađenje smanjuje toplinsko djelovanje i ubrzava kvarove. Moduli složeni u polje trebaju biti iste visine (preporuka tolerancije visine je $\pm 0,025$ mm). Pritisak stezanja mora biti primijenjen ravnomjerno, a uparene površine moraju biti ravne.

Da bi se spriječili lomovi dijelova modula uslijed jakih mehaničkih opterećenja, na površinu modula se ne smiju vezati velike mase koje nisu pričvršćene negdje drugdje. Ako su u sustavu prisutne velike mase, termoelektrični moduli trebaju biti stegnuti između pasivnog hladnjaka i same mase ili ploče na kojoj je smještena velika masa.

Prodor vlage u unutrašnjost termoelektričnog modula smanjuje toplinsko djelovanje i potiče koroziju materijala. Zato treba osigurati brtvljenje vlage između modula, pasivnog hladnjaka i hlađenog objekta.

Moduli koji su izloženi vrlo visokim temperaturama i temperaturnim promjenama, ne smiju se instalirati korištenjem krutih veza (korištenje lema ili epoksida) zbog različitih koeficijenata toplinskog rastezanja komponenti sustava. Kruto povezivanje u kombinaciji s promjenama temperature često dovodi do ranog kvara modula zbog induciranih toplinskih stresova. Čvrsto povezivanje vruće strane modula je općenito manji problem zbog toga jer je temperatura vruće strane relativno konstantna za vrijeme rada. Kada su prisutne značajne oscilacije temperature, module treba montirati stezanjem (pritisak) uz korištenje elastičnih materijala kao što su termo-vodljiva pasta ili folije od grafita i indija. Čvrsto montiranje obje strane modula nije preporučljivo za jedinice koje imaju stranice veće od 15mm.

Metode regulacije temperature također imaju utjecaj na pouzdanost termoelektričnih modula. Za duže trajanje modula linearne ili proporcionalne metode su uvijek bolje od metode uključujući/isključujući (ON/OFF).

Kvarovi termoelektričnih modula mogu se podijeliti u dvije grupe: katastrofalni kvarovi i kvarovi propadanja (degradacije). Kvarovi propadanja su teže uočljivi zbog dugotrajnosti i općenito su uzrokovani promjenama parametara poluvodičkog materijala ili povećanjem električnog kontaktnog otpora.

Dugotrajna izloženost visokim temperaturama mijenja parametre materijala i umanjuje termoelektrični učinak. Toplinsko osciliranje znači periodičko povećanje i smanjenje regulirane temperature, ponekad preko jako širokog temperaturnog područja. Iako nije jasno definirana granica oscilirajućih i neoscilirajućih primjena, toplinskim osciliranjem se smatra rad kada se temperatura redovito i manje-više trajno, kontinuirano povećava i smanjuje tijekom dugog vremenskog perioda rada. Oscilirajuće primjene obično koriste automatsku regulaciju temperaturnih promjena.

Brzina kvara modula u ovoj vrsti primjene je veća, nego kod drugih radnih uvjeta. Osnova za većinu kvarova pri toplinskom osciliranju su neslaganja toplinskih koeficijenata rastezanja različitih komponenata i materijala modula. Ti kvarovi su najčešće katastrofalni, iako se neki mogu otkriti prije nego je nanesena šteta.

Pri toplinskom osciliranju na intenzitet kvara najviše utječu: ukupan broj ciklusa, ukupna promjena temperature za vrijeme ciklusa, gornja granična temperatura ciklusa i brzina promjene temperature.

Najveća pouzdanost i vrijeme trajanja modula su ostvarivi kada je broj ciklusa malen, područje promjena temperature malo, gornja granična temperatura relativno niska i brzina promjene temperature minimalizirana. Važno je primijetiti da je apsolutni vijek trajanja modula najviše ovisan o ukupnom broju ciklusa pa je kod modula koji su izloženi toplinskom osciliranju, bolje srednje vrijeme između kvarova (MTBF) izraziti u broju ciklusa nego u satima.

U primjenama toplinskih oscilacija moduli s većom maksimalnom radnom temperaturom omogućuju značajno već vremensko trajanje, nego oni s nižom nazivnom radnom temperaturom. To vrijedi i kad je gornja temperatura ciklusa bitno ispod maksimalne nazivne temperature modula.

Fizički manji moduli imaju manje elemenata od p-tipa i n-tipa poluvodiča i dužu trajnost u odnosu na module koji imaju veće elemente. Toplinski inducirani mehanički stres je veći u većim modulima jer imaju veći broj elemenata p-tipa i n-tipa poluvodiča, te stoga mnogo više lemnih spojeva koji se mogu zamoriti toplinskim stresom.

Ispitivanjem modula, primjenom dobro kontroliranih toplinskih oscilacija, moguće je identificirati potencijalno neprihvatljive module, smanjiti vjerojatnost kvarova iz područja «dječjih bolesti» i postići jako visoku pouzdanost.

6. PREDNOSTI TERMoeLEKTRIČNIH MODULA I NJIHOVA PRIMJENA

Najveća prednost termomodula je da rade na električnom principu bez pokretnih dijelova što značajno pojednostavljuje održavanje. Ne stvaraju buku ni električni šum tijekom pa se mogu koristiti zajedno s osjetljivim elektroničkim senzorima. U usporedbi s mehaničkim sustavima hlađenja mnogo su manji i lakši te iste snage, a u radu ne koriste nikakve kemikalije ili plinove koji mogu biti štetni za okolinu.

Budući da isti modul može poslužiti za grijanje i hlađenje, ovisno o polaritetu priključenog istosmjernog napona, nema potrebe za odvojenim funkcijama grijanja i hlađenja. Uz odgovarajući regulacijski krug, termomoduli omogućuju regulaciju temperature preciznije od $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, čak i ispod $\pm 0.001^{\circ}\text{C}$. Zbog poluvodičke konstrukcije posjeduju vrlo visoku pouzdanost. Tipični vijek trajanja im je veći od 200.000 radnih sati, što je više od 22 godine. Na njihov rad ne utječe položaj i okolina pa se često koriste u zračnom prostoru i bestežinskom stanju. Napajaju se iz istih

mjernih izvora u širokom rasponu ulaznih napona i struja te pulsno-širinskom modulacijom (PWM). Prednost

korištenja PWM je u kvalitetnijoj regulaciji napajanja modula uz manja temperaturna nadvišenja što rezultira većom pouzdanošću i dužim «životnim vijekom». Moduli malih dimenzija mogu se direktno montirati na komponentu ili područje koje treba hladiti, tako da nema nepotrebnog rasipanja energije. Ako su strane termoelektričnog modula na različitim temperaturama, može poslužiti i kao generator električne energije.

Za razliku od pasivnog hladnjaka, Peltierov hladnjak dopušta snižavanje temperature objekta ispod temperature okoline kao i stabiliziranje temperature objekta koji je izložen široko promjenjivim uvjetima okoline. Peltierovi hladnjaci općenito mogu odstranjivati toplinu u području od mW do nekoliko tisuća W. Najviše se koriste moduli do 100 W, a sve više se koriste od 200 do 400 W. Većina jednostupanjskih Peltierovih hladnjaka su sposobni crpiti maksimalno 3 do 6 W/cm² s površine modula. Iako ima primjena hlađenja ispod -100°C, temperaturne razlike najčešće ne prelaze 60°C kroz modul.

Za povećanje cjelokupnih performansi toplinske crpke koriste višestruki moduli. Pri tome slaganje modula jednog na drugog povećava raspon temperature, ali i degradira karakteristike toplinske crpke. Veliki Peltierovi sustavi u području kW izgrađeni su u prošlosti za specijalizirane namjene kao što je hlađenje unutar podmornice i u pružnim vozilima. Sustavi takvog kapaciteta danas se koriste u proizvodnim linijama poluvodiča.

Primjena Peltierova modula pokriva širok spektar ljudskih djelatnosti s različitim tehničkim zahtjevima: vojska, medicina, industrija, telekomunikacije, znanost i potrošačka tehnika. Raspon korištenja uređaja kreće se od različitih vrsta hladnjaka (za laserske diode, laboratorijske instrumente, elektronička kućišta i komponente i dr.), temperaturnih kupka, telekomunikacijske opreme do iznimno profinjenih sustava kontrole temperature i termoelektričnih generatora u raketama i svemirskim vozilima.

Na slici 11 prikazane su dvije temperaturne kupke koje se koriste u laboratoriju za umjeravanje temperature Veleučilišta u Varaždinu, a za grijanje i hlađenje koriste Peltierov modul. Mogu poslužiti kao prijenosni instrumenti ili kao temperaturni kalibratori za umjeravanje termoparova i otporničkih detektora temperature (RDT). Jedna kod temperature okoline 23°C može vršiti kalibraciju od -25°C to 140°C uz rezoluciju 0.1 stupanj i točnost ±0.25°, a druga od 50°C do 650°C uz rezoluciju 0.1 stupanj i točnost ±0.5°C do 400°C, te ±1°C od 400°C do 650°C.



Slika 11: Primjer temperaturnih kupki

7. ZAKLJUČAK

Zbog prednosti primjene termoelektričnih modula u funkcijama grijanja i hlađenja, neprekidno se vrše istraživanja novih materijala i struktura u svrhu dobivanja modula sastavljenih od elemenata koji dobro vode struju, a istodobno su dobri izolatori topline s kojima se može postići veća temperaturna razlika tople i hladne strane.

Izbor ovih modula u području manjih snaga daje najoptimalnije rješenje, naročito u primjenama gdje je potrebna precizna regulacija temperature, visoka točnost i pouzdanost predloženog rješenja kao što su temperaturne kupke, jedinice preciznog hlađenja i dr.

8. LITERATURA

- [1] <http://www.tetech.com/>
- [2] <http://www.ferrotec.com/>
- [3] <http://www.melcor.com/>
- [4] <http://www.jpl.nasa.gov/>
- [5] <http://www.hartscientific.com/>
- [6] P. Biljanović: "Poluvodički elektronički elementi", Školska knjiga, Zagreb, 1996.
- [7] A. Bilušić, A. Smontara: "Što su i kako se istražuju termoelektrični materijali?", Stručni skup "20. ljetna škola mladih fizičara", Zbornik radova, Zagreb : Hrvatsko fizikalno društvo, 2004. 2.1-2.5 (stručni rad).
- [8] <http://www.huimao.com>
- [9] <http://www.sintecoptronics.com>
- [10] <http://www.its.caltech.edu/~jsnyder/thermoelectrics/index.htm>

Kontakt:

mr. sc. Ivan Šumiga, dipl. ing.
Križanićeva bb, 42000 Varaždin
Tel: 098/467 761

e-mail: ivan.sumiga@velv.hr,
mladen.grdjan@velv.hr,
josip.hudjek@velv.hr

ODREĐIVANJE SNAGA U JEDNOFREKVENTNOM SUSTAVU POMOĆU EKSTREMA FUNKCIJE PRIMJENOM PROGRAMA “GRAPHMATICA”

Havaš I.¹, Huđek J.¹, Šumiga I.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Snage izmjenične struje u jednofrekventnom sustavu, moguće je odrediti na više načina. Poznavajući funkciju trenutne snage $p(t)$, moguće je samo pomoću ekstrema dotične funkcije odrediti prividnu, djelatnu i jalovu snagu u jednofrekventnom sustavu sinusoidalne struje. Ekstremi funkcije $p(t)$ se mogu odrediti primjenom nekog od aplikativnih matematičkih softvera. U ovom članku je pokazano kako se primjenom matematičkog programa Graphmatica mogu odrediti ekstremi funkcije trenutne snage $p(t)$, te pomoću njih odrediti sve vrste snaga u jednofrekventnom sustavu sinusoidalne struje.

Ključne riječi: Snaga, ekstremi, Graphmatica

Abstract: Alternating currency power in one frequency system can be determined in many ways. It is possible to determine virtual, working and reactive power in one frequency system but only with respective function extremes and by knowing the instantaneous power $p(t)$. Function extremes can be determined by using some of mathematic software applications. This article shows that with application of the “Graphmatica” mathematic program the instantaneous power function extreme $p(t)$ can be determined. With their use, all kinds of powers in one frequency systems of sine curved currency can also be determined.

Key words: power, extremes, Graphmatica

1. UVOD

Ovaj članak prezentira jednu metodu izračunavanja snaga u jednofrekventnom sustavu sinusoidalnog valnog oblika napona i struje, primjenom matematičkog programa Graphmatica. U drugom dijelu ovog članka je prikazan način dobivanja matematičkog izraza za izračun snaga pomoću ekstrema funkcije $p(t)$. U trećem dijelu članka su prikazani praktični primjeri izračuna snaga pomoću grafa funkcije $p(t)$, korištenjem matematičkog programa Graphmatica. Prikazan je primjer izračuna snaga za više trošila pomoću jedinstvenog grafa funkcije $p(t)$. U četvrtom dijelu članak se bavi izračunavanjem snage u trofaznom simetričnom i nesimetričnom sustavu. Članak završava zaključkom u petom dijelu.

2. TEORETSKO OBRAZLOŽENJE KONAČNIH IZRAZA ZA IZRAČUN SNAGA

Trenutna snaga sinusoidalne struje se općenito zapiše kao:

$$p(\alpha) = U_{\max} \cdot \sin \alpha \cdot I_{\max} \cdot \sin(\alpha - \varphi), \text{ gdje je naravno } \alpha = \omega t.$$

Funkcija ima ekstreme pri kutu α , koji se određuju iz uvjeta: $\frac{dp}{d\alpha} = 0$;

$$\frac{dp}{d\alpha} = U_{\max} \cdot I_{\max} \cdot [\sin \alpha \cos(\alpha - \varphi) + \cos \alpha \sin(\alpha - \varphi)] = U_{\max} \cdot I_{\max} \cdot \sin(2\alpha - \varphi) = 0$$

$$\sin(2\alpha - \varphi) = 0; \quad 2\alpha - \varphi = 0, \pi. \text{ Iz } 2\alpha - \varphi = 0 \text{ slijedi}$$

$$\text{da ekstrem nastupi pri } \alpha = \frac{\varphi}{2}.$$

Pomoću druge derivacije može se saznati da li se radi o minimumu ili maksimumu.

$$(\sin(2\alpha - \varphi))' = 2 \cos(2 \cdot \frac{\varphi}{2} - \varphi) = 2 > 0 \text{ što znači da}$$

$$\text{funkcija u } \alpha = \frac{\varphi}{2} \text{ ima minimum.}$$

Iz izraza $2\alpha - \varphi = \pi$ slijedi da ekstrem nastupi i pri

$$\alpha = \frac{\pi + \varphi}{2}.$$

Pomoću vrijednosti druge derivacije

$$2 \cdot \cos(2\alpha - \varphi) = 2 \cos(2 \cdot \frac{\pi + \varphi}{2} - \varphi) = -2 < 0 \text{ zaključuje se}$$

$$\text{da pri } \alpha = \frac{\pi + \varphi}{2} \text{ funkcija ima maksimum.}$$

Izračunavanje ekstrema funkcije:

Minimum:

$$P_{\min} = U_{\max} \cdot \sin \frac{\varphi}{2} \cdot I_{\max} \cdot \sin(\frac{\varphi}{2} - \varphi) = -U_{\max} \cdot I_{\max} \sin^2 \frac{\varphi}{2};$$

$$|P_{\min}| = U_{\max} \cdot I_{\max} \cdot \sin^2 \frac{\varphi}{2} \quad (2.1)$$

Maksimum:

$$P_{\max} = U_{\max} \cdot \sin \frac{\pi + \varphi}{2} \cdot I_{\max} \cdot \sin(\frac{\pi + \varphi}{2} - \varphi) = U_{\max} \cdot I_{\max} \cdot \cos^2 \frac{\varphi}{2}$$

$$(2.2)$$

jer vrijedi općenito da je: $\sin(90^\circ \pm \alpha) = \cos \alpha$.

Ako se jednačbe (2.1) i (2.2) zbroje i podijele s 2, dobije se izraz (2.3):

$$\frac{P_{\max} + |P_{\min}|}{2} = U_{\max} \cdot I_{\max} \cdot \frac{1}{2} \left(\cos^2 \frac{\varphi}{2} + \sin^2 \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{\sqrt{2} \cdot U \cdot \sqrt{2} \cdot I}{2} = U \cdot I \text{ (VA)}$$

Izraz, naravno, predstavlja **prividnu snagu izmjenične struje** gdje su U i I efektivne vrijednosti sinusoidalne izmjenične struje.

$$S = \frac{P_{\max} + |P_{\min}|}{2} \text{ (VA)} \quad (2.4)$$

Ako jednačbe (2.1) i (2.2) oduzmemo i podijelimo s 2, dobije se slijedeća jednakost:

$$U_{\max} \cdot I_{\max} \cdot (\cos^2 \frac{\varphi}{2} - \sin^2 \frac{\varphi}{2}) \cdot \frac{1}{2} = \frac{P_{\max} - |P_{\min}|}{2}$$

Iz trigonometrije je poznato da je izraz

$$(\cos^2 \frac{\varphi}{2} - \sin^2 \frac{\varphi}{2}) = \cos \varphi, \text{ pa slijedi da je}$$

$$U_{\max} \cdot I_{\max} \cdot \cos \varphi \cdot \frac{1}{2} = \frac{P_{\max} - |P_{\min}|}{2} = \frac{\sqrt{2} \cdot U \cdot \sqrt{2} \cdot I}{2} \cdot \cos \varphi \\ = U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (W)}$$

Što, naravno, predstavlja **djelatnu snagu sinusoidalne izmjenične struje**.

$$P = \frac{P_{\max} - |P_{\min}|}{2} \text{ (W)} \quad (2.5)$$

$$\text{Kako je } Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{\left(\frac{P_{\max} + |P_{\min}|}{2} \right)^2 - \left(\frac{P_{\max} - |P_{\min}|}{2} \right)^2} = \sqrt{P_{\max} \cdot P_{\min}} \text{ (VA}_r\text{)}$$

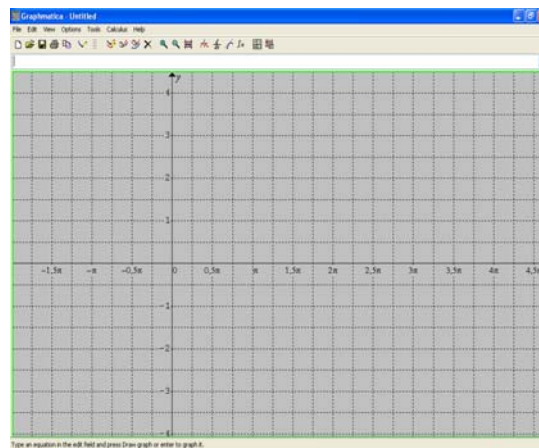
$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{P_{\max} \cdot P_{\min}} \text{ (VA}_r\text{)} \quad (2.6)$$

Naravno da izračunavanje snaga na ovaj način ima smisla ako se na jednostavan način mogu utvrditi ekstremi funkcije $p(\alpha)$, a za crtanje funkcije $p(\alpha)$ može se koristiti neki od matematičkih programa. U ovom slučaju je korišten program **Graphmatica** koji u potpunosti zadovoljava ovim potrebama.

3. PRAKTIČNI PRIMJERI

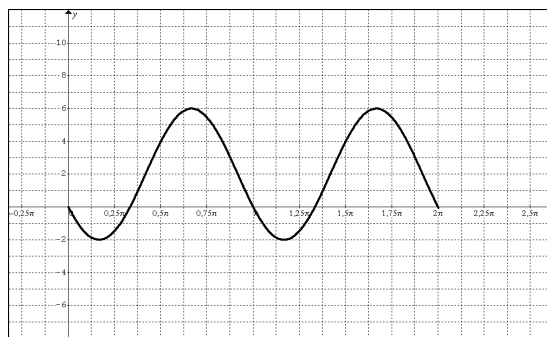
Na nekoliko primjera bit će pokazano kako se korisno može iskoristiti ovaj program za izračunavanje snaga u jednofrekventnom sustavu sinusoidalne struje.

Prozor programa:



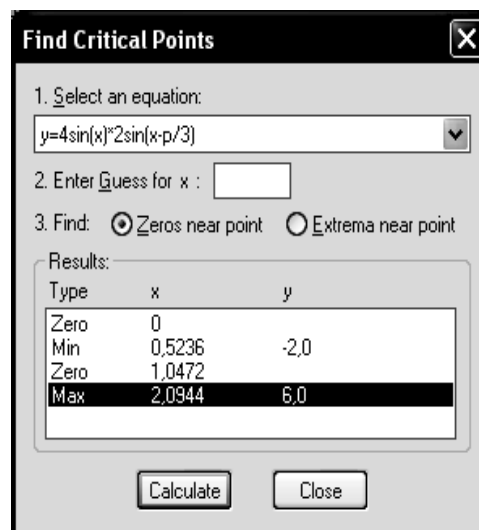
Primjer 1

Pomoću ekstrema funkcije



$$p = U_{\max} \cdot \sin(\omega t) \cdot I_{\max} \cdot \sin(\omega t - 60^\circ)$$

gdje je $U_{\max} = 4 \text{ V}$; $I_{\max} = 2 \text{ A}$ treba izračunati prividnu, djelatnu i jalovu snagu.



Ekstremi funkcije određuju se na način:
Calculus/Find Critical Points

$$\text{Za } x = \frac{\varphi}{2} = \frac{\pi}{6} = 0,5236 \text{ dobije se } P_{\min} = -2, \text{ ili } |P_{\min}| = 2$$

$$\text{Za } x = \frac{\varphi + \pi}{2} = \frac{\frac{\pi}{3} + \pi}{2} = 2,0944 \text{ dobije se } P_{\max} = 6$$

Izračunavanje snaga:

$$S = \frac{P_{\max} + |P_{\min}|}{2} = \frac{6 + 2}{2} = 4 \text{ VA prividna snaga}$$

$$P = \frac{P_{\max} - |P_{\min}|}{2} = \frac{6 - 2}{2} = 2 \text{ W djelatna snaga}$$

$$Q = \sqrt{P_{\max} \cdot |P_{\min}|} = \sqrt{6 \cdot 2} = 2\sqrt{3} \text{ VA}_r \text{ jalova snaga}$$

$$\text{Kako je: } U = \frac{4}{\sqrt{2}} \text{ V; } I = \frac{2}{\sqrt{2}} \text{ A slijedi da je}$$

$$S = U \cdot I = \frac{4}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2}{\sqrt{2}} = 4 \text{ VA}$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = \frac{4}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2}{\sqrt{2}} \cdot 0,5 = 2 \text{ W}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{16 - 4} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3}$$

Primjer 2

Dva jednofazna asinkrona elektromotora su priključena na sinusoidalni napon efektivne vrijednosti 220 V/50 Hz

$$\text{Podaci elektromotora: } I_1 = 5 \text{ A; } \cos \varphi_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$I_2 = 2 \text{ A } \cos \varphi_2 = 0,5$$

Treba izračunati ukupnu prividnu, djelatnu i jalovu snagu pogona s tim elektromotorima pomoću ekstrema funkcije $p(t)$

Rješenje: Trenutna snaga se zapiše kao:

$$p(t) = 220\sqrt{2} \sin \omega t \cdot 5\sqrt{2} \sin(\omega t - 30^\circ) + 220\sqrt{2} \sin(\omega t) \cdot 2\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - 60^\circ)$$

Pomoću matematičkog programa odrede se ekstremi funkcije $p(t)$

Ekstremi funkcije:

$$P_{\max} = 2669,9297$$

$$|P_{\min}| = 324,6738 \text{ pa je prividna snaga jednaka:}$$

$$S = \frac{2669,9297 + 324,6738}{2} = 1497,30175 \text{ VA}$$

Djelatna snaga iznosi:

$$P = \frac{2669,9297 - 324,6738}{2} = 1172,62795 \text{ W}$$

Jalova snaga iznosi:

$$Q = \sqrt{2669,9297 \cdot 324,6738} = 931,0514 \text{ VA}_r$$

Provjera dobivenih rezultata:

$$\text{Motor 1: } U = 220 \text{ V; } I = 5 \text{ A; } \cos \varphi = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$S = U \cdot I = 220 \cdot 5 = 1100 \text{ VA}$$

$$P = S \cdot \cos \varphi = 952,6279 \text{ W}$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi = 550 \text{ VA}_r$$

$$\text{Motor 2: } U = 220 \text{ V; } I = 2 \text{ A; } \cos \varphi = 0,5$$

$$S = 440 \text{ VA; } P = 220 \text{ W; } Q = 381,0512 \text{ VA}_r$$

Ukupna djelatna snaga iznosi:

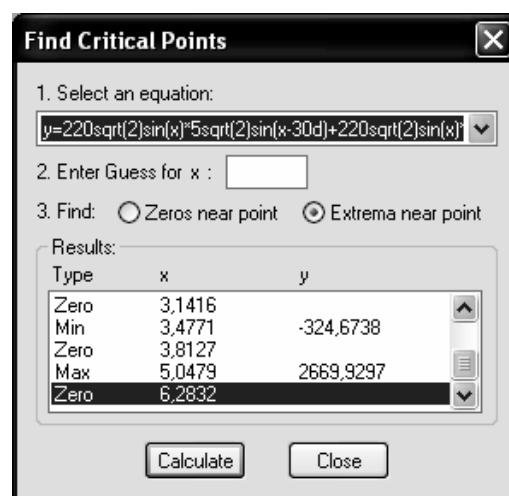
$$P_u = P_1 + P_2 = 1172,6279 \text{ W}$$

Ukupna jalova snaga iznosi:

$$Q_u = Q_1 + Q_2 = 931,0512 \text{ VA}_r$$

Ukupna prividna snaga iznosi:

$$S_u = \sqrt{P_u^2 + Q_u^2} = 1497,3017 \text{ VA}$$

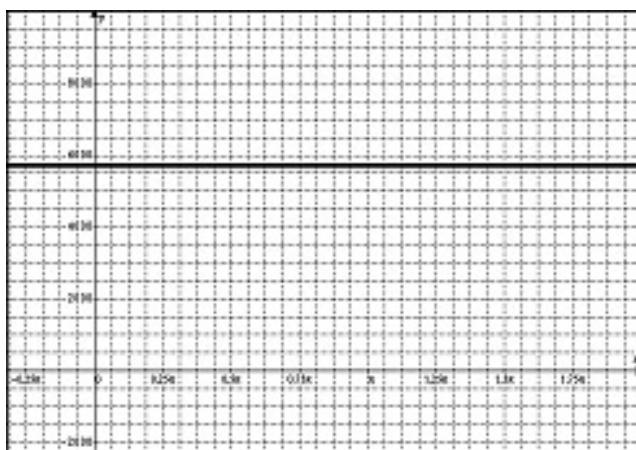


4. ODREĐIVANJE DJELATNE SNAGE SIMETRIČNOG I NESIMETRIČNOG TROFAZNOG SUSTAVA

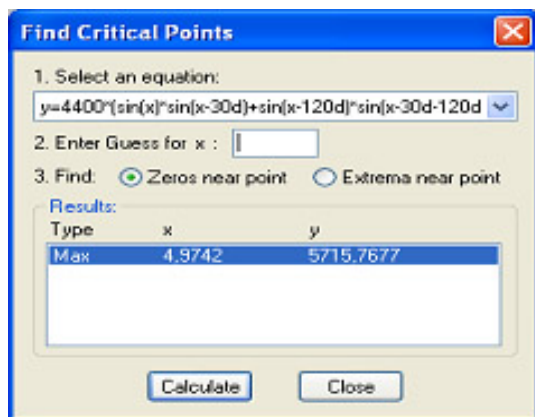
Trenutna snaga trofaznog simetričnog sustava (balansiranog sustava) se zapiše kao:

$$p = U_m \cdot I_m \left[\sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \varphi) + \sin(\omega t - 120^\circ) \cdot \sin(\omega t - \varphi - 120^\circ) + \sin(\omega t + 120^\circ) \cdot \sin(\omega t - \varphi + 120^\circ) \right]$$

Za $U_{\max} = 220\sqrt{2}$; $I_{\max} = 10\sqrt{2}$; $\varphi = 30^\circ$
graf funkcije $p(t)$ izgleda kao na slici 4.1:



Slika 4.1 Graf funkcije $p(t)$



Sređivanjem izraza u uglatoj zagradi i korištenjem poznatog trigonometrijskog izraza:

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} \cdot [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)],$$

te primjenom na izneseno razmatranje slijedi:

$$\left[\sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \varphi) + \sin(\omega t - 120^\circ) \cdot \sin(\omega t - \varphi - 120^\circ) + \sin(\omega t + 120^\circ) \cdot \sin(\omega t - \varphi + 120^\circ) \right] = \frac{1}{2} \cdot [(\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi)) + (\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi - 240^\circ)) + (\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi + 240^\circ))] = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \cos \varphi$$

Iz ovoga slijedi:

$$p = U_{\max} \cdot I_{\max} \cdot \frac{3}{2} \cdot \cos \varphi = \frac{U\sqrt{2} \cdot I\sqrt{2} \cdot 3}{2} \cdot \cos \varphi = 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

gdje su U i I efektivne fazne vrijednosti napona i struje.

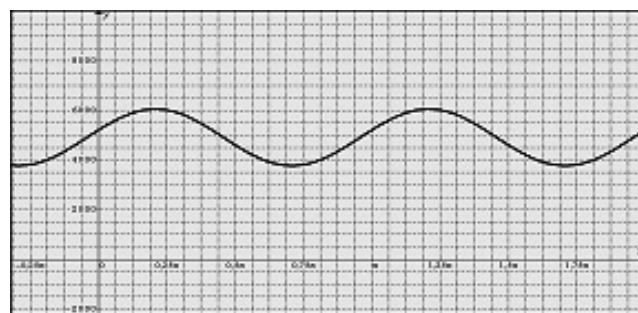
To znači da podatak koji je ponudio program, predstavlja djelatnu snagu trofaznog balansiranog sustava koja je konstantna.

$$P = 3 \cdot 220 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 5715,7677 \text{ W}$$

Naravno da snaga nije konstantna kod nesimetričnog opterećenja što se može provjeriti ako se naruši simetrija, bilo faznim kutom ili apsolutnim iznosom napona ili struje.

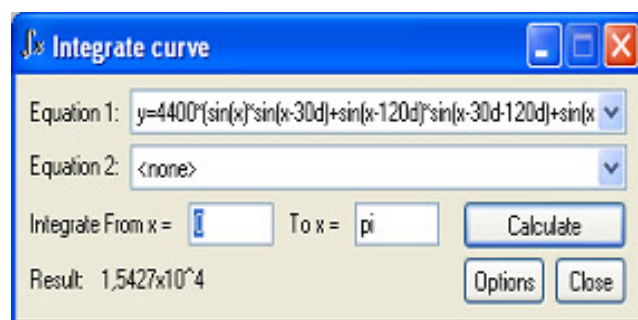
Primjer:

Ako je fazni kut u trećoj fazi $\varphi = 60^\circ$, vidi se da snaga više nije konstantna.



Prema definiciji djelatna snaga je jednaka srednjoj vrijednosti trenutne snage. Srednja vrijednost iznosi:

$$P = \frac{1,5427 \cdot 10^4}{\pi} = 4910,566 \text{ W}$$



Kod nesimetričnog opterećenja djelatna snaga trofaznog sustava je:

$P = UI \cos \varphi_1 + UI \cos \varphi_2 + UI \cos \varphi_3$, samo ako su različiti fazni kutovi, u ovom slučaju je snaga jednaka:

$$P = 220 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 220 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 2200 \cdot \frac{1}{2} = 4910,5 \text{ W}$$

5. ZAKLJUČAK

Prikazana metoda je primjerena za izračunavanje snaga izmjenične struje sinusnog valnog oblika u jednofrekventnom sustavu. Primjenom bilo kojeg matematičkog programa, koji može crtati i prikazati grafove funkcija te izračunati njihove ekstreme, ovom metodom mogu se odrediti sve vrste snaga izmjenične sinusoidalne struje u jednofrekventnom sustavu. Ovim člankom je pokazana jedna zanimljiva metoda izračunavanja snaga korištenjem ekstrema funkcije $p(t)$ koji se mogu relativno jednostavno odrediti raspoloživim matematičkim aplikativnim programima.

6. LITERATURA

- [1] Arthur H. S., Haroun M., Wayne, B.: "Handbook of Electric Power Calculations"; McGraw-Hill Education, 2000.
- [2] Cavicchi, J.T.: "Fundamentals of electrical engineering principles and applications"; Prentice-Hall, 1993.
- [3] Kuzmanović, B.: „Osnove elektrotehnike II.; Element", Zagreb, 2004.
- [4] Pinter, V.: „ Osnove elektrotehnike II"; Tehnička knjiga, Zagreb, 1994.

Kontakt: ladislav.havas@velv.hr
josip.hudjek@velv.hr
ivan.sumiga@velv.hr

TEMPERATURE DISTRIBUTION INSIDE GTEM-CELL FOR BIOMEDICAL EXPERIMENTS

Šalovarda M.¹, Malarić K.², Malarić R.²

¹DEKOD telekom d.o.o., Horvacanska c. 17a/7 Zagreb, Croatia

²Department of Wireless Communications,
Faculty of Electrical Engineering and Computing (FER), Zagreb, Croatia

Abstract: This paper models temperature distribution inside a GTEM-cell. In testing biological effects of electromagnetic field it is necessary to dismiss the thermal effect. That is why it is necessary to see how and to what effect electromagnetic field increases the temperature inside the GTEM-cell.

Keywords: GTEM cell, temperature distribution

1. INTRODUCTION

The increasing use of technology in our everyday environment has led to the ubiquitous presence of electromagnetic fields. Such fields arise wherever there is voltage or current. All types of radio broadcasting and TV transmitters produce electromagnetic fields, and they also arise in industry, business and home, where they affect us even if our sense organs perceive nothing.

Generally we can divide biological effects of RF electromagnetic radiation into non-thermal and thermal effects. Non-thermal biological effects are related to LF EM field and are mostly manifested as induced currents in human body. Thermal biological effects happen due to HF EM field. Radio frequency radiation (RFR) interacts with matter by causing molecules to oscillate with the electric field. This interaction is most effective for polar molecules (that have their own internal electric field) such as water. A water molecule loses this rotational energy via friction with other molecules and causes an increase in temperature. This effect is the basis for microwave cooking. The RFR absorbed by the body occurs primarily as a result of the interaction with water.

The degree of absorption is a function of frequency and intensity of the field and the type of tissue. The depth of penetration decreases at higher frequencies.

Fields above 10 GHz are absorbed at the skin surface. Only a small portion of energy penetrates into the underlying tissue. Very high field strength is needed to produce cataracts or skin burns [1-4].

Related to human thermoregulation, organs with the least blood flow are most endangered. The eyes are particularly vulnerable to RF energy in the microwave range, and prolonged exposure to microwaves can lead to cataracts [5][6]. Each frequency in the electromagnetic spectrum is absorbed by living tissue at a different rate, called the specific absorption rate or SAR [3-6], (unit is watts per kilogram of tissue (W/kg)). The IEEE and many national governments have established safety

limits for exposure to various frequencies of electromagnetic energy based on SAR.

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho} \quad [1]$$

where E is the RMS value of the electric field strength in the tissue in V/m, σ is the conductivity of body tissue in S/m and ρ is density of body tissue in kg/m³.

2. THERMOREGULATION

Thermoregulation, which is part of the complex system involving circulation, metabolism, respiration and neural structures, can be divided into two components: a physiological component made up of heat production and heat loss mechanisms and a behavioral component that has sensory, motivational and response aspect. The mechanisms of heat regulation are activated by thermal receptors in the skin and direct stimulation of the hypothalamus by changes in blood temperature. Thermal receptors are distributed in a defined pattern in the skin. Much sensory summation occurs so that threshold for stimulation decreases as the size of the area stimulated increases.

Extensive investigations into microwave bioeffects during the last century indicate that, for frequencies between 200 and 24.5 GHz, exposure to a power density of 100mW/cm² or greater than 4mW/g for several minutes or hours can result in physiological manifestations of a thermal nature in laboratory animals [5-6].

Temperature increase during exposure to microwaves depends on: the specific area of the body exposed and the efficiency of heat elimination, field strength intensity, duration of exposure, specific frequency or wavelength; and thickness of skin and subcutaneous tissue. For instance fatty tissue has a considerably lower heat conductivity than muscular tissue. As a consequence the subcutaneous fat layer tends to establish a temperature barrier between inside and outside human body. Thermally the body is considered to be an inner core at the constant regulated temperature and an outer shell of variable temperature. In humans 2/3 of the body is at core temperature while 1/3 is at the shell temp [6].

In partial-body exposure under normal conditions, the body acts as a cooling reservoir, which stabilizes the temperature of exposed part. Heat transport is due to increase blood flow to cooler parts of the body, maintained at normal temperature by heat-regulating mechanisms such as heat loss due to evaporation, radiation and convection. If the amount of absorbed energy exceeds the optimal amount of heat energy that can be handled by mechanisms of temperature regulation, the excess energy will cause continuous temperature rise over time. Hyperthermia and local tissue destruction can result.

Many studies on animals have shown that RF irradiation that results in a rise of body core temperature to 43 or 44°C (109.4 or 111.2°F) from the normal 37°C (98.6°F) is lethal to the organism. However, the amount of energy that needs to be absorbed to achieve this temperature change is very large (over 100 mW/cm² for an extended period of time) , and would never be encountered by the public [5,6].

