

## Svojstva zaštite od elektromagnetskog zračenja pletiva od bakrenih i nehrđajućih čeličnih žica

Prof.dr.sc. **Fatma Çeken**, dipl.ing.<sup>1</sup>

Prof.dr.sc. **Özlem Kayacan**, dipl.ing.<sup>1</sup>

Prof.dr.sc. **Ahmet Özkurt**, dipl.ing.<sup>2</sup>

Prof.dr.sc. **Şebnem Seçkin Uğurlu**, dipl.ing.<sup>2</sup>

Sveučilište Dokuz Eylül

<sup>1</sup>Zavod za tekstilno inženjerstvo

<sup>2</sup>Zavod za elektrotehniku i elektroniku

Izmir, Turska

e-mail: fatma.ceken@deu.edu.tr

Prispjelo 13.5.2011.

UDK 677.075:677.017(538.3)

Stučni rad

*Razvojem tehnologija i s povećanjem upotrebe elektroničkih uređaja u svakodnevnom životu dolazi i do štetnih utjecaja na ljudsko zdravlje. Kako bi riješili ovaj problem, istraživači kontinuirano rade na razvoju tekstilnih struktura i plošnih proizvoda sa svojstvom zaštite od elektromagnetskog zračenja. U ovom su radu ispitivana pletiva različite strukture, proizvedena na ravnopletaćem stroju upotrebom nehrđajućih čeličnih i bakrenih žica. Ispitivana je učinkovitost elektromagnetske zaštite ovih materijala te je zaključeno da uzorci od dvostrukih žica imaju veće vrijednosti zaštite od elektromagnetskog zračenja. Horizontalnim mjerenjima rebrastih desno-desnih pletiva i glatkih desno-lijevih struktura pletiva od jednostrukih žica nisu dobivene značajnije razlike. Iako rebrasta desno-desna pletiva imaju veću gustoću (po jedinici površine veći broj žica), nisu postignute značajnije razlike u zaštiti.*

**Ključne riječi:** pletiva, učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja, nehrđajuće čelične žice, bakrene žice

### 1. Uvod

Razvojem tehnologija i sve većom svakodnevnom upotrebom elektroničkih uređaja dolazi i do štetnih utjecaja na ljudsko zdravlje. Medicinska istraživanja su pokazala da često korištenje elektroničkih uređaja povećava stres i izaziva srčane aritmije, a djelovanjem na metaboličke aktivnosti povećava se opasnost oboljenja od raka [1, 2]. Sa svrhom rješavanja tih problema, provode se intenzivna istraživanja na razvoju tekstilnih materijala sa svojstvom

zaštite od elektromagnetskih zračenja. Za tu namjenu koriste se elektrovodljivi materijali, odnosno žice (bakrene, čelične) obavijene pamučnom ili sintetičkim pređama. Od ovih se pređa također proizvode pređe s jezgrom od kojih se izrađuje tkana ili pletena tekstilna površina, nakon čega su ispitivana njihova svojstva zaštite od elektromagnetskog zračenja. Naravno, proizvodnja ovakvih specijalnih pređa iziskuje dodatne troškove. Ovim radom se željelo istražiti elektromagnetska zaštitna svojstva tekstilnih materijala ispletenih samo sa elektro-

vodljivom bakrenom i čeličnom žicom, bez upotrebe omatajuće pređe ili pređe s elektrovodljivom jezgrom. Radi toga je provedeno ispitivanje pletivosti bakrene i čelične žice. Pletene strukture su proizvedene na jednoigleničnom ili dvoigleničnom ravnopletaćem stroju, nakon čega su provedena ispitivanja učinkovitosti elektromagnetske zaštite tih pletenih uzoraka.

#### 1.1. Metodologija zaštite

Engl. shielding - zaštita, apsorpcija je izraz koji obilježava zaštitu od

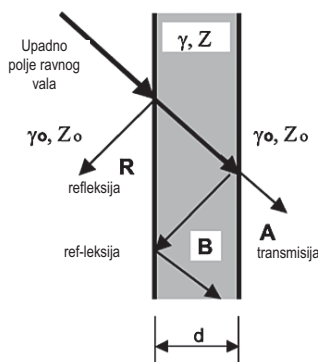
neželjenih signala upotrebom materijala i metoda koje umanjuju prodiranje signala u određeni medij ili prostor. U metodologiji zaštite, jakost signala u nekom mediju ovisi o više parametara vezanih za svojstva materijala, kao što su to električna i magnetska svojstva, svojstva provodljivosti na površini i u unutrašnjosti, debljina materijala i, naravno, struktura sustava. Na sl.1 shematski je prikazano širenje signala kroz sloj materijala sa svojstvom zaštite [3]. Vrijednost učinkovitosti zaštite (Shielding Efficiency - SE) označava razinu zaštite, a opisuje se mogućnošću apsorpcije i definirana je prema sljedećoj jednadžbi (1), [4]:

$$SE_p = 10 \log_{10} \frac{\text{Gustoća upadne struje}}{\text{Gustoća transmittirane struje}} = 10 \log_{10} \frac{P_i}{P_t} \quad (1)$$

Ovaj omjer dviju gustoća struje, odnosno nekog signala mjereno je tako da se mjeri struja prije, odnosno nakon postavljanja odgovarajućeg zaštitnog uzorka [4].

