

TEHNIČKO REŠENJE

Uređaj za generisanje homogenog niskofrekventnog električnog polja za periodične provere ispravnosti sonde za merenje električnog polja

M-85: Prototip, nova metoda, softver, standardizovan ili atestiran instrument, nova genetska proba, mikroorganizmi

Autori:

Dr Anamarija Juhas, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu,
Mr Miodrag Milutinov, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu,
Dr Nándor Burány, College of Dunaújváros, Dunaújváros, Hungary,
Dr Neda Pekarić-Nadž, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.

Godina

2016

Podtip tehničkog rešenja:

Prototip - M85

Korisnik:

Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, za potrebe daljih istraživanja

Projekat u okviru koga je realizovano tehničko rešenje:

Broj projekta: TR 32016 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
Program istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2011-2016.

Tehnološka oblast:	Elektronika, telekomunikacije i informacione tehnologije
Naziv projekta:	Inovativne elektronske komponente i sistemi bazirani na neorganskim i organskim tehnologijama ugrađeni u robe i proizvode široke potrošnje
Rukovodilac projekta:	dr Ljiljana Živanov, redovni profesor

Kako su rezultati verifikovani (od strane kog tela):

Verifikacija tehničkog rešenja je izvršena od strane:

Naučno-nastavnog veća Fakulteta tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

1. Opis problema koji se rešava tehničkim rešenjem

U savremenom svetu, kako ljudi tako i elektronska oprema su okruženi sistemima za prenos i distribuciju električne energije, ali i drugim izvorima koji generišu niskofrekventno električno polje. Merenje nivoa električnog polja ima velik značaj u predviđanju uticaja koje ovo polje može imati na žive organizme i elektronsku opremu.

Periodične provere instrumenata u intervalima između kalibracija, kao i provere sonde pre svakog merenja su potreba i obaveza svih laboratorija, kao i institucija ili pojedinaca, koje vrše merenja. U tu svrhu se koristi uređaj koji generiše homogeno polje, kontrolisanog intenziteta i poznate frekvencije. Uređajem opisanim u ovom tehničkom rešenju omogućen je visok stepen kontrole parametara generisanog polja i ponovljivost eksperimenata.

Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi

Ispitivanje nivoa električnog polja, elektromagnetska kompatibilnost, unapređenje kvaliteta životne sredine.

Problem koji se tehničkim rešenjem rešava

Generisanje električnih i magnetskih polja sa zahtevanim karakteristikama su važni i neophodni u mnogim naučnim i tehnološkim primenama, kao što su kalibracija sonde za merenje polja i navigacionih instrumenata, pri određivanju efikasnosti zaštite osetljive elektronske i druge opreme, za svemirska istraživanja, u cilju realizacije bioelektromagnetskih eksperimenata, za zaštitu dela prostora od uticaja stranih polja, itd.

Prilikom realizacije sistema za generisanje homogenog polja, tipični kompromisi koji se prave su vezani za stepen homogenosti polja, kojim se iskazuje devijacija u odnosu na centralnu homogenost, jačina polja, veličina zone sa homogenim poljem, pristupačnost zoni homogenog polja, veličina sistema, cena, itd.

Konstruisanjem uređaja za generisanje homogenog električnog polja, koji je opisan u ovom tehničkom rešenju, omogućene su periodične provere sonde za merenje niskofrekventnog električnog polja, koje se rade u intervalima između kalibracija sonde. Periodične provere potrebno je uraditi sa razmakom od 4-6 meseci, ali i pre svakog merenja, kao potvrdu ispravnosti merne opreme. Ispitivanje sonde nije moguće uraditi u nepoznatom okruženju, već su za to potrebni kontrolisani uslovi u kojima se parametri polja mogu podesiti. Isto tako, potrebno je obezbediti ponovljivost eksperimenata. Zbog ograničenog prostora, potrebno je da se uređaj za generisanje homogenog električnog polja može brzo sklopiti i rasklopiti, jer nije u stalnoj upotrebi. Dodatni zahtev je da se koriste raspoloživi resursi i time troškovi realizacije uređaja minimizuju.

2. Stanje rešenosti tog problema u svetu

Za kalibraciju sonde zahteva se visoka homogenost polja; tipično da odstupanje polja u zoni koju zauzima sonda u odnosu na polje u centru sistema bude manje od 1% [1], [2]. Sistemi za generisanje niskofrekventnog električnog polja za kalibraciju sonde sa dve paralelne provodne ploče moguće je realizovati sa simetričnim i nesimetričnim napajanjem. U slučaju simetričnog napajanja ploče su istih dimenzija. U slučaju nesimetričnog napajanja, uzemljena ploča je znatno veća od ploče na višem potencijalu [3]. U [4] je ukazano da je za kalibraciju sonde dovoljna veličina sistema za generisanje homogenog električnog polja realizovana sa dve paralelne provodne ploče nešto manja od onog koji se tradicionalno koristi.

Sistemi za generisanje električnog polja visoke homogenosti za kalibraciju sonde opisani u [5], [6] realizovani su sa dve paralelne kvadratne ploče i četiri kvadratne provodne konture postavljene ekvidistantno u ravnima paralelnim sa pločama. Ove četiri konture dovedene na odgovarajuće potencijale povećavaju stepen homogenosti polja u centralnoj zoni sistema.

Drugi način generisanja niskofrekventnog homogenog električnog polja je korišćenjem sistema elektroda, koje mogu biti toroidalne, lineične ili bikonične. Sistem za generisanje električnog polja moguće je ostvariti sa dve toroidalne elektrode, koje leže u paralelnim ravnima [8]. Elektrode su zanemarljive debljine i imaju jednake potencijale, ali suprotnog znaka. Za generisanje homogenog električnog polja mogu se realizovati i složeniji sistemi sa više parova međusobno paralelnih toroidalnih elektroda [8]. Sisteme za generisanje električnog polja moguće je realizovati i sa sistemom od četiri tanke međusobno paralelne elektrode velike dužine. Jedan par elektroda je na istom istom potencijalu, dok je drugi par elektroda na potencijalu suprotnog znaka [8]. I u ovom slučaju moguće je konstruisati sisteme višeg reda sa većim brojem elektroda. Sistemi za generisanje homogenog električnog polja mogu se realizovati i sa parom bikoničnih elektroda, čije se ose poklapaju. I u ovom slučaju potencijali elektroda su suprotnog znaka. Za konstrukciju složenijih sistema sa bikoničnim elektrodama se koristi više parova elektroda kojima se ose poklapaju. Za sve navedene sisteme sa elektrodama, procedura optimizacije se zasniva na razvoju funkcije potencijala duž ose sistema u stepeni red i izboru broja i dimenzija elektroda tako da se dobije polje željene homogenosti (linearne raspodele potencijala) u što većem delu prostora između elektroda [8].

Električno polje visokog stepena homogenosti se takođe može realizovati uz pomoć provodne sfere sa tankim prerezima [9] čiji je uticaj na električno polje u centru sfere zanemarljiv. Prednost ovakvog sistema je što prisustvo

objekata u okolini sfere ne utiče na polje u unutrašnjosti. Nesimetriju u principu može da izazove i sam izvor napajanja, koji treba da obezbedi tačno određenu specifičnu raspodelu potencijala.