3. FINITE ELEMENT METHOD

The Finite element method is used to solve complex, nonlinear problems in electromagnetism [8-9]. The first step in finite-element analysis is to divide the analyzed configuration into small homogeneous elements. The model contains information about the device geometry, material constants, excitations and boundary constraints. In each finite element, a linear variation of the field quantity is assumed. The corners of the elements are called *nodes*. The goal is to determine the field quantities at the nodes.

The Finite-Element Analysis technique solves the unknown field quantities by minimizing the *energy functional*. *Energy functional* is an expression describing all the energy associated with the configuration being analyzed. For 3-dimensional, time-harmonic problems this functional may be represented as,

$$F = \int_v \frac{\mu |H|^2}{2} + \frac{\varepsilon |E|^2}{2} - \frac{J \cdot E}{2j\omega} dv \quad [2]$$

The first two terms in the integrand represent the energy stored in the magnetic and electric fields and the third term is the energy dissipated (or supplied) by the conduction currents.

By expressing H in terms of E and by setting the derivative of this functional with respect to E equal to zero, an equation of the form $f(J, E) = 0$ is obtained. A k th order approximation of the function f is then applied at each of the N nodes and the boundary conditions are enforced, resulting in the system of equations.

$$\begin{bmatrix} J_1 \\ J_2 \\ \vdots \\ J_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots \\ y_{21} & y_{22} & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & y_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_n \end{bmatrix} \quad [3]$$

The values of J on the left-hand side of this equation are the source terms. They represent the known excitations. The elements of the Y -matrix are functions of the analyzed problem geometry and the boundary constraints. Since each element only interacts with elements in its own neighborhood, the Y -matrix is sparse. The terms of the vector on the right side represent the unknown electric field at each node. These values are obtained by solving the system of linear equations. In order to have a unique solution; it is necessary to constrain the field strength at all boundary nodes.

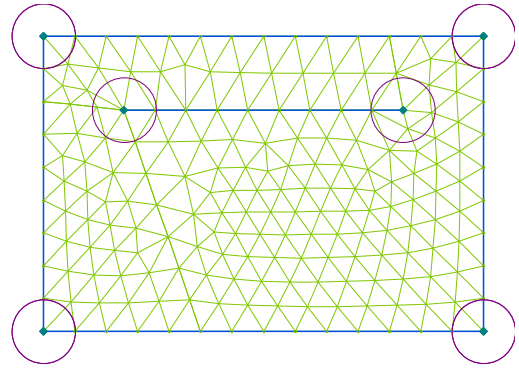


Figure 1. FEM Model

Applied mesh is shown in Figure 1 and the field values at the nodes have been calculated. In each finite element, a linear variation of the field quantity is assumed. The corners of the elements are called *nodes*. The goal is to find the electric field values at these nodes. Other parameters, such as the magnetic field, induced currents, and power loss can be obtained from the electric field values. The modelling was performed with QuickField v5.4.

The characteristics of GTEM-cell [9] are: 50 Ω input impedance, inner conductor at 3/4 height, inner height to width ratio equals 2/3 and angle septum/bottom plate is 15°, with angle septum/top plate being 5°. The septum as well as coating is made of copper. The N type connector is placed at the end of the tapered section. If necessary, the connector can be replaced. The septum is supported by dielectric material. At the other end, there are the pyramidal absorbers 0.25 m long, used for electromagnetic wave termination and two parallel 100 Ω , distributed resistive load for current termination. Figure 2 shows cross-section of the used GTEM-cell.

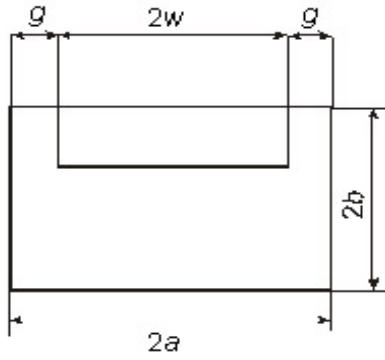


Figure 2. GTEM-cell designed at FER

4. RESULTS

We have modelled a GTEM cell, 40cm high and 60cm wide at cross section. The septum is placed at $\frac{3}{4}$ of height. By changing source values we wanted to see what is the electric field level that would cause temperature to be increased by one $^{\circ}\text{C}$ (1K) in the area below the septum, where usually the EUT is placed. Starting temperature in all cases was chosen to be 300 K. Fig.3 and 5 show the result of numerical modelling analysis of E -strength and Figures 4 and 6 show the results of temperature distribution in cell due to E field. Warmer colours in figures indicate higher values of the E field as well as of temperatures.

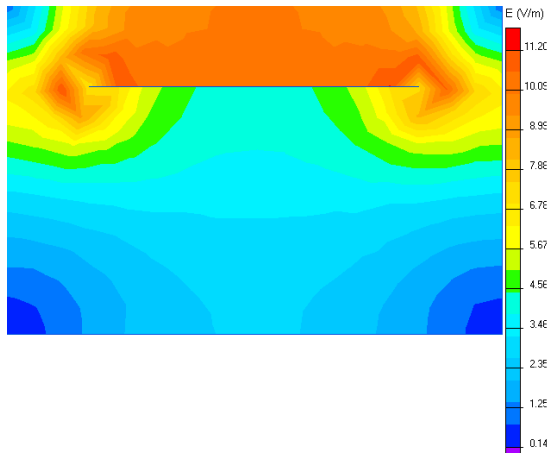


Figure 3. E field distribution for low fields (3.28 V/m below the septum)

Low E -field below the septum, of about 3.28 V/m will increase the temperature by only 0.003 K as shown in Figure 4, while higher E -field of 23 V/m will have a larger effect, increasing the temperature by 0.144 K, as shown in Figures 6-7.

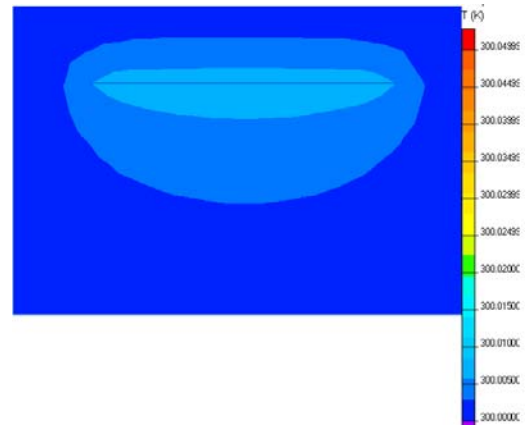


Figure 4. Temperature distribution with low E -field ($\Delta T = 0.003$ K)

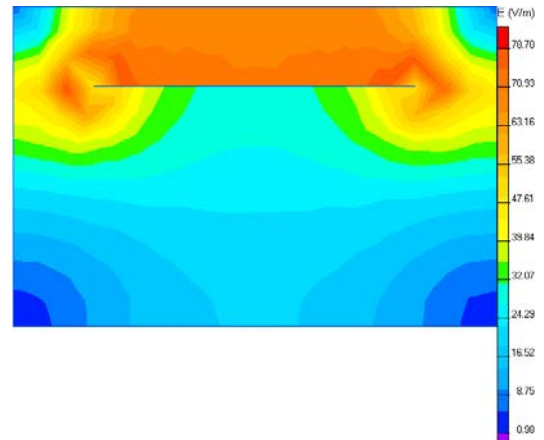


Figure 5. E field distribution for higher fields (23V/m below septum)

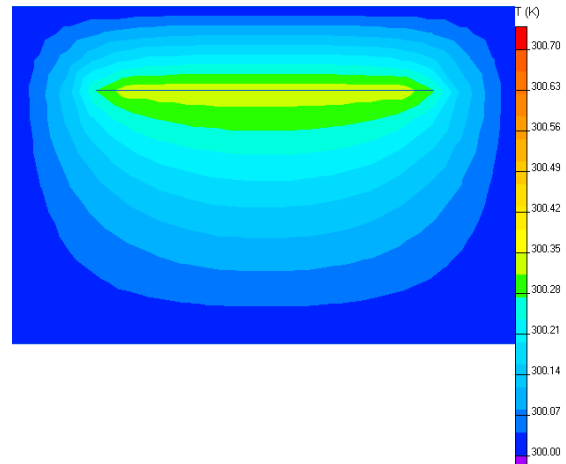


Figure 6. Temperature distribution with higher level E field ($\Delta T = 0.144$ K)

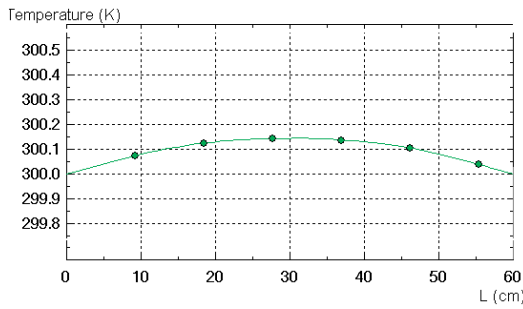


Figure 7. Temperature distribution at 1/2 septum height with $E = 23$ V/m

The temperature is higher just below the septum that is closer to the borders (Fig.7), similar to electric field.

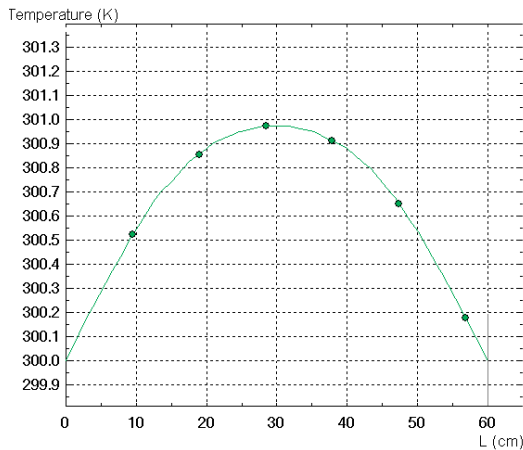


Figure 8. Temperature distribution at 1/2 septum height with $E = 60$ V/m

Table 1. E field in the middle 15 cm below the septum

E level at 1/2 septum height (V/m)	Power density at 1/2 septum height mW/cm^2	$\Delta T (T - T_0)$ K, at 1/2 septum height $T_0=300$ K
3.28	0.0028	0.003
23	0.1403	0.144
60.1	0.9789	0.994

The final model was made for the $\Delta T = 1\text{K}$. The required E field level was approximately 60 V/m at 1/2 septum height. Table I shows the summary results for the models.

5. CONCLUSION

The low E field level (3,3 V/m) should not cause any significant change of the temperature (0.003 K rise). For higher E field level at 1/2 septum height, that is, 23 V/m (Fig. 5,6,7), temperature rise is 0.144 K. It is close to the measured value of 0.1 K [10] at the same E field level. There is no thermal effect for this E -field level. The temperature distribution shows that the largest rise is to

be expected below the septum, and less closer to the boundaries.

Finally, our results show that the E -field level of 60 V/m would increase the temperature by 1 K (1°C). In this case, there would be a thermal effect and the possible biological effects would come from heating rather than from electromagnetic field itself.

6. REFERENCES

- [1] Narda Safety Test Solutions, www.narda-sts.com
- [2] <http://www.arpana.gov.au/mph1.htm>
- [3] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, www.icnirp.org
- [4] World Health Organization (WHO), EMF-project, www.who.int/peh-emf/
- [5] http://www.deas.harvard.edu/courses/es96/spring1997/web_page/health/thermreg.htm#responses
- [6] Michaelson and Lin: "Biological Effects and Health Implications of RF Radiation", Plenum Press, New York, 1987
- [7] Specific Absorption Rate (SAR) requirements and regulations in different regions, 3rd Generation Partnership Project, 1999
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Finite_element_analysis
- [9] Kresimir Malaric, Juraj Bartolic, Borivoj Modlic, Absorber and resistor contribution in the GTEM-cell, 2000 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, proceedings Volume 2, 21-25 August, 2000, Washington, D.C., USA, pp. 891-896
- [10] Mirta Tkalec, Kresimir Malaric, Branka Pevalek-Kozlina, Influence of 44, 900 and 1900 MHz Electromagnetic fields on Lemna minor Growth and Peroxidase Activity, Bioelectromagnetics 26:185-193, 2005

Contact:

Prof.dr.sc. Krešimir Malaric
Faculty of Electrical Engineering and Computing (FER)
10000 Zagreb, Croatia
Phone:385 1 6129 650

e-mail: kresimir.malaric@fer.hr
marija.salovarda@dekod.hr

PROBLEMATIKA ZAVARIVANJA SIVOG LIJEVA

Maroević F.¹

¹Elektrostrojarska škola, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Sivi lijev predstavlja konstrukcijski materijal koji je radi svojih svojstava i mogućnosti primjene uvijek zanimljiv za tehničku uporabu. Zbog mogućnosti primjene, ali posebno radi problematike koja nastaje prilikom njegovog korištenja u strojarskim konstrukcijama, ovaj je materijal često i predmet zanimanja stručne javnosti, naročito vezane za problema spajanja zavarivanjem ili popravaka havarirane konstrukcije.

Odlična mogućnost lijevanja dijelova iz sivog lijeva, dobra obradljivost skidanjem čestica, podnošenje značajnih tlačnih opterećenja, dobra antikorozivnost i dr., utječu na izbor ovog konstrukcijskog materijala. Slaba sposobnost izduženja uslijed djelovanja sile ili topline, a koja je posljedica strukturne građe, često je uzrok loma kod odljevaka iz sivog lijeva.

Predmet razmatranja u ovom prikazu je problematika spajanja zavarivanjem, lemljenjem i reparaturno zavarivanje sivog lijeva te potrebni dodatni materijali.

Glavne riječi: zavarivanje, sivi lijev, reparaturno zavarivanje, konstrukcijski materijal, dodatni materijali, lom materijala.

Abstract: Cast iron is a construction material which is, because of its characteristics and application possibilities, always interesting for technical use. Because of its application possibilities, and especially because of issues that emerge in relation to the use in mechanical constructions, this material is very often an interesting subject of interest of branch public, particularly in cases of welding joints or repairing the broken construction.

Excellent possibilities of casting pieces from grey iron, good removal of particles, bearing of significant pressure loads, high corrosion resistance etc., have influence upon the choice of this construction material. Weak elongation under the impact of force or temperature, which is the consequence of its structure, causes frequent breaks on grey iron parts.

The subject of analysis presented in this paper is the issue of welding and soldering of joints, repairable welding of grey iron and additional materials required.

Keywords: welding, grey iron, repair welding, additional materials, material breakage.

1. UVOD

Sivi lijev spada u grupu željeznih lijevova. Pojam "lijev" dolazi iz načina dobivanja vezanog uz lijevanje kao tehnološki postupak. Odljevak, koji je obično poluproizvod, koji treba dodatno obraditi, je vrlo često

složenog oblika i velikih dimenzija (kućišta i postolja alatnih strojeva, zamašnjaka, zupčanika itd.).

Postupak lijevanja često se bira radi smanjene cijene izrade u odnosu na druge tehnološke postupke.

Naročito je tu povoljan sivi lijev koji ima nisku temperaturu taljenja jer ima približno eutektički sastav.

Dobiva se pretaljivanjem u kupolki. Zasip kupolke čini sivo sirovo željezo i lomljena starog čelika i lijeva.

Struktura sivog lijeva je divarijantna (dvojna). To znači da je sastavljena od primarnog dijela u obliku izlučenih lamela grafita i sekundarnog dijela od željeznih faza (željezna osnova). Primarna struktura nastaje u skladu sa stabilnim sustavom (Fe-C), a sekundarna u skladu s metastabilnim sustavom (Fe-Fe₃C). Budući da je stabilna kristalizacija moguća samo uz beskonačnu brzinu hlađenja, onda se dodaju grafitizatori koji omogućavaju stvaranje grafita a to su u prvom redu Si i P, kao i drugi elementi. Uobičajeni sastav sivog lijeva iznosi: 2,5...4,5% C, 0,3...1,2% Mn, 1...4% Si, 0,4...1,5% P, <0,1% S.

Svojstva sivog lijeva

Tehnološka svojstva:

- nema ograničenja veličine odljevaka
- jednostavna i jeftina proizvodnja
- nisko talište koje proizlazi iz približno eutektičkog sastava
- dobra obradljivost odvajanjem čestica
- slaba zavarljivost radi male mogućnosti izduženja i velikog postotka C

Mehanička svojstva:

- relativno niska vlačna čvrstoća (uzrok lamele grafita)
- visoka tlačna čvrstoća
- nisko izduženje <1%
- slaba žilavost
- promjenljiv modul elastičnosti

Ostala svojstva:

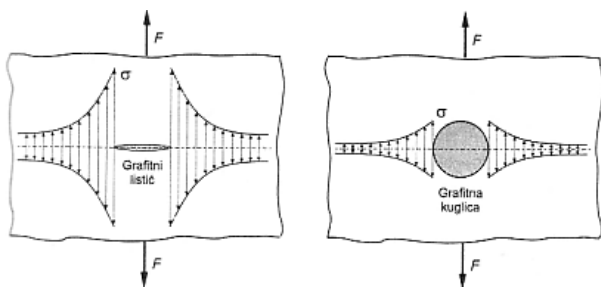
- dobra antifrikcijska svojstva (utjecaj grafita)
- dobra sposobnost prigušenja vibracija
- dobra otpornost na koroziju
- pri višim temperaturama povećava volumen

Ova mehanička svojstva mogu se poboljšati legiranjem. Legiranjem možemo poboljšati čvrstoću, žilavost, otpornost na koroziju i vatrootpornost. Povećanje čvrstoće može se postići i "cijepljenjem", odnosno dodavanjem cjepiva taljevini prije ulijevanja u kalupe (cjepivo je ferosilicij, silikokalcij, mangan, krom i dr.). Ovaj postupak se izvodi po licenci tvrtke Meehanite

u SAD. Slijedeće značajno povećanje čvrstoće imamo kod nodularnog (žilavog) lijeva. Zasip za ovaj lijev je od specijalnog sivog sirovog željeza i tali se u elektropeći. Taljevina se obrađuje globulatorima (oko 0,5 % Mg za podeutektičke vrste i oko 0,5 % Ce kod nautektičkih vrsta).

Taljevina se zatim ulijeva u pješčane kalupe.

Na ovaj način dobije se grafit u obliku kuglica i čvrstoća slična čeliku. Ovaj lijev može se i legirati te dobijemo još bolja mehanička i druga svojstva. Utjecaj oblika grafita na koncentraciju naprezanja, a onda direktno i na vlačnu čvrstoću prikazuje slika 1.



Slika 1. Utjecaj oblika grafita na koncentraciju naprezanja kod vlačnog opterećenja

Sivi lijev je klasificiran na temelju vlačne čvrstoće dobivene na epruveti promjera 30 mm i vrijednosti savojne čvrstoće (vidi tabelu 1.).

Tabela 1. Klasifikacija i mehanička svojstva normiranih vrsta SL

Oznaka lijeva prema EN i (stariji HRN)	R_m , N/mm ² za epruvetu $\varnothing$ 30 mm	R_{ms} , min N/mm ²	Raspon oslonaca pri savijanju L, mm
EN-GJL100S (SL 10)	100...150	-	400, d = 20 mm
EN-GJL150S (SL 15)	150...200	310	400, d = 20 mm
EN-GJL200S (SL 20)	200...250	380	400, d = 20 mm
EN-GJL250S (SL 25)	250...290	450	400, d = 20 mm
EN-GJL290S (SL 30)	290...340	470	400, d = 20 mm
EN-GJL340S (SL 35)	340...390	530	600, d = 30 mm
EN-GJL390S (SL 40)	> 390	590	600, d = 30 mm

2. ZAVARIVANJE SIVOG LIJEVA

2.1. Opis problema

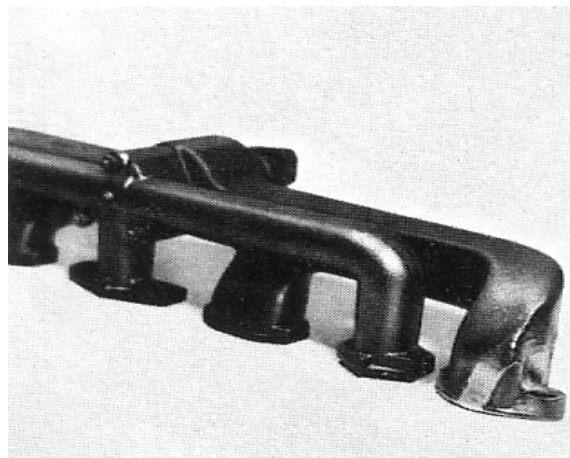
Zavarivanje sivog lijeva prati problematika koja proizlazi iz njegove strukturne građe. Najveći problem kod zavarivanja sivog lijeva jest njegova grafitna struktura u obliku lamela, koja smanjuje čvrstoću i povećava krhkost. Sivi lijev po svojoj strukturi ne podnosi nikakve unutarnje napetosti koje nastaju kod zagrijavanja i hlađenja. Ako unutarnje napetosti postanu veće od lomne čvrstoće, dolazi do pukotina što je vrlo česta pojava. Treba voditi računa da se i hlađenje vrši kontroliranim brzinom naročito onda ako nije bilo predgrijavanja. Sve standardne vrste sivog lijeva mogu se zavarivati. Međutim, odljevci koje u normalnom stanju možemo zavarivati, mogu uslijed raznih vanjskih utjecaja izgubiti tu sposobnost. Ovo se događa ako su

dugo izloženi djelovanju pregrijane pare, visokim temperaturama i kiselinama. Zavarivanje više nije moguće jer je materijal promijenio strukturu. Kod zavarivanja se to primjećuje kada se osnovni materijal dobro ne spaja s dodatnim ("bježi" i "kipi").

2.2. Izvođenje zavarivanja

Sivi lijev se može zavarivati na toplo i na hladno a može se i lemiti. Zavarivanje na toplo izvodi se elektrolučnim ili plinskim postupkom. Zavarivanje na hladno izvodi se samo ručnim elektrolučnim postupkom (REL).

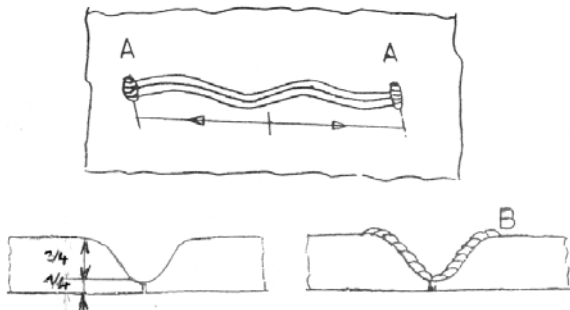
Kod zavarivanja na toplo radni komad predgrijava se na temperaturu oko 600 do 650 °C te se na toj temperaturi mora održavati za cijelo vrijeme zavarivanja. Nakon zavarivanja dio se mora polagano hladiti. Ovaj postupak zahtijeva posebno napravljene peći. Toplo zavarivanje plinskim postupkom ima tehniku rada istu kao kod normalnog plinskog zavarivanja. Plamenik se bira prema debljini komada a plamen se namješta neutralno. Dodatni materijal su štapići (šipke) od sivog lijeva. <Na taljevini sivog lijeva stvara se čvrsta kožica željeznog oksida koju treba otkloniti. Ovo se vrši dodavanjem praška za taljenje na vrhu šipke i posipanjem mjesta zavarivanja. Šipke mogu biti i obložene topiteljem. Praškovi se kupuju već pripremljeni kao prašak za zavarivanje sivog lijeva a po broju (oznaci) obično odgovaraju oznaci šipke za zavarivanje (plinsko zav. na toplo vidi sliku 2.).



Slika 2. Primjer djela zavarenog na toplo sa šipkom Castolin 14F/14

Elektrolučno zavarivanje na toplo zahtijeva isto tako zagrijavanje (500 do 600 °C) radnog komada. Zagrijavanje ne smije biti brže nego oko 100 °C/h. Zavarivanje se vrši obloženom elektrodom od sivog lijeva. Žlijeb se priprema u obliku V ili U. Često se pri zavarivanju primjenjuju podloške. Zavarivanje se izvodi u vodoravnom položaju. Kod zavarivanja vrši se spiralno gibanje vrha elektrode. Količina taljevine je velika. Nakon zavarivanja mora se osigurati što sporije hlađenje. REL zavarivanje na toplo ima kvalitetan zavar sastava osnovnog materijala. Kod predmeta komplicirane izrade ili pak manjih pukotina izbjegava se zavarivanje na toplo.

REL zavarivanje na hladno obavlja se specijalnim nikal, monel ili feronikal obloženim elektrodama. Monel elektrode imaju oko 70% Ni i 30% Cu. Nikal elektroda je skoro čisti nikal (98% Ni). Elektrodama od čistog nikla postiže se najbolji **rezultat** kod zavarivanja. Priprema žlijeba za REL zavarivanje sivog lijeva na hladno se obično izvodi u U obliku sa širim otvorom i zaobljenim ivicama žlijeba (vidi sliku 3.).

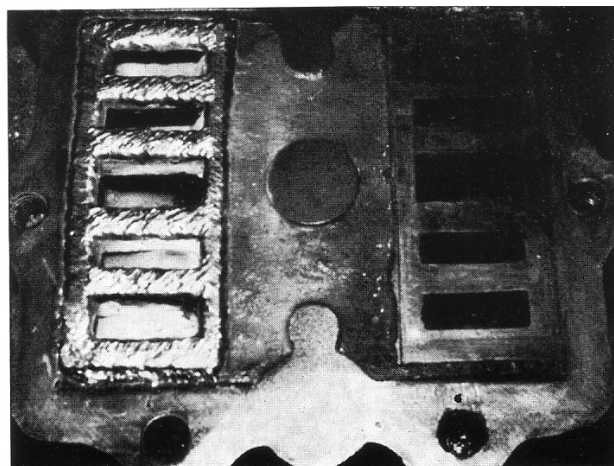


Slika 3. Priprema žlijeba za zavarivanje sivog lijeva REL postupkom na hladno. A-zavareni krajevi u svrhu sprečavanja daljnjeg širenja pukotine. B- nanoseni prijelazni sloj.

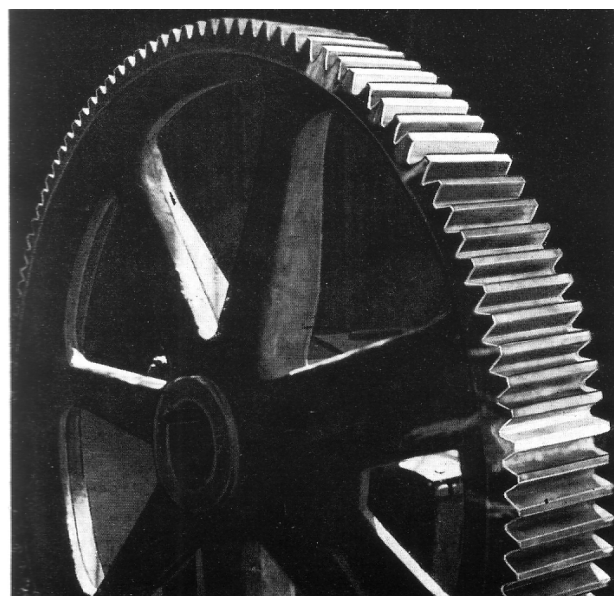
Površinsku nečistoću treba obvezno očistiti uz rub žlijeba do metalnog sjaja. Ovome treba posvetiti posebnu pažnju jer je čistoća žlijeba vrlo važna za kvalitetno izvođenje zavara. Obrada žlijeba vrši se sjekačem ili malim glodalom te brušenjem ili žlijebljenjem ugljenom elektrodom. Duljina i oblik pukotine može se utvrditi penetranskim tekućinama jer često okom to nije moguće. Da bismo spriječili mogućnost širenja pukotine, na krajevima pukotine mogu se izvesti poprečne zavare koje bi trebale spriječiti moguće nove pukotine nastale kod zavarivanja (vidi sliku 3.). Umjesto poprečnih zavara na kraju pukotine mogu se izbušiti rupe. Najprije se navaruje prijelazni sloj na stranice žlijeba s elektrodom $\phi 2,0$ mm i $\phi 2,5$ mm. Ovi navari izvedu se u žlijebu i izvan žlijeba. Daljnje zavarivanje vrši se kratkim zavarima 1 do 2 cm, nakon čega se odmah radi raskivanje toplog zavara. Nastavak slijedi kad se na zavareno mjesto može položiti dlan ruke bez opasnosti od opekotina (otprilike 50°C). Vrh elektrode **vodimo** u obliku spirale male širine i uz što kraći luk. Zavarivanje se **izvodi** od sredine prema van, a ukoliko kod zavarivanja primijetimo da se prvi sloj dobro ne veže, ili je porozan, to upućuje na postojanje nečistoća, ili je materijal izgubio svojstvo zavarljivosti. U tom slučaju ovaj sloj treba skinuti i ponoviti zavarivanje. Primjeri zavara vidi na slici 4. i 5. Tvrdo lemljenje sivog lijeva izvodi se predgrijavanjem osnovnog materijala na oko 400°C a temperatura vezanja je oko 775°C .

Mogućnost pojave unutarnjih napetosti, pukotina i deformacija znatno je smanjena. Čvrstoća je približno kao kod zavarivanja. Dodatni materijal je mjed (58-62%Cu). Dezoksidans, odn. topitelj odgovara dodatnom materijalu.

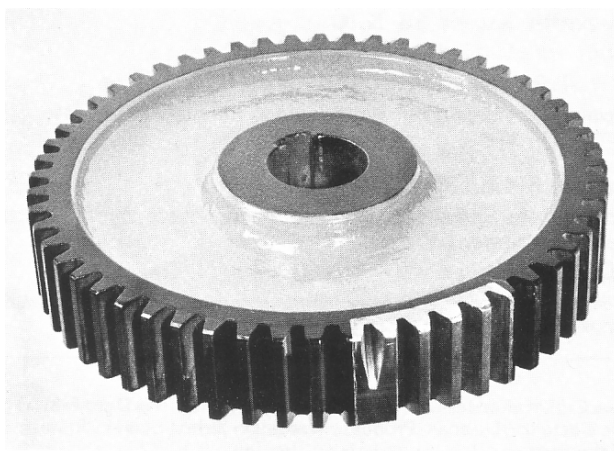
Veličina plamenika odabire se prema debljini stijenke. Plamen je neutralan a postupak spajanja je ulijevo. Primjere tvrdog lemljenja sivog lijeva vidi na slikama 6. i 7.



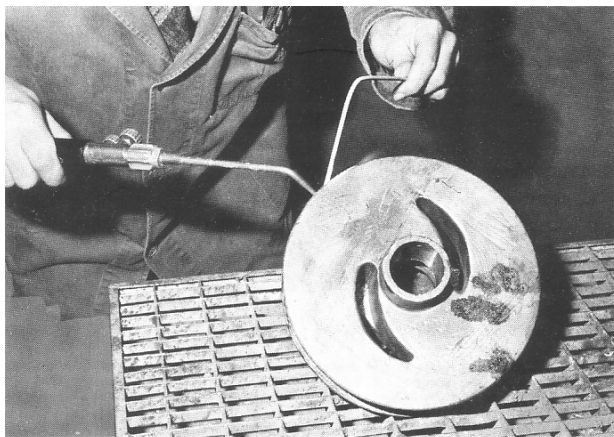
Slika 4. - Zavarivanje izvedeno REL postupkom na hladno s elektrodom UTP8



Slika 5.-Zupčanic,zavarivanje izvedeno REL postupkom na hladno,osnovno s elektrodom UTP8 ,a ispuna s elektrodom UTP8FN



Slika 6. Zupčanic popravljen šipkom Castolin 185 XFC



Slika 7. Popravak rotora pumpe s šipkom Castolin 185 XFC

3. ZAKLJUČAK

Manje strojne dijelove zavarivat ćemo plinskim postupkom na toplo. Zavarivanje je jednostavno, jeftino a postupak ekonomičan. Dijelove srednjih veličina, gdje nemamo mogućnosti deformacija ni demontaže, kao što su dijelovi crpka, blokovi motora, postolja strojeva i dr., najlakše je zavarivati REL postupkom na hladno. Na tržištu imamo puno proizvođača dodatnih materijala (šipke i elektrode) za zavarivanje sivog lijeva. Od renomiranih proizvođača to su Castolin Eutetic, UTP, Bohler, ESAB, Elektrode Jesenice, Elektroda Zagreb i drugi. Kvaliteta je obično povezana s cijenom.

4. LITERATURA

CASTOLIN EUTECTIC, priručnik A.M.I. Commerce Zagreb

Filetin T., Kovačiček F., Indof J. (2002) Svojstva i primjena materijala, FSB Zagreb

Grubić K., Živčić M. (1990) REL ZAVARIVANJE Društvo za tehniku zavarivanja Hrvatske, Zagreb

Ruge J. (1974) Handbuch der Schweisstechnik, Springer-Verlag, Berlin

UTP priručnik, Freiburg, SR Njemačka

Živčić M. (1975) Zavarivanje i srodni postupci, društvo za tehniku zavarivanja SRH Zagreb

Živčić M., Remenar I. (1972) Zavarivanje, društvo za tehniku zavarivanja Hrvatske Zagreb

CO₂ KAO RADNA TVAR U SUVREMENIM RASHLADNIM SUSTAVIMA

Mađerić D.¹, Kondić Ž.¹, Botak Z.¹

¹ Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Štetni utjecaj konvencionalnih radnih tvari na okolinu, doprinio je pojačanom interesu za „prirodne“ radne tvari u koje spada i CO₂. Brojna istraživanja, probne instalacije i serijska proizvodnja provedena zadnjih petnaestak godina daju ohrabrujuće naznake da bi CO₂ mogao postati efikasna i ekološki prihvatljiva radna tvar sa širokom primjenom u modernim rashladnim sustavima.

Ključne riječi: CO₂, hlađenje, rashladni sustav, radna tvar, transkritični rashladni sustav, kaskadni rashladni sustav

Abstract: Conventional refrigerant adverse impact on the environment has contributed to increasing interest in the CO₂ and other “natural” refrigerants. Wide research, prototype installations and serial production conducted in the last fifteen years provide promising indications that the CO₂ could become efficient and environmentally acceptable refrigerant with wide application in modern refrigeration systems.

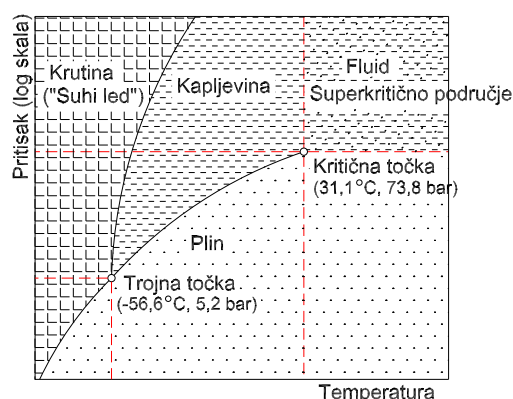
Key words: CO₂, refrigeration, refrigeration system, refrigerant, transcritical refrigeration system, cascade refrigeration system

1. UVOD

Prve studije koje predlažu CO₂ kao radnu tvar u kompresijskom rashladnom sustavu pojavile su se još polovicom 19. stoljeća, a 1886. napravljen je prvi kompresor. CO₂ kao radna tvar je u širokoj upotrebi početkom 20. stoljeća. Njegova popularnost temeljila se na njegovim osnovnim prednostima u odnosu na druge, dotad poznate radne tvari: niskoj cijeni, nezapaljivosti i neotrovnosti. Međutim navedenih prednosti CO₂ kao radna tvar, imao je i bitne nedostatke: niski stupanj iskorištenja i visoke pritiske u rashladnim sustavima. Kada su se 30-ih godina 20. st. pojavili klorofluorugljici (CFC) i klorofluorugljikovodici (HCFC) kao sintetizirane radne tvari koje su karakterizirali visoki stupanj iskorištenja i niski pritisci u rashladnim sustavima, činilo se da je pronađeno idealno rješenje, i CO₂ je potpuno potisnut iz upotrebe. Kada je krajem 20. st. ustanovljen negativni utjecaj CFC i HCFC na okolinu u vidu uništavanja ozonskog sloja i visokog utjecaja na globalno zagrijavanje Zemlje, CO₂ sa svojim karakteristikama ponovno postaje interesantan. CO₂, naime, ne oštećuje ozonski omotač a utjecaj na globalno zagrijavanje izražen preko GWP (Global Warming Potential) mu je višestruko manji u usporedbi s CFC i HCFC. Tako primjerice GWP za CO₂ iznosi 1, za R404a - 3260, za R134a - 1300, za R22 - 1500, a za R12 - 8100.

2. SVOJSTVA CO₂

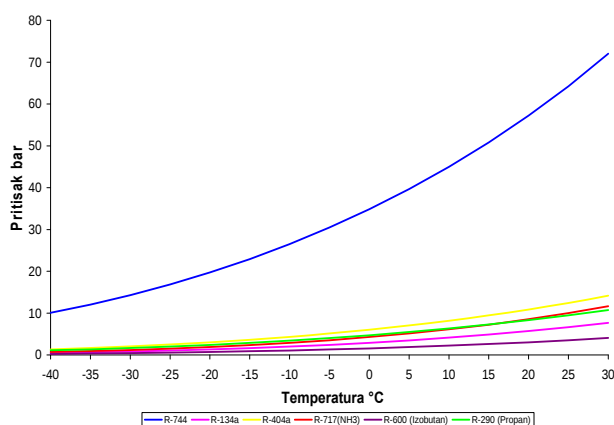
Osnovna karakteristika CO₂ kao radne tvari, koji se u rashladnoj tehnici označava kao R-744, relativno su niske temperature trojne i kritične točke. Kritična temperatura iznosi 31,1 °C i njoj odgovara pritisak od 7,38 MPa, dok temperatura trojne točke iznosi -56,6 °C i njoj odgovara pritisak od 0,52 MPa.