## 2. Teoretski dio

Cheng K.B. [5] proizveo je pređu od mješavine nehrđajućeg čelika i poliestera (stainless steel - SS/PES), mješavine nehrđajućeg čelika/čelične žice i poliestera (SS/Stainless Steel Wire (SW)/PES) i pređu s jezgrom od mješavine u različitim omjerima čelične žice i poliestera (SW/PES). Od tih su pređa izrađena 1x1 desno-desna pletiva i 1x2 desno-desna pletiva na kojima su provedena ispitivanja učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja (EMSE - Electromagnetic Shielding Effectiveness), odnosno utjecaja vrste pređe i omjera u mješavinama u ispitivanim pletenim strukturama. Na temelju dobivenih rezultata zaključeno je da se s udjelom čelika u pređi povećava i učinak zaštite od elektromagnetskog zračenja. Također, dobiveno je da se kod 1x2 desno-desnih pletiva postiže bolja zaštita u odnosu na druge ispitivane uzorke, što se



gdje je:

- $\omega = 2\pi f$  - kutna frekvencija
- $\epsilon, \epsilon_0$  - dielektrična permeabilnost
- $\mu, \mu_0$  - magnetska permeabilnost
- $\gamma, \gamma_0$  - konstante širenja
- $Z, Z_0$  - impedancije karakteristične za medij
- $\sigma$  - elektrovdljivost
- $d$  - debljina sloja

Sl.1 Transmisija valova kroz tankoslojni medij [3]

prpisuje njihovoj većoj zbijenosti, odnosno gustoći.

K.B. Cheng i sur. su u radu [6] ispitivali zaštitna svojstva od elektromagnetskog zračenja na pletenim kompozitnim strukturama. Upotrebom SS/PP i SS/PES/staklo/PP pređa koje se međusobno ne miješaju, proizvedene su kompozitne strukture od glatkog ravnog pletiva i glatkog podstavnog pletiva. Utvrđeno je da je učinkovitost od elektromagnetskog zračenja kompozitnih laminata od glatkog podstavnog pletiva veća od kompozitnih laminata od glatkog ravnog pletiva.

Uočeno je da se učinak povećava s povećanjem slojeva u kompozitima. Tako je učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja glatkog i podstavnog pletiva u kompozitnim laminatima s osam slojeva gotovo jednaka. U radu [7] Cheng K.B. i sur. proizveli su Cu/PP (bakar/polipropilen) pređu različitih poprečnih presjeka, odnosno finoće bakrene žice. Upotrebom tih pređa izrađene su četiri vrste pletenih struktura (glatko dvostruko, glatko dvostruko podstavno, 1x1 i 1x2 desno-desna pletiva) od kojih su načinjeni kompozitni laminati sa osam slojeva pletiva. Uočeno je da se učinkovitost od elektromagnetskog zračenja povećava s povećanjem sadržaja bakra. Također su istaknuli da se upotrebom većeg broja podstavnih niti mijenja, odnosno poboljšava učinkovitost od elektromagnetskog zračenja laminata.

Perulmaraj R. i Dasaradan B.S. [8] su ispitivali pređu s jezgrom od Cu/Co različitih finoća bakra te su od tih pređa izradili glatko, rebrasto i interlok pletivo, te su ispitivali njihova svojstva zaštite od elektromagnetskog zračenja. Ustanovljeno je da uzorci pletiva većih gustoća, odnosno zbijenosti imaju veći učinak zaštite od elektromagnetskog zračenja od uzoraka manjih gustoća, te su kod interlok pletiva dobivene najveće vrijednosti zaštitnog učinka, u frekvencijskom području od 20 do 18000 MHz. Također su utvrdili da s povećanjem poprečnog presjeka bakrene žice dolazi do smanjenja učinka zaštite od elektromagnetskog zračenja. Budući da se bakrena žica opire savijanju tijekom procesa pletenja, dolazi do otvaranja, odnosno stršenja iz pletene strukture. ANOVA analizom podataka ustanovljeno je da debljina ispitivanih pletiva ima neznatan utjecaj na učinak od elektromagnetskog zračenja.

Palamutcu S. i sur. [9] razvili su uređaj za mjerenje zaštite od elektromagnetskog zračenja i testirali su njegovu pouzdanost u radu s elektrovdljivim glatkim pletivom i tkaninom platnenog veza. U tim materijalima su korištene Co/Cu i Co/Cu/Ag pređe u različitim omjerima. Dobiveno je da je razina prosječne učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja slična za uzorke jednostrukog glatkog pletiva u frekvencijskom području od 860 do 960 MHz i 1750 do 1850 MHz te da je prosječno smanjenje vrijednosti kod svih pletenih uzoraka niže nego

kod tkanih uzoraka u tom frekven-  
cijskom području. Najbolje vrijednosti  
kod frekvencija od 900 do 1800 MHz,  
koje se upotrebljavaju za bežičnu tele-  
foniju (GSM) za glatka pletiva, dobi-  
vena su kod uzoraka pletiva proizve-  
denih upotrebom pređa Co/Cu/Ag u  
omjeru 78/20/2. Također je uočeno da  
dvostruki uzorci imaju bolji učinak  
zaštite od jednostrukih uzoraka u  
frekvencijskom području od 860 do  
960 MHz i 1750 do 1850 MHz.

Soyaslan D. i sur. [10] su proučavali  
učinkovitost od elektromagnetskog  
zračenja glatkih pletiva, kulirnih pod-  
stavni pletiva, 1x1 rebrastih desno-  
desnih pletiva i kulirnih podstavni  
pletiva 1x1 rebraste strukture, uz  
upotrebu dvostruke strukane pređe  
finoće Ne 20/2 od pamuka i bakrene  
žice promjera 0,1 mm, 0,15 mm i  
2x0,15 mm. Mjerenja su provedena u  
frekvencijskom području od 27 MHz  
do 3 GHz, te su uočili da konstrukcija  
materijala nije utjecala na svojstva  
zaštite od elektromagnetskog zračenja  
pletanih uzoraka u frekvencijskom  
području od 800 do 3000 MHz, dok  
se kod frekvencija od 27 do 400 MHz  
najučinkovitijim pokazalo glatko ku-  
lirno podstavno pletivo, a kod frek-  
vencija od 600 do 800 MHz se  
najučinkovitije pokazalo rebrasto ku-  
lirno podstavno pletivo. Također su  
ustanovili da kod frekvencija od 400  
do 3000 MHz nema znatnih razlika u  
učinkovitosti zaštite glatkih podstav-  
ni kulirnih pletiva i glatkih pletiva.  
Glatka pletiva izrađena od bakrene  
žice 2x0,15 mm imala su bolju  
učinkovitost od onih izrađenih od  
bakrene žice promjera 0,15 mm u  
frekvencijskom području od 800 do  
3000 MHz.