U standardima IEC 61786 [1] i IEEE 1308-1994 [2] navode se načini kalibracije sonde za merenje električnog polja. To su: generisanje tačne vrednosti električnog polja, poređenje sa tačnijim mernim sistemom, ili indirektnom metodom koja se sastoji od injektovanja struje poznate jačine i poznate frekvencije u sondu za poznatu vrednost kalibracionog faktora. Indirektna metoda se koristi kada sistem od dve paralelne provodne ploče i odgovarajuće napajanje nisu dostupni. Sistem od dve paralelne ploče i pripadajuće napaje opisani u IEC 61786 obezbeđuje da se cela sonda nalazi u zoni homogenog polja sa odstupanjem do 1% u odnosu na polje u centru sistema. Pripadajući sistem napajanja je simetričan i realizovan sa transformatorom.

U skladu sa standardima, za određivanje merne nesigurnosti koristi se JCGM 100 [10].

3. Detaljan opis tehničkog rešenja (uključujući i prateće ilustracije i tehničke crteže)

Prema zahtevima standarda IEC 61786 [1] laboratorije u intervalima između kalibracija (koje se vrše na 2-4 godine) potrebno je da imaju periodične provere (sa razmakom od 4-6 meseci) instrumenata i sonde za merenje polja. Provere je takođe potrebno uraditi pre svakog merenja, sa ciljem da se utvrdi ispravnost merne opreme. U te svrhe potrebno je da sve laboratorije ili imaju izvor za generisanje niskofrekventnog električnog polja kontrolisanog intenziteta i poznate frekvencije, ili koriste usluge drugih laboratorija koje imaju mogućnost da vrše takve provere.

Za periodične provere sonde za merenje polja nije potrebno polje toliko visokog stepena homogenosti, kao što se zahteva za kalibracije sonde za merenje niskofrekventnog električnog polja (za kalibraciju sonde neophodno je ostvariti homogenost polja sa odstupanjem do 1% u odnosu na polje u centru sistema). Osim toga, zbog ograničenog prostora, potrebno je da se uređaj za generisanje homogenog električnog polja može brzo sklopiti i rasklopiti, jer nije u stalnoj upotrebi. Dodatni zahtev je i da se koriste raspoloživi resursi i time troškovi realizacije uređaja minimizuju. Smanjenje dimenzija ploča i njihovog rastojanja u odnosu na zahteve standarda IEC 61786 [1] i IEEE 1308 [2] koji se primenjuju za kalibraciju sonde, zahtevalo je određivanje veličine zone homogenosti za druge odnose veličine ploča, rastojanja ploča i veličine sonde, kao i drugačiju realizaciju sistema napajanja.

Predmet ovog tehničkog rešenja je izrada prototipa sistema za generisanje homogenog električnog polja učestanosti 5 Hz-32 kHz i jačine električnog polja od 0,1 V/m do 30 V/m. Poznato da je električno polje u određenom delu prostora između dve paralelne provodne ploče na različitim potencijalima (pločastog kondenzatora) homogeno. Iz praktičnih razloga izabrano je da su ploče od aluminijuma površine 1 m×1 m, što je dovoljno za proveru sonde dimenzija do 10 cm×10 cm×10 cm. Osim određivanja tačne veličine zone homogenosti zahtevanog nivoa, za realizaciju ovog tehničkog rešenja potrebno je realizovati i sistem za napajanje poznatog napona i poznate frekvencije, pri čemu je potrebno obezbediti kontinualno merenje i napona i frekvencije. Na osnovu teorijskog proračuna uočeno je da je zona homogenosti znatno veća u slučaju kada je napajanje ploča simetrično (ploče su na istim potencijalima ali suprotnog polariteta), u odnosu na slučaj kada je napajanje ploča nesimetrično (jedna ploča je povezana na masu). Instrument koji je korišćen za merenja napona i frekvencije je PC osciloskop PicoScope 5203, koji ujedno poseduje i ugrađen signal generator. Signal generator PicoScope-a poseduje dva priključka od kojih je jedan masa, a potencijal na drugom priključku može se menjati u opsegu 0-2 V (nesimetrično napajanje). Zbog toga je u okviru ovog tehničkog rešenja realizovan i elektronski uređaj koji obezbeđuje simetrično napajanje i to u većem opsegu 0-10 V.

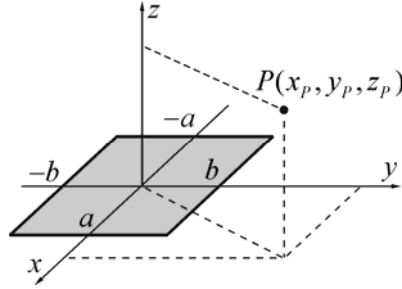
Ovo poglavlje je organizovano na sledeći način. U prvom delu izložen je teorijski proračun veličine zone homogenosti električnog polja za ploče dimenzija 1 m×1 m koje se nalaze na rastojanju od 0,5 m. U nastavku je dat opis realizovanog tehničkog rešenja. Na kraju odeljka opisana je procedura ispitivanja sonde i faktori koji utiču na mernu nesigurnost generisanog električnog polja. Osim toga, opisane su i mogućnosti primene ovog tehničkog rešenja

3.1. Proračun električnog polja

Potencijal i električno polje jedne ili više provodnih ploča u kvazistatičkom slučaju može se odrediti deljenjem provodnih površina na manje pravougaone pločice. Ako su pločice dovoljno male, može se smatrati da su ravnomerno naelektrisanе. Potencijal i vektor jačine električnog polja svake pločice moguće je izraziti u analitičkom obliku kao funkciju naelektrisanja pločice, koordinata njenog centra i koordinata tačke u kojoj se određuju potencijal i polje. Činjenica da su provodne ploče ekvipotencijalne omogućava formiranje sistema linearnih jednačina, čije rešenje predstavlja raspodelu naelektrisanja na pločama. Sa finom podelom ploča na pločice može se dobiti raspodela naelektrisanja sa dovoljnom tačnošću.

Električno polje i potencijal ravnomerno naelektrisanе pravougaone pločice

Posmatrajmo pločicu dimenzija $2a \times 2b$, prikazanu na slici 1, naelektrisanu konstantnom površinskom gustinom naelektrisanja σ . U ovom odeljku dati su analitički izrazi za potencijal i komponente električnog polja u proizvoljnoj tački $P(x_p, y_p, z_p)$, koja može biti i u ravni pločice.



Slika 1. Uz određivanje potencijala i električnog polja ravnomerno naelektrisanе pločice.