Slika 1. Krivulje napetosti za CO₂

Slika 1 prikazuje kvalitativno, krivulje napetosti za CO₂. Na njoj su označene dvije važne točke: trojna točka i kritična točka. Trojna točka predstavlja uvjete u kojima mogu koegzistirati sva tri agregatna stanja, drugim riječima to je donja granična točka kod koje se prijenos topline može vršiti procesom isparavanja ili kondenzacije. S druge strane kritična točka predstavlja gornju takvu granicu. Pojam „kritična“ ne označava nešto „opasno“, već označava da u području iznad te točke ne postoji jasno razgraničenje između tekuće i plinovite faze. Linija ispod trojne točke naziva se linija sublimacije. To je područje gdje se prijelaz između krute i plinovite faze vrši direktno bez sudjelovanja tekuće faze kao međufaze procesa. Proces sublimacije krute faze CO₂ („suhi led“) u plinovitu fazu, kod atmosferskog pritiska događa se na temperaturi od -78 °C što daje mogućnost da se proces koristi u rashladnoj tehnici. Sama sublimacija „suhog leda“ osigurava 577 kJ/kg rashladnog učina. Ako se još tome doda toplina koju plinoviti CO₂ preuzme na sebe, zagrijavanjem od -78 °C do npr. 0 °C, rashladni će učin biti 640 kJ/kg.

Druga bitna karakteristika R-744 su mnogo viši radni pritisci u usporedbi s rashladnim sustavima napunjenim klasičnim radnim tvarima (slika 2.).



Slika 2. Dijagram temperatura zasićenja radnih tvari s pripadajućim pritiscima

Ova karakteristika nosi sa sobom i pozitivne i negativne efekte. Negativni utjecaj je taj što komponente rashladnog sustava moraju biti dimenzionirane tako da izdrže ovako visoke radne pritiske i što veća pažnja treba biti posvećena spojevima komponenti i cjevovoda zbog mogućih propuštanja. Pozitivni efekt očituje se u tome što zbog visokih pritisaka R-744 ima veliku gustoću. Kao rezultat toga R-744 za istu rashladnu snagu zahtijeva kompresore nekoliko puta manjih radnih volumena u odnosu na ostale radne tvari (primjerice 6-8 puta manji u odnosu na kompresore za R134a), a i cijevi i armatura su značajno manjih promjera. Na taj se način akumulirana eksplozivna energija sustava, na koji utječu znatno viši pritisci i znatno manje dimenzije komponenata, ne mijenja značajno u odnosu na rashladne sustave punjene klasičnim radnim tvarima.

Običaj je u rashladnoj tehnici da se pad tlaka uslijed linijskih i lokalnih gubitaka izražava preko temperature (u Kelvinima) i to zbog toga što u zasićenom području (gdje koegzistiraju i tekuća i plinovita faza radne tvari), svaka temperatura ima svoj odgovarajući pritisak i obrnuto. Kod R-744, zbog visokih radnih tlakova, pad tlaka uslijed linijskih i lokalnih gubitaka, u tlačnim i usisnim cjevovodima, ima manju odgovarajuću vrijednost izraženu preko temperature u K, što značajno pridonosi većem stupnju iskorištenja procesa, naročito kod rashladnih procesa s niskim temperaturama isparavanja. Stupanj iskorištenja procesa izražava se preko COP-a (Coeficient Operating Performance) i predstavlja odnos između ostvarene rashladne snage i uložene snage (obično električne) u proces. COP se može izraziti za kompresor ili za cijeli rashladni sustav. Ako se COP izražava samo za kompresor, onda se za uloženu snagu uzima samo snaga koju on troši. Ako se COP izražava za cjelokupni rashladni sustav, onda se u nazivniku uzima zbroj svih uložениh snaga, a u što pored kompresora ulaze i snage ventilatora i crpka ako su uključene u proces.

Kompresijski omjeri su kod R-744 20-50-% niži u odnosu na kompresijske omjere kod rashladnih sustava punjenih HCFC ili amonijakom, što kao rezultat daje već volumetrički i izentropski stupanj iskorištenja.

R-744 također posjeduje bolja svojstva za prijenos topline, u odnosu na konvencionalne radne tvari, i omogućava da razlika između temperature isparavanja i temperature hlađene okoline bude manja. Na taj način temperatura isparavanja može biti viša, što utječe na povećanje rashladnog kapaciteta i COP-a. Primjerice, u usporedbi s R404a, R-744 može omogućiti višu temperaturu isparavanja za najmanje 2 K. Također je, zbog toga što razlici temperature od 1 K odgovara relativno velika razlika pritiska, moguće nametnuti veće brzine strujanja što značajno pridonosi boljem prijenosu topline. To omogućava smanjenje dimenzija izmjenjivača topline (isparivača i kondenzatora), a time i niže investicijske troškove.

CO₂ je u usporedbi s drugim radnim tvarima, jeftina radna tvar jer može biti proizveden kao nusprodukt nekih tehnoloških procesa. On je nazapaljiv i neotrovan iako ne bezopasan. Iako je glavni uzrok globalnog zatopljanja jer nastaje kao osnovni produkt izgaranja, njegovo korištenje u rashladnim sustavima ne mora se tretirati kao dodatni problem, jer se on može sakupiti i iskoristiti kao radna tvar u rashladnom sustavu prije nego što će ionako završiti u atmosferi. CO₂ je kompatibilan s gotovo svim konstrukcijskim materijalima (osim nekim materijalima za izradu brtvi) i uljima koja se koriste za podmazivanje, i kao takav ne zahtijeva dodatne troškove za pronalaženje nekih specijalnih materijala za komponente i instalacije.

3. TRANSKRITIČNI RASHLADNI PROCES

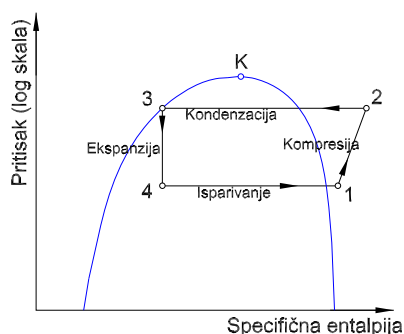
Kao što je već spomenuto, kritična temperatura za CO₂ kao radnu tvar u rashladnoj tehnici, iznosi 31,1 °C, što je relativno niska temperatura u usporedbi s kritičnim temperaturama ostalih radnih tvari. Samim time je i određena max. temperatura kondenzacije u klasičnom kondenzacijskom rashladnom sustavu. Da bi se proces kondenzacije mogao odvijati, temperatura okoline na koju se toplina prenosi, mora biti nešto niža. To se može ostvariti na način da je temperatura okoline (najčešće zrak ili voda) prirodno niža ili da se to ostvari na posredan način, upotrebom posebnog rashladnog sustava. Ovakav se sustav naziva kaskadni rashladni sustav.

Radna tvar	Kritični pritisak [bar]	Kritična temperatura [°C]
R134a	40,6	101,1
R404a	37,3	72,0
R410a	49,0	71,4
R290 (Propan)	42,5	96,7
R600a (Izobutan)	36,4	134,7
R717 (Amonijak)	113,3	132,3
R744 (CO ₂)	73,8	31,1

Tablica 1. Kritične veličine za neke češće korištene radne tvari

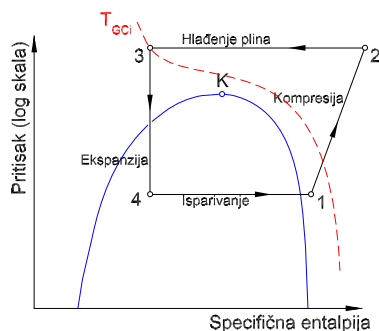
Ako temperatura pri kojoj R-744 predaje toplinu okolini, prijeđe kritičnu temperaturu onda ovaj proces više nije kondenzacija, već ulazi u „superkritično“ područje i

predstavlja hlađenje plinske faze radne tvari. Bitna razlika između kondenzacije i hlađenja plina je ta što se kondenzacija odvija pri konstantnoj temperaturi a proces hlađenja plina karakterizira stalna promjena temperature. Oba ova procesa odvijaju se kod približno konstantnog pritiska. Izmjenjivač topline u kojem se ovaj proces odvija, više nije „kondenzator“, već se u engleskoj terminologiji naziva „gas cooler“ (hladnjak plina). Rashladni proces gdje radna tvar predaje toplinu okolini procesom hlađenja plina („superkrično“ područje), a preuzima toplinu iz okoline koja se hladi procesom isparavanja („subkrično“ područje), naziva se „transkritični“ rashladni proces.



Slika 3. Subkritični rashladni proces

„Transkritični“ proces, prikazan na slici 3 počinje jednostupanjskom kompresijom od točke 1 do točke 2. Prijenos topline s rashladnog sredstva na okolinu (2-3) odvija se kod približno konstantnog pritiska, iznad kritične točke. Temperatura se pri tome kontinuirano smanjuje od ulazne (T_2) do izlazne ($T_3=T_{GC}$). Proces ekspanzije (3-4) odvija se kod približno konstantne specifične entalpije. Isparivanje (4-1) se kao i kod klasičnog kondenzacijskog rashladnog procesa odvija kod približno konstantnog pritiska.



Slika 4. Transkritični rashladni proces

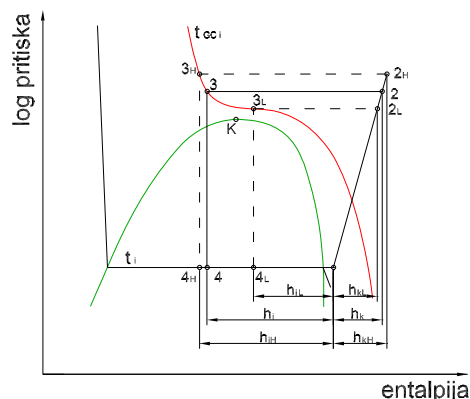
Idealna energetska bilanca daje:

$$Q_{GC} = P_i + W \quad (1)$$

gdje Q_{GC} predstavlja toplinu predanu hladnjakom plina („gas cooler“), P_i toplinu koju radna tvar preuzima prilikom isparavanja, a W – rad kompresora.

3.1. Utjecaj pritiska u hladnjaku plina na efikasnost rashladnog sistema

Pritisak kod kojeg se odvija taj prijenos topline, može biti kontroliran i nekontroliran. Pritisak je nekontroliran za procese koji koriste npr. kapilaru kao ekspanzijski organ. U takvim sustavima pritisak ovisi o količini radne tvari u rashladnom sustavu, te o njezinoj distribuciji između komponenata sustava. Distribucija radne tvari između komponenata mijenja se promjenom parametara rashladnog procesa pa će to rezultirati promjenjivim pritiskom u hladnjaku plina.



Slika 5. Utjecaj promjene pritiska u hladnjaku plina na rashladni proces

Na slici 5 prikazana su tri različita procesa. Svi oni imaju iste temperature isparavanja, isto stanje temperature i pritiska na izlazu iz isparivača, odnosno na ulazu u kompresor te istu temperaturu na izlazu iz hladnjaka plina. Oni se jedino razlikuju po pritiscima u hladnjaku plina. Slika ilustrira posljedice promjene pritiska u hladnjaku plina od $\pm 0,5$ MPa. Proces čije su točke označene slovom L (Low), predstavlja proces s nižim pritiskom u odnosu na referentni, a proces s oznakom H (High) predstavlja proces s višim pritiskom u hladnjaku plina. Utjecaj povećanja/smanjenja pritiska evidentno se vidi kroz promjenu entalpije Δh_i koja se odnosi na isparivač i entalpije Δh_k koja se odnosi na kompresor. Kako umnožak:

$$\dot{m}^* \Delta h_i = P_i \quad (2)$$

predstavlja rashladnu snagu realiziranu na isparivaču a

$$\dot{m}^* \Delta h_k = W \quad (3)$$

predstavlja snagu koju troši kompresor, onda prema definiciji proizlazi:

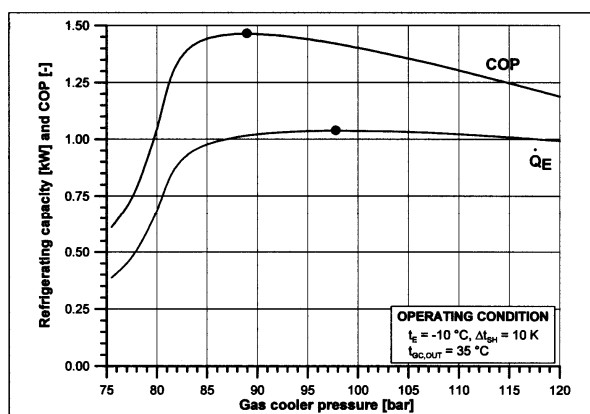
$$COP = \frac{P_i}{W} = \frac{\dot{m}^* \Delta h_i}{\dot{m}^* \Delta h_k} = \frac{\Delta h_i}{\Delta h_k} \quad (4)$$

a to je odnos koji se i vizualno može vidjeti s obzirom na to da je na slici predstavljen kotom, tj. duljinom.

Za konkretni slučaj rashladni kapacitet procesa s nižim pritiskom u hladnjaku plina je 64% rashladne snage nominalnog procesa, dok je rashladni kapacitet procesa s višim pritiskom, 106% rashladne snage nominalnog procesa. To pokazuje da pritisak u hladnjaku plina ima značajan utjecaj na rashladnu snagu. Ako sada

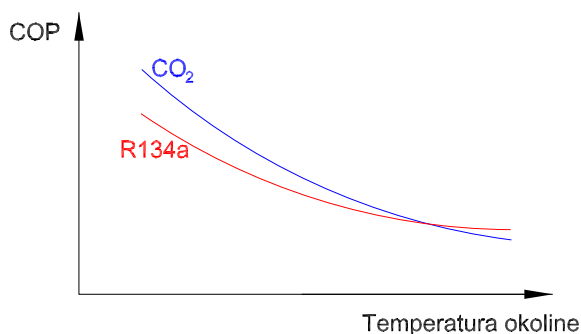
pogledamo promjenu snage koju kompresor troši, onda vidimo da za promjenu pritiska hladnjaka plina od $\pm 0,5$ MPa iznosi otprilike $\pm 10\%$. Ako sada ove vrijednosti uvrstimo u relaciju za COP, dobivamo da je $COP_L = 1,8$, nominalni $COP = 2,6$, a $COP_H = 2,5$.

Iz navedenog se može zaključiti da utjecaj pritiska u hladnjaku plina, ovisno od područja u kojem promatramo, može biti znatan. Također se vidi da s obzirom na COP, postoji optimalni pritisak kod kojeg je COP maksimalan, i taj pritisak je ovisan o temperaturi na izlazu iz hladnjaka plina. Ova pak je temperatura ovisna o veličini i koeficijentu prijelaza topline hladnjaka plina kao i o okolišnoj temperaturi.



Slika 6. Ovisnost optimalnog COP-a i maksimalne rashladne snage o pritisku u hladnjaku plina (Preuzeto iz Danfoss: "Transcritical refrigeration systems using CO₂")

Slika 6 pokazuje varijaciju rashladnog kapaciteta i COP za rashladni sustav koji radi kod konstantnog pritiska isparivanja, temperature pregrijavanja i temperature na izlazu iz hladnjaka plina. Može se vidjeti da se optimalni rashladni kapacitet dostiže kod višeg pritiska u hladnjaku plina, nego što je to slučaj za COP. Ako se promjene parametri rada rashladnog sustava, promijenit će se i optimalni pritisak u hladnjaku plina.



Slika 7. Ovisnost COP-a o temperaturi okoline

Slika 7 prikazuje kvalitativnu ovisnost COP-a o temperaturi okoline za CO₂ u transkritičnom rashladnom procesu i jednu klasičnu radnu tvar (R134 a). Vidljivo je da se COP za CO₂ u usporedbi s COP-om za klasične radne tvari brže mijenja s promjenom temperature i da je

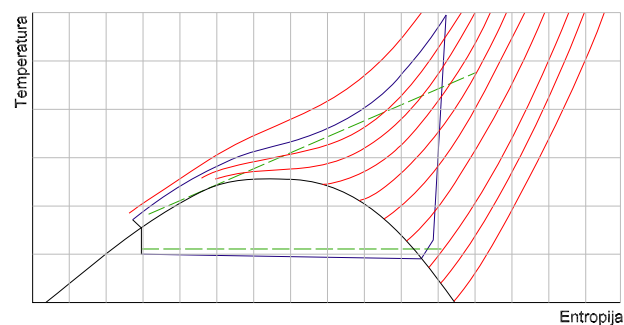
veći u području nižih temperatura, a nešto niži u području viših temperatura.

Zbog svega navedenog za „transkritične“ rashladne procese pokazalo se svrsishodnijim, kontrolirati pritisak u hladnjaku plina, nego koristiti klasični termoeekspanzijski ventil koji kontrolira pritisak u isparivaču. Izmjenjivač topline gdje se izmjenjuje topline između usisnog voda kompresora i voda koji povezuje izlaz hladnjaka plina i ekspanzijskog ventila, može poboljšati efikasnost rashladnog sustava, ali pri tome treba, kod jednostupanjskih kompresijskih sustava obratiti pažnju da izlazna temperatura radne tvari na izlazu iz kompresora ne bude previsoka.

3.2 Primjena „transkritičnih“ CO₂ rashladnih sustava

Prva primjena „transkritičnih“ rashladnih sustava s CO₂ kao radnom tvari bila je kod zagrijača vode koji rade kao toplinske crpke, gdje termodinamička svojstva CO₂ dolaze do punog izražaja. Proces grijanja vode postiže se protustrujnim izmjenjivačem topline koji s jedne strane grije vodu, a s druge predstavlja hladnjak plina transkritičnog rashladnog sustava. Zbog visoke temperature CO₂ na izlazu iz kompresora i stalnog pada temperature u hladnjaku plina, mogu se realizirati male temperaturne razlike između vode i CO₂ što utječe na visoki termodinamički stupanj iskorištenja i visoki COP.

Tako se može ostvariti COP više od 4, a da izlazna temperatura zagrijane vode dosegne 60°C. Pokazalo se da temperatura zagrijane vode bez dogrijavanja i operativnih problema može dosegnuti 90°C i to s neznatnim padom COP-a. Grijači vode s R-744 su već u serijskoj proizvodnji i primjenjuju se u hotelima, apartmanima, bolnicama i procesnoj industriji.



Slika 8. Transkritični rashladni proces u funkciji zagrijavanja vode.

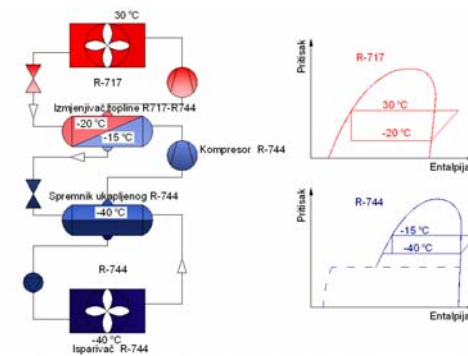
Provedena su mnogobrojna istraživanja oko primjene „transkritičnih“ CO₂ rashladnih sustava u automobilske industriji (za klima-uređaje), koja zbog svoje masovne proizvodnje slovi kao najveći zagađivač okoline freonima. Dobiveni su ohrabrujući rezultati, manje dimenzije kompresora i kompletne instalacije te se možemo nadati da će se u skoroj budućnosti naći u masovnoj proizvodnji.

Kompanije „Coca-Cola“, „Mc Donalds“ i „Unilever“ osnovali su na jednodnevnoj konferenciji 2004. udruženje „Refrigerants naturally“ čiji je cilj zamijeniti kompletnu rashladnu opremu (koju te kompanije koriste i koja kao radne tvari koristi HFC i HCFC), opremom punjenom ekološki prihvatljivom radnom tvari. Kasnije su se ovom udruženju pridružile kompanije „Carlsberg“, „Ikea“ i „PepsiCo“. Provedena su mnoga istraživanja i CO₂ je pokazao niz prednosti koje bi ga mogle promovirati u „radnu tvar budućnosti“. Kompanije „Danfoss“, „Embraco“ i „ACC-Compresors“ već su napravile prototipne uzorke jednostupanjskih klipnih kompresora manjih snaga koji se mogu koristiti u komercijalnom hlađenju. „Danfoss“ je već na pragu serijske proizvodnje za kompresore 1, 1.5 i 2.5 cm³ radnih volumena koji su sposobni za rad u transkritičnim rashladnim procesima. Ovi su kompresori sposobni pokriti područje komercijalnog hlađenja koje čine frižideri, vending aparati, uređaji za hlađenje vode, piva, ledomati, postmix uređaji i sl. Tvrtka „Oprema-uredjaji“ iz Ludbrega je u 11/06 izložila prototipni uređaj za hlađenje piva na sajmu „Brau“ u Nurnbergu, koji koristi Danfoss kompresor 2.5 cm³ i radi kao transkritični rashladni proces. Autori ovog članka sudjelovali su u razvoju i laboratorijskom testiranju ovog prototipnog uređaja. Kad i ako komponente za CO₂ hlađenje uđu u masovnu proizvodnju, rashladni uređaji će i cijenom moći biti konkurentni sadašnjim punjenim freonima.

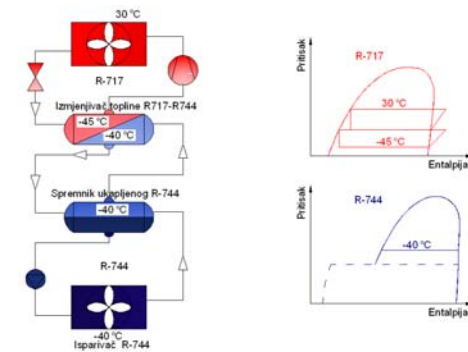
3. CO₂ KAO RADNA TVAR U KASKADNOM RASHLADNOM SUSTAVU

3.1 Industrijsko hlađenje uz primjenu kaskadnog rashladnog sustava

Slika 9 prikazuje rashladni sustav za duboko hlađenje gdje se CO₂ koristi kao radna tvar u donjoj kaskadi dok se u gornjoj kaskadi koristi amonijak. Treba napomenuti da se temperatura kondenzacije amonijaka (koja je ovdje uzeta 30°C) mijenja s promjenom temperature okoline i obično je za 10-15 °C, viša od temperature okoline. Tekući R-744 se ovdje koristi u tzv. indirektnom rashladnom sustavu gdje se uz pomoć pumpe transportira iz spremnika ukapljenog CO₂ u isparivač gdje djelomično isparava i zatim se vraća u spremnik. Plinska faza R-744 se kompresorom uzima iz spremnika i komprimira na viši tlak te transportira u izmjenjivač topline. Tamo se odvija kondenzacija pa se tekući CO₂ vraća u spremnik. Izmjenjivač topline koji predstavlja kondenzator niže kaskade (CO₂), istovremeno je i isparivač više kaskade (R-717). Vidimo da se kompletni rashladni proces za CO₂ odvija ispod kritične točke, duboko u „subkritičnom“ području gdje su radni tlakovi na razini kao u sustavima s klasičnim rashladnim sredstvima (za temperaturu -40 °C pripadajući pritisak zasićenja ~1 MPa, za -15 °C, 2,3 MPa)



Slika 9. Kaskadni rashladni sustav



Slika 10. Kaskadni rashladni sustav

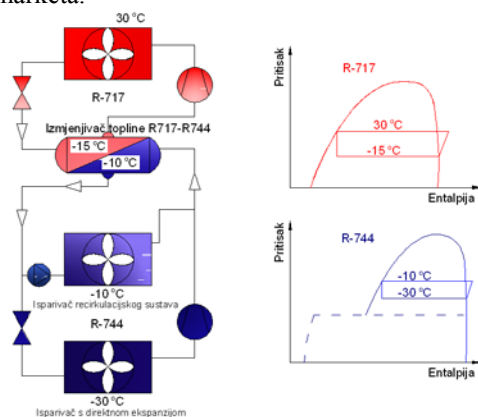
Slika 10 prikazuje također kaskadni rashladni sustav gdje R-744 kao radna tvar u indirektnom sustavu hlađenja kroz isparivač struji pomoću crpke. U odnosu na rashladni sustav na slici 8 ovaj rashladni sustav nema kompresor za CO₂ pa amonijak treba isparavati na temperaturi (-45°C) nižoj od temperature CO₂ (-40°C). Zbog visokih kompresijskih omjera za amonijak se koristi dvostupanjski kompresor. Rashladni sustavi koji su shematski prikazani na slikama 9 i 10 s navedenim temperaturama, uglavnom se koriste za duboko industrijsko hlađenje.

3.2. Hlađenje supermarketa

Supermarketi su veliki potrošači električne energije i ubrajaju se među najveće potrošače u komparaciji komercijalnih građevina. Od 1650 do 2700 MJ/m² energije godišnje. Od toga otprilike 40% se troši na hlađenje. Hlađenje troši 2 -2.5% ukupno potrošene energije u komercijalnim zgradama. Rashladni sustavi za hlađenje supermarketa su velikih snaga i dimenzija komponenti i cjevovoda tako da zahtijevaju veliku količinu radne tvari za punjenje. Prosječno se, što zbog kvarova, što zbog servisa a što zbog propuštanja sustava, oko 10% radne tvari godišnje ispusti u okolinu. Uočavamo da takvi rashladni sustavi dvojako utječu na globalno zatopljanje: potrošnjom energije (uglavnom električne) za čiju se proizvodnju u okolinu ispušta CO₂ kao produkt izgaranja i ispuštanjem radnih tvari koje su donedavno bile sve s visokim GWP-om. Kad se krajem 20. st. počelo voditi računa o stanju okoliša, postalo je interesantna upotreba „prirodnih“ radnih tvari, tj. onih koje ne oštećuju ozonski omotač i imaju mali GWP, ali pod uvjetom da istodobno rashladni procesi budu efikasni, tj. da troše energiju što je manje moguće.

U „prirodne“ radne tvari ubrajaju se voda, zrak, amonijak, ugljikovodici i CO₂. Voda i zrak imaju zbog svojih termodinamičkih svojstava velika ograničenja u primjeni i nisu pogodni biti radne tvari u hlađenju supermarketa. Amonijak i ugljikovodici imaju dobra termodinamička svojstva, ali nisu podesni, zbog mogućih propuštanja i zbog svojih svojstava zapaljivosti ili otrovnosti, za korištenje u prostorima gdje boravi puno ljudi. Zato je CO₂ kao radna tvar- logičan izbor iako se ne može reći da je to idealna radna tvar. CO₂ je neotrovan i ima ga u zraku koji svakodnevno udišemo u maloj koncentraciji. No, on je po život opasan ako se čovjek izloži većoj koncentraciji. Pored toga CO₂ je teži od zraka i u zatvorenim prostorima ima najveću koncentraciju pri podu. Ako još k tome dodamo da nema nikakav miris i da čovjek ne može osjetiti njegovu prisutnost, onda je jasno da supermarketi koji ga koriste kao radnu tvar moraju imati osjetnike koji će brzo dojaviti pojačavanje njegove koncentracije (zbog eventualnog propuštanja rashladnog sustava), i moraju imati dobru ventilaciju koja će brzo smanjiti njegovu koncentraciju.

Zbog svega navedenog, kao i zbog činjenice da kod hlađenja supermarketa postoji velika razlika između najniže temperature isparavanja (~-30°C) i temperature kondenzacije (+30°C ili više, ovisno o temperaturi okoline), svrsishodno je CO₂ sustave hlađenja za supermarkete projektirati kao kaskadni rashladni sustav. Slika 11 prikazuje tipični kaskadni rashladni sustav koji se koristi za hlađenje supermarketa. Gornja kaskada rashladnog sustava na slici kao radnu tvar koristi amonijak. U praksi se pored amonijaka provode ispitivanja s R404a i s R290 (propan). Cjevovodi gornje kaskade su smješteni u strojarnici, tako da eventualno propuštanje ne može naškoditi ljudima unutar prostora supermarketa.



Slika 11. Tipični kaskadni rashladni sustav za supermarkete

Kao opcije u sustav se prije kondenzatora može uključiti izmjenjivač topline koji će dio otpadne topline iskoristiti za grijanje prostora ili zagrijavanje sanitarne vode, što znatno poboljšava stupanj iskorištenja sustava. Hlađenje rashladnih vitrina, frižidera i ostalih hlađenih prostora čija se temperatura obično kreće u granicama +2 / +6 °C, provodi se indirektnim sustavom hlađenja, recirkulacijom tekućeg CO₂ temperature ~ -10 °C uz

pomoć crpke, dok se duboko hlađenje provodi direktnom ekspanzijom CO₂ na temperaturi isparavanja ~ -30 °C. Pritisci u donjoj kaskadi su ~2,65 MPa za temperaturu -10 °C, odnosno ~1,4 MPa za -30 °C što su pritisci koji se susreću i kod rashladnih sustava supermarketa punjenih konvencionalnim radnim tvarima. CO₂ je zbog svojih karakteristika: dobrog prijelaza topline i velike gustoće, koji rezultiraju relativno niskim potrebnim volumnim protokom te zbog malog pada tlaka, izuzetno pogodan za sekundarni fluid u indirektnom rashladnom sustavu. Crpke za recirkulaciju zahtijevaju malu snagu kao i sami isparivači. Zbog djelomične promjene agregatnog stanja i boljeg prijelaza topline, mogu biti manjih dimenzija što povoljno utječe na investicijske troškove.

Poteškoće nastaju kada je sustav u fazi mirovanja ili u fazi odleđivanja isparivača. Tada pritisak može porasti u znatnoj mjeri. Tako npr. temperaturi od +20 °C odgovara pritisak zasićenja od 5,7 MPa, a tu temperaturu sustav vrlo lako može doseći u fazi mirovanja, primanjem topline od okoline. Najčešća rješenja koja su na napravljenim instalacijama bila primjenjivana, bila su da se pomoću posebnog rashladnog sustava male snage ili rashladnog sustava u gornjoj kaskadi, održava temperatura CO₂ u donjoj kaskadi na razini koja osigurava prihvatljivu razinu pritiska ili da se izbacivanjem dijela CO₂ iz sustava, održava tlak na dopuštenoj razini.

Napravljena su mnoga istraživanja s ovakvim kaskadnim rashladnim sustavima i ustanovljeno da su uštede u utrošenoj energiji 11-15% u usporedbi s rashladnim sustavima s direktnom ekspanzijom, punjenim R404a. Investicijski troškovi na sadašnjoj razini cijena su oko 20% veći za CO₂ rashladne sustave iako se očekuje da će se masovnijom proizvodnjom komponenata oni postupno smanjivati. Investicijski troškovi mogu s vremenom postati i niži od investicijskih troškova rashladnih sustava s konvencionalnim radnim tvarima, zahvaljujući činjenici da zbog znatno viših pritisaka a time i veće gustoće radne tvari, CO₂ instalacije su osjetno manjih dimenzija. Time se štedi na materijalu, cijevi su manjih promjera, komponente su manjih dimenzija, a i smanjuju se troškovi samog izvođenja instalacije.

Rashladni sustav	Usisni/ povratni vod	Kapljevinski/ odlazni vod
Direktna ekspanzija R404a	 76/102 mm	 35 mm
Indirektno hlađenje sa sek. radnom tvari	 76/140 mm	 76/140 mm
Indirektno hlađenje s CO ₂ kao sek. radnom tvari	 54/116 mm	 35/73 mm
Direktna ekspanzija CO ₂ kao radne tvari	 42/68 mm	 22/48 mm

Tablica 2. Odnos promjera otvora cijevi i promjera izolacije za pojedine vrste rashladnih sustava, kod rashladne snage od 100 kW.

Rashladni sustav	TEWI	Potrošnja	Troškovi
------------------	------	-----------	----------

		energije	investicije
Direktna ekspanzija R404a	- *	+	+
Direktna ekspanzija CO ₂	+	+	O *
R404a indirektni sustav sa sek. fluidom	O	-	O
NH ₃ indirektni sustav sa sek. fluidom	O	O	-

+ dobro

O zadovoljavajuće

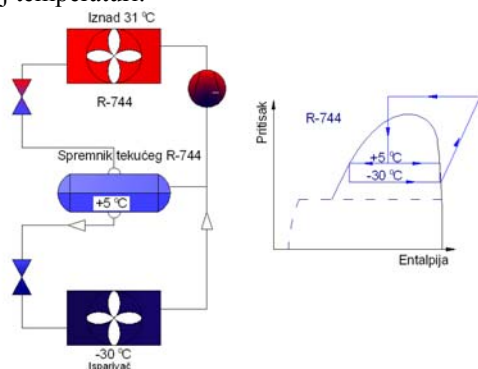
- nezadovoljavajuće

* potencijal za poboljšanje

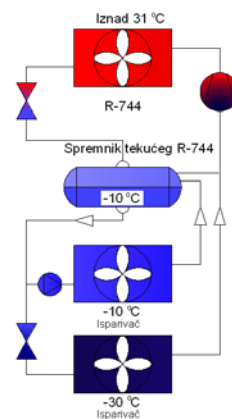
Tablica 3. Sveukupna procjena rashladnih sustava s obzirom na TEWI (Total equivalent warming impact odnosno ukupni utjecaj na globalno zagrijavanje), potrošnju energije i investicijske troškove

3.3. Hlađenje supermarketa transkritičnim CO₂ rashladnim sustavom

U najnovije vrijeme instaliraju se rashladni sustavi za hlađenje supermarketa punjeni samo CO₂. To su za sada malobrojne instalacije koje služe za ispitivanje i unapređivanje sustava. CO₂ predaje toplinu okolini u subkritičnom ili u transkritičnom području. Proces se odvija u subkritičnom području, kada su okolišne temperature dovoljno niske da se može odvijati proces kondenzacije. Kada temperatura okoline poraste, proces ulazi u transkritično područje. Sjever Europe je zbog svoje klime naročito pogodan za ovakve instalacije. Vrijeme, kad su temperature relativno visoke, (~>25°C) je s obzirom na ukupno vrijeme rada, relativno kratko tako da relativno niži COP transkritičnog procesa ne utječe znatno na ukupnu efikasnost rashladnog sustava. Osnovna prednost ovakvog rashladnog sustava, koji je punjen samo CO₂, je u tome što se, u odnosu na kaskadne sustave s nekom drugom tvari u gornjoj kaskadi, izbjegava temperaturna razlika na izmjenjivaču topline koji je isparivač gornje kaskade, odnosno kondenzator donje. Na taj način sustavu raste COP, a i samo punjenje je zbog niske cijene CO₂, jeftinije. Postoji također veliki potencijal za iskorištenje otpadne topline na relativno visokoj temperaturi.



Slika 12. Transkritični CO₂ rashladni sustav za duboko hlađenje



Slika 13. Transkritični CO₂ rashladni sustav za srednje i niske temperature hlađenja

4. ZAKLJUČAK

Sva provedena istraživanja i studije pokazali su da se CO₂ kao radna tvar sa svojim karakteristikama može ravnopravno nositi s drugim radnim tvarima. Stanje svijesti o okolini i briga o njezinom očuvanju mogla bi CO₂ promovirati kao radnu tvar za masovnu upotrebu. Neke razvijene europske zemlje već su napravile zakonsku regulativu koja ograničava i destimulira korištenje konvencionalnih radnih tvari. Vidjet će se, hoće li i kojom brzinom i ostale europske i svjetske države slijediti ovaj primjer. Pojedinačne mjere i napori neće uspjeti riješiti probleme s okolinom koji su globalni. Mnogo toga ovisi o SAD-u kao najvećoj svjetskoj gospodarskoj sili koja proizvodi najviše tzv. stakleničkih plinova, a nije pristupila sporazumu iz Kyota.

S tehničke strane, pokazalo se, na svim dosad napravljenim instalacijama da rashladni sustavi s CO₂ nemaju neke nepremostive probleme, a imaju niz prednosti. CO₂ je dio atmosfere tako da se ne mogu očekivati neki naknadni problemi i utjecaji na okolinu, kao što je to bilo s freonima. Kada komponente rashladnih sustava uđu u serijsku proizvodnju, može se očekivati daljnje snižavanje investicijskih troškova i još veća konkurentnost CO₂ kao radne tvari.

5. LITERATURA

2006 ASHRAE Handbook – Refrigeration, Poglavlja R03 i R46

Bitzer: Refrigerant report 13th edition

Danfoss: „Transcritical refrigeration system using carbon dioxide“ 2004.