### 3. Materijali i metoda

#### 3.1. Izrada pletanih uzoraka

Pleteni uzorci su izrađeni na ravno-  
pletaćem stroju finoće 12 uz upotrebu

Tab.1 Svojstva čelične i bakrene žice upotrijebljene za izradu pletanih uzoraka

Materijal	Promjer (mm)	Električni otpor ( $\Omega$ mm <sup>2</sup> /m)
Bakrena žica	0,1	0,017
Čelična žica	0,1	0,750

Tab.2 Gustoća očica ispitivanih uzoraka podliježnog pletiva s jednim i s dva reda s propuštenim oćicama

Oznaka uzorka	Vertikalna gustoća*	Horizontalna gustoća**	Broj propuštenih očica u jedinici duljine
Ss1	10,63	5,33	-
Sc1	9,80	5,33	-
Ss2	11,70	9,33	-
Ss3	6,27	10,00	-
Ds1	9,87	5,33	-
Dc1	9,07	5,33	-
Ds4	8,33	5,33	6
Dc4	8,00	5,33	5
Ds5	7,83	5,33	7
Dc5	6,67	5,33	10

\*broj redova po centimetru, \*\*broj nizova po centimetru

žica od nehrđajućeg čelika i bakra.  
Gustoća očica je podešena prema  
strukтури pletiva. U tab.1 navedena su  
svojstva upotrijebljenih žica.

Tijekom pletenja uzoraka s jednim  
redom s propuštenim oćicama upotre-  
bom jednostrukih žica, žice su preki-  
nute, te su zbog toga takvi uzorci  
ispleteni upotrebom dvostrukih žica.  
Zbog istog razloga je uzorke rebrastog  
i zahvatnog pletiva bilo moguće  
izraditi od jednostruke žice.

Uzorci ispitivanih pletiva su označeni  
sljedećim oznakama:

S - jednostruka žica

D - dvostruka žica

s - nehrđajući čelik

c - bakar

1 - glatko pletivo

2 - rebrasto pletivo

3 - dvostrano kulirno zahvatno pleti-  
vo (full cardigan)

4 - glatko pletivo s jednim redom s  
propuštenim oćicama

5 - glatko pletivo s dva reda s propuš-  
tenim oćicama.

Tako npr. uzorak oznake Ss1 je glatko  
pletivo od jednostruke čelične žice,  
Dc4 glatko podliježno pletivo s jed-  
nim redom propuštenih očica od dvo-  
struke bakrene žice.

Gustoća očica i broj propuštenih  
očica po jedinici dužine kod glatkih  
podliježni pletiva s jednim i dva  
reda s propuštenim oćicama prikaza-  
ne su u tab.2.

Strukture ispitivanih uzoraka pletiva  
prikazane su na sl.2.

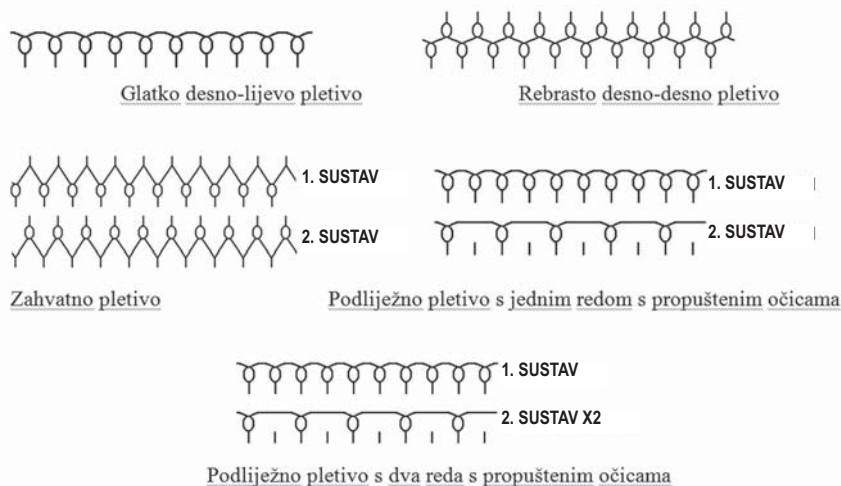
#### 3.2. Mjerenje učinka zaštite od elektromagnetskog zračenja

U ovom je radu za određivanje učinka  
zaštite od elektromagnetskog zračenja  
uzoraka pletiva od čelika i bakra upo-  
trijebljena tehnika mjerenja slobod-  
nim prostorom. Metoda mjerenja je  
temeljena na mjerenju slabljenja si-  
gnala koji se transmitira kroz ispiti-  
vani uzorak u dalekom prostoru od  
antena za transmitiranje i prihvaćanje  
signala. U toj metodi, pleteni uzorci  
od čelika ili bakra se ponašaju kao  
reflektor, apsorber i oslabljivač upa-  
dnog signala. Omjer ukupne jakosti  
transmitiranog signala u odnosu na  
ukupnu jakost ulaznog signala odre-  
đuje SE član koji ovisi o svojstvu  
materijala (a koji je prethodno nave-  
den u jednadžbi 1).

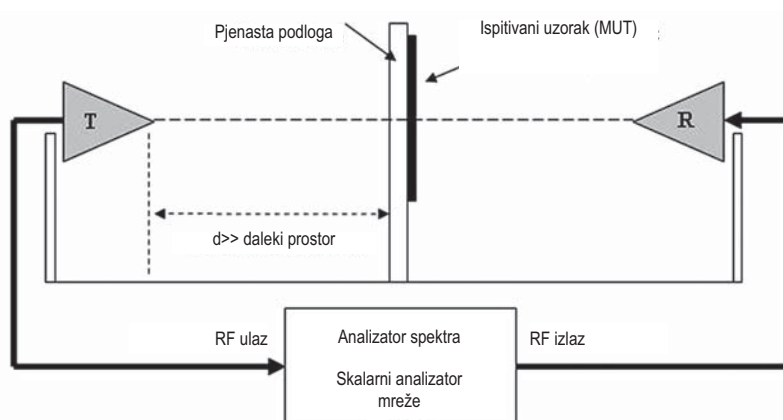
Shematski prikaz uređaja za mjerenje  
prikazan je na sl.3, a na sl.4 je prikaz  
njegovog izgleda u praksi.