Polazeći od izraza za vektor jačine električnog polja i potencijal površinske gustine naelektrisanja,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma dS}{R^2} \cdot \frac{\vec{R}}{R}, \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma dS}{R}, \quad (1)$$

za potrebe ovog tehničkog rešenja izvedeni su eksplicitni izrazi za komponente vektora jačine električnog polja i potencijala ravnomerno naelektrisanе pločice u proizvoljnoj tački u prostoru. Za rešavanje integrala koji se javljaju prilikom izvođenja korišćene su smene iz [11]. Komponente vektora jačine električnog polja pločice naelektrisanе konstantnom površinskom gustinom naelektrisanja σ u tački $P(x_p, y_p, z_p)$ su

$$\begin{aligned} E_x &= \frac{\sigma}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{(d_1 + r_1)(d_3 + r_3)}{(d_2 + r_2)(d_4 + r_4)}, \\ E_y &= \frac{\sigma}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{(c_1 + r_1)(c_3 + r_3)}{(c_2 + r_2)(c_4 + r_4)}, \\ E_z &= \frac{\sigma \operatorname{sgn}(z_p)}{4\pi\epsilon_0} \left(\begin{aligned} &\operatorname{sgn}(c_1) \cdot \arctg \frac{d_1^2 + d_1 r_1 + z_p^2}{|z_p c_1|} - \operatorname{sgn}(c_4) \cdot \arctg \frac{d_4^2 + d_4 r_4 + z_p^2}{|z_p c_4|} \\ &- \operatorname{sgn}(c_2) \cdot \arctg \frac{d_2^2 + d_2 r_2 + z_p^2}{|z_p c_2|} + \operatorname{sgn}(c_3) \cdot \arctg \frac{d_3^2 + d_3 r_3 + z_p^2}{|z_p c_3|} \end{aligned} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

gde sgn označava signum funkciju i

$$\begin{aligned} c_1 &= a - x_p, & d_1 &= b - y_p, & r_1 &= \sqrt{c_1^2 + d_1^2 + z_p^2} = \sqrt{(a - x_p)^2 + (b - y_p)^2 + z_p^2}, \\ c_2 &= -a - x_p, & d_2 &= b - y_p, & r_2 &= \sqrt{c_2^2 + d_2^2 + z_p^2} = \sqrt{(a + x_p)^2 + (b - y_p)^2 + z_p^2}, \\ c_3 &= -a - x_p, & d_3 &= -b - y_p, & r_3 &= \sqrt{c_3^2 + d_3^2 + z_p^2} = \sqrt{(a + x_p)^2 + (b + y_p)^2 + z_p^2}, \\ c_4 &= a - x_p, & d_4 &= -b - y_p, & r_4 &= \sqrt{c_4^2 + d_4^2 + z_p^2} = \sqrt{(a - x_p)^2 + (b + y_p)^2 + z_p^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Za $z_p = 0$ (u ravni pločice), s obzirom da je funkcija $\arctg x$ ograničena, $|\arctg x| \leq \pi/2$, i prema definiciji $\operatorname{sgn}(0) = 0$, dobija se $E_z = 0$.

Potencijal tačke $P(x_p, y_p, z_p)$ može se napisati kao

$$V = \sigma a(x_p, y_p, z_p), \quad (4)$$

gde koeficijent $a(x_p, y_p, z_p)$ ne zavisi od površinske gustine naelektrisanja i jednak je

$$\begin{aligned} a(x_p, y_p, z_p) &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[c_1 \ln \left(\frac{d_1 + r_1}{d_4 + r_4} \right) - c_2 \ln \left(\frac{d_2 + r_2}{d_3 + r_3} \right) + d_1 \ln \left(\frac{c_1 + r_1}{c_2 + r_2} \right) - d_4 \ln \left(\frac{c_4 + r_4}{c_3 + r_3} \right) \right] \\ &+ \frac{2|z_p|}{4\pi\epsilon_0} \left[\arctg \left(\frac{c_1 + d_1 + r_1}{|z_p|} \right) - \arctg \left(\frac{c_2 + d_2 + r_2}{|z_p|} \right) + \arctg \left(\frac{c_3 + d_3 + r_3}{|z_p|} \right) - \arctg \left(\frac{c_4 + d_4 + r_4}{|z_p|} \right) \right]. \end{aligned} \quad (5)$$

Za $z_p = 0$ drugi red u izrazu (5) jednak je nuli s obzirom da je $\text{sgn}(0) = 0$ i $|\arctg x| \leq \pi/2$. Prema tome, za $z_p = 0$ izraz (5) postaje

$$a(x_p, y_p, 0) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[c_1 \ln \left(\frac{d_1 + r_1}{d_4 + r_4} \right) - c_2 \ln \left(\frac{d_2 + r_2}{d_3 + r_3} \right) + d_1 \ln \left(\frac{c_1 + r_1}{c_2 + r_2} \right) - d_4 \ln \left(\frac{c_4 + r_4}{c_3 + r_3} \right) \right]. \quad (6)$$

Iz izraza (6) za $x_p = y_p = 0$ (kada se tačka P nalazi u centru pločice) dobija se

$$a(0, 0, 0) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[2a \ln \left(\frac{b + \sqrt{a^2 + b^2}}{-b + \sqrt{a^2 + b^2}} \right) + 2b \ln \left(\frac{a + \sqrt{a^2 + b^2}}{-a + \sqrt{a^2 + b^2}} \right) \right]. \quad (7)$$

Kada je $a = b$ (za kvadratnu pločicu) prethodni izraz postaje

$$a(0, 0, 0) = \frac{2a}{\pi\epsilon_0} \ln(1 + \sqrt{2}). \quad (8)$$

Ako se centar pločice ne nalazi u koordinatnom početku, već u tački sa koordinatama (x_c, y_c, z_c) onda je u izrazima (3)-(5) potrebno x_p , y_p i z_p zameniti sa $(x_p - x_c)$, $(y_p - y_c)$ i $(z_p - z_c)$, respektivno.

Određivanje raspodele naelektrisanja

Za određivanje stepena homogenosti polja u prostoru između ploča kondenzatora potrebno je poznavati raspodelu naelektrisanja na pločama. Ova raspodela nije ravnomerna zbog tzv. ivičnog efekta. U nastavku ovog odeljka opisano je određivanje raspodele naelektrisanja na pločama kondenzatora. U tu svrhu ploče su izdvojene na elementarne pločice. Poznavajući naelektrisanje na svakoj pločici (približnu raspodelu naelektrisanja na pločama kondenzatora), primenom teoreme superpozicije moguće je odrediti polje i potencijal u proizvoljnoj tački u prostoru.