Pearson Andy, Star Refrigeration Ltd: „Carbon dioxide – new uses for an old refrigerant“

Perales Cabrejas Carlos: „Parametric evaluation of a NH₃/CO₂ cascade system for supermarket refrigeration in laboratory environment“

<http://www.iucsek.se/upload/file/projekt%20Nat%20kol d%20co2/Master%20Thesis%20NH3-CO2%20jun06.pdf>

<http://www.refrigerantsnaturally.com>

KONTINUIRANA REGULACIJA TLAKA VODE U CJEVOVODU KORIŠTENJEM CENTRIFUGALNE CRPKE NAPAJANE IZ FREKVENCIJSKOG PRETVARAČA S UGRAĐENIM PID REGULATOROM

Horvatić M.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Potrošnja vode industrijskog postrojenja ili kućanstva značajno se mijenja tijekom dana. Promjena potrošnje izaziva promjenu tlaka vode u cjevovodu na koji su trošila priključena. Kako bi se osigurao konstantan tlak vode, unatoč promjeni potrošnje, pogodno je upotrijebiti regulaciju tlaka s kontinuiranom regulacijom brzine vrtnje centrifugalne crpke u crpnom postrojenju. Princip regulacije tlaka, te izvedba takve regulacije korištenjem frekvencijskog pretvarača opisani su u članku.

Ključne riječi: regulacija tlaka, centrifugalna crpka, frekvencijski pretvarač

Abstract: Water consumption in industrial plants or households changes significantly during the day. Consumption variation causes a change of water pressure in piping which the loads are attached to. In order to ensure constant water pressure despite the consumption variation, pressure regulation with constant regulation of centrifugal pump rotation speed should be used. This paper describes the pressure regulation principle and its implementation using the frequency converter.

Key words: pressure regulation, centrifugal pump, frequency converter

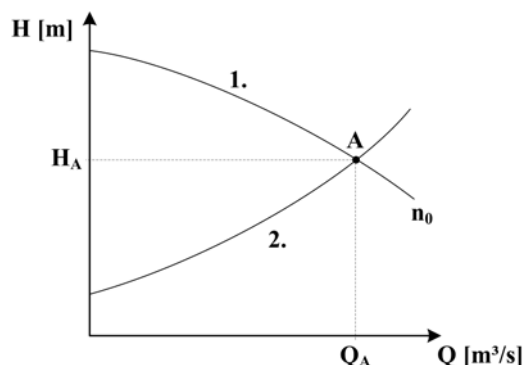
1. UVOD

U industrijskim postrojenjima i kućanstvima tijekom dana dolazi do promjena u potrošnji vode što uzrokuje promjene tlaka u cjevovodu. Ovaj problem se u prošlosti uspjelo djelomično riješiti korištenjem više centrifugalnih crpka u crpnim stanicama, koje su prema potrebi uključivane da bi nakon toga radile nazivnom snagom. Zbog nepostojanja kontinuirane regulacije brzine vrtnje takvih crpka, dolazi do povećanja tlaka iznad željene razine što nepovoljno djeluje na vremensku trajnost crpka i ventila. Dodatni nedostatak takvog načina rada su nepotrebni gubici električne energije koji se javljaju zbog crpka koje rade punom snagom. Danas se za osiguranje konstantnog tlaka vode u cjevovodima koristi kontinuirana regulaciju brzine vrtnje crpke koja omogućava efikasno prilagođavanje snage crpke trenutnim pogonskim uvjetima u postrojenju.

2. KARAKTERISTIKA CRPKE I CJEVOVODA

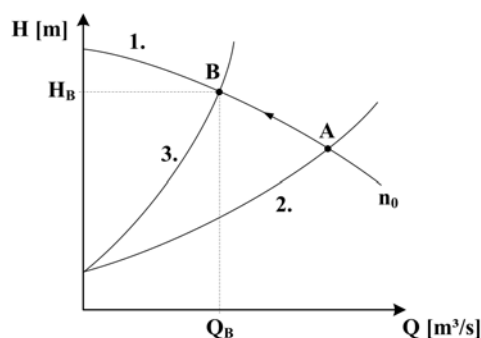
Centrifugalna crpka može raditi u širokom području protoka, a moguća radna točka crpke određuje se iz

pripadne Q-H karakteristike [1]. Q-H karakteristika crpke prikazuje međusobnu ovisnost visine dobave tekućine H o protočnoj količini Q. Radna točka crpke određena je karakteristikom crpke i karakteristikom cjevovoda na koji je crpka priključena. Karakteristika cjevovoda je krivulja koja prikazuje ovisnost pada tlaka u cjevovodu kao funkciju protoka [1]. Primjer prikaza Q-H karakteristike centrifugalne crpke i karakteristike cjevovoda na koji je ta crpka priključena, nalazi se na slici 1. Brzina vrtnje crpke označena je s n_0 . Karakteristika crpke označena je brojem 1, a karakteristika cjevovoda brojem 2.



Sl. 1. Q-H karakteristika crpke i cjevovoda

Radna točka centrifugalne crpke nalazi se u sjecištu ovih dviju karakteristika, a označena je slovom A. Promjena protoka tekućine u cjevovodu izaziva promjenu Q-H karakteristike cjevovoda. Tako npr. smanjenja protoka uzrokuje povećanje visine dobave tekućine, tj. porast tlaka i uspostavljanje nove radne točke označene slovom B na slici 2.



Sl. 2. Smanjenje protoka u cjevovodu

Nova Q-H karakteristike cjevovoda označena je brojem 3 na slici 2. Promjena radne točke iz A u B označena je strelicom. U navedenom primjeru smanjenje protoka uz konstantnu brzinu vrtnje crpke n_0 uzrokuje porast tlaka u cjevovodu, tj. veću visinu dobave tekućine. Jednako vrijedi i kod povećanja protoka u cjevovodu kada dolazi do smanjenja tlaka. Vidimo da uslijed promjene potrošnje u postrojenju dolazi do promjene tlaka tekućine u cjevovodu. Promjene tlaka u cjevovodu izazivaju vibracije na crpki i naprezanja na regulacijskim ventilima. Vibracije i naprezanja koja se javljaju, skraćuju vrijeme trajanja crpka i ventila. Osim toga, promjena tlaka u cjevovodu djeluje kao smetnja za ostale regulacijske krugove priključene na cjevovod.

3. PRINCIP REGULACIJE TLAKA

Odnosi između protoka Q , visine dobave H i snage P na vratilu centrifugalne crpke, pri broju okretaja n_1 , odnosno n_2 , opisani su izrazima (1) do (3):

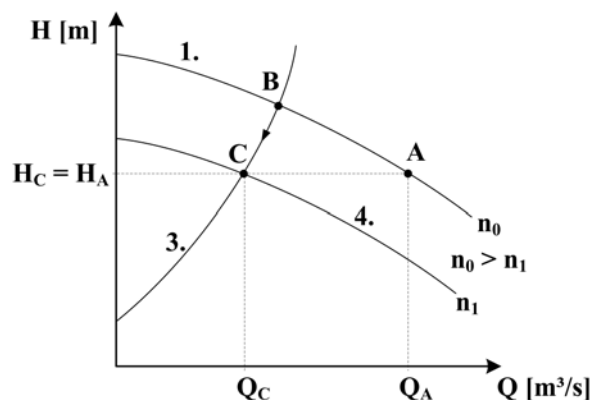
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (2)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (3)$$

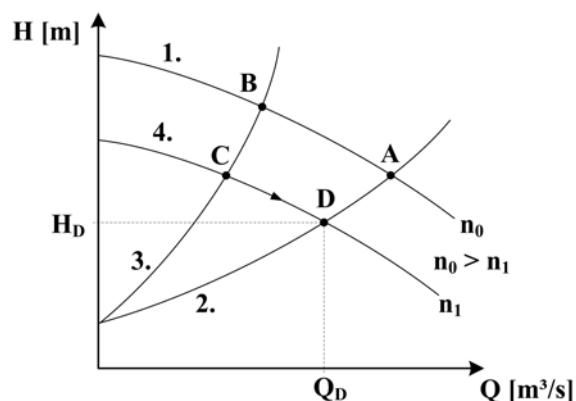
Izraz (1) definira da je protok centrifugalne crpke proporcionalan broju okretaja crpke, a izraz (2) da je visina dobave proporcionalna s kvadratom broja okretaja crpke. Izraz (3) definira da je snaga koja se uzima iz električne mreže tijekom rada crpke, proporcionalna s trećom potencijom broja okretaja. Na temelju izraza (3) može se zaključiti da je regulacijom brzine vrtnje moguće postići značajne uštede u potrošnji električne energije [1]. Kontinuirana regulacija brzine vrtnje crpke, uz mjerenje tlaka tekućine u cjevovodu, osigurava efikasno prilagođavanje snage crpke trenutnim pogonskim uvjetima u postrojenju. Princip kontinuirane regulacije brzine vrtnje crpke uz mjerenje tlaka objasniti će slike 1 do 5. Pretpostavimo da se u cjevovodu želi održati konstantan tlak koji odgovara visini dobave H_A u radnoj točki A označenoj na slici 1. Ako u cjevovodu dođe do smanjenja protoka, a uslijed toga do porasta tlaka i pomaka u radnu točku B na slici 2, potrebno je smanjiti brzinu vrtnje crpke na onaj iznos n_1 koji će ponovno smanjiti tlak u cjevovodu na željeni iznos.

Ovo smanjenje brzine vrtnje crpke na iznos n_1 prikazano je na slici 3, na kojoj je strelicom označen prijelaz iz točke B u novu radnu točku C u kojoj se dobiva željeni iznos tlaka tekućine u cjevovodu.



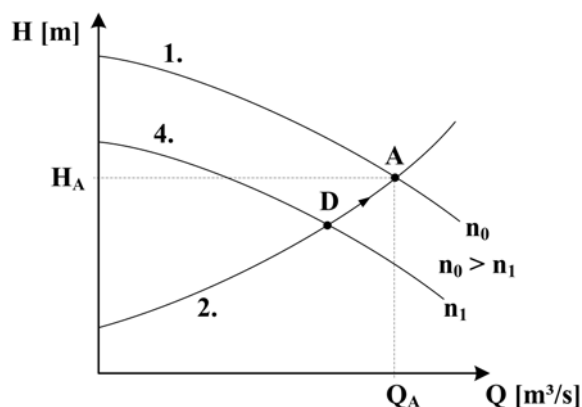
Sl. 3. Smanjenje brzine vrtnje crpke

Ako se protok u cjevovodu sada poveća na iznos Q_D , doći će do smanjenja tlaka i pomaka radne točke iz točke C u novu radnu točku D, kao što je označeno na slici 4.



Sl. 4. Povećanje protoka u cjevovodu

Kako bi se osigurao zadani iznos tlaka u cjevovodu, potrebno je povećati brzinu vrtnje crpke s brzine n_1 na veću brzinu n_0 . Uslijed povećanja brzine vrtnje crpke doći će do pomaka radne točke iz točke D u točku A, označenu na slici 5.

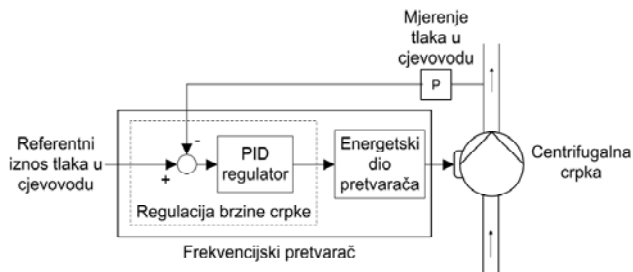


Sl. 5. Povećanje brzine vrtnje crpke

Ovakva kontinuirana regulacija brzine vrtnje crpke osigurava držanje konstantnog tlaka u cjevovodu za relativno široki raspon protoka [1].

4. IZVEDBA REGULACIJE TLAKA

U nastavku će biti opisana izvedba regulacije tlaka korištenjem kontinuirane regulacije brzine vrtnje centrifugalne crpke. Izvedba prikazana na slici 6. sadrži mjerni član tlaka tekućine u cjevovodu i frekvencijski pretvarač [2].



Sl. 6. Kontinuirana regulacija brzine vrtnje crpke

Prikazana struktura koristi PID regulatora koji na temelju signala razlike između referentnog i izmjenog tlaka u cjevovodu upravlja energetskim dijelom frekvencijskog pretvarača. Energetski dio frekvencijskog pretvarača napaja elektromotor centrifugalne crpke, te time određuje broj okretaja crpke. U slučaju smanjenja protoka i premještanja iz radne točke A u radnu točku B sa slike 2, signal razlike između referentnog i izmjenog tlaka će biti negativan. Negativan signal razlike uzrokuje da energetski dio frekvencijskog pretvarača počne smanjivati brzinu vrtnje crpke, pa će se tlak početi smanjivati prema referentnom iznosu tlaka. Korištenjem frekvencijskog pretvarača s ugrađenim PID regulatorom dobivena su dobra regulacijska svojstva i jednostavnost usklađivanja parametara regulacijskog sustava. Spajanje mjernog člana tlaka i frekvencijskog pretvarača je također jednostavno jer se vrši korištenjem standardnih 4 - 20 mA strujnih, ili 0 - 10 V naponskih ulaza koji se nalaze na frekvencijskom pretvaraču. Zbog male potrošnje struje, mjerač tlaka se obično napaja iz naponskog izvora koji postoji na upravljačkim stezaljkama frekvencijskog pretvarača. Referentni iznos tlaka i parametri PID regulatora mogu se zadati kao parametri frekvencijskog pretvarača, što se lako može učiniti i nakon montaže u postrojenju ako pretvarač na sebi sadrži tipkovnicu i displej.

5. ZAKLJUČAK

U članku je opisan problem promjene tlaka tekućine u cjevovodu koji se javlja zbog promjene protoka kroz priključena trošila. Posljedice takvih promjena tlaka su vibracije na crpkama, te naprezanja na regulacijskim ventilima, što skraćuje vremensko trajanje tih komponenata.

Opisan je princip kontinuirane regulacije brzine vrtnje crpke kojim se održava konstantan tlak vode u cjevovodu. Prikazana je izvedba regulacije tlaka u cjevovodu korištenjem frekvencijskog pretvarača s ugrađenim PID regulatorom. Ovakva regulacija omogućuje efikasno prilagođavanje snage crpke trenutnim pogonskim uvjetima uz smanjenje potrošnje električne energije.

6. LITERATURA

- [1] P. Donjerković, " Osnove i regulacija sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije I dio", Alfa, Zagreb, 1996.
- [2] Danfoss, "Operating instructions VLT 6000 HVAC", 2005.

Kontakt:

miroslav.horvatic@velv.hr

DSSP: NOVI PRISTUP RAZVOJU PROIZVODA

Busija Zoran¹

¹Centar za nove tehnologije, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Tijekom 2006. godine pojam "rapid prototyping" koji obuhvaća brz razvoj proizvoda, od ideje do gotovog probnog komada, uvriježio se u mnogim proizvodnim firmama i razvojnim uredima. Razvoj novih tehnologija je proširio pojam rapid prototyping te se sada koristi pojam DSSP (Digital Shape Sampling and Processing) koji obuhvaća konstrukciju, analizu, kontrolu te održavanje proizvoda.

Ključne riječi: DSSP, rapid prototyping, 3D scanner, 3D printer

Abstract: During 2006 the term "rapid prototyping", meaning fast product developing from idea to ready test sample, became normal in the most manufacturing companies and developing offices. New technology development expanded the term "rapid prototyping" and the term DSSP (Digital Shape Sampling and Processing) which includes construction, processing and product maintenance is now using.

Key words: DSSP, rapid prototyping, 3D scanner, 3D printer

Što je DSSP?

DSSP je pojam koji opisuje mogućnosti korištenja 3D skenera i odgovarajuće programske podrške za akviziciju oblika fizičkih objekata kako bi se dobili točni računalni 3D modeli. Cilj akvizicije je potpuno preuzimanje fizičkih svojstava objekta koja nam služe za promjenu dizajna, modifikaciju konstrukcijskih svojstava, proizvodnju, ali i prilagođavanje postojećih proizvoda specifičnim zahtjevima pojedinih kupaca. DSSP je nastao kao rezultat integracije nekoliko tehnoloških područja kao što su optičko 3D skeniranje, reverzibilno inženjerstvo, računalno podržana kontrola proizvoda te razvoj programa za obradu trodimenzionalne geometrije objekata. Sva ova područja su se značajno razvila u posljednjem desetljeću, a njihov razvoj se nastavlja i dalje.

Dvije osnovne komponente sustava su skener koji može sakupiti podatke o točkama na površini objekta i softver koji te podatke pretvara u koristan skup informacija, tj. 3D računalni model objekta.

Skener

Za razliku od donedavnih skenera, nove generacije uređaja nam omogućavaju vrlo brzo prikupljanje podataka o milijunima točaka. Danas je moguće u nekoliko minuta prikupiti podatke o cjelokupnoj površini nekog objekta

uključujući boju i teksture (Slika 1).

Mehaničko prikupljanje podataka točku po točku kao pri koordinatnim mjernim uređajima danas se još uvijek ne može u potpunosti zaobići u području kontrole dimenzija proizvoda, ali se beskontaktna, optičke metode sve više koriste.



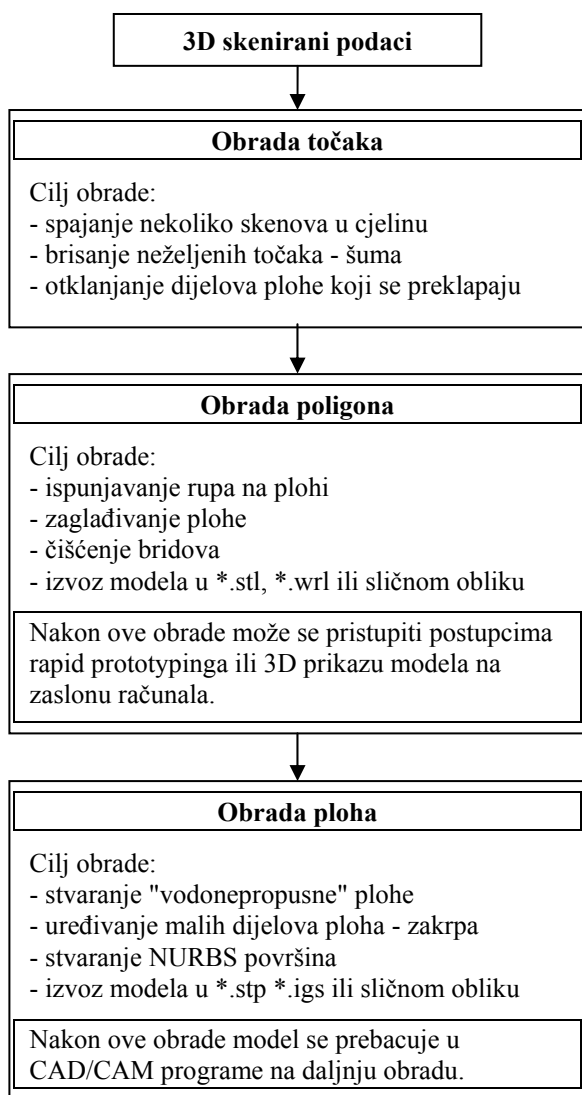
Slika 1. Skenirani objekt

Softver

Prikupljanje tako velike količine podataka ne bi bilo značajno kad ne bi postojali programi koji te podatke mogu obraditi. Današnji DSSP programi nizom alata i "čarobnjaka" olakšavaju nekad mukotrpno, zahtjevno i dugotrajno dobivanje 3D modela iz oblaka točaka.

Tijek obrade skeniranih podataka odvija se u nekoliko faza. Prva obrada nakon skeniranja izvodi se na razini točke. Otklanja se šum koji je nastao prilikom skeniranja te ako se cijeli model sastoji iz nekoliko dijelova, spaja ih se u cjelinu. Nakon što su točke uređene, prelazi se na razinu poligona. Na ovoj se razini popunjavaju rupe, a potom se obrađuju rubovi i zaglađuje ploha koja se sastoji od niza poligona. Pri zaglađivanju plohe potrebno je paziti da ne uništimo detalje koji su nam potrebni. Rad na razini plohe je određivanje položaja i rasporeda zakrpa ("patches"). Zakrpe su manji dijelovi plohe na koje se naknadno razapinje površina. Ovisno o rasporedu zakrpa dobivena površina će odgovarati stvarnom skeniranom objektu.

Sljedeći dijagram tijeka prikazuje faze rada unutar DSSP programa:



Obrada točaka

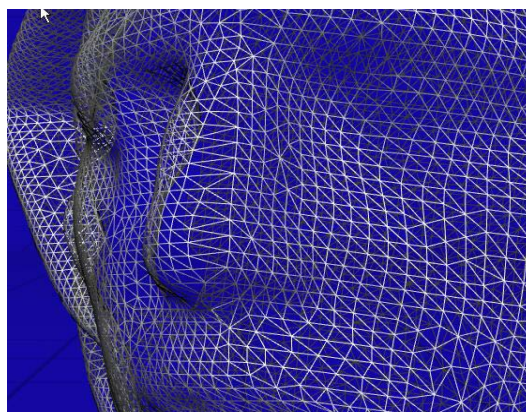
Iz dijagrama tijeka obrade podataka je vidljivo da se polazi od oblaka točaka koje prikuplja skener (Slika 2).



Slika 2. Oblak točaka koji prikazuje skenirani objekt

Budući da se model skenira s nekoliko strana, više neovisnih skenova moramo spojiti u cjelinu, odnosno u jednu veću površinu. Pri obradi točaka omogućeno je automatsko uklanjanje skeniranih dijelova koji se preklapaju, a mogu se odstraniti sve točke koje značajno odstupaju od ostalih točaka. Do odstupanja pojedinih točaka dolazi zbog vrste i kvalitete površine (odbljesci, vrsta osvjetljenja, ...) koja se skenira.

Prikaz modela moguć je trianguliranom površinom (Slika 3).



Slika 3. Prikaz dijela površine

Triangulacija je postupak pretvaranja oblaka točaka u plohu. Broj trokuta je proporcionalan broju skeniranih točaka, odnosno rezoluciji skenera. Ovakav model potrebno je dodatno obraditi kako bi se popravila kvaliteta plohe modela.

Obrada poligona

Da bi se došlo do kvalitetnog modela, potrebna je obrada poligona od kojih se sastoji površina. Na nivou poligona softver nam dopušta krpanje rupa, popravljivanje bridova, te zaglađivanje dijelova površine. Na zaslonu možemo vidjeti izgled skeniranog objekta bez prikaza tekstura (Slika 4).

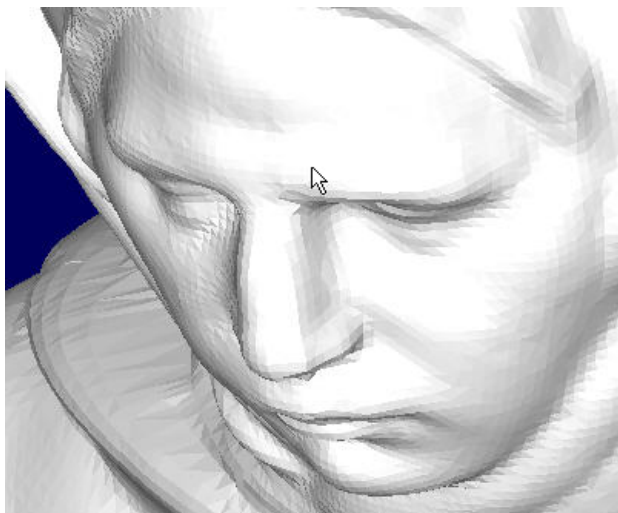


Slika 4. Izgled skeniranog objekta bez teksture

Nakon završetka rada na ovom nivou uobičajen je zapis u STL formatu. Ovaj zapis koristimo pri radu s rapid prototyping sustavima ili za potrebe vizualizacije objekta. Modeli zapisani u STL obliku ne sadrže podatke o boji, već samo o geometriji objekta. Podatke o boji i teksturama u sebi nosi WRML zapis modela.

Obrada ploha

Na postojeće poligone program postavlja površine koje oblikuju model. Pravilni raspored dijelova površine "patches" smanjuje količinu podataka, omogućuje pravilno spajanje dijelova, a time i izradu "vodonepropusne" površine. Na raju se dolazi do potpuno definiranih NURBS površina. Non-Uniform Rational B-Spline je matematički model za generiranje i prikaz krivulja i površina koje koriste današnji 3D računalni programi za prikaz i manipulaciju objektima. Krajnja faza nam dopušta zapis modela u IGES, STEP ili nekom drugom formatu koji možemo otvarati u CAD/CAM/CAE programima.

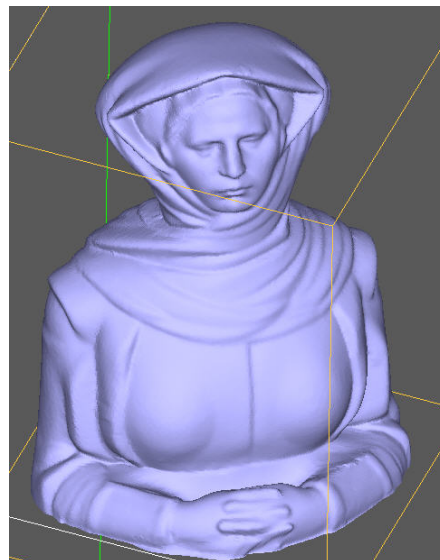


Slika 5. Izgled skeniranog objekta bez tekture

Zbog nepravilnog spajanja dviju ploha, na našem je objektu u predjelu nosa bila potrebna intervencija (Slika 3). STL zapis prikazuje poboljšanu površinu lica (Slika 5).

3D ispis

Jedan od rapid prototyping sustava koji nam omogućuje brzu izradu komada, je 3D ispis (3D printing.). Sam pojam "ispis" dolazi zbog principa rada uređaja koji ispisuje sloj po sloj, slično ink-jet pisaču. Potpuno uređen računalni model postavljen je u radni prostor 3D pisača i spreman za ispis (Slika 6).



Slika 6. Model u radnom prostoru pisača

Nakon printanja dobivamo model koji je vjerna kopija skeniranog objekta (Slika 7.).



Slika 7. Isprintana kopija skeniranog objekta

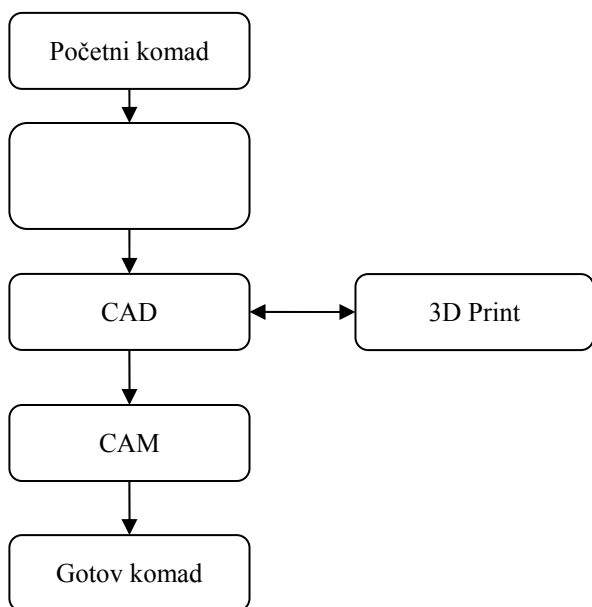
Dobre strane 3D ispisa su mogućnost ispisa u boji te jednostavna i brza izrada nekoliko komada istog modela u jednom printanju (Slika 8).



Slika 8. Raspored nekoliko komada spremnih za ispis

DSSP u odnosu na CAD/CAM sustave

Između DSSP-a i CAD/CAM sustava pogrešno je shvaćen konkurentni odnos. Izrada 3D računalnog modela u CAD/CAM programu započinje od praznog zaslona. Oblikovanje novih proizvoda koji su sastavljeni od jednostavnih površina zasnovanih na temelju standardnih oblika (valjak, stožac, kugla, prizma, ...), ne predstavlja problem današnjim CAD/CAM programima. Za oblikovanje kompliciranih površina, kakve susrećemo u prirodi, potrebna je umješnost korisnika koji će unošenjem dimenzija, krivulja i površina egzaktno izmodelirati željeni oblik. U takvim slučajevima DSSP kao dodatak (odnosno prethodnica) CAD programu značajno olakšava i ubrzava proces oblikovanja 3D računalnog modela. Nakon dorade 3D modela u CAD programu, možemo pristupiti izradi prototipnih komada pomoću neke od tehnologija rapid prototypinga kao što je 3D printing ili pak korištenjem CAM sustava za izradu gotovih komada na CNC strojevima (Slika 9).



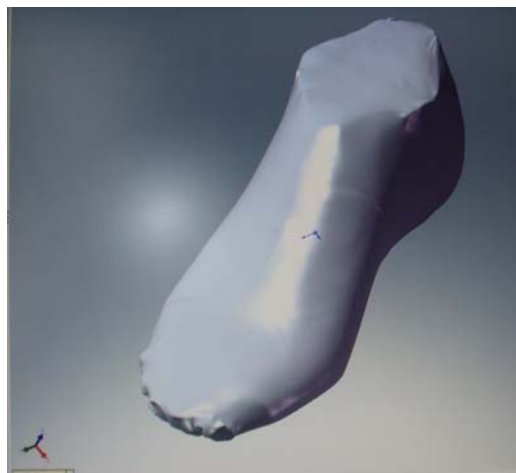
Slika 10. Prikaz cijelog sustava

Testiranje cijelog DSSP sustava, kao i sve slike iz ovog članka, napravljeni su u Centru za nove tehnologije koji je opremljen NextEngine skenerom, SolidWorks Office Professional 2007 CAD sustavom i Contex CX 3D pisačem. Način skeniranja modela noge prikazan je na sljedećoj slici (Slika 10).



Slika 10. Skeniranje modela noge Skenerom NextEngine

Nakon skeniranja i obrade skeniranog objekta pomoću softvera ScanStudio model je prebačen u SolidWorks. SolidWorks Office Professional 2007 pomoću dodatka ScanTo3D ima ugrađene mogućnosti za obradu skeniranih podataka i dobivanje NURBS površina (Slika 11).



Slika 11. Model noge unutar SolidWorks-a

Na ovom je primjeru zaključeno da je ovakav način dobivanja 3D računalnog modela moguć, ali da bi za kvalitetniji model trebalo nabaviti specijalizirani program kao što je npr. Geomagic Studio ili sličan. Skener NextEngine koji je ovdje korišten, a na čijem razvoju proizvođač i dalje kontinuirano radi, pripada nižem cijenovnom razredu skenera, ali bi za potrebe ovakvog projekta mogao dati zadovoljavajući rezultat skeniranja.

Literatura

<https://www.nextengine.com/indexSecure.htm>
<http://www.solidworks.com/pages/products/solutions/ScanTo3D.html>
<http://www.geomagic.com/en/>
<http://www.contex.com/3dprint/3dprinters/designmatecx/>

Kontakt:

Zoran Busija, dipl. ing. strojarstva,
voditelj centra za nove tehnologije

Centar za nove tehnologije
Hallerova aleja 5
42000 Varaždin

E-mail: zbusija@ess.hr
tel.: +385 42 20 11 20

centar za
cnt
nove tehnologije

DOŽIVLJAJ TONA BOJE NA AKROMATSKIM PODLOGAMA

Hunjet A.¹, Parac-Osterman Đ.², Benšić M.³

¹Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa, Zagreb

²Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

³Sveučilište u Osijeku, Odjel za matematiku, Osijek

Sažetak: U vremenu multimedijskog komuniciranja važno je istražiti kako boja okoline djeluje na psihofizikalni doživljaj boje, pri čemu se često može utjecati i na radnu atmosferu sredine u kojoj se radi. Boje su predmet zanimanja fizike, kemije, fiziologije, psihologije, sociologije, ekologije i mnogih drugih znanosti. Potvrđuje se da je boja predmet interdisciplinarnog zanimanja ne samo znanosti, već i mnogih umjetnosti.

U ovom radu naglasak je stavljen na doživljaj crvene, žute, zelene i plave boje u slučajevima kada u okolini prevladavaju akromatski tonovi (bijeli, sivi i crni). Ispitivanja su u skladu s +psihofizikalnom metodom - konstantnog podražaja temeljenog na Stevansovoj metodi skale procjene odnosa kod koje se određivao utjecaj boje podloge na psihološki doživljaj stimulusa tona boje - h^0 (CIE $L^*C^*h^0$ modela boja). Statistička obrada je provedena primjenom Kruskal-Wallis ANOVA i Medijan testa.

Gljučne riječi: Boja, Psihofizika, metoda konstantnog podražaja, Stevans-ova metoda skale procjene odnosa, Kruskal-Wallis ANOVA test, Medijan test.

Abstract: In the era of multimedia communication, it is important to investigate how the color of the environment influences the psycho-physical experience of color, which can often have impact on the working atmosphere of the working environment. Colors are an issue of interest in Physics, Chemistry, Physiology, Psychology, Sociology, Environmental Sciences and many other sciences. It has been confirmed that color is the issue of interdisciplinary interest in not only science but also in numerous types of arts.

This paper emphasizes the experience of red, yellow, green and blue colors in cases when the environment is predominated by acromatic tones (white, grey and black). Research complies to the psycho-physical method – constant stimulus based on the Stevens' methods of constructing relationship evaluation measurement scales defining the influence of the background color on the psychological experience of the color tone stimulus - h^0 (CIE $L^*C^*h^0$ color model). Statistics was conducted by application of the Kruskal-Wallis ANOVA and the Median test.

Key words: Color, Psycho-physics, constant stimulus method, Stevens' method of constructing measurement scales, Kruskal-Wallis ANOVA test, Median test.

1. UVOD

Znanost o boji razvija se kroz stvaranje teorija i provođenje istraživanja koja pomažu razumijevanju percepcije boje. Ta istraživanja, osim fizikalnih karakteristika boja, moraju uzeti u obzir različite činjenice koje se odnose na iskustva i ponašanje promatrača boja.

Povijest znanosti o boji proteže se još iz vremena grčkih filozofa Platona i Aristotela. Znanstveni pristup se nastavlja preko Newtona, Helmholtza, Heringa, Munsella, Landa i Ostwalda koji su djelovali u drugoj polovici 19. stoljeća i drugoj polovici 20. stoljeća te su dali osnovu shvaćanju i današnjem razumijevanju fenomena boje [1]. Dokazali su da će doživljaj neke boje ovisiti i mijenjati se ovisno o promatraču, uzorku, utjecaju okoline i uvjetu promatranja, izvoru svjetlosti i sl. [2,3,4].

Prva značajnija istraživanja o svjetlosnim pojavama proveo je u 17. stoljeću Isaac Newton (1642.-1727.). Njegova istraživanja označavaju početak optike ili znanost o svjetlosnim pojavama. Newton je 1704. godine ukazao na činjenicu da „bijelo“ sunčevo svjetlo nije homogeni medij, nego mješavina svih vidljivih valnih duljina, a zbog apsorpcije i refleksije promatranih površina uzoraka/tijela na određenim valnim duljinama, promatrač će doživjeti određenu boju.

Tumačenje fotoelektričnog efekta i oživljavanje novog oblika korpuskularne teorije svjetlosti zasluga je Alberta Einsteina (1905.). On pretpostavlja da je svjetlost frekvencija v sastavljena od zrnaca ili kvanta svjetlosti ili fotona, od kojih svako ima energiju.

Prema danas prihvaćenoj teoriji vizualizacije, način na koji ljudsko oko percipira boju, razjašnjen je zonskom teorijom viđenja boja - koja objedinjuje trikromatsku teoriju viđenja boja i teoriju suprotnih procesa.

Helmholtz je smatrao da je žuta boja nužno proizvod mješavine crvene i zelene, međutim Hering uočava da to nije u skladu s ljudskim iskustvom. Hering nadalje tvrdi da se mješavina crvene i zelene boje nikada ne pojavljuje (nije moguće zamisliti crveno-zelenu i plavo-žutu boju) već da navedene suprotne boje eliminiraju jedna drugu [5,6].

Psihofizikalni vizualni efekt akromatskog simultanog kontrasta (indukcije) temelji se na razlici u svjetlini između pozadine i primarnog stimulusa i pojavljuje se isključivo kod akromatskih boja, efekt koji se pojavljuje

između kromatskih parova boja, naziva se kromatski simultani kontrast ili kromatska indukcija.

Prema Katz-u psihološki atributi boje su: ton - H (eng. Hue), svjetlina - L (eng. Lightness) i zasićenost - C (eng. Chroma) [7,8,9].

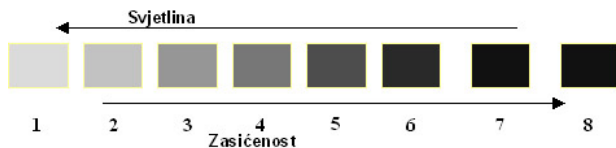
Za psihofizikalnu evaluaciju pojedinih atributa doživljaja boje najčešće se u istraživanjima koriste metode: limita, konstantnog podražaja (stimulusa) te metoda ugađanja [10,11,12].

U radu su provedena ispitivanja utjecaja akromatske podloge (odnosno bijele, sive i crne pozadine) na percepciju doživljaja uzorka: žutog, plavog, zelenog i crvenog tona boje, uslijed manifestacije efekta indukcije, metodom konstantnog podražaja. Statistička obrada je provedena primjenom Kruskal-Wallis ANOVA i Medijan testa.

2. METODIKA RADA

U cilju određivanja odnosa između primarne boje i akromatskih podloga (pozadine) provedena su ispitivanja žutih ($h_{ab}^0=99^\circ$), plavih ($h_{ab}^0=266^\circ$), crvenih ($h_{ab}^0=12^\circ$) i zelenih ($h_{ab}^0=173^\circ$) uzoraka tona boje (izraženo CIE $L^*C^*h^0$ modelom boja) i poredanih po zasićenosti (C^*) te svjetlini (L^*) na akromatskim podlogama (bijeloj, sivoj i crnoj).