Analizator spektra, Anritsu MS2711D  
s opcijom mjerenja transmisije upo-  
trijebljen je za ispitivanja. U opciji  
mjerenja transmisije, referentna mje-  
ra je ona bez pletanih uzoraka u  
uređaju, dobiva se automatski s pro-  
cesom normalizacije, a razina signala





Sl.2 Strukture ispitivanih uzoraka pletiva



Sl.3 Shematski prikaz uređaja za mjerenje zaštite od elektromagnetskog zračenja



Sl.4 Prikaz mjernog uređaja u praksi

s ispitivanim uzorkom uspoređuje se u logaritamskoj skali izrazom za RF snagu.

Drugim riječima, početni, referentni signal prikupljen je bez zaštitnog materijala kod svih frekvencija. Nakon toga se postavljaju pleteni uzorci od čelika i bakra na pjenastu podlogu koja je smještena između uređaja za odašiljanje i prijam. Naposljetku se uspoređuju obje dobivene vrijednosti signala.

Mjerenja su provedena u frekvenzijskom području od 750 do 3000 MHz. U tom spektru se nalaze i frekvencije za rad mobilne, odnosno bežične telefonije GSM 900, GSM 1800, ISM frekvenzijsko područje (engl. Industrial, Scientific and Medical band) namijenjeno industriji, znanosti i medicini, koje se mogu upotrijebiti za osobnu namjenu u ograničenom području kao što su to bežične područne mreže, npr. IEEE811.1.

Elektrovodljivim pletenim uzorcima ispitivan je učinak na smanjenje razine zračenja u širokom frekvenzijskom području. Također su mjereni različiti uvjeti polarizacije sa svrhom određivanja i istraživanja utjecaja smjera pletiva na polarizaciju.

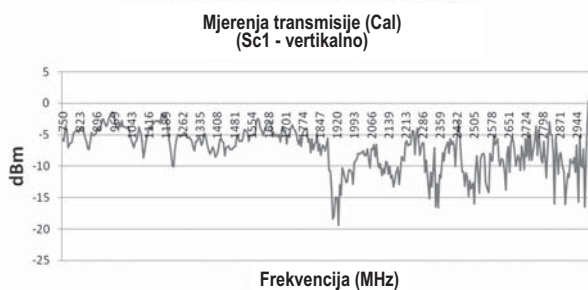
#### 4. Rezultati i rasprava

Rezultati mjerenja učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja svih ispitivanih uzoraka prikazani su na sl.5-24. Ispitivana je učinkovitost primijenjenih žica na zaštitna svojstva pletenih uzoraka, utjecaj propuštenih očica u pletenoj strukturi (podliježna pletiva), utjecaj pletiva veće gustoće očica (rebrasto desno-desno pletivo, zahvatno pletivo), odnosno općenito utjecaj strukture pletiva na zaštitna svojstva.

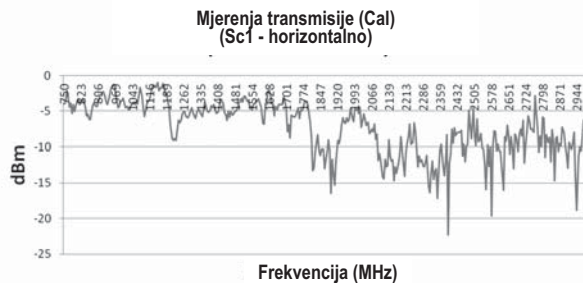
Rezultati ispitivanja svojstava učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja za uzorke glatkih pletiva od jednostruke žice (čelične ili bakrene) prikazani su grafički na sl.5-8, a ista ispitivanja za uzorke glatkih pletiva od dvostrukih čeličnih ili bakrenih žica prikazani su na sl.9-12.

Prema rezultatima prikazanim na sl.5-8 može se uočiti da uzorci glatkih pletiva od jednostruke žice imaju bolja zaštitna svojstva u višim frekvenzijskim područjima, vrlo slabu zaštitu pokazuju u nižim frekvenzijskim područjima. Signifikantno je da su vrijednosti elektromagnetske zaštite znatno bolje kod uzoraka pletiva od dvostrukih žica. Dobivene su vrijednosti učinka od elektromagnetskog zračenja -30-35 dB kod uzoraka od dvostrukih čeličnih žica u frekvenzijskom području od 1250 do 2000 MHz, dok su kod uzoraka od jednostruke čelične žice zabilježene vrijednosti zaštite od elektromagnetskog zračenja od 10 dB. Ovakva razlika se može objasniti time što je srednja vrijednost elektrovodljivosti površine povećana kao posljedica upotrebe dvostruke čelične žice u procesu pletenja.