Određivanje raspodele naelektrisanja na pločama kondenzatora zasnovano je na Boundary element metodi (u daljem tekstu BEM), koja je veoma podesna i brza za ovaj tip struktura. Ploče kondenzatora su podeljene na $N = N_x \cdot N_y$ pločica (slika 2) i pretpostavljeno je da je svaka pločica mala tako da se na njoj može smatrati da je površinska gustina naelektrisanja konstantna. Na pločici i površinska gustina je σ_i , a ukupno naelektrisanje pločice i iznosi $Q_i = \sigma_i S_i$, gde S_i označava površinu pločice. S obzirom da je sredina linearna, uz opisanu pretpostavku, potencijal svake pločice može se odrediti kao superpozicija potencijala koji potiču od ravnomerno naelektrisanih pločica (izrazi (4)-(5)). Gornja ploča kondenzatora je izdvojena na pločice numerisane brojevima od 1 do N , dok su pločice na donjoj ploči numerisane brojevima od $N+1$ do $2N$ (slika 2). Na osnovu izloženog, potencijal u centru k -te pločice može se odrediti kao

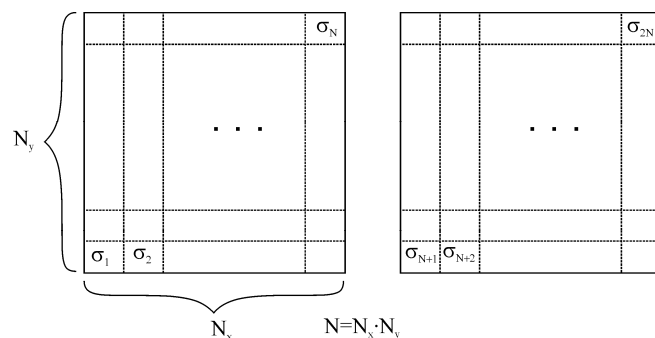
$$V_k = \sum_{i=1}^{2N} \sigma_i a(x_k - x_i, y_k - y_i, z_k - z_i), \quad k = 1, \dots, 2N, \quad (9)$$

gde se koeficijent a određuje iz izraza (5), a (x_k, y_k, z_k) i (x_i, y_i, z_i) označavaju koordinate centra pločice k i centra pločice i , respektivno. S obzirom da su ploče kondenzatora od provodnika, one su ekvipotencijalne. Potencijal gornje ploče označen je sa V_t , dok je potencijal donje označen sa V_b . Prema tome, potencijali pločica sa slike 2 su poznati i iznose

$$\begin{aligned} V_k &= V_t, & k &= 1, \dots, N \\ V_k &= V_b, & k &= N+1, \dots, 2N. \end{aligned} \quad (10)$$

Izraz (9) predstavlja sistem od $2N$ linearnih jednačina sa $2N$ nepoznatih σ_i . Rešenje ovog sistema daje raspodelu naelektrisanja na pločama kondenzatora. Tačnost dobijene raspodele zavisi od veličine broja N (broja pločica na koje je svaka ploča podeljena). Lako se vidi da će za finiju podelu i tačnost rezultata biti veća. Utvrđeno je da za dovoljno veliko N izračunata raspodela naelektrisanja ne zavisi od N , tj. da se sa daljim povećanjem broja N dobija praktično isti numerički rezultat. Slike 3 i 4 urađene su sa $N = 31^2 \approx 900$.

Validacija opisanog proračuna raspodele naelektrisanja, realizovanog programa, kao i izbora broja pločica u slučaju simetričnog napajanja urađena je primenom konformnog preslikavanja (kao 2D problem), a takođe i primenom programskog paketa COMSOL Multiphysics [12], kao 3D problem. Sa COMSOL Multiphysics, osim raspodele polja i potencijala, računato je i ukupno naelektrisanje na pločama kondenzatora, kao i njegova kapacitivnost za više dimenzija ploča i više različitih rastojanja. Slaganje rezultata je veoma dobro, što je omogućilo da se proračun opisan u ovom odeljku prihvati kao podesan za određivanje zone i stepena homogenosti električnog polja.



Slika 2. Ilustracija podele ploča kondenzatora na pločice za BEM.

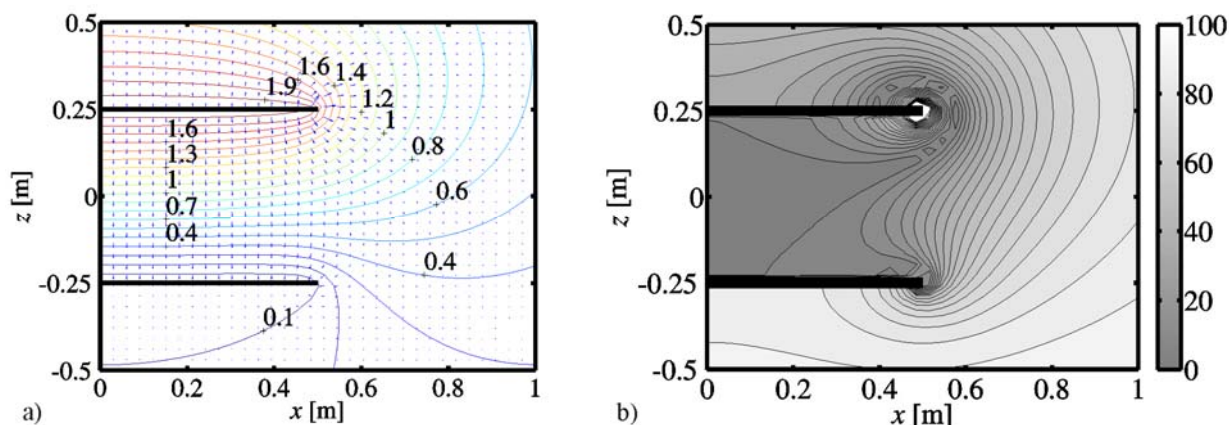
Veličina zone homogenog polja

Proračun raspodele potencijala i električnog polja urađen je za dva slučaja. U prvom slučaju ploče su na potencijalu +2 V i 0 V (slika 3.a), dok u drugom slučaju potencijal ploča iznosi +1 V i -1 V (slika 4.a). U oba slučaja, jačina električnog polja u centru kondenzatora iznosi $E_0 = U/d = 4 \text{ V/m}$. Zbog linearnosti sredine, skaliranjem se mogu dobiti jačine električnog polja i potencijali i za sve druge vrednosti napajanja.

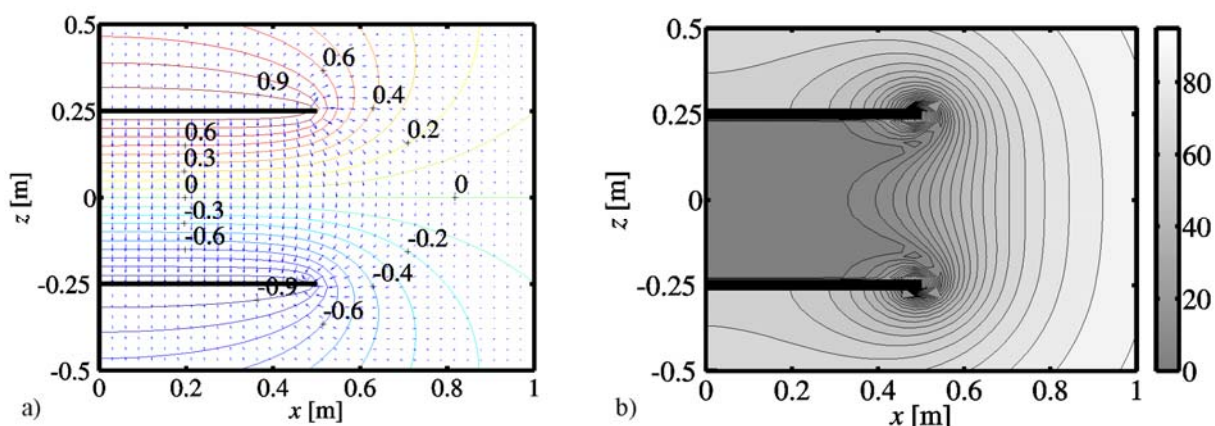
Osim raspodele potencijala i električnog polja, prikazanih na slikama 3.a i 4.a, na slikama 3.b i 4.b prikazana je i homogenost polja. Mera homogenosti električnog polja je definisana kao

$$u[\%] = 100 \cdot \frac{|E - E_0|}{E_0}. \quad (11)$$

Manje u pokazuje veću homogenost. Sa slika je očigledno da je zona homogenog polja znatno veća u slučaju simetričnog napajanja. U cilju dobijanja što veće zone homogenog polja, u okviru ovog tehničkog rešenja realizovano je simetrično napajanje.