Položaj svake boje označen je pozicijama od 1 do 8.



Shematski prikaz postavljenih pozicija uzoraka od 1 do 8

Vizualna evaluacija navedenih primarnih uzoraka provedena je na uzorku od 30 ispitanika (prosječne starosti 30 godina, miješane muško-ženske populacije) pri standardnom izvoru svjetla D_{65} (Xenon svjetiljka), na prosječnoj udaljenosti ispitanika od uzorka od 60 cm. Dimenzije primarnih testnih stimulusa iznosile su 2x2 cm. Svi promatrači prethodno su uspješno zadovoljili kriterije Ishihara testa (od 24 uzorka) za detekciju potencijalne defektnosti vida.

Kriteriji vizualne evaluacije određeni su pitanjem postavljenim ispitanicima:

Da li pozicija istovrsnog tona boje na različitim pozadinama (bijeloj, sivoj i crnoj) za primarni ton boje daje istovrsni psihološki doživljaj atributa tona boje (H), prema poziciji postavljenih u predlošku?

Prema ocjeni psihofizikalnog doživljaja i smještaju ispitivanih boja odgovori ispitanika gradirani su u rasponu od 1 do 8 i to prema doživljaju istog tona (H) a s obzirom na svjetlinu (L) i zasićenost (C).

Položaj svake pozicije svakog promatrača, ovisno o podlozi, obrađuje se statistički te prikazuje grafički.

Statistička analiza vizualnog ocjenjivanja rađena je primjenom aplikativnog programa (StatSoft) kao i SAS programskog paketa (SAS Institute). Korišteni su

odgovarajući neparametarski statistički testovi Kruskal-Wallis ANOVA i Medijan test. Dobivene su vrijednosti prikazane grafički, slike 1 i 2.

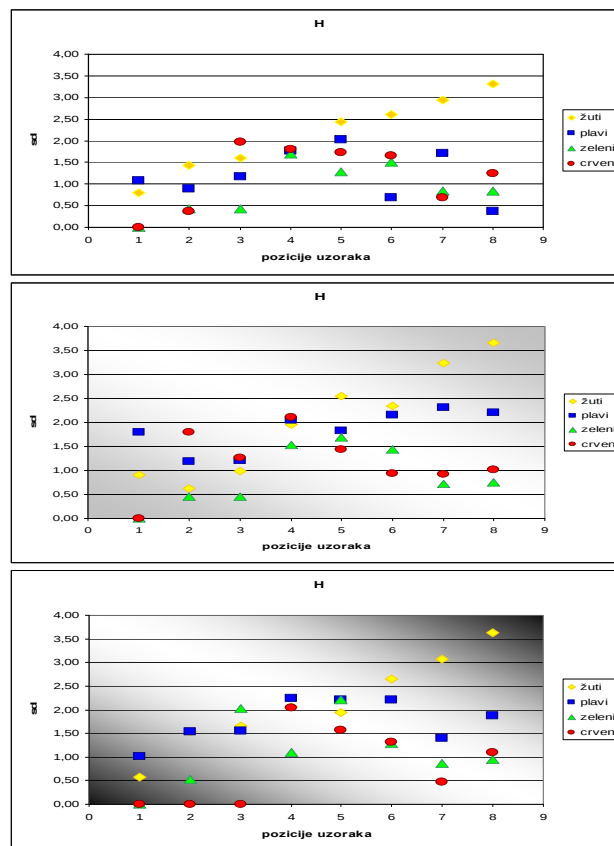
3. REZULTATI I RASPRAVA

Psihofizikalni doživljaj boje je realno stanje komunikacije okoline i boje te ovisi o izvoru svjetlosti, energiji, kutu gledanja, a posebno o promatraču i njegovom psihološkom (zdravstvenom) stanju.

Osjet, odnosno doživljaj boje, temelji se na "zonskoj teoriji viđenja boje" koja objedinjuje teoriju suprotnih procesa i trikromatsku teoriju. U ovom su radu izabrane boje kao psihološki primari; crvena, zelena, plava i žuta, te crna i bijela, kojima prema Heringovoj teoriji percepcije boje omogućavaju receptori u oku proizvesti pomake komplementarnih osjeta crveno-zeleno, plavo-žuto, svjetlo-tamno.

Tijek ispitivanja zasnivao se na "metodi konstantnog stimulusa" koja se smatra jednom od najtočnijih metoda psihofizikalnog istraživanja "praga" vizualne percepcije. Svakom promatraču se postavilo pitanje da boji uzorka, s obzirom na boju pozadine, prema psihofizikalnom doživljaju, svjetline (L) i zasićenosti (C), odredi pripadajuću poziciju.

Svi rezultati ispitivanja obrađeni su deskriptivnom statistikom, analizom po Kruskal-Wallis ANOVA i Medijan testu te su prikazani grafički sl. 1 i 2.



Slika 1. Prikaz doživljenih pozicija žutog, plavog, zelenog i crvenog tona na temelju vrijednosti standardne devijacije na akromatskim podlogama (bijelim, sivim i crnim)

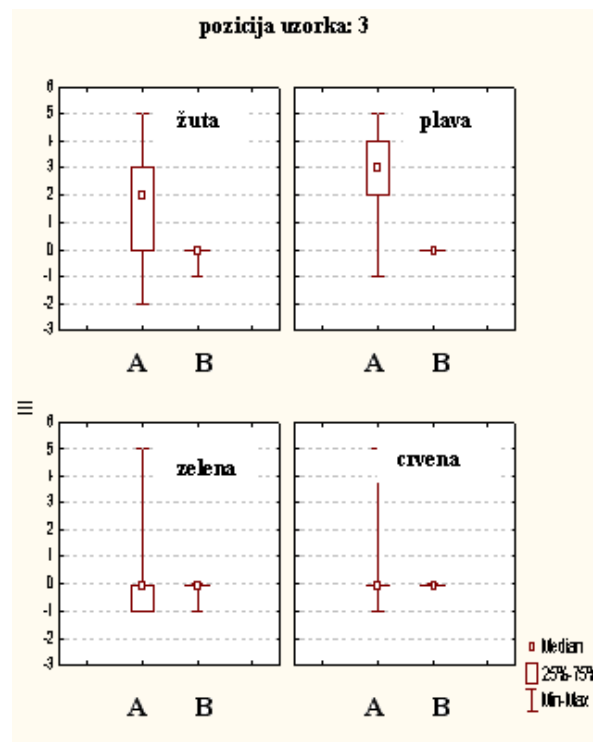
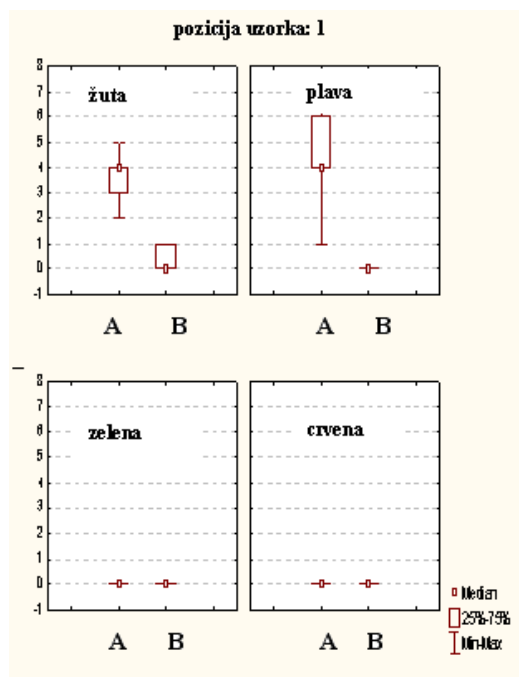
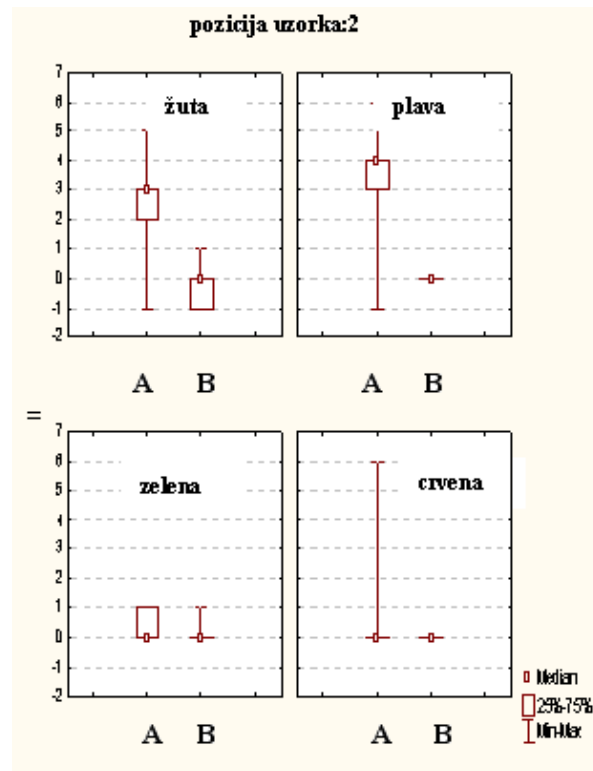
Statističkom obradom podataka prikazanih na sl. 1 dan je položaj procjene promatrača predloženih boja na bijeloj, sivoj i crnoj podlozi i definirana je vrijednost standardne devijacije. Naime, pretpostavlja se da se na temelju standardne devijacije, rasipanja mjerne vrijednosti u matematičkom smislu dobije uvid kako ton boje (crvene, žute, zelene i plave) ovisno o postavljenoj akromatskoj podlozi doživljavaju promatrači s obzirom na svjetlinu (L) i zasićenost (C).

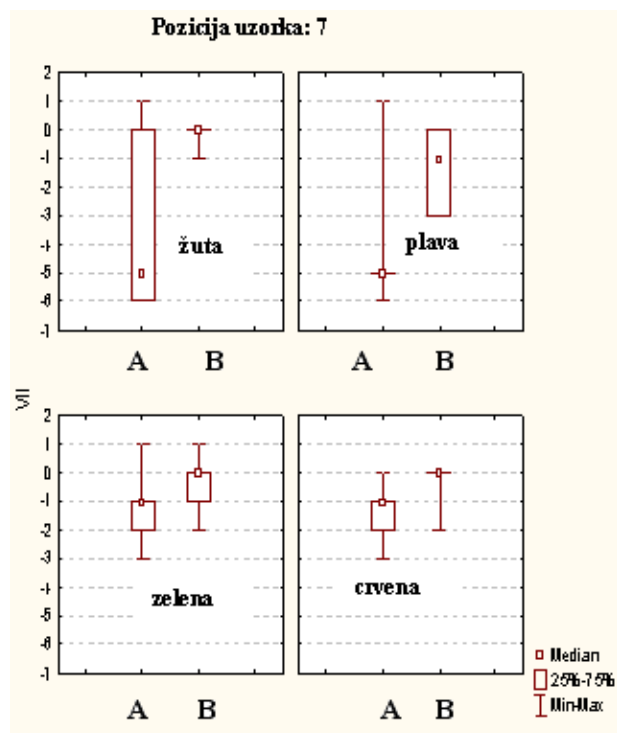
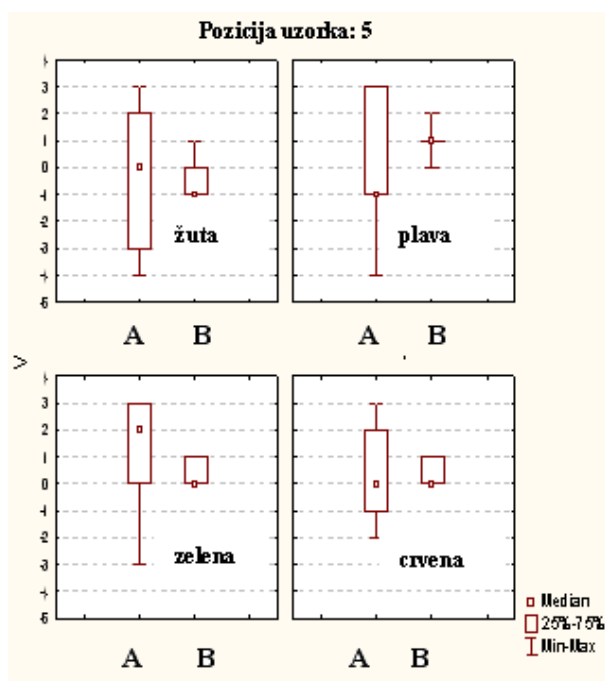
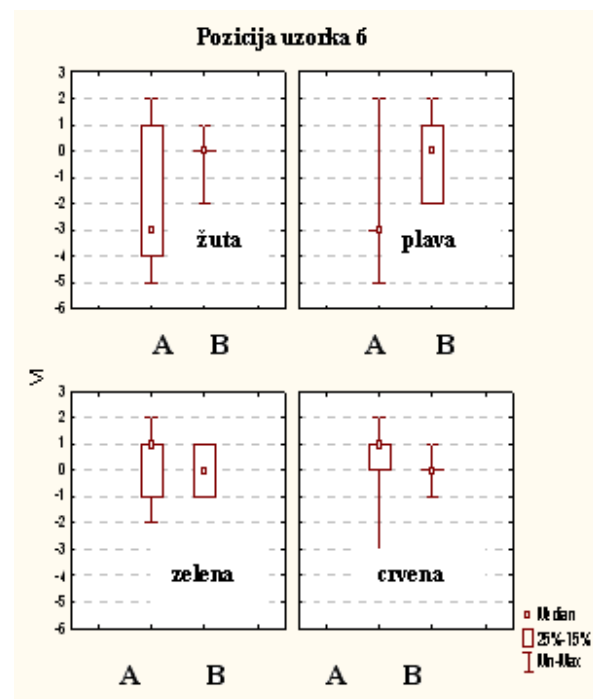
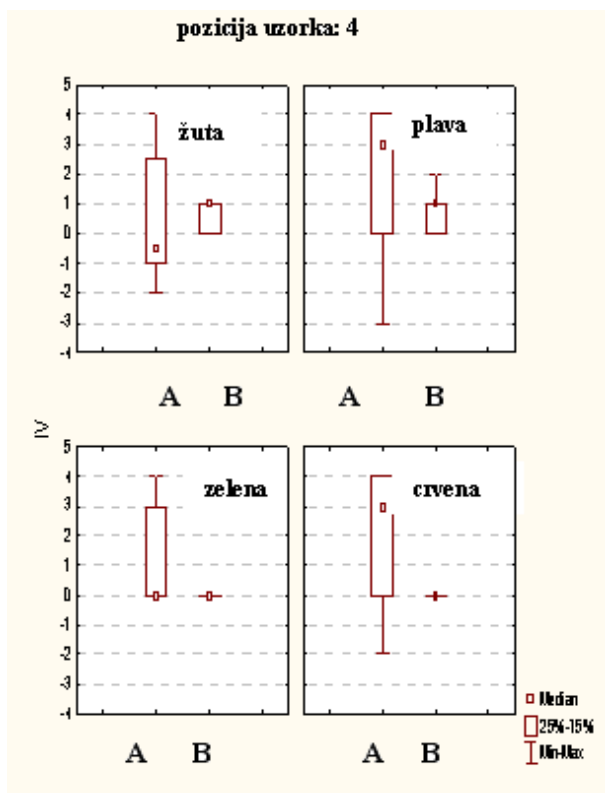
Uočeno je da porastom zasićenosti pozicija od 3 do 6 na bijeloj podlozi kod svih promatrača nastaje jednaki psihološki doživljaj. Međutim, porastom zasićenosti tona vlastitim tonom, a time i smanjenjem svjetline za pozicije veće od 6 na bijeloj podlozi stvara „zbunjujući“ doživljaj za plavi i crveni ton. Time je potvrđena velika vlastita svjetlina bijele podloge, dok su crveni i plavi ton zasićeni vlastitim tonom te je na bijeloj podlozi naglašeno njihovo uočavanje.

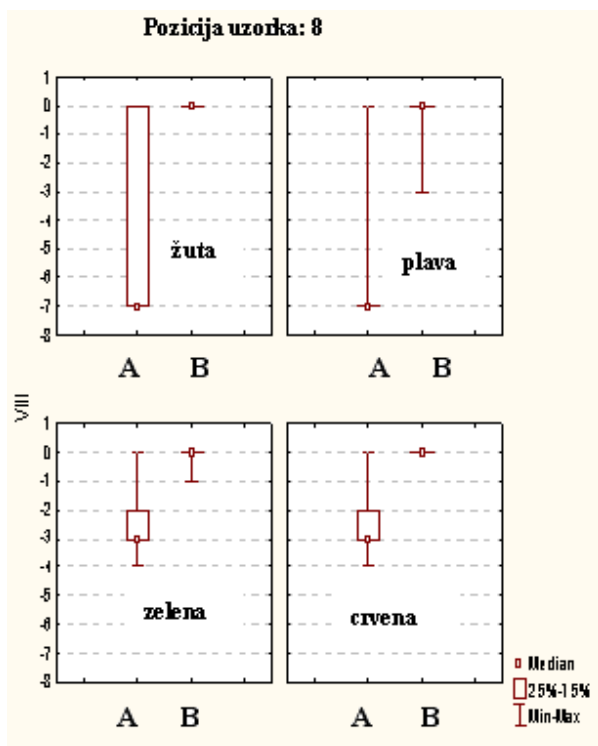
Na sivoj je podlozi veliko rasipanje na svim pozicijama. Najneodlučnije za poziciju veće zasićenosti plavog tona, veće od 5, pripisuje se pojavi da siva podloga koja ima jednaki udio boja svih valnih duljina, dolazi do adicije s plavom te je sam doživljaj „zbunjujući“ za promatrača.

Na crnoj su podlozi općenito dobivena velika rasipanja s malom mogućnosti bilo kakve zakonitosti ponašanja, posebno kod tamnih tonova (plavog, zelenog i crvenog) što svakako ukazuje na to da dolazi do smanjenja kromatske indukcije tona ovih boja. Na ovoj podlozi jedino se za žuti ton boje, za poziciju veću od 6, dobiva signifikantno rasipanje boja što je prema teoretskim razmatranjima žutog tona bilo i za očekivati, jer je žuta boja ton s velikom vlastitom svjetlinom i na crnoj podlozi pojačava se njezin intenzitet.

Primjenjujući Kruskal-Wallis ANOVA i Medijan test u kutijastim box-plotovima (sl. 2), napravljena je usporedba uzoraka psihološkog doživljaja i doživljaja položaja uzoraka prema predlošku. Prikazan je zbirni pregled za podatke na akromatskim podlogama.







Slika 2. Sumarni prikaz utjecaja akromatskih pozadina na psihofizikalni doživljaj tona (H) žute, plave, zelene i crvene boje prikazan Kruskal-Wallis ANOVA i Medijan testom (A- psihofizikalni doživljaj tona boje na temelju postavljenog pitanja: Daje li pozicija istovrsnog tona boje na različitim pozadinama (bijeloj, sivoj i crnoj) za primarni ton boje istovrsni psihološki doživljaj atributa tona boje (H), prema poziciji postavljenih u predlošku? - Steversonova metoda procjene, B- psihofizikalni doživljaj tona boje na temelju postavljenog pitanja: Poredajte po dimenziji tona (H) žute, plave, zelene i crvene tonove boje na različitim pozadinama (bijeloj, sivoj i crnoj). – metoda podešavanja-rangiranja).

Pozicija 1: kao što je vidljivo, u eksperimentalnom dijelu su uzorci velike svjetline i male zasićenosti i uočljivo je da će se psihološki doživljaj žutog tona doživjeti kao i položaj subjektivnog doživljaja te će djelovati zbunjujuće. Međutim, crveni i plavi ton boje ne pokazuje ni psihološki doživljaj niti je doživljaj položaja prema stimulusu H naglašeniji na pozicijama većim od 5, odnosno, zasićenost istog tona ondje gdje se smanjuje svjetlina s porastom zasićenosti, u znatno je manjim vrijednostima intenziteta. Slijedom navedenog može se uočiti da su najveća odstupanja za psihološki doživljaj boje najviše za žutu, što potvrđuje činjenicu da doživljaj boje na akromatskoj podlozi ovisi o vlastitoj svjetlini same boje, odnosno, zasićenosti boje vlastitim tonom. Gledano s psihološkog aspekta najveću zasićenost vlastitim tonom imaju crvena, zelena i plava boja s malom vrijednosti svjetline. Stoga će ove boje djelovati neutralno, posebno na sivoj pozadini. Dobiveno je da će, kod sortiranja boje po Steversonovoj metodi, procjene za konstantni stimulus H, promatrač znatno manje osjećati razliku položaja uzoraka. Odstupanja su čak i kod žutog tona znatno manja u usporedbi s psihološkim doživljajem. Međutim, dokazuje se da na psihološki

doživljaj nekog tona znatni utjecaj ima vlastita svjetlina tona boje. Tako npr. žuta boja zadržava i kod velike zasićenosti vlastitim tonom visoku svjetlinu i na svakoj pozadini ovaj će se ton boje psihološki doživjeti intenzivno, često “zbunjujuće”.

Ovakva analiza doprinosi činjenici da se u radnoj sredini preporučuje izbjegavati žute tonove, jer se pri tome narušava harmonija boje i okoline što je posebno važno za postizanje rezultata rada.

4. ZAKLJUČAK

Dokazano je da prag vizualne percepcije determiniran metodom konstantnog podražaja ovisi o načinu postavljanja pitanja svakom promatraču. Navedenim metodama psihofizikalne evaluacije omogućeno je da se u pitanju promatraču ne ograničava njegova percepcija doživljaja, nego se prepušta da “prag” procjene po tonu (H) svake pozicije bude u načelnom skladu sa zonskom teorijom viđenja boja.

Statističkom obradom rezultata procjene promatrača, odnosa tona boje i podloge (bijela, siva i crna) standardnom devijacijom, dobiva se potpuniji odgovor o utjecaju podloge na doživljaj boje. Dokazano je da siva podloga značajnije utječe na doživljaj plavog tona. Nepouzdanost rezultata ukazuje na “zbunjujući” doživljaj plavog tona jer na sivoj podlozi plava boja poprima dio komplementarne boje svjetla sa sive podloge. Međutim, na crnoj podlozi, podloga s neznatnom refleksijom svjetla, boje s velikom vlastitom svjetlinom i zasićenosti tona vlastitim tonom, kao što je žuta boja, psihološki doživljaj ovisi o “tumačenju” promatrača (često nesigurna procjena).

Potvrđeno je da usporednim korištenjem navedenih psihofizikalnih metoda evaluacije prikazanih u kutijastim box-plotovima moguće je definirati koji atributi boje, ovisno o postavljenom pitanju, imaju značajniji utjecaj na psihološki doživljaj boje.

Dobivena neznatna odstupanja metodom rangiranja-podešavanja, nešto veća po tonu kod svih boja, proizlaze iz pitanja kojim se indirektno nameće odgovor riječima: poredajte–rangirajte. Metodom konstantnog podražaja i Steversonovom metodom procjene psihološki doživljaj promatrača za svaki ton ne ovisi o predloženoj poziciji, nego se temelji na vlastitom psihološkom doživljaju. Dobiveni rezultati potvrđuju i najveća odstupanja po tonu (H) za žutu boju, zatim slijedi plavi ton boje, dok su za crveni i zeleni odstupanja neznatna.

5. LITERATURA

- [1] Interdisciplinarnost barve, I. Del v znanosti, Društvo koloristov Slovenije, Maribor, 2001.
- [2] Tanhofer N.: O boji na filmu i srodnim medijima, Zagreb, 2000.
- [3] G. Wyszecki, W. S. Stiles: Color Science-Concept and Methods, Quantitative data and Formulas, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, (1982.).

- [4] D. B Judd, G. WYSZECKI. 1952. Color in business, science, and industry (New York: John Wiley & Sons). 2nd ed. 1963. 3rd ed. 1975.
- [5] A. Hunjet, Đ. Parac-Osterman, M. Benšić: Utjecaj boje okoline na doživljaj žutog i plavog tona/ Influence of Ambient Colour on the Sensation of Intensity of Yellow and Blue Hue, *Tekstil* **55** (3) 121-126 (2006)
- [6] W.R. Crozier: The Psychology of Colour Preferences, *Rev. Prog. Coloration*, **26** (1996.), 63-71.
- [7] McDonald, R.. Colour physics for industry. Bradford: Society of Dyers and Colourists (1987)
- [8] Itten J., The Elements of color, Eds John Wiley& sons Inc. New York, (1995)
- [9] Parac-Osterman, D., and M. Joanelli. Importance of computer lightness evaluation influenced by colour hue. In 12th International DAAAM Symposium, Jenna (2001) 347-349.
- [10] Parac-Osterman Đ., Hunjet A., Burušić J., Psycho-physical study of color, AIC2004, Color and paints, (2004) 78 -84
- [11] Bujas Z. Uvod u metode eksperimentalne psihologije, Školska knjiga, Zagreb, 1981.
- [12] Hunjet A.; Utjecaj okoline na doživljaj boje, doktorska disertacija, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2006, mentor; Parac-Osterman Đ., komentor; Benšić M.

Kontakt:

Dr. sc. Anica Hunjet, dipl. ing.

Prof. dr.sc. Đurđica Parac-Osterman, dipl.ing.

Doc. dr. sc. Mirta Benšić, prof.

VRHUNSKE TEHNOLOGIJE DIGITALNOG TISKA

CANON imagePRESS C1

Vusić D.¹, Valdec D.¹

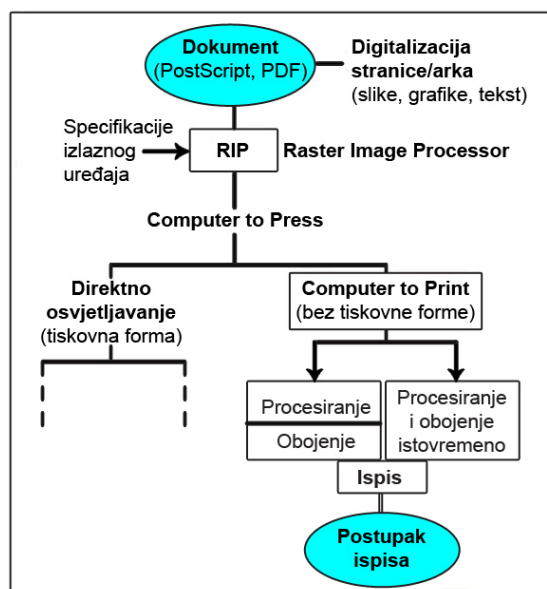
¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Tehnologije digitalnog tiska od prvih dana uspoređuju se s klasičnim tehnologijama tiska po pitanjima kvalitete tiska/ispisa, upravljanja sustavom boje (Color Management), upotrebe različitih medija za ispis te općenito stabilnosti ispisa. Nove generacije uređaja digitalnog tiska pomiču granice dosadašnje percepcije.

Ključne riječi: digitalni tisak, kvaliteta tiska, upravljanje bojom

Abstract: Since their early days, digital print technologies have been compared to traditional print technologies in relation to the press/print quality, color management, use of different print media and general print stability. New generations of printing devices have crossed the borders of perception so far.

Key words: digital print, print quality, color management



Slika 1. Workflow digitalnog tiska

1. UVOD

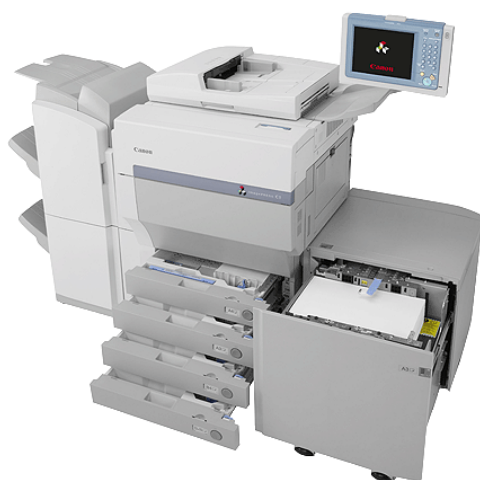
Kada govorimo o digitalnom ispisu, govorimo o područjima tzv. „Computer to Print“ i „Computer to Press“ tehnologijama. Razvoj tehnologije digitalnog ispisa usmjeren je u dva navedena područja: u skupinu „Computer to Print“ tehnologije koje pripadaju tehnologijama beskontaktnog tiska (eng. Non Impact Printing Technologies) a u svojoj osnovi su pisači vrhunskih karakteristika, dok se u skupinu „Computer to Press“ tehnologija svrstavaju uređaji koji su u svojoj osnovi klasični tiskarski strojevi s automatskom izradom tiskovne forme u samom stroju. Temelj radnog postupka (eng. Workflow) digitalnih tiskarskih sustava je direktno računalno upravljanje radom uređaja. Dokument obrađen i pripremljen za ispis u nekoj od grafičkih aplikacija (zajedno sa svim grafičkim elementima na njemu), pretvara se putem kontrolnog računala RIP-a (eng. Raster Image Processor -) u elementarne točke ispisa ovisno o rezoluciji ispisa uređaja (postupak digitalne rasterizacije). Tako rastrirani dokument prosljeđuje se dalje u postupak ispisa („Computer to Print“) ili postupak izrade tiskovne forme u samom uređaju te ispisa („Computer to Press“).

U ovom radu prezentirati će se jedan od najnovijih primjera skupine „Computer to Print“ tehnologije: Canon imagePRESS C1.

2. NOVI STANDARDI U KVALITETI OTISKA DIGITALNIH TISKARSKIH UREĐAJA

Ključni problemi kod tehnologija digitalnog tiska odnose se na postizanje kvalitete tiska/ispisa, kvalitetno upravljanje sustavom boje (Color Management) te mogućnosti upotrebe različitih medija za ispis - općenito stabilnosti ispisa, a kakva je prisutna kod većeg dijela klasičnih tehnika tiska (osobito ofset tehnike tiska).

Tvrtka Canon, kao jedan od vodećih svjetskih proizvođača tehnologije digitalnog ispisa, uložila je u posljednje vrijeme veliki napor u rješavanju spomenutih problema te je u tom smislu tržištu ponudila dojmliiva profesionalna rješenja (eng. Canon Professional Colour Solutions) na području digitalnog tiska.



Slika 2. Canon imagePRESS C1

Digitalni tiskarski uređaj u boji Canon imagePRESS C1 postavio je nove standarde u kvaliteti slike i mogućnostima ispisa te izrade probnih otisaka (eng. Proofing). Kao predstavnik tehnologije digitalnog tiska nove generacije sa svojim vrhunskim karakteristikama osigurao je poziciju „ozbiljnog“ konkurenta ofset tehnologiji tiska.

3. ZAŠTO CANON imagePRESS C1?

Odgovor koji se traži leži u nekoliko činjenica.

1. Performanse

RIP-anje za vrijeme ispisa

Ova vrijedna značajka je sada čak poboljšana. Slobodan prostor systemske memorije i procesor su iskorišteni na perfektn način tako da se započinje s RIP-anjem za vrijeme ispisivanja prethodnog dokumenta:

- povećana produktivnost
- poboljšana efikasnost
- riješeno usko grlo u fazi RIP-anja
- brži izlaz

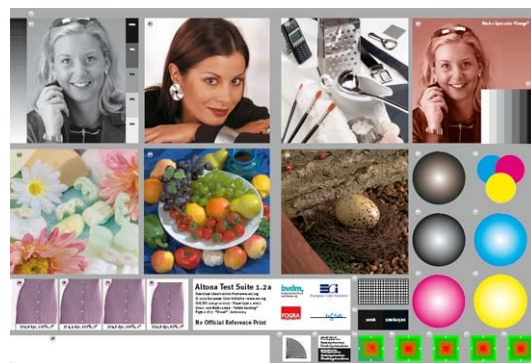
Optimaliziran PDF/X3

Slike, logotipi ili grafike koji se često koriste u dokumentu, bit će RIP-ani samo jedanput i poslani u privremenu memoriju. Svaki put kada će se koristiti, povući će se iz privremene memorije.

- poboljšana performansa uklanjanjem potrebe za RIP-anjem iste slike u istom dokumentu
- poboljšana efikasnost RIP-anja u smislu rada na maksimalnoj optimalnoj brzini

2. Kompatibilnost s PDF/X3 workflow-om

Kreativna specijalizirana upotreba transparentnih boja u layout-ima pomoću CS paketa je poboljšana. Ta karakteristika međutim nije podržana kod svih profesionalnih kontrolera/servera dostupnih na tržištu.



Slika 3. Altona testni uzorak

Među najkorištenijim testnim dokumentima na tržištu je „Altona testni uzorak“ (eng. Altona Test Suite) kojeg korisnici uzimaju kod provjeravanja i dokazivanja potencijala digitalnih tiskarskih uređaja i kontrolera/servera. Svi postojeći Canon profesionalni kontroleri/serveri omogućavaju ispravan ispis „Altona testnog uzorka“.

- iznimna kvaliteta probnih otisaka za simulaciju tiska, u potpunosti prilagođena PDF/X-3 workflow-u
- izvrsna izlazna kvaliteta kombinacije teksta i slike za pojedinačno upravljanje
- povećana produktivnost kod slanja pojedinačnog cjelovitog dokumenta umjesto separacijskog dokumenta (4 izvotka boje)
- poboljšana kvaliteta izlaza za PDF workflows

3. Zamjena spot boja sa suptitucijskim bojama

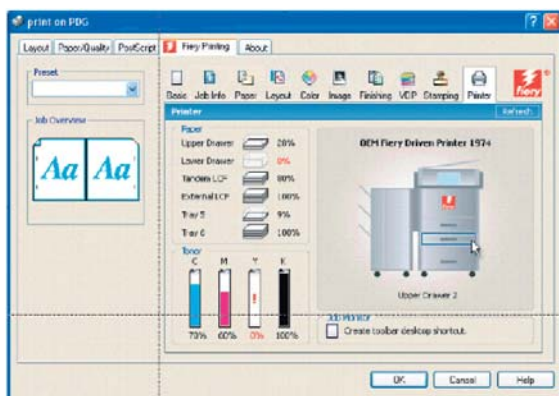
Korporativni identitet je u današnjem poslovnom okruženju značajna stvar. Dokumenti se često ispisuju iz Microsoft Office aplikacija poput Word-a ili PowerPoint-a. Sve takve uredske aplikacije koriste RGB prostor boja. Kod imagePRESS C1 prostor boje u dokumentu opisan s RGB vrijednostima boje (npr. 255R, 192G, 192B) prevodi se u CMYK vrijednosti boje (10C, 20M, 30Y, 40K).

- korektne spot boje i u slučaju ispisa iz uredskih aplikacija

4. Jednostavnost upotrebe

Novi upravljački program uređaja osigurava bolji pregled i omogućuje jednostavniju prilagodbu.

- povećana produktivnost kroz nestajanje statusa svojstava grešaka i istrošenosti
- prilagodljivo korisničko sučelje i pop-up meni u svrhu minimaliziranja koraka izvršenja postupaka



Slika 4. Korisničko sučelje

5. JDF konektor (poveznik)

Novi JDF konektor omogućuje integraciju između postojećeg Fiery kontrolera (RIP) i ostalih Canon kontrolera tako da se ostvari automatizirani i postojani protok informacija temeljen na otvorenim standardima (JDF/JMF, PDF).

- smanjenje ručnog unošenja i prenošenja meta-podataka
- automatizirana zbirka podataka na detaljnijoj razini nego u ručnom sistemu
- detaljan opis posla neovisno o aktualnom procesu produkcije

Produkcija u boji na 1200 dpi, 8 – bitna dubina boje, široki spektar medija za ispis, povećani maksimalni format medija (330x483 mm), denzitometrijska automatska kalibracija uređaja, korekcija tonske krivulje na dijelu otiska (segmentna korekcija), sistem kontrole obojenja, simulacija ofset rastera, simulacija papira za ispis, polutonska simulacija, sistem fiksiranja otiska bez uporabe ulja, mail box, profesionalne mogućnosti dorade (savijanje, sabiranje, klamanje, bušenje rupa,) – samo su neki od dodatnih razloga zbog kojih se može reći kako Canon imagePRESS C1 predstavlja vrhunsku tehnologiju digitalnog tiska. Imajući na umu spoznaju kako razvoj tehnologija biva svakim danom sve brži, pitanje je dana kada će neko novo Canon poslovno rješenje digitalnog tiska „zasjeniti“ opisani model. Sve u korist i dobrobit potrošača.