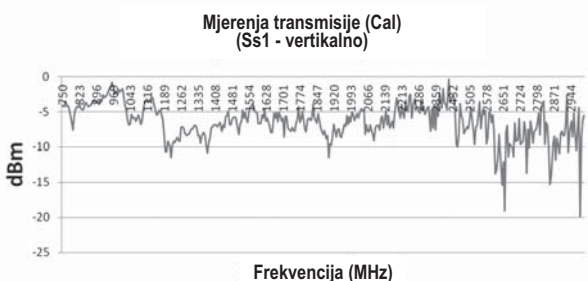
Rezultati ispitivanja uzoraka podliježnog pletiva s jednim redom s pro-



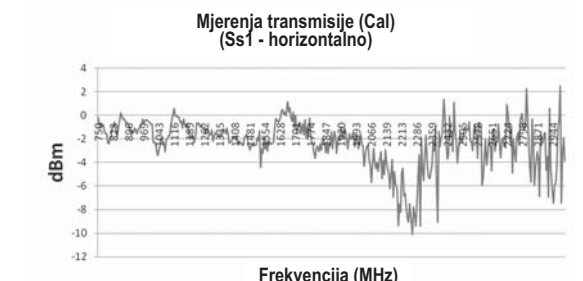
Sl.5 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Sc1) glatkog pletiva od jednostruke bakrene žice (vertikalna mjerenja)



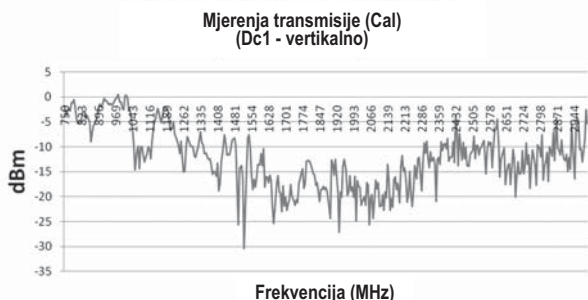
Sl.6 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Sc1) glatkog pletiva od jednostruke bakrene žice (horizontalna mjerenja)



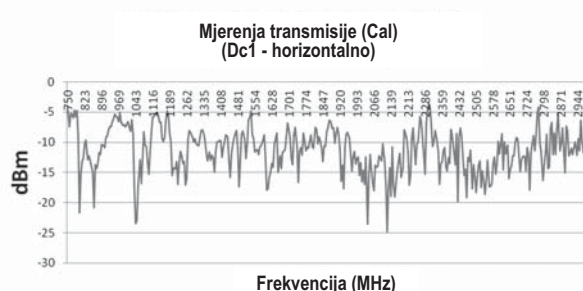
Sl.7 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Ss1) glatkog pletiva od jednostruke čelične žice (vertikalna mjerenja)



Sl.8 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Ss1) glatkog pletiva od jednostruke čelične žice (horizontalna mjerenja)



Sl.9 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Dc1) glatkog pletiva od dvostruke bakrene žice (vertikalna mjerenja)

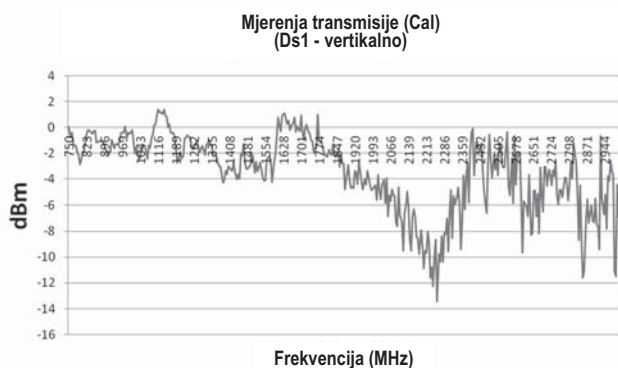


Sl.10 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Dc1) glatkog pletiva od dvostruke bakrene žice (horizontalna mjerenja)

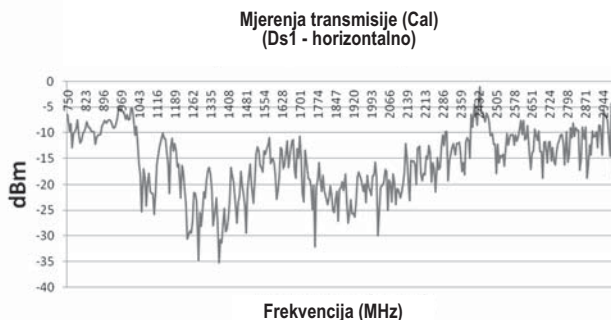
puštenim oćicama izrađeni od dvostruke čelične i bakrene žice prikazani su na sl.13-16. Prilikom uspoređivanja rezultata ispitivanih uzoraka od glatkih pletiva, najveće vrijednosti zaštite od elektromagnetskog zračenja dobivene su kod uzoraka od čeličnih žica, -30 dB pri 2016 MHz u vretikalnim mjerenjima, dok je kod uzoraka od bakrene žice izmjerena -22 dB. Proučavanjem grafičkih prikaza rezultata mjerenja na sl.13-16, uočava se da ova vrsta pletenih struktura općenito ima bolju zaštitu u višem frekvencijskom području, i kod vertikalnih i horizontalnih mje-

renja. Jedino se na sl.14 kod uzoraka pletiva od dvostruke bakrene žice uočava dobra učinkovitost od elektromagnetskog zračenja pri nižim i srednjim frekvencijskim područjima, dok u višem frekvencijskom području ne pokazuje tako dobru zaštitu od elektromagnetskog zračenja. Također, u vrlo niskom frekvencijskom području kod ovih uzoraka nije postignuta dobra učinkovitost od elektromagnetskog zračenja. Uspoređivanjem grafičkog prikaza rezultata mjerenja učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka glatkih pletiva i podliježog

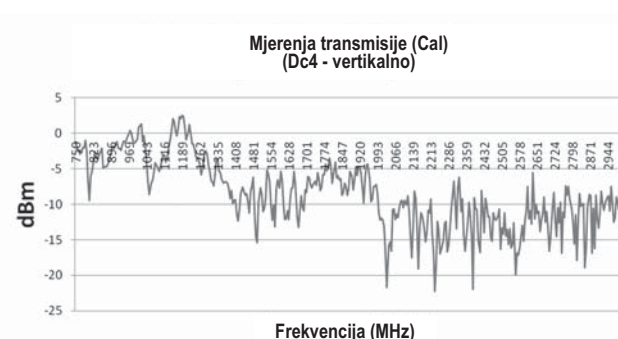
pletiva s jednim redom s propuštenim oćicama, može se uočiti da podliježno pletivo ima nešto bolju učinkovitost od glatkih pletiva. To se može objasniti povećanjem duljine oćice po jediničnoj duljini pletiva, propuštanjem oćice žica tvori vertikalnu liniju što povećava elektrovodljivost ove strukture pletiva. Na sl.17-20 grafički su prikazani rezultati mjerenja učinkovitosti od elektromagnetskog zračenja uzoraka podliježnog pletiva s dva reda s propuštenim oćicama. Uspoređujući ove rezultate s rezultatima za uzorke podliježnog pletiva s jednim redom s