Slika 3. a) Raspodela potencijala i vektora jačine električnog polja i b) homogenost električnog polja. Proračun je baziran na BEM metodi, dimenzije ploča $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$, rastojanje ploča $0,5 \text{ m}$, potencijali ploča +2 V i 0 V.



Slika 4. a) Raspodela potencijala i vektora jačine električnog polja i b) homogenost električnog polja. Proračun je baziran na BEM metodi, dimenzije ploča $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$, rastojanje ploča $0,5 \text{ m}$, potencijali ploča +1 V i -1 V.

3.2. Realizacija sistema provodnih ploča i napajanja

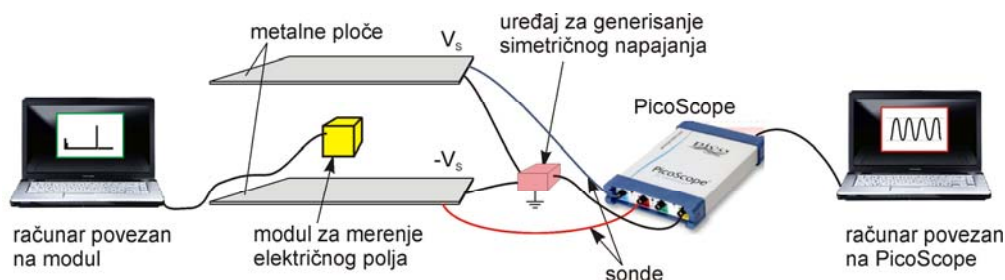
U ovom odeljku opisani su osnovni delovi i način rada uređaja za periodične provere sonde za merenje niskofrekventnog električnog polja. Na kraju odeljka opisana je procedura ispitivanja sonde i analiza faktora koji utiču na mernu nesigurnost. Prilikom realizacije ovog tehničkog rešenja, vodilo se računa da se iskoriste resursi koji su bili dostupni. Tehničko rešenje je realizovano 2012. godine i od tada je u upotrebi.

Eksperimentima je utvrđeno da rastojanje između provodnih ploča ne sme biti manje od 0,4 m, jer u slučaju manjeg rastojanja, blizina provodnih ploča utiče na pokazivanje sonde (zbog međusobnih kapacitivnosti između ploča i sonde).

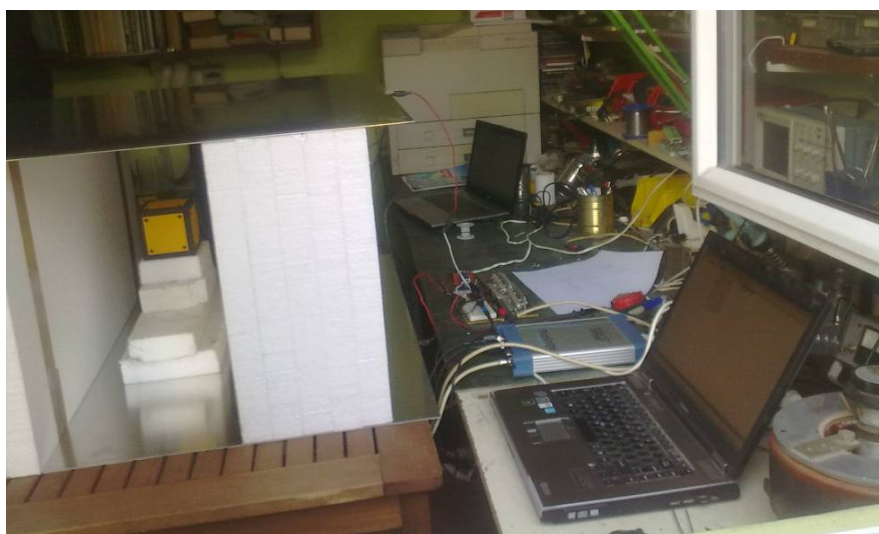
Izvor električnog polja čine dve provodne ploče dimenzija $1 \times 1 \text{ m}^2$, postavljene na rastojanju $d = 0,5 \text{ m}$ priključene na simetrično napajanje (slike 5 i 6). Ploče su od aluminijumskog lima debljine 1,5 mm. Odstojanje između ploča obezbeđeno je podupiračima od stiropora. Prilikom merenja sonda se postavlja na postolje takođe napravljeno od stiropora. Relativna permitivnost stiropora je bliska jedinici ($\epsilon_r = 1,02 - 1,04$ i tangens ugla gubitaka manji od 0,0005 za frekvencije do 100 MHz [13], [14]), zbog čega se uticaj stiropora na raspodelu električnog polja može zanemariti.

Modul za merenje niskofrekventnog električnog polja pripada mernom sistemu EFA-300 [15]. Modul se može koristiti u kombinaciji sa instrumentom ili u kombinaciji sa računarom. Komunikacija između modula i instrumenta, ili između modula i računara, vrši se putem optičkog kabla. Osim toga, modul ima punjive baterije koje omogućuju autonomni rad u dužem vremenskom periodu. Nakon što se zadaju parametri (npr. broj i vrsta merenja, merni opseg, frekvencijski opseg), modul može samostalno da izvrši merenja. Modul u sebi sadrži merne sonde za merenje električnog polja u tri ortogonalna pravca, električna kola za prikupljanje i obradu izmerenih vrednosti i memoriju za smeštanje rezultata.

Kada se vrši testiranje (slike 5 i 6), modul za merenje električnog polja je optičkim kablom priključen na PC računar. Podešavanje modula u toku provere može se izvršiti pomoću programskog paketa EFA-TS [16]. Isti programski paket se koristi i za prikaz i memorisanje izmerenih vrednosti.



Slika 5. Skica opreme za proveru modula EFA-300, za merenje električnog polja.

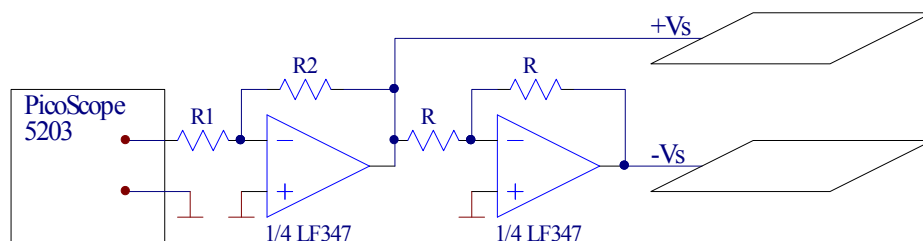


Slika 6. Fotografija opreme za proveru modula EFA-300, za merenje električnog polja (slikano 27. 02. 2012).