4. LITERATURA

- [1] www.canon.com

Kontakt:

Damir Vusić, dipl. inž, predavač

J. Križanića, Varaždin

042 493 334; damir.vusic@velv.hr

Dean Valdec, dipl. inž., asistent

J. Križanića, Varaždin

042 493 357; dean.valdec@velv.hr

TRENDOVI RAZVOJA FLEKSOGRAFSKOG TISKA

Kičinbaći J.¹, Mrvac N.², Bertić I.²

¹BILOKALNIK – IPA d.d., Koprivnica

²Grafički fakultet, Zagreb, Hrvatska

Sažetak: *Fleksografski tisak počeo je svoj brzi neočekivani razvojni tempo od sredine 1990.godine, s odgovarajućim omjerom uloženog novca i utrošenog vremena za istraživanje i razvoj, što je dovelo ovu tehnologiju na sami vrh u kvaliteti otiskivanja ambalaže. Fleksografski tisak, danas, s unaprijeđenom opremom omogućuje otiskivanje s visokom kvalitetom i ekonomski prihvatljivom cijenom skoro na sve vrste ambalaže (fleksibilna ambalaža, valovita ljepenka, papir, etikete, maramice...).*

U ovom radu spomenuti su neki od glavnih čimbenika, moderna tehnologija izrade tiskovne forme Computer to Plate (CtP) i Sleeve tehnologija te ekološki prihvatljivije UV i EB tiskarske boje, koji svojim razvojem omogućuju reprodukciju sve veće kvalitete.

Ključne riječi: *Fleksografski tisak, Computer to Plate tehnologija, Sleeve tehnologija, UV tiskarske boje, EB tiskarske boje.*

Abstract: *Flexography (surface printing) started its unexpectedly fast development rate in mid 1990, thank to an adequate ratio of funds invested and time spent for research and development, which led this technology to the very top of the packaging print quality. Flexography today, with advanced equipment enables high quality printing at a feasible price, on almost all types of packaging (flexible packaging, wavy cardboard, paper, labels, handkerchiefs, ...).*

This paper states few major factors, cutting edge technology of the Computer to Plate (CtP) printing form, the Sleeve Technology and the nature-friendly UV and EB ink colors, whose development enables an ever increasing quality of reproduction.

Key words: *Flexography, Computer to Plate Technology, Sleeve Technology, UV ink color, EB ink color.*

1. UVOD

Fleksografski tisak je tehnika visokog tiska, termin «fleksografija» prvi puta se spominje početkom 1952. godine, do tada je bio znan kao anilinski tisak. Za razliku od ostalih tehnika visokog tiska fleksografija zahtjeva nizak viskozitet bojila te mali pritisak između tiskovne forme i tiskovne podloge.

Bojila u fleksografskom tisku dijelimo na bojila prema osnovi vode, bojila na osnovi otapala (alkohola) te novo razvijena UV i EB tiskarska bojila.

Poznata je činjenica da je do prije nekoliko godina fleksografski tisak nudio nižu kvalitetu reprodukcije nego ofsetni tisak. Fleksografskim tiskom donedavno bilo je moguće otiskivati samo manje finoće rastera (do 48 linija/cm), za razliku od ofseta gdje su te finoće bile znatno više (60-120 linija/cm).

Razvoj novih tehnologija CtP i Sleeve te UV i EB tiskarskih bojila za fleksografski tisak omogućuje i kod fleksografije znatno veću kvalitetu kod niza široke palete novih i starih ambalažnih materijala.

2. RAZVOJ NOVIH TEHNOLOGIJA

2.1. Computer to Plate (CtP)

Computer to Plate (CtP) tehnologija omogućila je i omogućava značajan razvoj fleksografskog tiska. CtP tehnologija prvi put je realizirana 1996. godine. Pomoću razvijene tehnologije moguća je direktna izrada tiskovne forme iz računala, pri čemu je izbjegnuta postupak izrade filmova. Osim toga znatno smanjuje gubitak informacija te omogućuje brži i precizniji način izrade tiskovne forme.

Danas su u fleksografskom tisku zastupljene CtP tehnologije koje su zasnovane na laseru i ablaziji tiskovne forme te laserskom graviranju tiskovnih formi.

2.1.1. Laserska ablazija tiskovne forme

Konfiguracija tiskovne forme za laseru i ablaziju sastoji se od crne maske (termo osjetljivog sloja) i fotopolimernog sloja. Latentna slika na fotopolimeru stvara se uklanjanjem crne maske s YAG laserom, pri čemu crna maska dobiva ulogu negativ filma prilikom osvjjetljavanja.

Daljnji postupak osvjjetljavanja fotopolimerne tiskovne forme se odvija na isti način kao i kod konvencionalne metode, odnosno slijedi predekspozicija, glavna ekspozicija, ispiranje i sušenje te završna ekspozicija. Fleksografske tiskovne forme stvorene na ovaj način imaju tanje rasterske elemente, nego prilikom uporabe negativ filmova, što omogućuje veći raspon rastertonskih vrijednosti.

2.1.2. Lasersko graviranje tiskovne forme

Pomoću ove metode gumena tiskovna forma gravira se kontinuirano uz pomoć lasera. Na taj način stvara se vrlo precizna gravura. Ova metoda omogućava slične kvalitativne rezultate kao i metoda laserke ablazije.

Međutim cijena im je nešto veća od metode laserske ablazije.

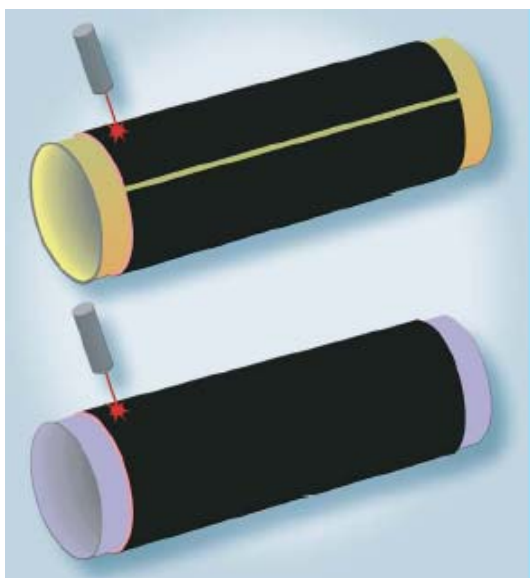
2.2. Sleeve tehnologija

Sleeve tehnologija je dodatni korak prema unapređenju CTP tehnologije.

U Sleeve tehnologiji postoje dva modela izrade tiskovne forme, jedan je model s pločom koja se reže na određenu dimenziju te montira na rukavac, a drugi model, kako bi se izbjegli rubovi na rukavcu, koristi kompletno pripremljen rukavac sa slojem koji je odmah spreman za osvjtljavanje.

Danas je na tržištu moguće naći rukavce od metala, tankog nikla i staklene vune. Svi sustavi za montiranje rukavca rabe istu tehnologiju s kompresijskim zrakom. Unutarnji promjer rukavca kao da se širi djelovanjem pritiska zraka, i omogućuje vrlo jednostavno montiranje rukavca na temeljni cilindar, a čvrsto i dugotrajno priljubljivanje rukavca uz temeljni cilindar postiže se s opuštanjem pritiska zraka.

Prije nego što je pričvršćen na cilindar, cijela vanjska površina rukavca je oslojena polimerom te se s laserom u posebnoj uređaju stvara tiskovna forma. S ovakvim procesom uklonjeni su svi nedostaci kod montiranja tiskovne forme na cilindar.



Slika 1. Sleeve tiskovne forme s (gore) i bez (dolje) ruba

Ovom tehnologijom u potpunosti se skraćuje vrijeme izrade i montiranja tiskovne forme. Osim toga tiskovna forma je jednostavna za manipulaciju i za skladištenje. Sleeve tehnologija se sve više integrira u fleksografske

strojeve. Razvoj ide toliko daleko da je na nekim strojevima instalirana i na aniloks valjcima.

2.3. UV i EB tiskarske boje

Značajan doprinos sve snažnijem razvoju fleksografskog tiska pridonose i ekološki prihvatljiva UV i EB tiskarska bojila. S njima je moguće u potpunosti zamijeniti uporabu tiskarskih bojila na osnovi otapala. Glavna prednost ovih tiskarskih bojila je izrazito brzo sušenje bez stvaranja VOC spojeva na neupojnim podlogama. Ove vrste tiskarskih bojila jedino se mogu osušiti djelovanjem UV zračenja odgovarajuće valne duljine. U sastav UV tiskarskih bojila ulaze: pigmenti, akrilne monomeri (za kontrolu viskoznosti), akrilni prepolimeri, fotoinicijatori i dodatci. Fotoinicijatori djelovanjem UV svjetla reagiraju stvarajući radikale koji se vežu s monomerima i prepolimerima. Pri tome nastaje polimerizacija umrežavanjem, odnosno suhi sloj boje. Brzina sušenja tiskarske bojila može znatno porasti ako se instaliraju UV lampe s inertnim dušikom. Djelovanjem inertnog dušika sprečava se nastanak oksidacije koja usporava proces polimerizaciju, odnosno sušenje.

UV lampe trebaju osigurati optimalno zračenje za reakciju cijele količine fotoinicijatora i umrežavanje akrilnih monomera i akrilnih prepolimera tvoreći pri tome suhi čvrsti sloj tiskarskog bojila. UV tiskarska bojila koja se nisu u potpunosti osušila sadrže nereagirane spojeve koji bi mogli doći u kontakt s osjetljivom hranom i higijenskim proizvodima. Iz tog razloga se ova tiskarska bojila ne rabe kod tih proizvoda.

Taj nedostatak je izbjegnut uporabom EB tiskarskih bojila, tj. bojila koje se suše snopom elektrona. Proces sušenja EB tiskarskih bojila odvija se djelovanjem ionizirajućeg zračenja s visokom energijom gdje se dolazi do otpuštanja slobodnih elektrona koji iniciraju kemijsko vezanje bojila.

Ova tiskarska bojila se uglavnom rabe na proizvodima gdje je potrebno apsolutno sušenje istih te uništavanje mikroorganizama. Djelovanjem s visokom energijom iz reaktivnog veziva stvara se dovoljan broj radikala. Prema tome nisu potrebni dodatni fotoinicijatori za pokretanje reakcije sušenja tiskarske boje. Pri ovoj vrsti sušenja također je bitno koristiti inertni dušik kako bi se smanjilo sporije sušenje i veći utrošak energije. Korištenjem sušenja snopom elektrona tiskarska bojila se suše trenutno i nije potrebno dodatno hlađenje podloge, koja se rabi kod UV sušenja. Ovu vrstu sušenja bojila moguće je izvesti na kraju proizvodnog procesa s izrazito zadovoljavajućom kvalitetom otiskivanja.

Nedostaci EB procesa sušenja su nekompatibilnost s konvencionalnim tiskarskim bojama te veći troškovi investiranja.

3. FLEKSOGRAFSKI TISAK - ZNANOST ILI UMJETNOST

FTA (Flexographic Tehnical Association) fleksografsko tehničko udruženje dugo je bilo zagovornik promoviranja fleksotiska kao znanosti. Mali pomak u nastojanju i poboljšanju toga cilja zbio se 1991. godine osnivanjem FQC-a (Flexo Quality Consortium) fleksografski konzorcij kvalitete. Prvi izvještaj fleksografskog konzorcija kvalitete pokrivao je upotrebu znanstvenih metoda: dizajn, odabir materijala, matematičko modeliranje, mjerenje i dokazivanje rezultata da bismo pomoću tih informacija što bolje povezali važne parametre u procesu tiska- otisak, boju, sustav za bojenje, tiskovnu formu i podlogu.

Tisak u velikim količinama i to pogotovo za potrebe industrije pretvara fleksotisak u znanost i to je nešto što je predvidljivo i neosporno. Ipak u svakodnevnom radu operatera na stroju potrebna je umjetnost koja se istovremeno kosi s vještinom. Dok postoji točno određena fizička komponenta koja mora biti zadovoljena (znanost), i ona je obavezna u fleksotisku jer subjektivna ljudska intervencija ponekad je konačni ključ uspjeha. Znanost ovdje rješava goruće probleme, ali operateri svojim znanjem i iskustvom, koje je vrlo važno u ovoj tehnici tiska, pretvaraju svoj posao u zanat (umjetnost).

Zaključak je nepobitan: fleksografija je znanost i umjetnost. Kada fleksografski standardi budu definirani i počnu se primjenjivati, krenut će i procvat ove grane tiska kao znanosti.

Kod pripremanja jednog foruma, fleksografsko tehničko udruženje poslalo je upitnik svojim članovima. Svrha udruženja je razvoj i razmjena visoko kvalitetnih informacija u svim dijelovima fleksografskog tiska i industrije uz različita istraživanja, standarde, nagrade, obuke i educiranje.

Upitnik je bio kreiran za dvije različite grupe koje će ga ispunjavati. U upitniku se zahtijevalo da se te dvije različite grupe izjasne u svojem mišljenju o fleksotisku i to na pitanje: «Je li je fleksotisak znanost ili umjetnost ili oboje?» Bio je upućen prema onima koji se pridržavaju standarda FIRST (Flexographic Image Reproduction Specifications and Tolerances) specifikacija i normi fleksografske reprodukcije i onima koji ih se ne pridržavaju.

FIRST je set procedura razvijen od strane fleksografskog tehničkog udruženja kako bi se definirale fleksografske oznake, norme i procedure.

Od svih ispitanika 28 % izjasnilo se da je fleksografija znanost, dok je samo 8 % reklo da je fleksografija umjetnost. Većina se ipak odlučila za oboje, tj. fleksografija je znanost i umjetnost.^[5]

4. USPOREDBA FLEKSOGRAFSKI TISAK – OSTALE TEHNIKE

Veličina tržišta fleksografske industrije vrijedi oko 127 milijardi €; godišnja stopa rasta proizvodnje je otprilike 6-10 %.^[2]

Istraživanje koje je vršeno od Esko u 2006. godini pokazalo je da na europskom tržištu tiskane ambalaže apsolutnu dominaciju nad ostalim tehnikama tiska ima fleksotisak s 39%. Ofsetni tisak je zastupljen na tržištu s 34%. Na tržištu tiska ambalaže na trećem mjestu je bakrotisak s 15% zbog vrlo skupe izrade tiskovnih formi. Ostatak tržišta zauzimaju ostale tehnike s 12%.^[3]

Dolaskom novih tehnologija omogućilo je fleksotisku brz razvoj i preuzimanje udjela drugih tehnika tiska na grafičkom tržištu. Promatramo li razdoblje od 2000. godine do 2005. godine, vidimo velike promjene u udjelima. Bakrotisak koji je bio jedan od vodećih tehnika tiska ambalaže, postepeno prelazi na treće mjesto, fleksotisak preuzima sve više i više poslova ofseta i bakrotiska te postaje prva tehnika tiska za ambalažu.

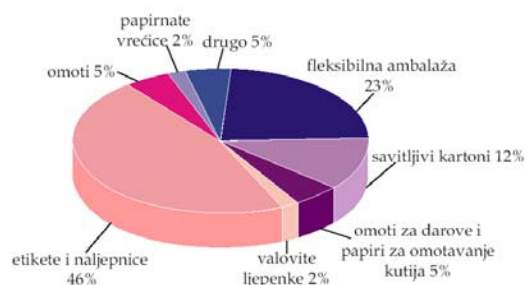
Iz priložene tablice 1. vidljivo je povećanje udjela fleksotiska na tržištu ambalaže.

Tehnika tiska	Svjetsko tržište		
	1998	2000	2005
Ofset	45%	40%	35%
Bakrotisak	20%	18%	15%
Fleksotisak	28%	32%	40%
Ostale tehnike	7%	10%	10%

Tablica 1. Udio glavnih tehnika tiska na tržištu u %^[3]

Današnji potrebe zahtijevaju veći broj novih proizvoda stvorenih novim tehnologijama, a ambalaža su upravo vrata kroz koja proizvod odlazi u dom potrošača.

U skladu s FTA (Flexographic Tehnical Association) fleksografsko tehničko udruženje industrija pakiranja je podijeljena na 12 specifičnih segmenata uključujući ambalažne valovite ljepečke, omote, fleksibilnu ambalažu, savitljive kartone, omote za darove i papire za omotavanje kutija, kartone za mlijeko i napitke, papirnate vrećice, tvrde papirnate kutije, sanitarni ili pribor za jednokratnu upotrebu (čaše, tanjuri...), etikete i naljepnice (slika 2).



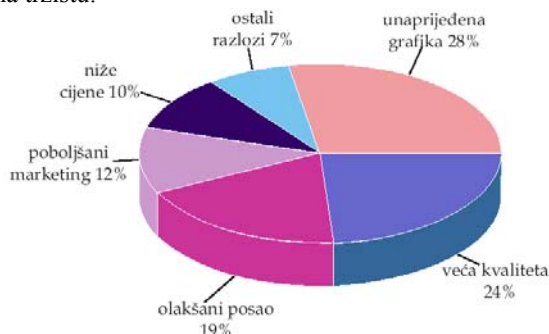
Slika 2. Podjela ambalažne industrije

Ispitivanje vezano na digitalni tisak koje je rađeno unutar fleksotiskara 2004. godine, dalo je rezultate o utjecaju

digitalnog tiska na fleksotisk. Unapređenje grafičke tehnologije očekivalo je 28% ispitanika, 24% ispitanika je vjerovalo da će se uporabom digitalnog tiska podići kvaliteta otiska, za olakšanje posla bilo je 19% ispitanika, 12% poboljšani marketing, 10% niže cijene i drugi razlozi 7% (slika 3).^[3]

Za sljedećih nekoliko godina ispitivanja koja su provedena, dala su rezultate da je od 94% ispitanika koji planiraju ulagati u novu ili dodatnu fleksotiskarsku opremu, dok samo 6% ispitanika nije planiralo ulagati u novitete i dodatnu opremu.^[3]

Fleksotisk je najveći razvoj postigao u Americi dok pojedine zemlje nastoje je pratiti i biti konkurentne kao što su Kina, Japan i Južna Afrika. Zbog financijske situacije u pojedinim dijelovima svijeta nije moguće pratiti stalne trendove koji diktiraju cijene sirovina i sve veće zahtjeve na tržištu.



Slika 3. Utjecaj digitalnog tiska na fleksotisk

Šest je glavnih briga koje zaokupljaju ambalažnu industriju i u sljedećih nekoliko godina morat će se suočiti s njom. To će prisiliti svaku tvrtku za novom i razvijenijom tehnologijom ili će se morati u velikoj konkurenciji boriti sa starom opremom, gdje je opstanak upitan. Velika prijetnja je strana konkurencija i strani proizvođači, kao i konkurencija drugih tiskarskih procesa. Podržavanje radne snage i stalno obučavanje proširuje mogućnosti proizvodnje te omogućuje sigurnost tvrtci i unapređuje kvalitetu proizvoda.

Veliku prijetnju ambalažnoj industriji u budućnosti predstavljaju mali lanci trgovina, zato što oni jednostavno prisiljavaju proizvođače da prodaju proizvode s minimalnim profitom, a to uzrokuje manjak radne snage i minimalnu zaradu uz koju nije moguće ulagati u novitete. Smanjenje cijena predstavlja veliki problem ambalažnoj industriji.

Potrošači su danas okruženi neprestanim povećanjem tiskane ambalaže čija se kvaliteta povećava, a oni zahtijevaju više iz razloga da nastave kupovati određeni brand ili da u trenutku kupovanja u prodavaonici upravo ambalaža donese važnu odluku o kupnji. Pri tome ne treba zaboraviti da je ambalaža tihi prodavač proizvoda.

Tržište također zahtijeva sigurnosne oznake na ambalaži u prehrambenoj i medicinskoj industriji kako bi se zaštitila

autorska prava, te razne znakove upozorenja koja bi se u budućnosti nalazila na deklaraciji robe.

Proizvođači velikih brandova moraju se suočiti sa sve većim zahtjevima kvalitete i prisiljeni su se prilagoditi trendovima što znači posezati za ambalažom bolje kvalitete i dizajna.

5. ZAKLJUČAK

Fleksografska industrija zauzima ugledno mjesto na tržištu papirne ambalaže. Nova tehnička unapređenja u opremi, podlogama i aplikacijama stvorila su mnoge prilike za ljude koji se bave ovim poslom. Kvaliteta ove tehnike svakim danom raste te je gotovo nemoguće razlikovati fleksotisk od drugih «kvalitetnijih» tehnika. Pa u skladu s time fleksotisk zauzima sve veći dio grafičkog tržišta.

Zbroj prednosti fleksotiska čini tu tehniku najznačajnijom u industrijskom tisku vezano uz tisak ambalaže. Cijene dionica u industriji ambalaže porasle su za 3% u odnosu na prosjek, a u skoroj budućnosti predviđa se još veći rast.^[9]

Nove softverske aplikacije te dizajn ambalaže stvorili su pogodno tlo za nove izazove za proizvođače koji ih moraju slijediti, pogotovo zbog svojih kupaca koji stalno žele nove proizvode, a ti novi proizvodi rezultat su novih tehnologija.

Danas možda najveći izazov za proizvođače predstavlja utjecaj digitalne tehnologije na fleksotisk. U vrlo kratkom periodu pojavljuju se novi i napredniji strojevi te će upravo taj napredak prisiliti tvrtke da kupuju nove strojeve jer je sa zasterjelom tehnikom opstanak vrlo upitan.

Digitalni tijek rada za fleksotisk je sazio i ta tehnologija sada je brža, jednostavnija i jeftinija. Trend razvoja ove tehnologije jednostavno ne možemo poreći.

Cjelokupni napredak, zajedno s težnjom prema normalizaciji i standardizaciji tiskarskog procesa, postavlja fleksotisk na najznačajnije mjesto tehnike u području tiska ambalaže.

6. LITERATURA

- [1] Hide L., *The Versatility of Flexo*, European Flexographic Technical Association,
- [2] <http://www.efta.co.uk>
- [3] <http://www.esko.com>
- [4] <http://www.flexography.org/online/forumdetail.cfm>
- [5] http://www.idspackaging.com/Common/Paper/Paper_194/The%20Versatility%20of%20Flexo.htm
- [6] Kipphan H., (2001.), *Handbook of Print Media : Technologies and Production Methods*, Springer, Berlin
- [7] White A., (1998.) *High Quality Flexography : a literature review*, 2nd. ed., Pira International, Leatherhead

POSLOVNA IZVRSNOST

Vusić D.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Značaj i položaj svakog sustava, poduzeća (pa i pojedinca) unutar gospodarskih i društvenih zajednica ogleda se kroz uspješno poslovanje i zadovoljstvo zaposlenika. Ključno u postizanju i održavanju cjelovite kvalitete sustava je upravljanje svim parametrima koji do nje dovode. Sustavno i postupno uvođenje upravljanja cjelovitom kvalitetom (TQM – Total Quality Management) osigurava primjena tzv. modela izvrsnosti poslovanja. Postoji nekoliko različitih modela, a najpoznatiji na prostoru EU je EFQM model izvrsnosti (EFQM Excellence model) koji tvrtkama nudi smjernice za postizanje i mjerenje uspjeha, odnosno poslovne izvrsnosti.

Tvorac EFQM modela izvrsnosti je Europska zaklada za upravljanje kvalitetom iz Bruxellesa (EFQM – European Foundation for Quality Management). EFQM model izvrsnosti sastoji se od devet kriterija od kojih pet osposobljava tvrtku za postizanje izvrsnih rezultata, a četiri ukazuju na postignute rezultate. Vrijednost EFQM modela leži u činjenici da usmjerava organizaciju i nudi joj alat za stalno samoispitivanje i napredak u postizanju kvalitetnog poslovanja u svih devet kriterija, tempom koji odgovara organizaciji. Za ocjenu Razine izvrsnosti (Levels of Excellence) prema EFQM-u postoji mehanizam, odnosno matrica bodovanja u vidu prosudbe i samoprosudbe koji u konačnici impliciraju dodjeljivanje certifikata za određenu razinu poslovne izvrsnosti. Najviši stupanj EFQM-ovih razina izvrsnosti je Europska nagrada za kvalitetu (European Quality Award).

Ključne riječi: Cjelovita kvaliteta, poslovna izvrsnost, model izvrsnosti, razine izvrsnosti.

Abstract: Status and importance of every system, company (even an individual) within economic and social communities is reflected in successful business and satisfaction of its employees. Managing all parameters leading to it is the key to achieve and maintain the total system quality. A systematic and subsequent deployment of the Total Quality Management (TQM) is ensured through application of the so called Business Excellence Model. There are several different models, but the best known in the territory of the EU is the EFQM Excellence Model, offering companies guidelines for achieving and evaluation of success or business excellence.

Creator of the EFQM Excellence Model is the EFQM – European Foundation for Quality Management

from Brussels. The EFQM Excellence Model comprises nine criteria, five of which shall qualify the company for achieving excellent results, and four demonstrate the achieved results. The value of the EFQM Model is in its feature to direct the company and to provide tools for permanent self-testing and progress in achieving high-quality operation under all the nine criteria, at the rate that best suits the company. To evaluate levels of excellence in compliance with the EFQM, there is a mechanism, i.e. the evaluation matrix including assessment and self-assessment, which eventually imply certification for certain level of business excellence. The highest among the EFQM excellence levels is the European Quality Award.

Key words: Total quality, business excellence, excellence model, excellence levels

1. UPRAVLJANJE CJELOVITOM KVALITETOM

(TQM – Total Quality Management)

Tumačenje kvalitete u današnje vrijeme usko je vezano uz pojam poslovne učinkovitosti organizacije koja se promatra kroz vrlo široki, cjeloviti aspekt. Pri takvom tumačenju cjelovite kvalitete (TQ - Total Quality) se ističe:

- životni ciklus proizvoda
- zadovoljstvo, zdravlje i sigurnost ljudi (polagatelja prava)
- minimalan utrošak svih resursa
- prihvatljiv učinak na korisnika, okoliš i društvo.

Kompanija opredijeljena za cjelovitu kvalitetu mora početi od primjene sustava upravljanja kvalitetom (ISO 9001:2000), okolišem (ISO 14001) i zdravljem te zaštitom na radu (OHSAS 18001). Ti normirani sustavi upravljanja čine temelj za postupnu izgradnju TQM-a (Total Quality Management).

TQM, odnosno upravljanje cjelovitom kvalitetom znači da sve organizacijske jedinice i svi pojedinci u njima moraju, pored kvantitete i rokova, osiguravati kvalitetu i održivi razvoj. Uvođenje TQM-a u organizacije omogućuju modeli izvrsnosti poslovanja kojima se tvrtke osposobljavaju za postizanje izvrsnih rezultata te za provjeru, kontrolu

postignutog. Kod provođenja aktivnosti i projekata TQM-a važni su sljedeći pristupi:

- potpuna orijentacija na kupca
- napuštanje funkcionalne organizacije, česte rasprave o organizaciji, ali i promjene
- organiziranje u minimalnom broju razina
- planirano i sustavno praćenje svih oblika troškova
- orijentacija upravljanja pomoću timskog rada i samoupravljanih timova
- objavljivanje jasne vizije, misije, strategija i politika poduzeća
- kontinuirano i odlučno poboljšavanje svih procesa tako da kvaliteta ne predstavlja više nikakav veći problem
- bitno poboljšanje zadovoljstva zaposlenika i kupaca
- daleko manji negativni utjecaj na okoliš i društvo, kontinuirano mjerenje poboljšanja i objavljivanje postignuća.

Upravljanje cjelovitom kvalitetom znači zapravo upravljanje usmjereno na poslovnu izvrsnost kompanije zadovoljavanjem svih polagatelja prava.

2. POSLOVNA IZVRSNOST

Poslovna izvrsnost (*Business Excellence*) je definirana kao visoka razina zrelosti poduzeća/organizacije u odnosu na upravljanje i postizanje rezultata. Istinski izvrsne organizacije su one koje teže zadovoljavanju svojih vlasnika onime što postižu, načinom na koji to postižu, kao i onime što mogu dostići te sigurnošću da će dobiveni rezultati biti podržani i u budućnosti. Temelji se na sljedećim načelima:

- orijentacija na rezultate
- usmjerenost na kupce
- vođenje i konstantnost svrhe
- procesno upravljanje utemeljeno na činjenicama
- razvoj zaposlenika i njihovo sudjelovanje, neprestano učenje, poboljšavanje i inoviranje
- razvoj partnerskih odnosa i korporativna društvena odgovornost.

Poštujući ova načela, razvijeno je nekoliko modela koji daju okvir poslovne izvrsnosti. Najpoznatiji su:

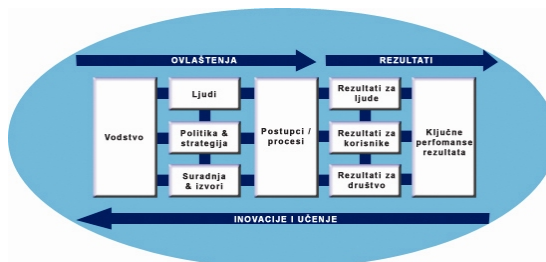
1. Europski model - EFQM EM
2. Američki model - Malcolm Baldrige
3. Japanski – Deming

2.1. EFQM model izvrsnosti

Tvorac EFQM modela izvrsnosti je Europska zaklada za upravljanje kvalitetom iz Bruxellesa (*EFQM – European Foundation for Quality Management*). Misija EFQM-a je promicanje kvalitete i održive izvrsnosti u europskim tvrtkama kako bi bile konkurentne na svjetskom tržištu. Smješten u Bruxellesu, EFQM je danas mreža više od 800 tvrtki i partnera iz svih dijelova svijeta.

EFQM model izvrsnosti predstavljen je 1992. godine, a sastoji se od devet kriterija od kojih pet osposobljava tvrtku za postizanje izvrsnih rezultata (vođenje, politika i strategija, zaposlenici, partnerstva i resursi te procesi), a četiri ukazuju na postignute rezultate u odnosu na zaposlenike, kupce, društvo i ključne performanse. Model se temelji na sljedećoj pretpostavci:

Izvrsni rezultati u djelovanju organizacije, odnosu prema korisnicima, zaposlenicima i društvu postižu se izvrsnim vodstvom koje definira politiku i strategiju, a koju osiguravaju resursi i procesi te provode zaposlenici i partneri.



Slika 1. Temeljni kriteriji izvrsnosti EFQM EM

Model daje razrađene potkriterije i njihovu interakciju kroz sljedeće tematske kanale: komunikacija, korporativna društvena odgovornost, kreativnost i inovativnost, kupci, upravljanje i ponašanje, znanje, tržište i definiranje tržišta, zaposlenici, metodologija procesa, dobavljači i partneri te održivost.

Za ocjenu zrelosti ovaj model koristi tzv. RADAR logiku. To je kratica od prvih slova engleskih riječi:

Results (rezultati)

Approach (pristup)

Deployment (primjena)

Assessment (prosudba)

Review (pregled/ocjena).

RADAR daje matricu bodovanja za prosudbu i samoprosudbu svih onih koji apliciraju za Europsku nagradu za kvalitetu, kao i za priznanja nižih razina poslovne izvrsnosti.

Primjena modela izvrsnosti:

- menadžment odabire model izvrsnosti (preporuka: EFQM EM)
- izobrazba članova timova za samoprocjenjivanje
- uspostava projekta, izbor modela samoprocjenjivanja i ocjene rezultata
- provedba samoprocjenjivanja, statistička obrada rezultata
- plan poboljšavanja s prepoznatim potencijalima za poboljšavanje
- planiranje nove samoprocjene
- provedba plana poboljšavanja
- slanje u EFQM, Bruxelles aplikacije za kompaniji primjerenu razinu izvrsnosti

Bitni elementi za izvrsnost organizacije:

- kriteriji EFQM EM pokriveni odličnim pristupima, modelima, alatima
- pristupi, modeli i alati primijenjeni u cijeloj organizaciji
- pristupi, modeli i alati primijenjeni punim potencijalom
- utvrđena povezanost primijenjenih pristupa, modela i alata i postignutih poboljšanja

2.2. EFQM razine izvrsnosti

(Levels of Excellence)

Rezultat procesa ocjene zrelosti organizacije predstavljaju razine izvrsnosti organizacije:

- a. Predan izvrsnosti (*Committed to Excellence*)
- b. Prepoznat po izvrsnosti (*Recognised for Excellence*)
- c.1 Finalist EQA
- c.2 Special Prize Winner
- c.3 Award Winner – EQA

a. Predan izvrsnosti predstavlja prvi stupanj izvrsnosti poslovanja prema EFQM modelu na kojem je organizacija na početku puta prema izvrsnosti. Proces se odvija u dvije razine:

1. Razina: samoprocjena najvišega vodstva upitnikom temeljenom na 9 kriterija EFQM EM. Rezultat – potencijali za poboljšavanje

2. Razina: Provedba plana poboljšavanja. Uspješnost potvrđuje EFQM auditor pregledom dokumentacije i intervjuima tijekom boravka u organizaciji (1-2 dana)

U Hrvatskoj certifikat "Committed to Excellence" posjeduje tvrtka *Carnet*.

b. Prepoznat po izvrsnosti predstavlja drugi stupanj izvrsnosti poslovanja prema EFQM modelu koji potvrđuje kvalitetan pristup organizacije u provođenju aktivnosti realizacije projekata imajući za cilj poboljšanje prepoznatih, slabijih strana sustava.

- barem tri samoprocjene prema punom EFQM EM s 32 potkriterija.

- jake strane organizacije i područja za poboljšavanje

- tri mogućnosti: 1) izrada brošure (51 stranica), 2) ocjena (assessment) u organizaciji i 3) radionica i ocjena

1. pristup: 3 dana 3-5 EFQM auditora provjerava podatke iz brošure pregledom dokumentacije i intervjuima zaposlenika.

EFQM šalje konačni povratni izvještaj (jake strane, potencijali za poboljšavanje, bodovi za svaki kriterij EM i ukupan rezultat). Za više od 400 bodova EFQM dodjeljuje certifikat.

U Hrvatskoj je certifikat "Recognised for Excellence" posjedovala tvrtka *Ericsson Nikola Tesla*.

c. Razine Europske nagrade za kvalitetu, EQA (*European Quality Award*) koja se dodjeljuje u četiri kategorije: velika poduzeća i poslovne jedinice, operacijske jedinice unutar kompanija, organizacije iz javnog sektora, mala i srednja poduzeća.

- potrebno je petogodišnje iskustvo samoprocjenjivanja i poboljšavanja prema EFQM-u

- brošura od 75 stranica u određenom vremenu i na određeni način

- 3-8 auditora ocjenjuje, rezultat iznad praga – 1 tjedan u organizaciji

- konačni bodovi za aspekte i ukupan rezultat, povratni izvještaj

- žiri eksperata pregledava izvještaj i odlučuje o razini priznanja

c.1. Finalista (*Finalist EQA*)

c.2. Dobitnik posebne nagrade (za temeljni(e) koncept(e) izvrsnosti) (*Special Prize Winner*)

c.3. Dobitnik Europske nagrade (*European Award Winner*)



Kontakt:

Damir Vusić, dipl. inž, predavač

J. Križanića, Varaždin

042 493 334; damir.vusic@velv.hr

Slika 2. Certifikat 1. stupnja poslovne izvrsnosti - Predan izvrsnosti (Committed to Excellence)

3. ZAKLJUČAK

EFQM model izvrsnosti poslovanja nije samo mjerilo za dobivanje nagrade, već vrlo korisno sredstvo za samoprocjenu poduzeća. Primjena samoprocjenjivanja prema EFQM modelu izvrsnosti, te korištenje prepoznatih vrijednih područja za poboljšavanje, postupno vodi prema upravljanju cjelovitom kvalitetom (TQM-u), odnosno i sustavnoj primjeni aktivnosti za održivi razvoj.

Misija i strategija razvoja svakog sustava koji želi opstati kao konkurentan na EU tržištu je osiguravanje sustavnih alata upravljanja koji se temelje na TQM-u te implementacija i standardizacija najbolje prakse u poslovne procese. Istovremeno je potrebno, uz neprestana poboljšanja, usmjeriti put poduzeća u okvirima održivog poslovanja i poslovne izvrsnosti.

4. LITERATURA

- [1] Oslić I., *Razine izvrsnosti Europske zaklade za upravljanje kvalitetom*, ISO FORUM CROATICUM, Zagreb, 2005.
- [2] Oslić I., *Kvaliteta, izvrsnost i održivost*, Glasilo "Gospodarstvo i održivost", Zagreb, 4/2005.
- [3] <http://www.efqm.org>
- [4] <http://www.carnet.hr/organizacija/kvaliteta>

(D)EVOLUCIJA MARKETINGA

Divković M.¹

¹Marketing Manager & stručni savjetnik, profine GmbH
profine Croatia d.o.o., V. Gorica, Hrvatska

**Marketing je moćan. Služite se njime mudro.
Živite laž.**

Prije doba televizije, tamo negdje do 50-ih godina XX st. marketing u smislu u kojem ga danas poznajemo zapravo nije ni postojao. Proizvođači su ispunjavali potrebe – ako ste proizveli nešto što tržište traži, uz to imali osiguranu distribuciju i ako ste proizvod (ili uslugu, ili... bilo što) prodavali po razumnoj cijeni, prodaja je bila osigurana.

A onda je došlo zlatno doba marketinga.

Pojavom televizije napravljen je prvi odmak od zadovoljavanja potreba u pravcu stvaranja i zadovoljavanja želja. Komunikacija je bila potpuno jednosmjerna, plasirana TV ili novinska reklama stizala je do svih potrošača (uostalom, čak i u Americi tada su imali samo tri televizijska kanala i neusporedivo manji broj novina i magazina nego danas). Divno doba za marketinške stručnjake, vrstu homo sapiensa koja se tek formirala - ljudi su vjerovali reklamama, a zakup stanovitog broja minuta na televiziji ili prostora za novinski oglas donosio je sasvim konkretno i mjerljivo povećanje prodaje. Sustav je omogućavao da oni koji imaju novac za reklamiranje zarade još više novca, kojeg su opet mogli ulagati u reklamiranje.