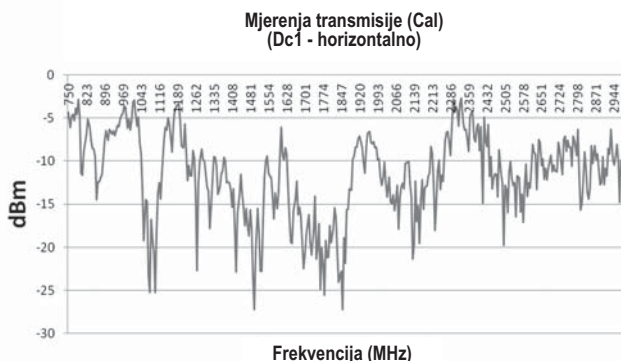
Sl.11 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Dc1) glatkog pletiva od dvostruke bakrene žice (vertikalna mjerenja)



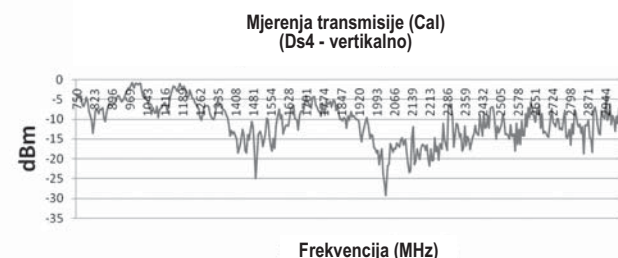
Sl.12 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Dc1) glatkog pletiva od dvostruke bakrene žice (horizontalna mjerenja)



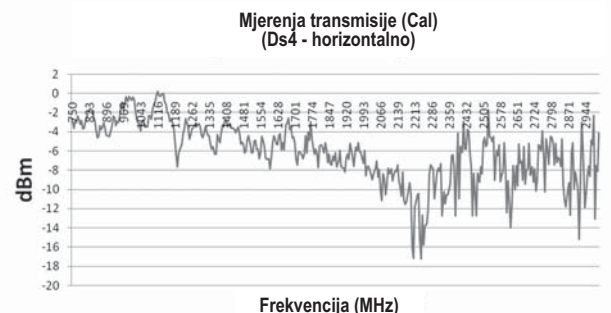
Sl.13 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Dc4) podliježnog pletiva od dvostruke bakrene žice s jednim redom s propuštenim oćicama (vertikalna mjerenja)



Sl.14 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Dc4) podliježnog pletiva od dvostruke bakrene žice s jednim redom s propuštenim oćicama (horizontalna mjerenja)



Sl.15 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Ds4) podliježnog pletiva od dvostruke čelične žice s jednim redom s propuštenim oćicama (vertikalna mjerenja)



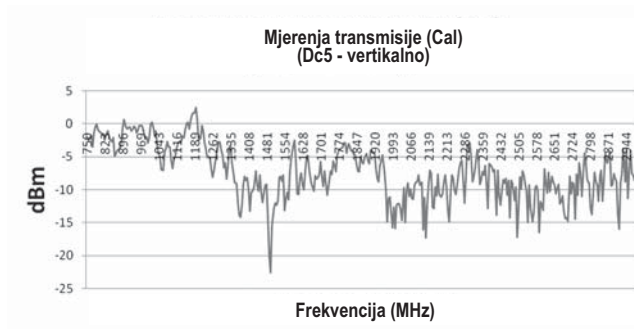
Sl.16 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Ds4) podliježnog pletiva od dvostruke čelične žice s jednim redom s propuštenim oćicama (horizontalna mjerenja)

propuštenim oćicama, nije uočena značajna razlika kod vertikalnih mjerenja. Očekivano su dobivene razlike učinkovitosti od elektromagnetskog zračenja kod horizontalnih mjerenja tih uzoraka podliježnih pletiva zbog razlike u njihovoj strukturi, odnosno u razlici broja propuštenih oćica po jedinici duljine. Dobivene razlike

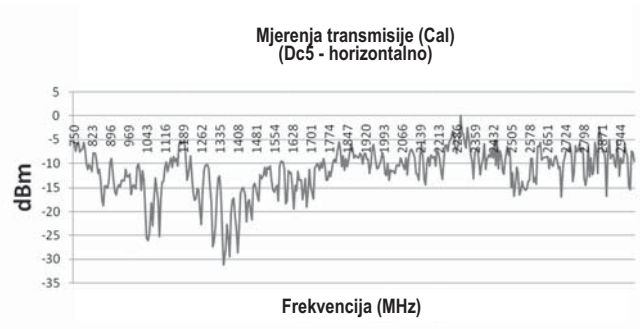
broja propuštenih oćica u podliježnim pletivima od nehrđajućeg čelika bile su veće nego kod uzoraka od bakrenih žica. Pri višim frekvencijskim područjima učinkovitost od elektromagnetskog zračenja pletiva s dva reda s propuštenim oćicama bila je veća nego kod pletiva s jednim redom

s propuštenim oćicama i širi raspon frekvencijskog područja. Uspoređujući grafičke prikaze rezultata učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja rebrastih uzoraka pletiva (sl.21 i 22) s uzorcima glatkih pletiva (sl.6 i 7), uočeno je da kod horizontalnih mjerenja nema znatnih razlika između ovih dviju vrsta pletenih struktura. Kod vertikal-