Za kontinualno merenje napona na pločama i frekvencije upotrebljen je PC osciloskop PicoScope 5203 [17]. To je uređaj koji ima funkciju osciloskopa sa dva kanala. PicoScope u sebi sadrži i analizator spektra koji prikazuje komponente napona do 250 MHz. Tokom ispitivanja sonde, PicoScope meri napone na pločama u odnosu na masu sistema, kao i frekvenciju. Upravljanje PicoScope-om se vrši pomoću računara i odgovarajućeg programskog paketa PicoScope 6. Veza PicoScope-a sa računarom ostvarena je preko USB-priključka PicoScope-a. Dve sonde

priključuju se na dva leva BNC priključka. Četvrti BNC priključak je izlaz signal generatora, dok treći BNC (spoljni trigger) nije korišćen.

Za realizaciju ovog tehničkog rešenja potrebno je obezbediti sistem za simetrično napajanje poznatog napona i poznate frekvencije. PicoScope poseduje signal generator koji generiše prostoperiodičan napon podesive amplitude u opsegu 0-2 V i podesive frekvencije u opsegu 30 mHz-20 MHz. Jedan od priključaka signal generatora je masa, tako da signal generator PicoScope-a obezbeđuje nesimetrično napajanje i to nedovoljne amplitude za potrebe ovog tehničkog rešenja. Za realizaciju simetričnog signala i to veće amplitude upotrebljena su dva invertujuća pojačavača (slika 7), koji su postavljeni između izlaza PicoScope-a i ploča. Primenom dva invertujuća pojačavača obezbeđeno je simetrično napajanje ploča podesive amplitude u opsegu 0-10 V.



Slika 7. Električna šema uređaja za napajanje metalnih ploča.

Postupak provere sonde

Postupak testiranja sonde za merenje niskofrekventnog električnog polja prati proceduru koja je slična proceduri pri kalibraciji sonde. Postupak se sastoji iz sledećih koraka:

- merna sonda se postavi na podmetač od stiropora u centralni deo prostora između ploča,
- uključe se sonda i oba računara,
- izmeri se spektar električnog polja pre uključivanja napajanja (na taj način se detektuje strano električno polje, koje će biti prisutno za vreme merenja),
- uključi se napajanje izabrane frekvencije i izabrane amplitude,
- orijentiše se sonda tako da duž jedne ose komponenta električnog polja bude maksimalna, a duž preostale dve ose zanemarljiva,
- ceo postupak se ponavlja i za druge dve ose sonde (radi ispitivanja izotropnosti sonde).

Primer rezultata merenja električnog polja

Za potrebe provere modula podešena je efektivna vrednost napona na gornjoj ploči $V_s = 7,15\text{ V}$, a na donjoj $-V_s$, čime je obezbeđeno električno polje efektivne vrednosti

$$E = \frac{2V_s}{d} = \frac{2 \cdot 7,15 \text{ V}}{0,5 \text{ m}} = 28,6 \frac{\text{V}}{\text{m}}.$$

Za frekvencije iznad $f = 2 \text{ kHz}$ modul za merenje električnog polja podešen je da meri spektar polja i očitavane su efektivne vrednosti komponenti električnog polja na odgovarajućoj frekvenciji. Izmerene vrednosti prikazane su u tabeli 1. Na osnovu podataka u tabeli, može se zaključiti da je sonda na svim frekvencijama izmerila zadatu efektivnu vrednost električnog polja.

Tabela 1. Izmerene efektivne vrednosti električnog polja u zavisnosti od frekvencije, mereno 27. 02. 2012.

$f [\text{kHz}]$	$E [\text{V/m}]$	$f [\text{kHz}]$	$E [\text{V/m}]$
5	28,7	20	29,0
10	28,88	25	28,6
15	29,05	30	27,69

Merna nesigurnost generisanog električnog polja

Za procenu merne nesigurnosti homogenosti i jačine generisanog električnog polja korišćen je dokument JCGM 100 [10]. Merna nesigurnost posledica je nesigurnosti ulaznih podataka, kao što su tačna dimenzija ploča, njihovo međusobno rastojanje, uticaj blokova od stiropora, merna nesigurnost generisanog napona i merna nesigurnost frekvencije, izobličenja koju unosi pojačavači i spoljašnje polje ili prisustvo provodnih objekata.

Budžet merne nesigurnosti provere sonde za merenje niskofrekventnog električnog polja (tabela 2) uključuje mernu nesigurnost

- a) sistema za generisanje niskofrekventnog električnog polja,

- b) merne metodologije,
- c) uticaj okoline.

Merna nesigurnost sistema za generisanje električnog polja rezultat je sledećih faktora:

- Merne nesigurnosti napona: varijacija efektivne vrednosti napona na koji su ploče priključene. Merna nesigurnost napona zavisi od merne nesigurnosti signal generatora, nelinearnosti pojačavača, nesimetrije u napajanju.
- Merne nesigurnosti dimenzija: fizičke dimenzije sistema za generisanje električnog polja utiču na smer, jačinu i stepen homogenosti električnog polja. Ova nesigurnost uključuje nesigurnost u dimenziji ploča i njihovom postavljanju, zatim zakrivljenost ploča i nesigurnost rastojanju između ploča.
- Dielektrične osobine sredine u prostoru između ploča: na ovu mernu nesigurnost može uticati vlažnost vazduha i permitivnost stiropora koji se koristi kao podmetač na koji se postavlja sonda za merenje električnog polja i koji se koristi kao nosač za gornju ploču sistema (za stiropor $\epsilon_r \approx 1,02 - 1,04$ [13], [14]).

Lako se vidi da su svi navedeni faktori koji utiču na merni nesigurnost međusobno nezavisni (nekorelisani).

Za procenu merne nesigurnosti generisanog električnog polja zanemaren je uticaj nesigurnosti u dimenzijama ploča s obzirom da proračun pokazuje da je efekat mali. Isto tako je zanemaren uticaj nesigurnosti u poziciji ploča, s obzirom da se ploče postavljaju na podupirače od stiropora koji su velikih dimenzija, čime se greška postavljanja smanjuje na najmanju moguću meru. Uobičajeno je da se podmetači od stiropora koriste pri kalibraciji sonde za merenje električnog polja. I sama sonda je sa spoljne strane obložena stiroporom debljine oko 1 cm. Zbog malog efekta, uticaj stiropora na generisano električno polje je takođe zanemaren.

Uticaj okoline, kao što je prisustvo stranog polja ili provodnih objekata, može se smanjiti korišćenjem opisanog uređaja na visini od 1 m iznad tla i na rastojanju od 1 m od svih provodnih, ali i drugih objekata. Električno polje kućnih instalacija i drugih uređaja ima dominantnu komponentu na 50 Hz. Na rastojanju od 1 m sve komponente, osim eventualno one na 50 Hz su zanemarljive. Komponenta polja na 50 Hz može se eliminisati postavljanjem merne opreme izvan objekta (laboratorije). Na opisan način uticaj okoline može se dovesti na zanemarljiv nivo.