I odjednom... balon se ispuhao. Ljudi su prestali vjerovati reklamnim porukama. Preobilje je stvorilo zasićenost, ali, što je i puno važnije, novi mediji su omogućili dvosmjernu i višesmjernu komunikaciju. Dakako da se naši, još evolucijski nedovršeni marketinški stručnjaci nisu snašli, tako da i danas, u sasvim izmijenjenim okolnostima većina «stratega» razmišlja na stari način.

Pun krug

Kad kažemo marketing, pomislimo na reklame u poluvremenu nogometnih utakmica, jumbo plakate, sjajne novinske oglase...

Ili:

Kad kažemo marketing, pomislimo na spam, poštanske sandučice pune letaka i brošura koje nismo tražili, beskrajne i dosadne reklamne blokove u sred filmova na komercijalnoj televiziji...

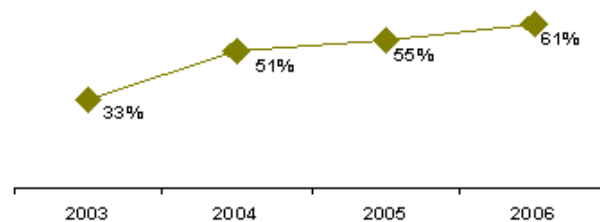
Marketing je sve to i još više. Ili, marketing je najmanje upravo to.

Svakodnevno smo bombardirani s bezbroj marketinških poruka.

Ljudski mozak je zadivljujući organ, tako da je izgradio čitav niz obrambenih mehanizama protiv ove lavine informacija. Ljudi zapravo ne gledaju i ne čitaju reklamne poruke; ljudi gledaju i čitaju ono što im je zanimljivo, a

ponešto od toga je slučajno reklamna poruka. Osim toga, na neki način je napravljen pun krug: ostao je još jedan medij kojem se vjeruje, a to je onaj najstariji i najmoćniji - usmena predaja. Vjerujemo onima koji su slični nama, i dijelu stručnjaka. Primjećujemo i atraktivan, uspješan dizajn, ali mu poklanjamo pozornost uglavnom samo ako se poruka uklapa u okvire našeg, već izgrađenog svjetonazora. I, dakako, primjećujemo različitosti, promjene.

Kome vjerujemo?



	%
Neovisni, akademski stručnjaci	62
Liječnici i sl.	62
Ljudi poput nas	61
Financijski analitičari	58
Nevladine organizacije	58
Računovođe	53
Odvjetnici	36
Zaposlenici reklamirane tvrtke	33
Rukovoditelji	29
Sindikati	19
Zabavljači	17
Public Relation osobe	16
Blogovi	15

Onaj tko danas svojom porukom cilja na maticu tržišta, u nadi da će se njen dio «upecati», zapravo puca u prazno. Tradicionalni mediji su i dalje bitni (i daleko od toga da su mrtvi, kako se ponegdje čuje), ali se njihova uloga znatno promijenila.

1955	Usmeno prenošenje poruka (Word-of-Mouth, WOM) je 7 puta efikasnija od novinskih reklama, 5 puta jača od prezentacije prodajnog predstavnika i duplo efikasnija od radio reklame.
1967	36% ispitanika je naučila nešto o tehničkim inovacijama putem usmene predaje, a 48% njih je na isti način donijelo odluku o kupovini.
2001	Studije raspodjele su utvrdile da je WOM desetak puta efikasniji od medijske reklame.
2006	61% populacije vjeruje ljudima poput sebe kao mediju za prenošenje poruke

(izvor: Edelman Trust Barometer, 2006)

Biti zapažen: ignoriranje je snažna poruka

Kad na tržište izbacujemo novi proizvod, uvijek polazimo od pretpostavke da konkurencija ima u osnovi istu tehnologiju, cijene i performanse.

Dizajn je još jedina stvar po kojoj se na tržištu jedan proizvod razlikuje od drugog.

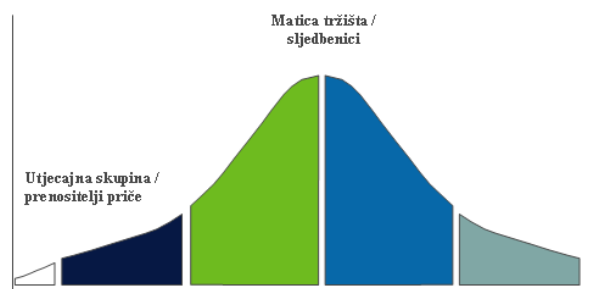
Norio Ohga, bivši predsjednik uprave tvrtke Sony

Situacija za stručnjake za marketing u klasičnim medijima ne izgleda sjajno. Oglasima i reklamama se sve manje vjeruje, ali marketing nikad nije bio moćniji. Kako? Pa, tehnike su postale profinjenije.

Ako se vozite kroz francusku Provansu, vrlo je izgledno da ćete prolaziti pored velikih stada krava. Sve jednake, šarene i uhranjene, u početku pružaju nezaboravan prizor. U početku. Međutim, doživljaj jako brzo dosadi i više ih i ne primjećujemo. Ali, ako se odjednom među njima pojavi krava plave boje, sigurno ćemo je izdvojiti i zapamtiti. Ako još na njoj piše «Milka», eto priče.

U svijetu s milijunima kanala, oglasa i jumbo plakata, ljudi će zapamtiti one koji najbolje ispričaju priču i koji su drugačiji. Zapravo, ljudi će samo takvima dozvoliti da prođu kroz obrambene barijere njihovog mozga. Ostali će ostati neprimijećeni, a ignoriranje je vrlo snažna poruka. Dakle, matica tržišta, ona čiji pripadnici upiju i ignoriraju nekoliko tisuća marketinških poruka dnevno predstavlja segment na koji je ekonomski potpuno neopravdano trošiti vrijeme, prostor i novac. Segmentacija tržišta je jedna od svetih krava bilo koje marketinške strategije, i to čak i nije upitno. Ali, segmentirati nešto da bismo osmislili posebnu strategiju za svaki segment je često rasipanje resursa.

Koje poruke pamtimo? One koje se odnose na nešto što nam je trenutno važno. Ako razmišljamo o kupovini automobila, primjetit ćemo plakate, oglase, TV reklame koje se odnose na automobile. A onda ćemo pitati poznanika, automobilskog manijaka za savjet. Ako kupujemo PC, pogledat ćemo stručne časopise, obratiti pažnju na reklame i... opet se za savjet obratiti osobnom kompjuterskom guruu kojeg svi mi imamo. I tako redom. Zaključak je jasan – best buy solucija je orijentirati se samo na jedan segment, na utjecajne pojedince. Ako ispričamo dobru priču, oni će je pričati dalje. Ljudi vole pričati priče. I slušati ih.



Vrijeme >>

Ovo nipošto ne znači odustajanje od klasičnog oglašavanja. Suptilna poruka, dobar dizajn, pravilna doza humora, naglasak na društvenoj i ekološkoj odgovornosti i dalje će privlačiti pažnju. Ali, naglasak je na suptilnosti, pažljivo odabranim ključnim riječima i superiornom dizajnu. U tom slučaju, reklama se pretvara u pokazatelj sposobnosti, kao paunov rep - samo zdrav, snalažljiv, genetski besprijekoran paun može sebi dozvoliti da izraste i nosi sa sobom tako savršen, skup, težak i s aspekta borbe za opstanak katastrofalan ukras. Paun to radi u sklopu seksualne selekcije, radi udvaranja ženama. Kompanije, političke stranke, show business se tako udvaraju tržištu. U oba slučaja stvar funkcionira. Tu je prostor za kreativce s područja dizajna i multimedije, prostor koji će i dalje postojati. Samo, uvijek zabavlja kako oni van područja dizajna, ili oni bez osjećaja za dizajn i promjene uvijek izjednačavaju ono što dizajneri rade s dekoracijom proizvoda. Dobar dizajn je rješenje problema. I, skoro je nemoguće napraviti dizajn za određene ciljne skupine - ljudi uglavnom nemaju pojma što im se dopada dok im to ne pokažete. Crowdsourcing mora biti zamijenjen crowdmanagementom, ali kao i u prethodnom slučaju, priča mora biti vjerodostojna. Ne u smislu da u svakom detalju odgovara činjenicama, samo vjerodostojna – razlika postoji.

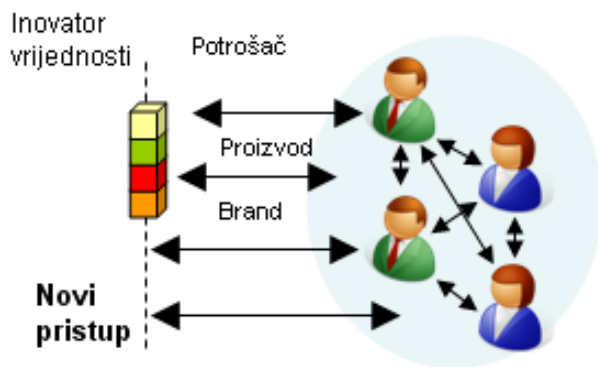
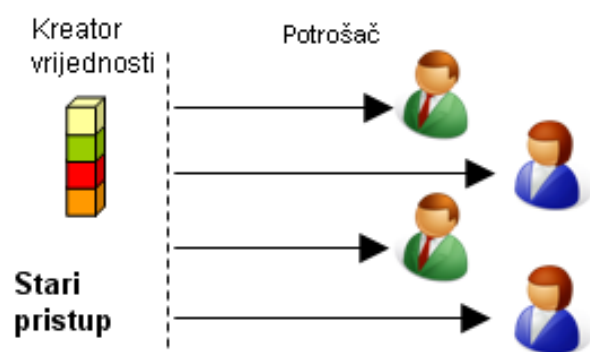
Potrebe i želje

Kad bi se radilo samo o ispunjavanju potreba, skoro da ne bismo imali o čemu pisati. U tom slučaju nitko ne bi kupio mobilni telefon najnovije generacije (čije mogućnosti 90% kupaca zapravo i ne koristi), ili (o, užasa!) terenski automobil. Kome, osim specijalnim službama treba auto koji je prevelik, relativno neudoban, kojeg je teško parkirati, puno troši i katastrofalan je za ekologiju i ostale sudionike u prometu? Koji i onako kod većine kupaca skoro nikad za vrijeme svog uporabnog vijeka ne silazi s asfalta? No, svjedoci smo da se terenci i mobiteli odlično prodaju. U čemu je kvaka?

Jednostavno, stvorena je želja, a proizvođači su se potrudili da je ispune. Dio korijenja ove pojave možemo naći u klasičnoj knjizi velikog ekonomista Thorsteina Veblena "The Theory of the Leisure Class" koja na neusporedivo zabavan način govori o upadljivoj potrošnji. Ali, to je samo dio, podloga za fenomen koji se do današnjih razmjera mogao razviti samo uz pomoć medija.

Novi i stari mediji

Pojava interneta je staru školu marketinga bacila u paniku, i dugo je trebalo da se počne prilagođavati. Skoro patetično djeluju prvi pokušaji internet marketinga, kad se TV pristup bez prilagodbi prenosio u novi medij (pojava koja još nije nestala). Zaboravila se činjenica da ljudi preskaču i ignoriraju reklame kad god to mogu, a na internetu - mogu. Dvosmjerna komunikacija učinila je svoje, i potrošači su postali naizgled moćniji nego ikad. Sljedeći korak je bio pomak s dvosmjerne na višesmjernu komunikaciju. Viral marketing, buzz marketing, web 2.0, RSS, vblog, social media, WOMM... zatrpani smo terminima. Dakako da se utjecaj novih medija uveliko precjenjuje, uglavnom zbog već spomenutog problema prezasićenosti. Od drveća često ne vidimo šumu i obrnuto. Međutim, neke stvari su neupitne. Tržište postaje pametnije, informiranije, organiziranije.



Društvene mreže su postale svojevrsna usmena predaja današnjice, i omogućile razmjenu informacija na do sada nezamislivoj razini. Omogućile su i da skoro svatko može postati autor, izdavač, dizajner, filmski stvaratelj. Reklo bi se - kome još trebaju specijalizirani butici s donjim ženskim rubljem, ako do najpovoljnije ponude i ogromnog izbora možemo doći s nekoliko klikova mišem?

Pokazalo se da ipak trebaju, i da i dalje uspješno posluju.

Tko bi rekao da se na području pripreme i posluživanja kave može uraditi nešto novo?

U Starbucksu su rekli da može, i stvorili imperij. I tako redom, primjera je bezbroj. Elementarno - gosti u Starbucksu ne kupuju kavu nego stil. I humanu interakciju. Tržište su ljudi, a ne demografski sektori i rezultati istraživanja. Pronađena je do tada zanemarena

niša u čiji svjetonazorski okvir je savršeno uklopljena priča.

Vrhunski iskoraci nikad nisu napravljeni slijedeći pravila.



Dizajn Mladen Divković 2007, photo profine Group©

Quo Vadis?

Pravila, naravno, ne postoje. Kad bi postojala općeprimjenjiva formula, bili bismo okruženi uspješnim tvrtkama, vrhunskim dizajnom, vjerodostojnim porukama... vidimo da nije tako.

Ali, neke stvari su se iskristalizirale.

Tržište je komunikacija i konverzacija.

Internet je omogućio međusobnu komunikaciju na način potpuno nemoguć u svijetu masmedija. Linkovi ruše hijerarhiju.

Što manju kontrolu korporacije imaju nad upućenom porukom, kredibilitet poruke je veći.

Već sada homogenizirani korporativni i politički jezik izjava, poruka, oglasa, brošura djeluje arhaično kao jezik francuskog dvora iz XVIII st. Ni nalik na jezik umreženog tržišta.

PR nema veze s riječima "Public" i "Relations". Kompanije se zapravo boje svojih tržišta, ne koreliraju s njima.

Prvi dojam je jako bitan, i stječe se u djeliću sekunde. Ali, nitko nije rekao u kojem momentu dolazimo do prvog dojma, to nipošto ne mora biti pri prvom kontaktu.

Prilagodite tehnologiju svojim idejama, a ne ideje tehnologiji.

Tradicionalno reklamiranje je kupovanje vremena i prostora; novi pristup znači kreiranje istih.

Budite dobri dizajneri, ne masovni dizajneri. Zaboravite pravila. Budite drugačiji. Ljudi i onako obično ne znaju što im treba, ali u trenutku primjećuju promjene.

Tržište ima realnu moć. Koga trebate zadovoljiti svojim kreacijama? Masovno tržište je mrtvo, suočeni smo sa skupinama pojedinaca. Bilo bi opasno pomisliti da svi oni

žele isto; opasno je pomisliti i da su svi oni razboriti u svojim željama.

I tko dalje... Svijet marketinga je nepredvidiv, iracionalan, hirovit, nedosljedan, ali bar zna biti zabavan. Poruka je zapravo poziv da budete manje razboriti. Marketinški stručnjaci, dizajneri, kreativci nisu znanstvenici, bliži su umjetnicima. Dakle, naučimo biti kreativni i razigrani.

Literatura:

- [1] C. LOCKE, R. LEVINE, D. SEARLS, D. WEINBERGER: "The Cluetrain Manifesto: The End of Business as Usual", Perseus Publishing, USA, 2001.
- [2] S. GODINE: "The Purple Cow", Portfolio (a member of Penguin Group), New York, 2003.
- [3] S. GODINE: "All Marketers Are Liars", Portfolio (Penguin Group), New York, 2005.
- [4] J. RIDDERSTRALE, K. A. NORDSTROM: "Funky Business", Financial Times Management, London, 2002.
- [5] J. RIDDERSTRALE, K. A. NORDSTROM: "Karaoke Capitalism", Praeger Publishers, Westport, 2005.
- [6] BRIANTIONG, "MMC Presentation on Convergence", prezentacija s Malaysia Media Congressa, 2007.
- [7] S. VIITAMÄKI, "The FLIRT model for Crowdsourcing", www.samiviitamaki.com, 2007.
- [8] A. THYS, "I am the media", FutureLab, Marketing 3, 2006.
- [9] NAPA CONSULTING GROUP, "Marketing trends", Power Point Presentation, Washington DC, 2007.

Kontakt:

Mladen Divković

Marketing Manager & stručni savjetnik, profine GmbH

profine Croatia d.o.o.

Vukomerička bb, 10410 V. Gorica

091 1362 156, 01 6253 100

midnight-rider@midnight-rider.com.hr

www.midnight-rider.com.hr

UVOD U IZGRADNJU RAČUNALNE MREŽE ZA PRISTUP INTERNETU ZA MALE I SREDNJE UREDE NA SUSTAVU OTVORENOG KODA

Kukec M.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Ovaj rad ne iznosi nikakve tehnološke novosti niti rezultate istraživanja, već mu je nakana bez dubljeg ulaženja u tehnologiju dati pregled osnovnih mogućnosti i tehnologija koje se mogu primijeniti pri spajanju lokalnih računalnih mreža na Internet. Tekst daje osnovni pregled mogućnosti i objašnjenja zašto i kako se pojedine tehnologije koriste. Nakana rada je približiti tematiku bez previše stručnih pojmova kako bi se dala početna točka i objasnilo koje korake je potrebno poduzeti pri planiranju ovakvih rješenja. Korisniku Interneta ovaj rad može dati poneki odgovor na pitanje na koji način njegovo računalo komunicira s ostalima u mreži.

Abstract: This paper does not provide any technology innovations or research results, but intends, with no deeper analysis of the technology, to present basic options and technologies which can be applied in connection local computer networks to the Internet. It presents the basic options and explains why and how some technologies are being used. The purpose is to introduce the topic without too much professional terminology in order to get a starting point and to explain which steps should be taken in planning such solutions. To an Internet user this paper may provide an answer to the question of how his computer communicates with other network computers.

1. UVOD

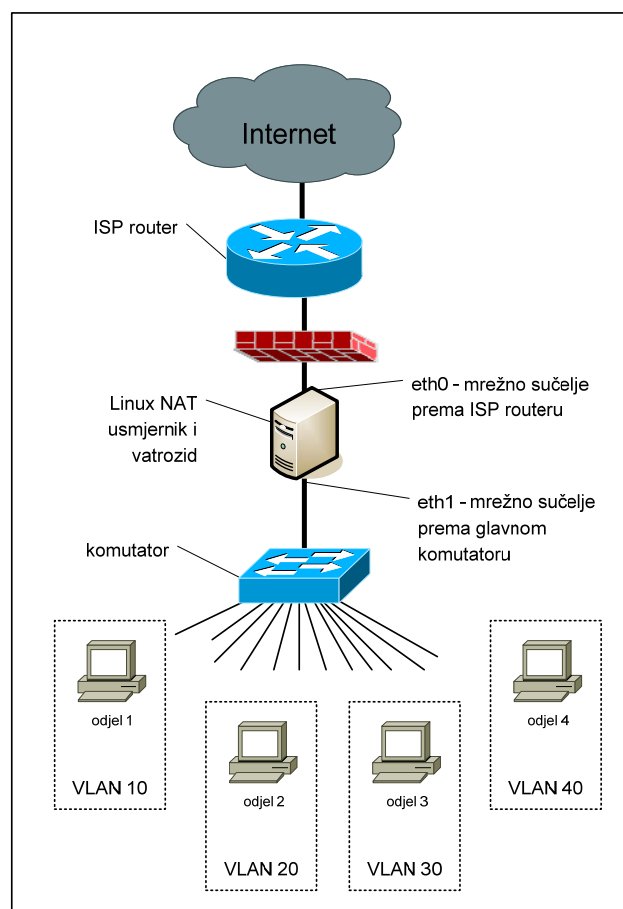
Ovaj rad daje uvod u planiranje računalne mreže za male i srednje uvrede koja je izgrađena na otvorenim sustavima. Nakana rada je pokazati na koji način povezati i podesiti uređaje kako bi lokalna mreža većeg broja računala imala pristup Internetu uz uspostavljanje minimalne razine sigurnosti i kontrole. Na početku je potrebno dodatno objasniti naslov i namjeru ovog rada. Računalna mreža koja će ovdje biti razmatrana, izgrađena je na trenutno najrasprostranjenijim tehnologijama za izgradnju lokalnih računalnih mreža (LAN): TCP/IP protokolni stog s Ethernet protokolom u pristupnom sloju (engl. Network Access Layer). Sustav otvorenog koda koji se spominje u naslovu, je bilo koji sustav izgrđen na Linux jezgri. Postoje i drugi operacijski sustavi otvorenog koda koji mogu poslužiti istoj svrsi (npr. FreeBSD), no ovaj rad će se koncentrirati na Linux operacijski sustav. Doseg ovdje prikazanog rješenja je računalna mreža s do stotinu mrežnih priključaka kakvi se mogu nalaziti u malom ili uredu srednje veličine. Strukturno kabliranje izvedeno je kablovima kategorije 5 ili 6.

Rad je organiziran na sljedeći način. U drugom odjeljku daje se pregled infrastrukture koja mora postojati prije implementiranja ovakvih rješenja. Treći dio objašnjava na koji način su spojeni uređaji koji sudjeluju u prenošenju podataka između računala u lokalnoj mreži i onih izvan nje. Odabir i postavljanje Internet adresa objašnjava se u

četvrtom dijelu ovog rada. Adresna translacija, mehanizam bez kojeg sve ovo ne bi bilo moguće, objašnjen je u petom poglavlju nakon kojeg slijedi zaključak.

2. STRUKTURNO KABLIRANJE

Prvi korak u izgradnji svake računalne mreže je strukturno kabliranje. Strukturno kabliranje je skup pravila i standarda koji određuju na koji način je potrebno izvesti postavljanje pasivne mrežne opreme koja uključuje kablove, utičnice u radnom prostoru na koje se spajaju računala, te prospojne točke u mrežnim ormarima na mjestu koncentracije svih mrežnih priključaka.



Sl. 1. Arhitektura mreže

Aktualni skup standarda za strukturno kabliranje telekomunikacijske opreme naziva se TIA/EIA-568-B. Navedeni skup standarda definira tipove kablova,

dopuštene udaljenosti, tj. dužine kablova, pravila za terminaciju kablova i tipove priključaka na kablovima. Osim pravila za planiranje i postavljanje pasivne mrežne opreme, standardi propisuju i minimalne zahtjeve koje kod postavljanja pasivna mrežna oprema mora zadovoljavati. Osnovna ograničenja se odnose na dopuštene dužine kablova, no standardi određuju i ograničenja koja se odnose na električne karakteristike postavljene instalacije. Kao primjer može se navesti jedan od parametara koji instalacija mora zadovoljavati. Standard propisuje tzv. "Insertion loss" koji je mjera gubitka signala, a koji nastaje u prijenosnom mediju između predajnika i prijemnika. Često se naziva "Atenuacija". Izražava se u dB relativno primljenoj razini signala. Mjeri se za sve parove kabla na $20 \pm 3^\circ\text{C}$ pri čemu je moguće uzeti korektivni faktor od $0.4\%/^\circ\text{C}$ na temperaturu od 20°C .

Strukturno kabliranje je vrlo važan korak u izgradnji računalne mreže te mu je potrebno posvetiti posebnu pažnju prilikom implementacije. Polaganje mrežnih kablova, postavljanje ormara i priključnih mjesta u radnom prostoru često zahtijeva građevinske radove te je ovaj korak potrebno vrlo pažljivo planirati i kvalitetno implementirati. Eventualne greške i propusti koje se otkrivaju nakon implementacije tijekom ispitivanja instalacije i njezine usklađenosti sa standardima, mogu znatno produžiti rokove i podići cijenu izvedbe.

Ovaj rad neće se detaljnije baviti strukturnim kabliranjem. Smatra se da je strukturno kabliranje izvedeno te da je izvedena infrastruktura sukladna navedenim standardima. Kabliranje je izvedeno koristeći pasivnu mrežnu opremu kategorije 5e ili kategorije 6. Navedene kategorije kablova i općenito pasivne mrežne opreme omogućavaju korištenje 100BASE-TX Ethernet standarda i 1000BASE-T Ethernet standarda pri čemu je preporučljivo koristiti pasivnu mrežnu opremu kategorije 6. Brzine prijenosa podataka na mediju su 100 Mbit/s za 100BASE-TX i 1000 Mbit/s za 1000BASE-T.

3. ARHITEKTURA MREŽE

Slika 1 pokazuje arhitekturu mreže. Prikazane su osnovne komponente nužne za spajanje lokalne mreže računala na Internet.

ISP router na slici 1 je mrežni uređaj koji se nalazi u prostorijama korisnika a najbliže je davatelju usluga pristupa Internetu. Iako se nalazi u prostoru korisnika, često je taj uređaj u vlasništvu davatelja usluga i u njegovoj je nadležnosti, no to nije nužno pravilo i ovisi o samom davatelju usluga pristupa Internetu. Davatelj usluga taj uređaj podešava za korisnika te mu daje određeni broj javnih IP adresa na korištenje. Dodijeljeni broj IP adresa može se kretati od jedne do teoretski najviše 2^{24} što iznosi 16,777,216 IP adresa u slučaju kada je korisniku pridijeljena A klasa IP adresa što je u današnje vrijeme u praksi gotovo nemoguće. Razlog tome je iscrpljenost adresnog prostora. IP protokol verzije 4 (IPv4), predviđa IP adrese veličine 32 bita što ukupno daje 2^{32} mogućih IP adresa. Na prvi pogled se možda ova brojka čini velikom no potrebno je uzeti u obzir da svaki korisnik Interneta, svaki poslužitelj i općenito svaki uređaj koji se spaja na Internet mora imati jedinstvenu IP adresu. Iskristiviti broj IP adresa smanjuju mehanizmi i protokoli koji su nužni za njihovo korištenje. Upravo zbog tih razloga vrlo je vjerojatno da će korisnik imati na

raspolaganju manji broj IP adresa u opsegu od 2^0 do 2^5 najviše. U ovom radu pretpostavljamo da korisnik ima jednu ili najviše osam javnih IP adresa za korištenje. Potrebno je napomenuti da od navedenih osam IP adresa ostaje zapravo samo pet na korištenje korisniku. Dvije su potrošene automatski kao adresa mreže i broadcast adresa za korisnikovu mrežu a treća je IP adresa koju koristi ISP usmjernik. Pitanje koje se postavlja ovdje je na koji način spojiti istovremeno 100 računala na Internet s samo 5 raspoloživih javnih IP adresa ako svako računalo mora imati jedinstvenu IP adresu? Odgovor na ovo pitanje iznesen je u narednim dijelovima.

Kako bi se riješio problem manjka IP adresa na ISP, na usmjernik s korisnikove strane može se spojiti još jedan usmjernik koji je u nadležnosti korisnika čija je zadaća da omogući računalima u lokalnoj mreži pristup Internetu i pored nedostatka IP adresa. Zadaću ovog, drugog, usmjernika može obavljati samo jedan usmjernik, npr. ISP usmjernik, no ovdje se razmatra slučaj kada to nije moguće ili iz nekog razloga nije poželjno. Jedan od mogućih slučajeva je uspostava demilitarizirane zone (DMZ) za poslužitelje. To je slučaj kada korisnik unutar svojeg adresnog prostora ima poslužitelje koji su direktno spojeni na ISP usmjernik. Poslužitelji se mogu postaviti i iza drugog usmjernika koji je podešen tako da se omogući pristup tim poslužiteljima s javnim IP adresama, no ovakva razmatranja prelaze okvire ovog rada.

Za drugi usmjernik, na slici 1 označen kao "Linux NAT usmjernik", koji se spaja na ISP usmjernik, može se iskoristiti PC računalo s dvije mrežne kartice. Ovakvo rješenje je financijski povoljnije od usmjernika, posebno ako se uzmu u obzir relativno male mogućnosti proširivanja nekih od hardverskih usmjernika i nadogradnje softvera. S PC računalom je situacija potpuno drugačija bez obzira razmatra li se hardverska ili softverska nadogradnja. Upravo u raznolikosti softvera za nadzor mreže koji se može instalirati na PC računalo, javlja se prednost ovog rješenja.

Prednosti korištenja PC računala kao usmjernika su ujedno i nedostaci navedenog rješenja. U širem kontekstu za računala možemo reći da je PC računalo stroj općenite namjene te kao takvo nije automatski pripremljeno za upravljanje mrežnim prometom za razliku od hardverskih usmjernika. Kako bi ga pripremili za upravljanje mrežnim prometom, na njega je potrebno instalirati operacijski sustav te dodatne alate koji to podržavaju. Primjer takvih operacijskih sustava su svi operacijski sustavi izgrađeni na Linux jezgri.

Posljednji mrežni uređaj na koji se spajaju računala je komutator. Komutator se s jedne strane spaja na Linux NAT usmjernik a s druge strane se na njega spajaju računala.

4. PODEŠAVANJE LINUX USMJERNIKA

Podešavanje Linux usmjernika ključna je točka ovakvog postava mreže. Operacijski sustav instaliran na PC računalu koji će omogućiti njegovo pretvaranje u usmjernik kako je već navedeno, može biti bilo koji baziran na Linux jezgri. Uputno je pri tome koristiti poznatije distribucije, no nije nužno. Prednost poznatijih distribucija je u podršci, stabilnosti i lakoći korištenja što ih i čini poznatijima. Namjerno niti jedna distribucija

poimence nije nabrojena jer je nezahvalno odrediti preciznu granicu između poznatijih i manje poznatih distribucija dok će i gotovo sve manje poznatije distribucije poslužiti u ovom primjeru. Ovdje se neće razmatrati procedura instalacije operacijskog sustava. Smatra se da je na PC računalo instalirana neka od distribucija Linux baziranog operacijskog sustava.

Linux usmjernik je komponenta u mreži koji će preuzimati promet s ISP usmjernika te ga dostavljati računalima u mreži iza njega i obrnuto. Kako bi to mogao, potrebna su mu dva mrežna sučelja, tj. dvije mrežne kartice. Slika 1 pokazuje Linux usmjernik s dva mrežna sučelja pod nazivima eth0 i eth1. Prvo mrežno sučelje, eth0, spaja se na ISP usmjernik te se na njemu podešava javna IP adresa koju korisniku pridjeljuje davatelj usluga pristupa Internetu. Ova javna IP adresa Linux usmjerniku može se pridijeliti na dva načina: statički i dinamički. Statičko dodjeljivanje znači da korisnik sam podešava dodijeljenu mu IP adresu na Linux usmjernik te da ta adresa ostaje stalno pridijeljena mrežnom sučelju eth0. Dinamičko pridjeljivanje IP adrese obavlja se koristeći protokol za automatsku dodjelu mrežnih parametara (engl. Dynamic Host Configuration Protocol – DHCP).

Parametre automatski pridjeljuje davatelj usluga kroz DHCP poslužitelj. Karakteristika dinamičkog pridjeljivanja mrežnih parametara i IP adrese je njezina promjenjivost s vremenom. Dinamičko pridjeljivanje parametara davatelji usluga koriste kod ADSL tehnologije pristupa dok je statičko pridjeljivanje parametara češći slučaj pri zakupu stalne linije za prijenos podataka. U prvom slučaju korisnik će imati na raspolaganju samo jednu javnu IP adresu dok će u drugom slučaju imati na raspolaganju nekoliko ili više IP adresa. Davatelji usluga često podešavaju svoje DHCP poslužitelje da IP adrese dodjeljuju na određeni vremenski period nakon kojeg korisnik automatski dobiva neku drugu IP adresu. Razlog tome je pokušaj onemogućavanja korisnika u korištenju IP adrese u svrhe postavljanja poslužitelja za WEB, mail ili u neke druge svrhe. Ovaj primjer se ograničava na korištenje jedne, statički dodijeljene IP adrese.



Sl. 2. Podešavanje IP adresa na Linux usmjerniku

Slika 2 pokazuje postavljanje IP adresa na mrežna sučelja Linux usmjernika. Na eth0 mrežno sučelje postavljena je javna IP adresa 193.198.63.55¹ a na eth1 mrežno sučelje postavljena je IP adresa 192.168.0.1. Za razliku od IP adrese eth0 mrežnog sučelja koju dodjeljuje davatelj usluga, IP adresa koja se postavlja na eth1 mrežno sučelje Linux usmjernika, može se odabrati proizvoljno iz skupa privatnih IP adresa. Slika 3 pokazuje opseg IP adrese iz skupa privatnih IP adresa. [referenca prema RFC 1918] One se razlikuju od javnih IP adresa po tome što se

¹ IP adresa 193.198.63.55 samo je primjer i nalazi se u opsegu IP adresa Veleučilišta u Varaždinu te se ne može koristiti bilo gdje drugdje.

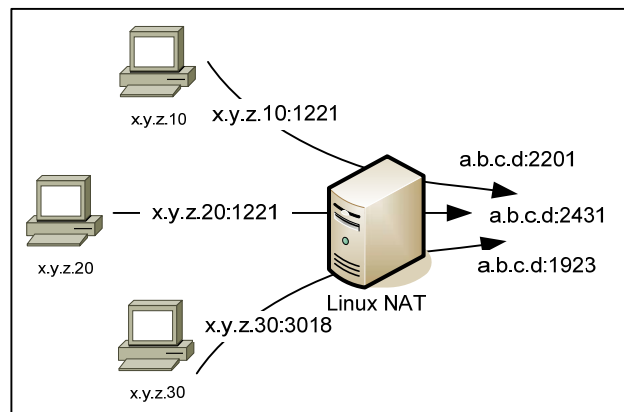
one smiju koristiti samo unutar organizacije za njezine unutarnje potrebe. Organizacija ih može koristiti bez registriranja kako to njoj najbolje odgovara što nije slučaj s javnim IP adresama.

Privatne IP adrese su jedan od mehanizama koji smanjuje potrebu za velikim količinama javnih IP adresa. Kako je njihova namjena korištenje isključivo unutar organizacije ili unutar mreža nekoliko organizacija, svaka organizacija ih može koristiti. IP adrese neće biti jedinstvene, iste IP adrese će koristiti veliki broj organizacija, no ne postoji mogućnost zabune jer se te IP adrese koriste samo unutar organizacije.

10.0.0.0 - 10.255.255.255 (10/8)
172.16.0.0 - 172.31.255.255 (172.16/12)
192.168.0.0 - 192.168.255.255 (192.168/16)

Sl. 3. Privatne IP adrese prema RFC 1918

Privatnim IP adresama rješava se problem nedostatka javnih IP adresa. Organizacija, mali ili srednji ured iz ovog primjera, dobiva od svojeg davatelja usluga jednu ili mali broj javnih IP adresa. Broj računala kojima treba omogućiti pristup Internetu često je puno veći od broja dobivenih adresa te se na ta računala postavljaju adrese iz privatnog opsega. Njihova karakteristika je da se smiju koristiti samo unutar lokalne mreže organizacije što znači da se ne mogu koristiti kako bi se računala iz lokalne mreže povezala direktno na Internet. Mehanizam koji omogućava ovu vezu, naziva se NAT – Network address translation. Naredni odjeljak objašnjava kako NAT radi i kako ga podesiti.



Sl. 4. Adresna translacija

5. ADRESNA TRANSLACIJA

Adresna translacija (NAT) pojednostavljeno se može objasniti kao multipleksor koji omogućava mrežnom prometu s proizvoljnog broja IP adresa da izgleda kao da dolazi samo s jedne javne IP adrese. Upravo je to učinak koji je potrebno u ovom primjeru postići. Slika 4 pokazuje kako radi jedna od vrsta adresne translacije koja se naziva PAT (Port Address Translation). Da bi se moglo

objasniti kako navedena metoda radi a bez dubljeg razmatranja TCP protokola, potrebno je reći da mrežni promet od točke A do točke B pronalazi put, tj. odredište pomoću IP adrese a kada stigne na odredište pomoću parametra koji određuje broj vrata (engl. port), dodjeljuje se određenoj vezi i pripadajućoj aplikaciji. Tako vrata 80 označavaju HTTP poslužitelja, vrata 53 DNS itd.

Na slici 4 prikazana su tri računala u lokalnoj mreži s IP adresama redom x.y.z.10, x.y.z.20 i x.y.z.30 kako pokušavaju pristupiti mrežnom sredstvu. Njihov mrežni promet prolazi kroz Linux usmjernik na kojem je aktivan PAT. U trenutku prosljeđivanja mrežnog prometa na vanjsko sučelje eth1, PAT će promijeniti izvorišne x.y.z adrese u vanjsku IP adresu a.b.c.d. Osim toga, kako bi se moglo odrediti koji mrežni promet je stigao s kojeg od x.y.z računala, PAT će promijeniti i izvorišna vrata s kojih je stigao promet te će sve te promjene zapisati u svoju tablicu. Kada stigne odgovor na zahtjeve računala iz lokalne mreže, odgovor će stići na IP adresu a.b.c.d Linux usmjernika. Pomoću prije stvorene tablice usmjernik će znati primljene podatke dostaviti računalima u lokalnoj mreži. Upravo zbog korištenja različitih vrata na jednoj IP adresi ova se vrsta NATa naziva Port Address Translation.

```
iptables -t nat -A POSTROUTING -s \
192.168.1.0/24 -o eth0 -j SNAT --to \
193.198.63.55
```

Sl. 5. Podešavanje PATa

Naredba sa slike 5 dovoljna je kako bi se uključila PAT funkcionalnost usmjernika. Vidljivo je da navedena naredba kombinira sve već rečeno. U prvom dijelu naredbe nakon prekidača "-s" navodi se skupina IP adrese za koje se omogućava adresna translacija. U ovom primjeru je adresna translacija omogućena za IP adrese iz lokalne mreže u opsegu od 192.168.1.1-192.168.1.254. Nakon označavanja adresa za koje se uključuje adresna translacija nakon opcije "-o", navodi se ime izlaznog mrežnog sučelja te nakon opcije "--to" javna IP adresa preko koje će mrežni promet prolaziti.