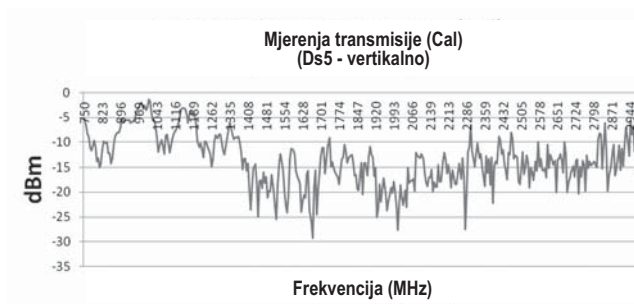




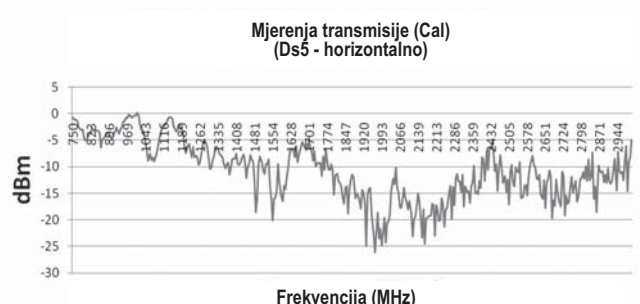
Sl.17 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Dc5) podliježnog pletiva od dvostruke bakrene žice s dva reda s propuštenim oćicama (vertikalna mjerenja)



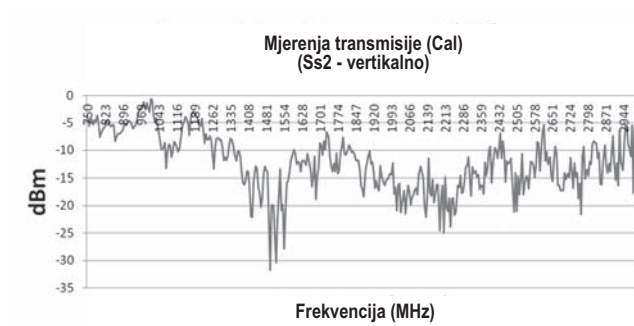
Sl.18 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Dc5) podliježnog pletiva od dvostruke bakrene žice s dva reda s propuštenim oćicama (horizontalna mjerenja)



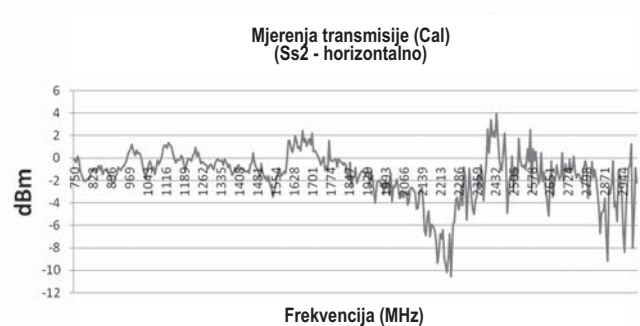
Sl.19 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Ds5) podliježnog pletiva od dvostruke čelične žice s dva reda s propuštenim oćicama (vertikalna mjerenja)



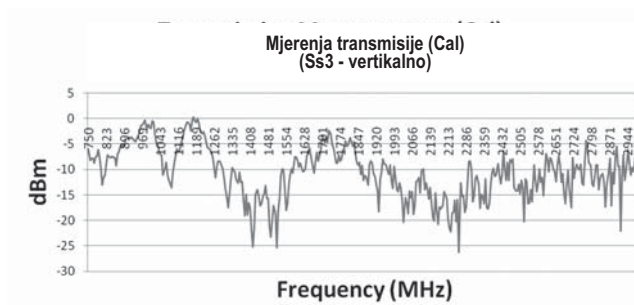
Sl.20 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Ds5) podliježnog pletiva od dvostruke čelične žice s dva reda s propuštenim oćicama (horizontalna mjerenja)



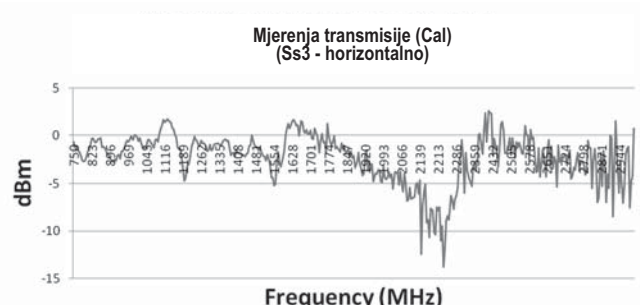
Sl.21 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Ss2) rebrastog pletiva od jednostruke čelične žice (vertikalna mjerenja)



Sl.22 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Ss2) rebrastog pletiva od jednostruke čelične žice (horizontalna mjerenja)



Sl.23 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Ss3) zahvatnog pletiva od jednostruke čelične žice (vertikalna mjerenja)



Sl.24 Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja uzoraka (Ss3) zahvatnog pletiva od jednostruke čelične žice (horizontalna mjerenja)

nih mjerenja u frekvencijskom području od 1300 do 2200 MHz, učinkovitost zaštite rebrastih pletiva je veća nego učinkovitost glatkih pletiva. To se posebno ističe pri frekvenciji od 1400 MHz gdje je postignuta vrijednost zaštite, odnosno smanjenja elektromagnetskog zračenja od -32 dB. Iako trenutno u tom frekvencijskom području nema upotrebe, postizanje ovih vrijednosti i svojstava zaštite može osigurati postizanje visoke učinkovitosti.

Grafički prikazi rezultata za rebrasta i zahvatna pletiva koja su se mogla izraditi samo s jednostrukim čeličnim žicama, prikazani su na sl.21-24. Proučavajući dobivene rezultate može se uočiti da nema značajnih razlika u dobivenim vrijednostima učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja kod ovih pletenih uzoraka. Pletenje čeličnih žica na dvoigleničnim ravnopletačim strojevima sa zahvatnim oćicama nije pokazao utjecaj na poboljšanje zaštite od elektromagnetskog zračenja, u odnosu na uzorke pletiva od čeličnih žica s punim oćicama.

## 5. Zaključak

Svrha ovoga rada bila je ispitati tekstilne strukture ispletene s čistim, neobavijenim elektrovodljivim bakrenim i čeličnim žicama kako bi se testirala njihova svojstva zaštite od elektromagnetskog zračenja. Dobiveni su sljedeći rezultati:

Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja glatkih pletiva od

dvostruke žice je veća i u širem frekvencijskom području.

Kod podliježnog pletiva s propuštenim oćicama, oćice se produljuju, tvore vertikalne linije te dolazi do povećanja elektrovodljivosti, odnosno povećanja učinkovitosti od elektromagnetskog zračenja.

Nisu dobivene signifikantne razlike u rezultatima zaštite od elektromagnetskog zračenja kod horizontalnih mjerenja uzoraka rebrastog i glatkog pletiva od jednostrukih žica. Kod vertikalnih mjerenja za rebrasta pletiva (koja po jedinici duljine imaju veći broj žica) uočene su veće razlike u odnosu na glatka pletiva, ali samo u visokim frekvencijskim područjima. Prema tome zaljučuje se da rebrasti uzorci pletiva nemaju signifikantnu razliku u postignutom učinku zaštite od elektromagnetskog zračenja.

## Literatura:

- [1] Ammari M. Et al.: Exposure to GSM 900 MHz Electromagnetic Fields Affects Cerebral Cytochrome Coxidase Activity, *Toxicology* (2008) 250, 70-74
- [2] Ahamed V.I.T. et al.: Effect of Mobile Phone Radiation on Heart Rate Variability, *Computers in Biology and Medicine* 38 (2008) 6, 709-712
- [3] Wieckowski T.W., J.M. Janukiewicz: Methods for evaluating the shielding effectiveness of textiles, *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 14 (2006) 5, 18-22
- [4] David V. et al.: On the characterization of electromagnetic shielding effectiveness of materials,

- 15th IMEKO TC4 Symposium on Novelties in Electrical Measurements and Instrumentation, Romania, 19-21 September (2007)
- [5] Cheng K.B.: Production and Electromagnetic Shielding Effectiveness of the Knitted Stainless steel/Polyester Fabrics, *J. Text. Eng.* 46 (2000) 2, 42-52
- [6] Cheng K.B. et al.: Development of Conductive Knitted-Fabric-Reinforced Thermoplastic Composites for Electromagnetic Shielding Applications, *Journal of Thermoplastic Composite Materials* (2000) 13, 378-399
- [7] Cheng K.B., S., Ramakrishna, K.C. Lee: Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper/Glass Fiber Knitted Fabric Reinforced Polypropylene Composites, *Composites, Part A* (2000) 31, 1039-1045
- [8] Perulmaraj R., B.S. Dasaradan: Electromagnetic shielding effectiveness of Copper Core Yarn Knitted Fabrics, *Indian Journal of Fibre & Textile Research* 34 (2009) 149-154
- [9] Palamutçu S. et al.: Electrically Conductive Textile Surfaces And Their Electromagnetic Shielding Efficiency Measurement, *Tekstil ve Konfeksiyon* (2010) 3, 199-207
- [10] Soyaslan D. et al.: Determination of Electromagnetic Shielding Performance of Plain Knitting and 1X1 Rib Structures with Coaxial Test Fixture Relating to ASTM D4935, *The Journal of The Textile Institute* 101 (2010) 10, 890-897



## SUMMARY

### The electromagnetic shielding properties of copper and stainless steel knitted fabrics

*F. Çeken<sup>1</sup>, Ö. Kayacan<sup>1</sup>, A. Özkurt<sup>2</sup>, Ş. Seçkin Uğurlu<sup>2</sup>*

The growth of technology and wide usage of electrical devices in daily life threaten the human health. In order to solve this problem, the researches are continued intensely to develop textile surfaces having electromagnetic shielding properties. In this study, different knitted fabrics were produced on flat bed hand knitting machine by using stainless steel and copper wires. Then the electromagnetic shielding effectiveness of these fabrics was examined. It was concluded that the plain knitted fabrics having double ply wires had higher electromagnetic shielding effectiveness values. There were no significant differences between the rib knitted fabrics and plain knitted fabrics produced by using single ply wire in horizontal measurements. Although in rib knitted fabrics, of which unit area contains much more wire than plain knitted fabrics, there were no significant differences in shielding.

**Key words:** knitted fabrics, electromagnetic shielding effectiveness, stainless steel wire, copper wire

*Dokuz Eylül University*

<sup>1</sup>*Textile Engineering Department*

<sup>2</sup>*Electrical and Electronics Engineering Department*

*Izmir, Turkey*

*e-mail: fatma.ceken@deu.edu.tr*

*Received May 13, 2011*

### Abschirmung gegen elektromagnetische Strahlung von aus Stahl- und Kupferdrähten hergestellten Strickstoffen

Durch Technologieentwicklungen und erhöhtem Einsatz von elektronischen Geräten im Alltagsleben kommt es zu schädlichen Einflüssen auf menschliche Gesundheit. Um dieses Problem zu lösen, arbeiten die Entwickler an der Entwicklung von Textilstrukturen und Flächengebilden mit der Eigenschaft der Abschirmung gegen elektromagnetische Strahlung. Gestricke unterschiedlicher Struktur wurden aus Stahl- und Kupferdrähten auf der Flachstrickmaschine untersucht. Die Leistungsfähigkeit der elektromagnetischen Abschirmung dieser Materialien wurde untersucht, und es wurde festgestellt, dass Muster aus Doppeldrähten höhere Werte der Abschirmung gegen elektromagnetische Strahlung haben. Durch horizontale Messungen von Rechts-Rechts-Rippwaren und glatten Rechts-Links-Waren aus Einfachdrähten wurden keine bedeutendere Unterschiede erzielt. Obwohl Rechts-Rechts-Rippwaren eine größere Dichte (eine größere Drahtanzahl per Flächeneinheit) aufweisen, wurden keine bedeutenderen Unterschiede in der Abschirmung erreicht.