U skladu sa JCGM 100 [10], s obzirom da su uzroci merne nesigurnosti međusobno nekorelisani, kombinovana merna nesigurnost jačine i homogenosti generisanog električnog polja može se odrediti kao

$$u = \sqrt{\sum_{i=1}^N c_i u_i^2}, \quad (12)$$

gde c_i označavaju faktore osetljivosti, a u standardne merne nesigurnosti. Primer proračuna proširene merne nesigurnost za interval pokrivanja od 95% prikazan je u tabeli 2.

Tabela 2. Primer proračuna budžeta merne nesigurnosti generisanog električnog polja.

komponenta	uticajni faktor	nesigurnost	raspodela	faktor deljenja	faktor osetljivosti	standardna nesigurnost
Sistem za generisanje niskofrekventnog električnog polja						
izvor signala	napon	5%	normalna	2	1	2,50%
geometrija sistema	rastojanje ploča	5%	uniformna	$\sqrt{3}$	1	2,89%
uniformnost polja	raspodela polja	5%	uniformna	$\sqrt{3}$	1	2,89%
Merna metodologija						
pozicija sonde	raspodela polja	5%	uniformna	$\sqrt{3}$	1	2,89%
Uticaj okoline						
prisustvo izvora polja	jačina polja	0%	uniformna	$\sqrt{3}$	1	0%
prisustvo objekata	perturbacija polja	0%	uniformna	$\sqrt{3}$	1	0%
kombinovana merna nesigurnost						5,60%
faktor pokrivanja						2
proširena merna nesigurnost za interval pokrivanja od 95%						11,20%

3.3. Kako je realizovano tehničko rešenje i gde se primenjuje, odnosno koje su mogućnosti primene

Predloženo tehničko rešenje se koristi za periodične provere sonde za merenje niskofrekventnog električnog polja. Trenutno razvijenu verziju uređaja koristi Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost, Katedra za Teorijsku elektrotehniku, Departman za Elektroniku, Energetiku u Telekomunikacije, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, kao i istraživači sa Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu u aktivnostima koje se odnose na pripreme za merenje električnog polja u laboratorijama, radnim mestima, stanovima, itd.

Opisani uređaj ima mogućnost da se koristi za in vitro studije koje ispituju mogući uticaj niskofrekventnog električnog polja na normalne i obolele ćelije. Opisani uređaj takođe ima mogućnost da se koristi za in vivo studije koje ispituju mogući uticaj električnog polja na laboratorijske životinje (gliste, npr. ispitivanje uticaja na nervni sistem).

Predloženi uređaj može se koristiti u nastavnom procesu, npr. za demonstracije na predavanjima ili za laboratorijske vežbe.

Uređaj se može primeniti u ispitivanju elektromagnetske kompatibilnosti, za ispitivanje imunosti elektronskih uređaja na smetnje. Za ovakva ispitivanja neophodni su ponovljivi uslovi merenja, zbog čega ispitivanje elektromagnetske kompatibilnosti nije moguće u nepoznatom okruženju, već samo u kontrolisanim uslovima, kao što imamo u prostoru između ploča.

4. Literatura

- [1] IEC 61786 Ed. 1.0 b:1998, Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings - Special requirements for instruments and guidance for measurements.
- [2] IEEE Std 1308-1994, Recommended practice for instrumentation: specifications for magnetic flux density and electric field strength meters - 10 Hz to 3 kHz.
- [3] T. Takuma, T. Kawamoto and Y. Sunaga, "Analysis of calibration arrangements for AC field strength meters," IEEE Trans. Power App. Syst., vol. PAS-104. no. 2, pp. 489-495, Feb. 1985.
- [4] A. Pavić and Z. Štih, "Improvement of reference electric field generation," Proc. 16th IMEKO World Congress, Viena, 2000.
- [5] O. Bottauscio, G. Crotti, S. D'Emilio, G. Farina and A. Mantini, "Generation of reference electric and magnetic fields for calibration of power-frequency field meters," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 42. no. 2, pp. 547-552, April 1993.
- [6] M. Borsero, G. Crotti, L. Anglesio and G. d'Amore, "Calibration and evaluation of uncertainty in measurement of environmental electromagnetic fields," Radiation Protection Dosimetry, vol. 97, no. 4, pp. 363-368, 2001.
- [7] A. Marinescu, "Resonant source for the supply of electric field probe calibration system at frequencies between 50Hz and 50kHz," Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series, no. 34, pp. 39-43, 2010.
- [8] Z. Ž. Cvetković, Sistemi za generisanje elektromagnetkih polja i zaštitu prostora, Monografija, Elektronski fakultet, Niš, 2012.
- [9] C. E. Baum, "Production of uniform electrostatic fields by a slotted conducting spherical shell," IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 30, no. 1, pp. 9-12, Feb. 1988.
- [10] Working Group 1 of the Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM 100:2008 – Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement.
- [11] I. N. Bronshtein, K. A. Semendyayev, G. Musiol, H. Muehlig, Handbook of Mathematics, 5th Ed., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- [12] COMSOL MULTIPHYSICS, CLS 3.5 documentation, 2008.
- [13] Texas foam Inc., "Expanded Polystyrene (E.P.S) Handbook," <https://static1.squarespace.com/static/53275eaae4b097bd8173e267/t/532792e1e4b00257d6447728/1395102433385/EPS-Book.pdf> (posećeno 18. 04.2016).
- [14] BASF, Chemical Company, "Styropor – technical information," <http://www.dezwembadwinkel.eu/images/downloads/589/technical%20info%20thermostone.pdf> (posećeno 18. 04. 2016).
- [15] Narda Safety Test Solutions, "EFA-200, EFA-300 Field Analyzers", Operating Manual.
- [16] Narda Safety Test Solution: EFA-TS software.
- [17] PicoScope 5000 Series, data sheet, <https://www.picotech.com/download/datasheets/PicoScope520x-datasheet.pdf> (posećeno 18. 04 .2016).



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndeap@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: _____

Ваш број: _____

Датум: 2016-05-06

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 14. редовној седници одржаној дана 27.04.2016. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 12.1. Верификација нових техничких решења и именовање рецензената

Тачка 12.1.5: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

- Проф. др Злата Цветковић, Електронски факултет, Универзитет у Нишу
- Проф. др Небојша Раичевић, Електронски факултет, Универзитет у Нишу

Назив техничког решења:

"УРЕЂАЈ ЗА ГЕНЕРИСАЊЕ ХОМОГЕНОГ НИСКОФРЕКВЕНТНОГ ЕЛЕКТРИЧНОГ ПОЉА ЗА ПЕРИОДИЧНЕ ПРОВЕРЕ ИСПРАВНОСТИ СОНДЕ ЗА МЕРЕЊЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ ПОЉА"

Аутори техничког решења: Анамарија Јухас, Миодраг Милутинов, Нандор Бурану, Неда Пекарић Нађ.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан



Проф. др Раде Дорословачки

Naučno nastavnom veću
Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu

RECENZIJA

U okviru projekta tehnološkog razvoja "Inovativne elektronske komponente i sistemi bazirani na neorganskim i organskim tehnologijama ugrađeni u robe i proizvode široke potrošnje", evidencioni broj TR 32016, realizovano je tehničko rešenje:

Uređaj za generisanje homogenog niskofrekventnog električnog polja za periodične provere ispravnosti sonde za merenje električnog polja

Realizatori tehničkog rešenja su:

Dr Anamarija Juhas, Mr Miodrag Milutinov, Dr Nandor Burány, Dr Neda Pekarić-Nadž.