Sl. 6. Podešavanje računala u lokalnoj mreži

Pokretanjem naredbe sa slike 5 omogućava se adresna translacija na usmjerniku. Kako bi računala iz lokalne mreže mogla pristupiti Internetu koristeći Linux usmjernik, potrebno im je mrežne parametre podesiti kako je prikazano na slici 6., IP adresa usmjernika (Default gateway) koji će računalo koristiti, je IP adresa eth1 mrežnog sučelja Linux usmjernika. IP adresa računala se postavlja u opsegu 192.168.1.2-192.168.1.254 pazeći pri tome da svako računalo u lokalnoj mreži ima različitu IP adresu. Navedene parametre potrebno je upisati u svako računalo. U slučaju kada se radi o većem broju računala u lokalnoj mreži, uputno je na Linux usmjernik instalirati

DHCP poslužitelja koji će mrežne parametre automatski proslijediti računalima.

6. ZAKLJUČAK

Rad sažeto i bez dubokog ulaženja u tehnologiju opisuje neke od metoda i postupaka koji se mogu primijeniti kako bi se računalima u manjem ili srednjem uredu omogućilo pristupanje Internetu. Iznesena rješenja izgrađena su na korištenju ograničenih sredstva što se očituje u vrlo malom broju dostupnih javnih IP adresa te korištenju PC računala kao zamjene za hardverski usmjernik.

Kako i naslov rada govori, prikazano rješenje samo je uvod u navedenu tematiku. Kroz nekoliko odjeljaka ovog rada prikazano je na koji način zaobići zapreke pri rješavanju ovog problema. Teme koje nisu dotaknute su zaštita računalne mreže od mogućih napada, uspostava vatrozida. Vrlo je važno razmotriti mehanizme koji će omogućiti da pojedino računalo ili skupina unutar lokalne računalne mreže ne onemogući druge u pristupu Internetu koristeći velik postotak propusnosti. Navedeni mehanizmi su vrlo važni za kvalitetno funkcioniranje lokalne mreže te ih je potrebno razmotriti u narednom radu.

7. LITERATURA

- [1] Tanenbaum, A.S., "Computer Networks, 4th Edition", Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, March, 2003.
- [2] Rodriguez, A., Gatrell, J., Karas, J., Peschke, R., "TCP/IP Tutorial and Technical Overview", IBM Corporation, International Technical Support Organization, New York, August 2001
- [3] L. Gheorghe, *Designing and Implementing Linux Firewalls and QoS Using Netfilter, Iproute2, NAT and 17-filter*, Packt Publishing Limited, Birmingham, 2006.

Kontakt:

M. Kuček
Veleučilište u Varaždinu
Križanićeva bb, 42000 Varaždin
Telefon: 042-493 394
E-mail: mkucek@velv.hr

DIPLOMAN TI

- 1. Leo OREŠKI**, ing. elektrotehnike, rođen 20.03.1970. u Varaždinu, Republika Hrvatska.
Svoj je rad pod naslovom
ANALIZA DJELOVANJA ZAŠTITNIH UREĐAJA U DISTRIBUTIVNOJ TRAFOSTANICI 35 kV
– TS KNEGINEC
obranio 15.03.2005. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom mr. sc. Vladimira Prizla, dipl. ing. elektrotehnike.
U svom je radu pristupnik opisao ulogu trafostanice u distributivnoj mreži.
Naveo je njezine parametre i godinu puštanja u pogon te opisao sve ugrađene zaštitne uređaje. Statistički je obradio sve prorade releja u promatranom razdoblju.
Predložio je mjere za eventualno poboljšanje efikasnosti djelovanja zaštita u toj trafostanici.
- 2. Dejan BARULEK**, ing. elektrotehnike, rođen 06.10.1975. u Varaždinu, Republika Hrvatska.
Svoj je rad pod naslovom
UGRAĐENI ZAŠTITNI UREĐAJI NA AGREGATU BIOLOŠKOG MINIMUMA U HE ČAKOVEC
obranio 11.04.2005. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom mr. sc. Vladimira Prizla, dipl. ing. elektrotehnike.
U svom je radu pristupnik opisao sve zaštite ugrađene na agregatu i obrazložio funkciju i djelovanje svake od njih.
Naveo je i statistički obradio prorade pojedinih zaštita u proteklom razdoblju i eventualna poboljšanja koja su u tom razdoblju učinjena.
Predložio je mjere za eventualno daljnje poboljšanje djelovanja zaštite.
- 3. Mladenko BARANAŠIĆ**, ing. elektrotehnike, rođen 18.03.1968. u Zagrebu, Republika Hrvatska.
Svoj je rad pod naslovom
ZAŠTITNI UREĐAJI U SUVREMENOJ DISTRIBUTIVNOJ TRAFOSTANICI 35/10 – M. SREDIŠĆE
obranio 13.04.2005. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom mr. sc. Vladimira Prizla, dipl. ing. elektrotehnike.
U svom je radu pristupnik opisao parametre trafostanice i obrazložio njenu ulogu u distributivnoj mreži, funkciju ugrađenih releja i povezanosti staničnog računala s nadređenim dispečerskim centrom.
Posebno je obrazložio i komentirao sva ispitivanja koja se kod takvih izvedba uobičajeno provode.
Naveo je rezultate tih ispitivanja.
- 4. Zdravko KORPAR**, ing. elektrotehnike, rođen 12.11.1967. u Varaždinu, Republika Hrvatska.
Svoj je rad pod naslovom
RAZVOJ ELEKTRIČNE MREŽE NA PODRUČJU OPĆINE MARUŠEVEC
obranio 18.04.2005. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom mr. sc. Vladimira Prizla, dipl. ing. elektrotehnike.
U svom je radu pristupnik opisao:
Općina Maruševac radila je cjelokupni plan razvoja općine; dakle, radi se o:
➤ planu gospodarskog razvoja
➤ generalnom urbanističkom planu
➤ provedbenom urbanističkom planu
U tom sklopu, kao bazu za izradu urbanističkog plana, bilo je potrebno izraditi plan razvoja i izgradnje električne mreže na području općine Maruševac i oko nje.
U radu je sagledao i analizirao sadašnju konfiguraciju električne mreže srednjeg napona na području općine, i njeno uklapanje u postojeću srednjonaponsku mrežu distributivnog područja.
Analizirao je tadašnju potrošnju el. energije s analizom broja distributivnih trafostanica i stanjem niskonaponske mreže.
Na osnovi plana gospodarskog razvoja morao je predvidjeti porast potrošnje el. energije zbog priključivanja novih potrošača i porasta potrošnje postojećih potrošača.
Na temelju tih analiza izradio je prijedloge izgradnje (proširenja) srednjonaponske mreže, interpolacije ili izgradnje novih distributivnih trafostanica i potrebnih zahvata na rekonstrukciji i proširenju postojeće niskonaponske mreže.

5. Ivan KIRIĆ, ing. elektrotehnike, rođen 05.02.1981. u Čakovcu, Republika Hrvatska.

Svoj je rad pod naslovom

VIZUALIZACIJA PROCESA PRAĆENJA UKLOPNOG STANJA U TS
35/10 KV NOVI MAROF II

obranio 10.11.2005. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom Marijana Fabete, dipl. ing. elektrotehnike.

U svom radu je izložio:

U D.P. Elektra Varaždin postoji sustav daljinskog nadzora i vođenja (SDV) elektroenergetskog sustava (EES-a).

Ovaj sustav omogućava prikupljanje i obradu procesnih informacija iz EES-a te izdavanje potrebnih komandi prema EES-u. Osim prikupljanja i obrade procesnih informacija, sustav prikuplja informacije iz samih dijelova sustava daljinskog nadzora i vođenja (daljinskih stanica i komunikacijskog podsustava).

Ovaj način prikupljanja procesnih informacija omogućava pravovremeno, kvalitetno i potpuno informiranje operativnog osoblja u dispečerskom centru (DC) o trenutnom stanju EES-a, kao i izvršavanje odgovarajućih operativnih zahvata u normalnom pogonu te u trenucima perturbacija i otkaza u EES-u.

Osim ispunjenja ovih primarnih zadataka SDV pruža mehanizme koji omogućavaju implementaciju metoda optimiranja procesa.

DC mora obavljati slijedeće funkcije:

- nadzor nad vodovima 35kV i 10kV
- pregledni i detaljni uvid u uklopna stanja, opterećenja i stanja alarma u trafostanici
- regulaciju naponskih prilika
- na temelju nadzora intervenciju u TS-u
- skupljanje, kontrolu valjanosti i obradu informacija
- izdavanje izvješća
- kratkoročno arhiviranje informacija iz EES-a u svrhu njihove daljnje obrade na računalnom sistemu
- nadzor ispravnosti rada SDV-a

6. Mario ABRAHAM, ing. elektrotehnike, rođen 11.03.1978. u Varaždinu, Republika Hrvatska.

Svoj je rad pod naslovom:

DIGITALNI INSTRUMENT ZA MJERENJE BROJA OKRETAJA ELEKTRO MOTORA
(DIGITALNI TAHOMETAR)

obranio 24.11.2005. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom Stjepana Mikaca, dipl. ing. elektrotehnike.

U svom je radu opisao neka postojeća rješenja digitalnih tahometara te njihova svojstva i način rada.

Definirao je način generiranja impulsa.

Izradio je shemu digitalnog tahometra i izračun točnosti mjerenja broja okretaja.

Izradio je proračun, dimenzioniranje i odabir elemenata digitalnog tahometra i listu njegovih materijala.

Napravio je i program za očitavanje vrijednosti broja okretaja s vremenskom markom na PC računalu u txt. datoteku i proveo ispitivanja te eventualne korekcije digitalnog tahometra.

Prikazao rezultate ispitivanja i tehničku specifikaciju digitalnog tahometra.

7. Dušan HOZJAN, ing. elektrotehnike, rođen 13.01.1972. u Heidelbergu, Savezna Republika Njemačka.

Svoj je rad pod naslovom

UTVRĐIVANJE KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE

obranio 16.02.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom mr. sc. Vladimira Prizla, dipl. ing. elektrotehnike.

Pristupnik se u svom radu usmjerio na uzroke poremećaja kvalitete električne energije i kriterije te standarde za utvrđivanje kvalitete el. energije.

Iznio je zakonsku regulativu s tog područja.

Objasnio je metode mjerenja i ispitivanja u svrhu utvrđivanja kvalitete električne energije i metode za popravljivanje uzroka loše kvalitete.

Napisao je zaključak o toj problematici.

8. Boris TOMAŠIĆ, ing. elektrotehnike, rođen 20.02.1980. u Čakovcu, Republika Hrvatska.

Svoj je rad pod naslovom

KORIŠTENJE SUNČEVE ENERGIJE NA PRIMJERU JEDNE MIKROSUNČANE ELEKTRANE
obranio 02.03.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom mr. sc. Vladimira Prizla, dipl. ing. elektrotehnike.

Pristupnik je u svom radu opisao tehnologiju korištenja sunčeve energije za proizvodnju električne energije i na konkretnom primjeru izveo je jednu mikrosunčanu elektranu.

Iznio je tehničku i zakonsku regulativu s tog područja.

9. Bernard LUKŠA, ing. elektrotehnike, rođen 18.01.1975. u Linzu, Austrija.
 Svoj je rad pod naslovom
OPRAVDANOST UGRADNJE ZAŠTITE OD ISPADANJA IZ KORAKA SINKRONIH GENERATORA
 obranio 29.03.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom mr. sc. Vladimira Prizla, dipl. ing. elektrotehnike.
 Pristupnik je u svom radu opisao uređaje za zaštitu sinkronih generatora, uz osvrt na specifičnost zaštite hidro i turbo – generatora.
 Analizirao je razloge ugradnje zaštite od ispadanja iz koraka, također je i opisao uređaje za zaštitu od ispadanja iz koraka.
 Naveo je primjer ugradnje takve zaštite na generatorima HE Dubrava i analizirao je postignute rezultate.

10. Dražen VIRGEJ, ing. elektrotehnike, rođen 22.08.1965. u Koprivnici, Republika Hrvatska.
 Svoj je rad pod naslovom
ELEKTROMOTorni POGON S FREKVENCIJSKOM REGULACIJOM ASINKRONOG MOTORA
 obranio 13.04.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom Stjepana Mikaca, dipl. ing. elektrotehnike.
 Pristupnik je u svom radu opisao princip te vrste frekvencijske regulacije asinkronih motora i princip rada te vrste te izvedbe pretvarača frekvencije.
 Iznio je norme i standarde za elektromotorne pogone regulirane promjenom frekvencije.
 Obrazložio je utjecaj pretvarača frekvencije na:
 pojavu prenapona na elektromotoru, na ovisnost prenapona o dužini priključnog kabla, na naponska naprezanja izolacije elektromotora, na dodatne gubitke i povećano zagrijavanje elektromotora, na ovisnost gubitaka elektromotora o sklopnoj (nosećoj) frekvenciji pretvarača i na stvaranje napona i struja u ležajevima motora.
 Izvršio je sljedeća mjerenja i prikazao njihove rezultate:

- snagu i moment motora za ventilatorski teret kod različitih frekvencija pretvarača
- valne oblike struje i napona na izlazu pretvarača kod različitih frekvencija i nazivnog tereta
- sadržaj harmonika te efektivne vrijednosti struje i napona na izlazu pretvarača kod nazivnog tereta
- valne oblike napona na stezaljkama motora ovisno o dužini priključnog kabla kod različitih frekvencija i nazivnog tereta
- gubitke motora u ovisnosti o izlaznoj frekvenciji kod različitih sklopnih frekvencija pretvarača i nazivnog tereta
- gubitke motora u ovisnosti o sklopnoj frekvenciji pretvarača kod različitih izlaznih frekvencija pretvarača i nazivnog tereta

11. Martin BUHIN, ing. elektrotehnike, rođen 21.03.1982. u Varaždinu, Republika Hrvatska.
 Svoj je rad pod naslovom
PROJEKT UPRAVLJANJA I VIZUALIZACIJE SUSTAVA ZA PROVOĐENJE VJEŽBA IZ PROCESNE INSTRUMENTACIJE
 obranio 17.05.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom Stjepana Mikaca, dipl. ing. elektrotehnike.
 Pristupnik je u svom radu opisao sustav za provođenje vježba regulacije razine u posudi.
 Definirao je P&I dijagram sustava za provođenje vježba regulacije razine u posudi. Opisao je način djelovanja automatske regulacije i upravljanja sustavom.
 Izradio je listu ulaza i izlaza, sheme mjerno regulacijskih petlja, tehničku specifikaciju PLC sustava, strujnu shemu komandnog pulta i listu materijala komandnog pulta.
 Definirao je sadržaj pojedinih ekrana vizualizacije sustava.
 Izradio je funkcionalni dijagram djelovanja automatske regulacije i upravljanja sustavom, PLC program automatske regulacije i upravljanja, programsku dokumentaciju PLC programa, program vizualizacije sustava pomoću WinCC konfiguracijskog softvera i programsku dokumentaciju vizualizacije sustava.
 Ispitao je i pustio u rad sustav automatske regulacije i upravljanja, i sustav vizualizacije procesa.
 Prikazao je rezultate ispitivanja i puštanja u rad sustava.

12. Matija BELOVARI, ing. elektrotehnike, rođen 12.02.1982. u Čakovcu, Republika Hrvatska.
 Svoj je rad pod naslovom:

**PROJEKT UPRAVLJANJA I VIZUALIZACIJE SUSTAVA ZA PRIMARNO VOLUMETRIJSKO
UMJERAVANJE MJERILA PROTOKA TEKUĆINE**

obranio 29.06.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom Stjepana Mikaca, dipl. ing. elektrotehnike. Pristupnik je u svom radu definirao P&I dijagram sustava za volumetrijsko umjeravanje mjerila protoka tekućina.

Izradio je listu ulaza i izlaza, sheme mjerno regulacijskih petlji, tehničku specifikaciju PLC sustava, strujnu shemu komandnog pulta i listu materijala komandnog pulta.

Definirao je sadržaj pojedinih ekrana vizualizacije sustava.

Izradio je funkcionalni dijagram djelovanja automatske regulacije i upravljanja sustavom, PLC program automatske regulacije i upravljanja, programsku dokumentaciju PLC programa, program vizualizacije sustava pomoću WinCC konfiguracijskog softvera i programsku dokumentaciju vizualizacije sustava.

Ispitao je i pustio u rad sustav automatske regulacije i upravljanja, i sustav vizualizacije procesa.

Prikazao je rezultate ispitivanja i puštanje sustava u rad.

13. Tomislav VUGRINEC, ing. elektrotehnike, rođen 17.04.1976. u Varaždinu, Republika Hrvatska. Svoj je rad pod naslovom

IZVEDBA I MJERENJE PERFORMANSI OPTIČKE TRANSMISIJSKE MREŽE obranio 19.07.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom Stjepana Mikaca, dipl. ing. elektrotehnike. Pristupnik je u svom radu opisao osnove optičkih mreža, vrste mrežne opreme, načine izvedba optičkih mreža i metode mjerenja te opreme za mjerenje optičkih mreža. Izvršio je mjerenja na jednoj optičkoj liniji te dokumentirao provedena mjerenja.

14. Miroslav KERETIĆ, ing. elektrotehnike, rođen 10.11.1982. u Varaždinu, Republika Hrvatska. Svoj je rad pod naslovom

**VIZUALACIJA PROCESA UMJERAVANJA INDUKCIJSKIH ELEKTRIČKIH
MJERILA**

obranio 21.09.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom Marijana Fabete, dipl.ing.elektrotehnike. Pristupnik je u svom radu obradio princip rada indukcijskih električkih brojila.

Opisao je mjerne metode koje se koriste kod umjeravanja indukcionih električkih mjerila s obzirom na tip i klasu električkog mjerila.

Definirao je signale i komande koji dolaze ili se šalju u proces umjeravanja, alarme i izvješća potrebna prilikom umjeravanja električkih mjerila, način selekcije električkih mjerila koja ne zadovoljavaju propisana odstupanja i signale etalonskog izvora kao i mjernih regala kojima se može zaključiti ispravnost umjeravanja.

Pomoću Siemensovog programskog paketa WINCC izradio je vizualizaciju navedenog procesa.

15. Ivan DOLAR, ing. elektrotehnike, rođen 17.02.1982. u Čakovcu, Republika Hrvatska. Svoj je rad pod naslovom

**PROGRAM PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA MJERNO REGULACIJSKE OPREME
VODOVODNOG SUSTAVA PODUZEĆA «VARKOM» IZ VARAŽDINA**

obranio 12.10.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom Stjepana Mikaca, dipl. ing. elektrotehnike. Pristupnik je u svom radu opisao pojam, svrhu i principe preventivnog održavanja mjerno – regulacijske opreme.

Izradio je spisak mjerno – regulacijske opreme u vodovodnom sustavu poduzeća «Varkom».

Definirao je sustav označavanja mjerno – regulacijske opreme u poduzeću «Varkom» i pridružio oznaku svakom mjerno regulacijskom uređaju.

Izradio je kompilaciju uputa za održavanje svih mjerno regulacijskih uređaja u poduzeću «Varkom».

Definirao je preventivne zahvate koji će se provoditi na mjerno regulacijskim uređajima u poduzeću «Varkom» i izradio postupnike za provođenje pojedinih zahvata preventivnog održavanja.

Definirao je koji će se zahvati preventivnog održavanja provoditi na pojedinom mjerno regulacijskom uređaju, frekvenciju provođenja pojedinih zahvata preventivnog održavanja na pojedinim mjerno regulacijskim uređajima kao i

dokumentaciju i obrasce za praćenje zahvata preventivnog održavanja koji se provode na pojedinom mjerno regulacijskom uređaju.

Izradio je bazu podataka provođenja preventivnog održavanja na mjerno regulacijskim uređajima, aplikaciju za unos u bazu podataka rezultata provođenja zahvata preventivnog održavanja, aplikaciju za obradu i prikaz stanja pojedinih mjerno regulacijskih uređaja te aplikaciju za automatsko generiranje radnih naloga za provođenje zahvata preventivnog održavanja na pojedinom mjerno regulacijskom uređaju.

16. Nela KOMES, ing. elektrotehnike, rođena 13.08.1970. u Slavonskom Brodu, Republika Hrvatska.
Svoj je rad pod naslovom
PREVENTIVNO ODRŽAVANJE KLIMA KOMORA U ZGRADI MIKROBIOLOŠKOG LABORATORIJA
obranila 19.10.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom Stjepana Mikaca, dipl. ing. elektrotehnike.
Pristupnica je u svom radu opisala način rada sustava te napravila P&I dijagram.
Napravila je listu opreme i uređaja.
Zadala je parametre klimatizacijskog sustava i njenu validaciju.
Napravila je analizu po segmentima za preventivno održavanje i odredila je intervale preventivnog održavanja, posebno za same komore.
Napravila je planove preventivnog održavanja u programu SAP za vođenje preventivnog održavanja.
Izradila je SOP-ove (Standardni operativni postupak) preventivnog održavanja.

17. Mario Frančić, ing. elektrotehnike, rođen 15.08.1976. u Varaždinu, Republika Hrvatska.
Svoj je rad pod naslovom
UVOĐENJE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA U PROIZVODNI POGON BELUPO D.D. LUDBREG UZ KORIŠTENJE SOFTVERSKOG ALATA SAP PM-A
obranio 19.10.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom Stjepana Mikaca, dipl. ing. elektrotehnike.
Pristupnik je u svom radu definirao što je to preventivno održavanje i zašto se provodi.
Opisao je metode koje se bave preventivnim održavanjem i softverski alat SAP PM.
Na primjeru punilice ampula Bausch&Ströbel opisao je princip rada stroja, raščlanio stroj po funkcionalnim cjelinama i opisao pregled za pojedine dijelove tih cjelina.
Odredio je tempo pregleda za pojedine dijelove tih cjelina.
Preventivni pregled je stavio u oblik SOP-a (Standardnog Operativnog Postupka) i napravio plan preventivnog održavanja u Sap-u te napravio njegov raspored.
Generirao je radne naloge za preventivno održavanje.

18. Željko Đurin, ing. elektrotehnike, rođen 08.08.1982. u Varaždinu, Republika Hrvatska.
Svoj je rad pod naslovom
PROJEKT NADZORA I UPRAVLJANJA SUSTAVOM REGULACIJE RAZINE U POSUDI PREKO INTERNETA
obranio 26.10.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom Stjepana Mikaca, dipl. ing. elektrotehnike.
Pristupnik je u svom radu opisao način djelovanja automatske regulacije i upravljanja sustavom regulacije razine u posudi preko Interneta.
Definirao je P&I dijagram sustava za provođenje vježba regulacije razine u posudi istakanjem.
Izradio je sheme mjerno regulacijskih petlja i listu ulaza i izlaza.
Definirao je sadržaj ekrana vizualizacije sustava.
Izradio je tehničku specifikaciju sustava komunikacije, tehničku specifikaciju upravljanja sustavom preko Interneta, detaljnu specifikaciju funkcioniranja softvera (DSFS), PLC program automatske regulacije i upravljanja te program vizualizacije sustava pomoću Jetviewsoft konfiguracijskog softvera.
Izvršio je instalaciju i podešavanja softvera za komunikaciju i pristup Internetu.
Ispitao je i pustio u rad sustav automatske regulacije i upravljanja putem Interneta.
Izradio je prikaz rezultata ispitivanja i puštanja u rad sustava.

19. Branko REŽEK, ing. elektrotehnike, rođen 27.03.1983. u Čakovcu, Republika Hrvatska.
Svoj je rad pod naslovom
PROJEKT SUSTAVA ZA PRIMARNO VOLUMETRIJSKO UMJERAVANJE MJERILA PROTOKA TEKUĆINA
obranio 26.10.2006. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom Stjepana Mikaca, dipl. ing. elektrotehnike.
Pristupnik je u svom radu opisao osnovne metode umjeravanja mjerila protoka tekućine i neke od postojećih sustava volumetrijskog i gravimetrijskog primarnog umjeravanja mjerila protoka tekućine.
Odredio je normative zahtjeve za umjeravanje mjerila protoka tekućina.
Definirao je P&I dijagram sustava za volumetrijsko umjeravanje mjerila protoka tekućina.
Opisao je način djelovanja sustava.
Izradio je proračun dimenzioniranja cjevovoda i brzine strujanja tekućine te brzine punjenja mjerne posude, proračun dimenzioniranja crpka i ventila, tehničku specifikaciju opreme i mjerno regulacijskih uređaja, izračun mjerne nesigurnosti sustava, listu opreme, listu mjerno regulacijskih uređaja i položajni nacrt sustava.

20. Mladen BREŠKI, ing. elektrotehnike, rođen 15.12.1983. u Varaždinu, Republika Hrvatska.

Svoj je rad pod naslovom

RAZVOJ DSP ALGORITMA ZA MONITORING VIBRACIJA MALOG ELEKTROMOTORA
obranio 30.01.2007. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom dr. Zlatana Ribića.

Pristupnik je u svom radu opisao uobičajene metode obrade signala kod monitoringa mehaničkih postrojenja pomoću vibracija u vremenskoj, spektralnoj i kepsralnoj domeni. Kod vremenske domene treba analizirati i autokorelacijsku funkciju te instantnu amplitudu analitičkog signala.

Obavio je jednokanalno snimanje signala na novom motoru, te nakon izmjene kugličnih ležajeva za stare, u oba slučaja uz prisustvo dinamičkog disbalansa. Mjerenje je obavio s B&K akcelerometrima 4383 (rezonantna frekvencija ~ 30kHz), 4375 (rezonantna frekvencija ~55kHz) te pojačalom naboja B&K 2635, radijalno i aksijalno. Radijalno i aksijalno izmjerio vibracije i pomoću Knowles BU 1771 akcelerometra, te pomoću akcelerometra napravljenog od piezo pločice koja služi kao akustički javljač. Signal je snimljen s frekvencijom uzorkovanja od najmanje 96kHz i s rezolucijom od najmanje 16 bita. (preferira se 192kHz i 24 bita)

Analizirao je sve snimljene signale i usporedio s impulsnim odzivom kućišta motora.

Pronašao je optimalnu obradu signala ovisno o korištenom pretvaraču i procijenio je pouzdanost pojedinih metoda.

Razmotrio je mogućnost izrade jednostavnog instrumenta s kontaktnim akcelerometrom za dijagnostiku stanja motora.

21. Damir TOMAS, ing. elektrotehnike, rođen 26.04.1965. u Čakovcu, Republika Hrvatska.

Svoj je rad pod naslovom

**STABILNA POSTROJENJA ELEKTRIČNE VUČE JEDNOFAZNOG IZMJENIČNOG
SUSTAVA NAPONA 25 kV**

obranio 21.02.2007. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom mr. sc. Vladimira Prizla, dipl. ing. elektrotehnike.

Pristupnik je u svom radu analizirao strujni krug električne vuče, izvedbu električnog vučnog vozila, izvedbu elektrovučnih podstanica, problematiku dovodenja električne energije na vučno vozilo i sustav električnih zaštita u električnoj vuči.

Identificirao je izvore opasnosti i provođenje mjera zaštite.

22. Marijan KOS, ing. elektrotehnike, rođen 06.01.1984. u Bjelovaru, Republika Hrvatska.

Svoj je rad pod naslovom

PARAMETRI NADOMJESNE SCHEME KAVEZNOG ASINKRONOGA MOTORA
obranio 11.04.2007. na Veleučilištu u Varaždinu pod mentorstvom prof. dr. sc. Stjepana Cara.

Pristupnik je u svom radu opisao magnetski krug asinkronoga stroja.

Objasnio je strukturu nadomjesne sheme asinkronoga stroja.

Opisao je strukturu svakog pojedinoga parametra i opisao je mjerne metode za utvrđivanje parametara.

Nacrtao je sheme spoja za odgovarajuća mjerenja.

Napravio je razradu dobivenih rezultata i proveo odgovarajuća moguća ispitivanja u laboratoriju.

Razradio je pokus i odredio parametre nadomjesne sheme.

Objasnio je razlike dobivene kod različitih pokusa.



12PT

12PT

12PT

NASLOV RADA (12 PT BOLD VELIKA SLOVA)

12 PT

Blatner B.¹, Horvat S.² (12 pt bold)

¹Poduzeće, Mjesto, Država (12pt bold)

²Poduzeće, Mjesto, Država (12pt bold)

12 pt

12pt

Sažetak: piše se na hrvatskom i engleskom jeziku 100-120 riječi, 10 pt, italic, koristite ovaj dokument kao šablonu za pisanje rada

Ključne riječi: piše se na hrvatskom i engleskom jeziku 5-6 ključnih riječi, 10 pt

10 pt

1. UVOD 12 pt

10 pt

Tekst 10 pt. Rad treba pisati na hrvatskom jeziku. Koristite A4 format. Svaka margina treba biti 20 mm. Koristite dvije kolone međusobno udaljene 7 mm. Koristite tip slova Times New Roman i jedostruki prored. Za pisanje rada koristite do 5 stranica. Tekst mora biti obostrano poravnat.

Citiranje literature unutar zagrada uključuje: prezime autora, inicijal imena i godinu publiciranja (Parker B., 2006) or (Gustavson B., Mortimer D., 2005). U slučaju tri ili više autora koristi se: prezime, inicijal imena prvog autora, et al. i godina publiciranja (Adelo B., et al. 2005).

10pt

2. EKSPERIMENTALNO

10pt

2.1. Opis problema (12 pt bold)

10pt

Tekst

10pt

2.2. Metodologija (12 pt bold)

10pt

Tekst

10pt

Slika

Slika

10pt

10 pt Slika 1. Naslov slike poravnat lijevo

10pt

Slike moraju biti kvalitete prikladne za grafičku reprodukciju..

10pt

Tabela 1. Naslov tabele lijevo poravnat

10 pt

Jednadžbe

Jednadžbe trebaju biti poravnate lijevo i numerirane u slijedu.

10pt

3. REZULTATI I RASPRAVA

10pt

Molim pošaljite gotov rad (word and pdf format) na slijedeću adresu: zivko.kondic@velv.hr ili knjiznica@velv.hr s naznakom za časopis.

10 PT

4. ZAKLJUČAK

10pt

Radovi koji ne budu načinjeni točno prema uputama neće se prihvatiti za publiciranje.

10pt

5. LITERATURA

10pt

Literatura se svrstava po abecednom redu prema prvom autoru. Nemojte numerirati literaturne navode.

10 PT

Adelo B., Barbaro N., Nauty C., Launi S., (2005), Ime rada. *Ime časopisa italic*, Vol. No. Broj stranice, prva-zadnja

Gustavson B., Mortimer D., (2005), *Ime knjige italic*, Izdavač, Grad

Parker B., (2006), Ime rada, *Zbornik radova s....ime Savjetovanja*, Prezime i inicijal imena urednika (Ur.), Mjesto održavanja konferencije, Izdavač, Mjesto publiciranja zbornika, Broj stranice prva-zadnja

Porro S. (2005), Ime rada, raspoloživo na: <http://www>. Točna adresa stranice. Dostupno datum:



VELEUČILIŠTE U VARAŽDINU STUDIJI

ELEKTROTEHNIKA



Kompetencije i osposobljenost za poslove nakon završetka studija: **SMJER AUTOMATIZACIJA**

- održavanje suvremenih sustava automatizacije baziranih na računalnom vođenju tehnoloških procesa proizvodnje
- montaža i instalacija suvremenih sustava automatizacije
- ispitivanje i puštanje u rad sustava automatizacije
- izrada specijaliziranih aplikativnih programskih paketa za računalno vođenje tehnoloških procesa proizvodnje
- servisiranje opreme i uređaja automatizacije
- tehnička podrška kod prodaje opreme i uređaja automatizacije

SMJER BIOMEDICINSKA ELEKTRONIKA

- održavanje suvremene medicinske opreme
- montaža i instaliranje suvremene medicinske opreme
- servisiranje medicinskih aparata i uređaja
- tehnička podrška kod prodaje medicinskih aparata i uređaja
- poslovi sistem inženjera medicinskih informatičkih sustava

STROJARSTVO



Danas su stručnjaci iz područja strojarstva vrlo traženi u našoj regiji, ali prema podacima Hrvatskog zavoda za zapošljavanje slična je situacija u cijeloj RH. Razlog tome je veća zastupljenost proizvodnih poduzeća u odnosu na ostale regije.

Kompetencije i osposobljenost za poslove nakon završetka studija:

- operativna i tehnološka priprema proizvodnje
- vođenje suvremenih procesa proizvodnje
- kontrola kvalitete
- održavanje strojeva i uređaja
- logistička podrška proizvodnim i drugim procesima
- predstavljanje proizvoda i tvrtke
- poduzetništvo u različitim vidovima strojarstva
- prodaja i nabava strojeva, uređaja i dijelova za njihovo održavanje
- ostali poslovi vezani uz strojarsku struku

MULTIMEDIJA, OBLIKOVANJE I PRIMJENA

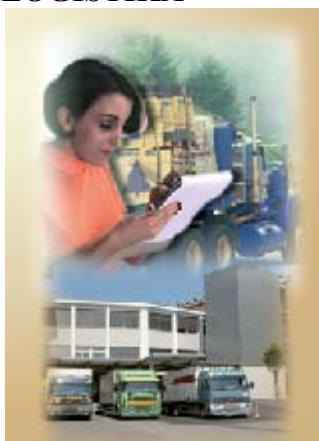


Temeljno usmjerenje ovog studija je stvaranje novog modela multimedijских stručnjaka koji će imati znanje, posjedovati kreativne vještine i biti sposobni pronalaziti i stvarati informacije, obraditi informacije na kreativnoj, osobnoj razini, pripremiti informacije za multifunkcionalnu uporabu te razvijati sustav u kojem se nalaze.

Kompetencije i osposobljenost za poslove nakon završetka studija:

- projektiranje i oblikovanje vizualnog identiteta poduzeća, implementacija u različite komponente grafičkih komunikacija
- oblikovanje, implementacija i održavanje multimedijских i internetskih sustava
- osmišljavanje i vođenje poslovnih prezentacija, reklamnih kampanja te raznih marketinških aktivnosti poduzeća
- audio, video i fotografska medijska produkcija
- izrada grafičke pripreme za tisak
- održavanje računalnih sustava u segmentima konfiguracije i instalacije

TEHNIČKA I GOSPODARSKA LOGISTIKA



Stručni studij tehničke i gospodarske logistike NOVI je studij na Veleučilištu ustrojen po Bolonjskom sustavu studiranja, jedinstven jer se po prvi puta u Hrvatskoj pruža mogućnost stjecanja visokostručnog znanja koje obuhvaća područja prirodnih, društvenih i tehničkih znanosti, odnosno opće i ekonomske naobrazbe te stručne naobrazbe prilagođene logistici. Termin logistika u suvremenim se uvjetima najčešće koristi za označavanje poslovne funkcije i znanstvene discipline koja se bavi koordinacijom svih kretanja materijala, proizvoda i robe u fizičkom, informacijskom i organizacijskom pogledu. Stručnjak za logistiku u svom poduzeću upravlja zaokruženim procesom koji ide od nabave preko proizvodnje i prodaje do potrošača.

Poslovi na kojima bi se budući manageri logistike mogli zapošljavati:

- menadžment logistike
 - dispozicija skladišta i dispozicija transporta
 - menadžment špedicije
 - logistika unutar poduzeća
 - Supply Chain Management
 - menadžment nabave
-

GRADITELJSTVO



Na Veleučilištu u Varaždinu osnovan je i stručni studij graditeljstva. Pod nazivom graditeljstvo obuhvaćen je širi pojam graditeljskih aktivnosti, prije svega visokogradnje (arhitekture) i niskogradnje (građevinarstva). Suvremeni tokovi društvenog razvoja permanentno potiču na preustroj ljudskih aktivnosti, što se poglavito odražava na sustav stjecanja znanja i vještina. Zasnivanjem stručnih studija upravo se djeluje u tom smjeru.

Glavne aktivnosti na kojima bi mladi stručnjaci mogli sudjelovati su:

- pripreme radnje koje prethode građenju (građevinske dozvole, imovinsko- pravni odnosi, suradnja s urbanistima i projektantima)
 - organizacija građenja (organizacija strojeva, opreme i ljudstva na gradilištu, nabava materijala i opreme, osiguranje pune logistike i sl.).
 - odvijanje graditeljskih aktivnosti (terminsko planiranje rada, ljudstva, materijala i sredstava, vođenje i nadzor, osiguranje kvalitete i sl.).
 - kontinuirana suradnja sa svim subjektima (investitor, projektant, lokalne komunalne i graditeljske vlasti, podizvođači, dobavljači, itd.).
 - privođenje građevnog objekta u planirano funkcionalno stanje
-

Izdavanje časopisa pomogli:
Grafički zavod Hrvatske, Zagreb
Oprema – uređaji d.d., Ludbreg
Kos transporti d.d., Varaždin
Presečki grupa d.o.o., Krapina
Lukavečki servis za vage, Varaždin
Tüf Croatia d.o.o., Slavonski Brod