Tehničko rešenje spada u kategoriju:

Prototip, nova metoda, softver (M85).

Instrument za merenje jačine električnog polja, zahteva periodične provere (nekoliko puta godišnje) u intervalima između zvaničnih kalibracija koje se odvijaju na svakih tri do pet godina. Takođe, provera sonde je poželjna i pre svakog merenja.

Tehničko rešenje - uređaj za periodičnu proveru sonde za merenje električnog polja, sastoji se iz dva dela: prvi deo obuhvata numerički proračun raspodele električnog polja u pločastom kondenzatoru sa simetričnim i nesimetričnim napajanjem, dok drugi deo obuhvata realizaciju sistema. Kako simetrično napajanje daje homogeno električno polje u znatno većoj zapremini nego nesimetrično napajanje, to su za realizaciju uređaja odabrane ploče istih dimenzija i simetrično napajanje. Realizovani sistem generiše homogeno električno polje, kontrolisanog intenziteta i poznate frekvencije. Frekvencijski opseg uređaja iznosi 5 Hz-32 kHz, dok je opseg jačine generisanog homogenog električnog polja od 0,1 V/m do 30 V/m. Uređajem opisanim u ovom tehničkom rešenju omogućen je visok stepen kontrole parametara generisanog polja i ponovljivost eksperimenata.

Nakon izvršenog uvida u realizovano tehničko rešenje, kao i pregleda dostavljene tehničke dokumentacije, predlažem da se realizovano tehničko rešenje prihvati i klasifikuje kao rezultat M85-**Prototip**, nova metoda, softver.

U Nišu, 09. 05. 2016.

Prof. dr Zlata Cvetković,

Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu



РЕЦЕНЗИЈА ПРЕДЛОЖЕНОГ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признавање техничког решења

Назив Техничког решења

Уређај за генерисање хомогеног нискофреквентног електричног поља за периодичне провере исправности сонде за мерење електричног поља

Аутори: Анамарија Јухас, Миодраг Милутинов, Нандор Бурањи, Неда Пекарић-Нађ

Техничко решење је развијено у оквиру пројекта технолошког развоја TP-32016,
руководилац пројекта: проф. др Љиљана Живанов

Категорија Техничког решења: M85, подтип решења: прототип

Образложење

У Извештају о Техничком решењу је приказан уређај за генерисање хомогеног електричног поља за потребе периодичних провера исправности и тачности сонде за мерење нискофреквентног електричног поља. Аутори др Анамарија Јухас, мр Миодраг Милутинов, др Нандор Бурањи и др Неда Пекарић-Нађ су приказали теоријски део и реализацију комплетне структуре техничког решења. Техничко решење приказано је у четири поглавља:

1. опис проблема који се решава,
2. стање решености проблема у свету,
3. детаљан опис техничког решења,
4. литература.

Реализација система за генерисање хомогеног електричног поља повезана је са бројним компромисима као што су величина зоне хомогености поља, величина система, приступачност зони хомогеног поља, цена, итд. Осим тога на тржишту Србије не постоји могућност куповине извора хомогеног електричног поља. Предложени уређај је реализован са расположивим ресурсима и омогућено је да се лако склопи и расклопи, чиме су утицаји цене и величине система знатно смањени.

Иако захтеви за проверу сонди нису тако строги као при калибрацији, проверу је такође потребно реализовати у окружењу које омогућава висок степен контроле параметара генерисаног поља и поновљивост експеримента, што је и реализовано у оквиру овог техничког решења.

У оквиру техничког решења описан је прорачун потенцијала, електричног поља и зоне хомогености у простору између две паралелне проводне плоче на различитим потенцијалима, базиран на БЕМ методи. Прорачун је валидован коришћењем методе коначних елемената и конформним пресликавањем. То је омогућило да се одреди зона хомогеног поља и за друге односе величина плоча и растојања између њих, а не само за односе које прописују стандарди за калибрацију сонди. За потребе периодичних провера сонди, као и провера сонди пре мерења електричног поља, величина зоне хомогеног поља може бити мања од оне која се захтева за калибрацију сонди. Рачунате вредности електричног поља и измерене вредности у реализованом систему показују веома добро слагање.

У овом техничком решењу, систем напајања плоча реализован је другачије од оног који се захтева за калибрацију сонди. Зона хомогеног поља у простору између плоча већа је у случају када се користи симетрично напајање у односу на случај када се користи несиметрично напајање. Због тога је у оквиру овог техничког решења

реализован електронски уређај који од несиметричног сигнала са сигнал генератора недовољно велике амплитуде генерише симетричан сигнал и то веће амплитуде.

У оквиру техничког решења описани су кораци у поступку за проверу сонде за мерење електричног поља, као и фактори који утичу на мерну несигурност генерисаног електричног поља.

Описано техничко решење, осим своје основне примене за проверу сонде за мерење електричног поља, има потенцијал и за друге примене као што су: биоелектромагнетски експерименти, затим у наставном процесу или за испитивање имуности уређаја на сметње проузроковане постојањем страног електричног поља.

Помоћу овог Техничког решења може се на лак начин контролисати и мењати интензитет електричног поља високе хомогености. Основна примена уређаја је за потребе тестирања сонде за мерење електричног поља. Описаним техничким решењем омогућена је провера сонди у контролисаним условима, који су остварени кроз висок степен контроле параметара електричног поља, као и веома добра поновљивост експеримената.

Закључак

На основу свега наведеног, предлагем да се Техничко решење под називом **„Уређај за генерисање хомогеног нискофреквентног електричног поља за периодичне провере исправности сонде за мерење електричног поља“** чији су аутори др Анамарија Јухас, мр Миодраг Милутинов, др Нандор Бурањи и др Неда Пекарић-Нађ прихвати као ново техничко решење на пројекту ТР-32016 Министарства просвете, науке и технолошког развоја и класификује као резултат **М85 – ПРОТОТИП.**

У Нишу,

10. 05. 2016.год.


Доц. др Небојша Раичевић,
Електронски факултет, Универзитет у Нишу



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndeana@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАЏМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2016-06-13

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 16. редовној седници одржаној дана 25.05.2016. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 13. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 13.1.3.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М85) под називом:

"УРЕЂАЈ ЗА ГЕНЕРИСАЊЕ ХОМОГЕНОГ НИСКОФРЕКВЕНТНОГ ЕЛЕКТРИЧНОГ ПОЉА ЗА ПЕРИОДИЧНЕ ПРОВЕРЕ ИСПРАВНОСТИ СОНДЕ ЗА МЕРЕЊЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ ПОЉА"

Аутори техничког решења: Анамарија Јухас, Миодраг Милутинов, Нандор Бурану, Неда Пекарић Нађ.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки