

Posledica merenja brzih napona Kerovim efektom u polju gama zračenja

Nemanja Arandelović, Dušan Nikezić, Dragan Brajović, Uzahir Ramadani

Apstract—U ovom radu se razmatra mogućnost merenja elektronskog impulsa iz elektronskog generatora za zagrevanje plazme elektrooptičkom metodom. Eksperimenti se vrše primenom Kerovog efekta na modelu elektronskog generatora. Kerov efekat pokazuje izuzetno dobre karakteristike za merenje impulsa nanosekundne brzine. Međutim, dobijeni rezultati pokazuju da te njegove karakteristike znatno kvari gama zračenje u dinamičkom stanju kao i apsorbirana doza gama zračenja. Kada se tome doda i jednostavnost merenja kapacitivnom sondom može se zaključiti da Kerov elektrooptički efekat nije preporučljiv za merenje u fuzionim eksperimentima.

Gljučne reči— nuklearna fuzija, elektronsko zagrevanje plazme, Kerov elektrooptički efekat, uticaj polja gama zračenja.

I. UVOD

Rastuća potreba za energijom povećava napore za omogućavanje komercijalnog korišćenja nuklearne fuzije. Da bi do toga došlo potrebno je omogućiti zagrevanje plazme do temperatura koje su veće od praga za reakciju nuklearne fuzije. To se postiže injektovanjem energije u plazmu koja se nalazi u, takozvanoj, magnetnog boci. Prvobitno su rađeni eksperimenti sa laserskim injektovanjem energije u plazmu. Međutim, pokazalo se da plazma, pre postizanja temperature reakcije fuzije, počne da reflektuje laserske zrake čime se gubi veliki deo energije. Iz tog razloga se prešlo na čestično injektovanje energije u plazmu. To rešenje se pokazalo kao bolje, uz određene tehničke probleme koje treba rešiti [1-3]. Konceptija čestičnog injektovanja energije u plazmu zasniva se na elektronskom generatoru, slika 1. Elektronski generator se sastoji od vertikalno postavljenog Marksovog generatora izolovanog uljem i horizontalnog talasovoda za oblikovanje elektronskog impulsa. Naime, elektronski generator treba da generiše elektronski impuls snage TW i širine 5 ns [4, 5]. Da bi se koncentrisalo dovoljno energije potrebno je da veći broj elektronskih generatora istovremeno injektuje elektronski impuls u plazmu. Iz zahteva za istovremenost injektovanja energije i nanosekunde širine impulsa javlja se problem

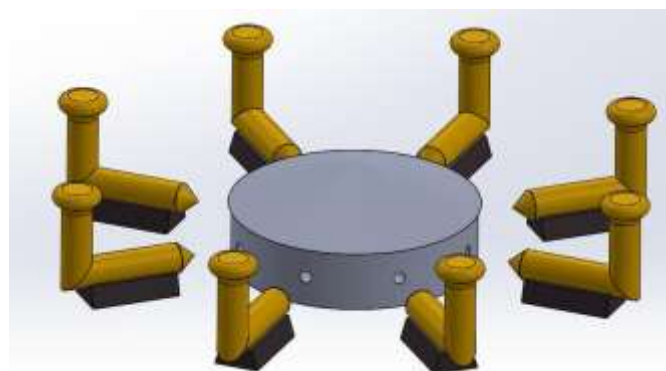
Nemanja Arandelović – Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Karnegijeva 4, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: snemi76@gmail.com).

Dušan Nikezić Institut za nuklearne nauke „Vinča“ - Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu, Mike Petrovića Alasa bb., 1100 Beograd, Srbija (e-mail: dusan@vin.bg.ac.rs).

Dragan Brajović – Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu, Svetog Save 65, 32102 Čačak, Srbija (email: dragan.brajovic@vstss.com)

Uzahir Ramadani – Institut za nuklearne nauke „Vinča“ - Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu, Mike Petrovića Alasa bb., 1100 Beograd, Srbija (e-mail: uzahir@vin.bg.ac.rs).

džitera. Taj problem se rešava usavršavanjem okidanja Marksovog generatora primenom brzih troelektrodnih iskrišta [6-8]. Pored toga potrebno je meriti elektronski impuls na izlazu iz elektronskog generatora u cilju sinhronizacije okidanja svih generatora povratnom spregom. Merenje elektronskog snopa, zbog velike brzine, vrši se ili elektrooptičkim efektima ili brzim kapacitivnim sondama [9, 10].



Sl. 1: Osnovni oblik elektronskog generatora.

Pošto se elektronski generator sa pratećom opremom nalazi u intenzivnom polju gama zračenja može da dođe do njegovog uticaja na tačnost merenja elektronskog snopa. Iz tog razloga je cilj ovog rada da se proveri uticaj gama zračenja i doze gama zračenja na efikasnost merenja elektronskog snopa (tj. njegovog električnog polja) primenom elektrooptičkog Kerovog efekta.

II. KEROV ELEKTROOPTIČKI EFEKAT

Kerov elektrooptički efekat je pojava dvojnog prelamanja svetlosti u jakom električnom polju. Pošto je ovaj efekat otkriven eksperimentalno, opisuje se fenomenološki uvođenjem takozvane Kerove konstante. Kerova konstanta povezuje faznu razliku $\Delta\phi$ između regularnog i neregularnog talasa dvojnog prelomljenog svetlosnog talasa sa električnim poljem, tj.:

$$\Delta\phi = 2\pi B l E^2 \quad (1)$$

gde je $B=k/\lambda$ Kerova konstanta, l je dužina puta svetlosti kroz dielektrik u kom se vrši dvojno prelamanje i E je jačina električnog polja [11-14].

Izraz 1 omogućava merenje vrednosti električnog polja (ili napona) merenjem fazne razlike između regularnog i neregularnog talasa. Osobine i prednosti merenja električnog polja primenom Kerovog efekta nad standardnim postupcima

tehnike visokih napona su: 1- veoma širok opseg visokonaponskih veličina koje se mogu meriti sa malom mernom nesigurnošću (1 %); 2- malo kašnjenje (oko 10^{-12} sekundi) step funkcije električnog polja; 3- pri korišćenju pravougaonih impulsa može se primeniti ista logika koja se koristi za jednosmerno električno polje; 4- dinamički opseg napona koji se može izmeniti sa zahtevanom tačnošću znatno prevazilazi 1 : 1000 (što je odgovarajući opseg klasične opreme); 5- primena Kerovog efekta nema probleme sa indukovanim naponima i prenaponima u galvanskoj vezi; 6- mogućnost merenja visokonaponskih veličina ekstremno visokih učestanosti; 7- mogućnost direktnih merenja u izolacionim uljima i drugim tečnim izolatorima i 8- mogućnost veoma precizne sinhronizacije optičkog i električnog signala [15-17].

III. EKSPERIMENT I OBRADA EKSPERIMENTALNIH REZULTATA

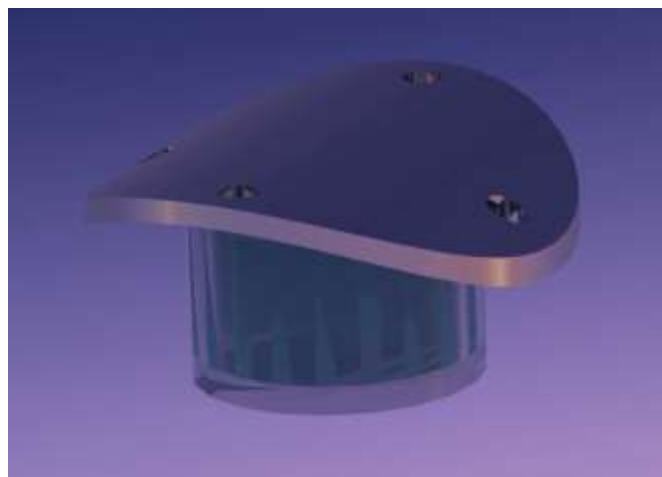
Eksperimentalna provera dejstva gama zračenja i doze gama zračenja na mernu nesigurnost merenja pravougaonih naponskih impulsa vršena je na modelu horizontalnog dela elektronskog generatora, slika 2. U model sa slike 2 bili su ugrađeni polarizator, analizator i Kerova ćelija, slika 3. Kerova ćelija primenjena u eksperimentu je bila zasnovana na tečnom dielektriku za dvojno prelamanje svetlosti. Primenjivane tečnosti i njihova Kerova konstanta su dati u tabeli 1.



Sl. 2. Model horizontalnog dela elektronskog generatora.

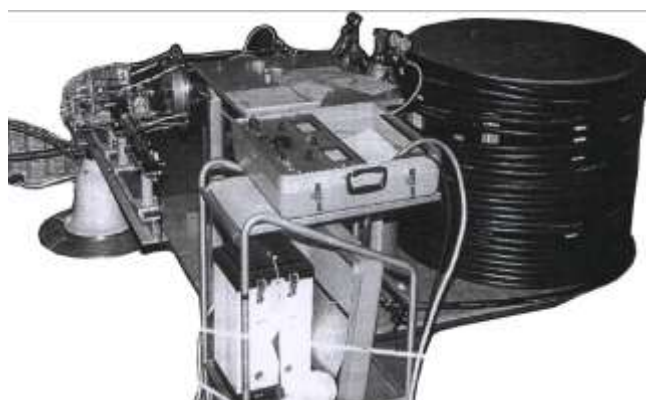
TABELA I
Kerove konstante primenjenih tečnosti

TEČNOST	KEROVA KONSTANTA [m/V ²]
Nitrobenzen	$3.1 \cdot 10^{-12}$
Voda	$4.7 \cdot 10^{-14}$
Transformatorsko ulje	$1.8 \cdot 10^{-15}$



Sl. 3. Kerova ćelija koja se ugrađuje u horizontalni deo elektronskog generatora.

Kao izvor napona služio je visokonaponski kablovski generator, slika 4. Impuls iz kablovskog generatora je bio pravougaonog oblika sa veoma kratkim vremenom porasta i opadanja. Visokonaponski generator se sastojao od: 1- visokonaponskog transformatora; 2- ispravljača visokog naizmjeničnog napona; 3- otpornika za ograničenje struje punjenja kabla; 4- koaksijalnog vodenog otpornika 50Ω i 5- koaksijalnog visokonaponskog kabla dužine 60 m. Ovaj kablovski generator je generisao pravougaone impulse temene vrednosti 50 kV i trajanja 600 ns. Vremena uspona i opadanja čela i začelja su bila oko 3 ns.



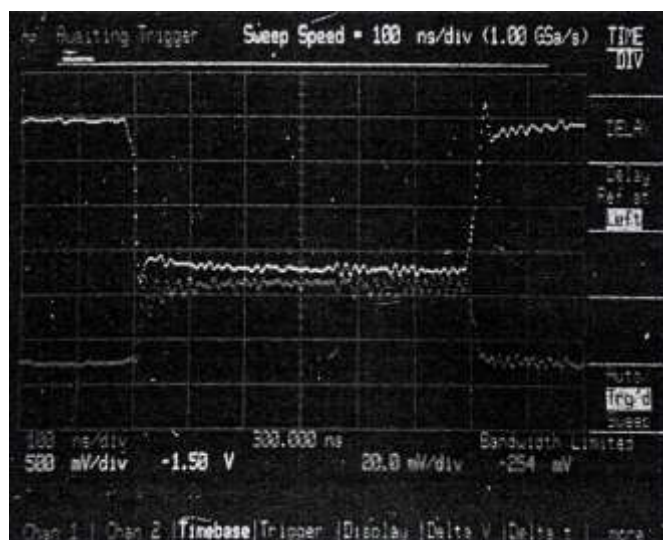
Slika 4: Visokonaponski kablovski generator.

Kao izvor svetlosti, tokom eksperimenta, korišćen je He-Ne laser. Ovaj tip lasera je jednostavan za rad i izvor je koherentne svetlosti. Osnovna talasna dužina ovog lasera je 632.82 nm.

Tokom merenja impulsa Kerovom ćelijom model horizontalnog dela elektronskog generatora je bio izložen dejstvu gama zračenja. Pri tome su vršena dva tipa merenja: 1- merenje pod dejstvom gama zračenja i 2- merenje nakon ozračenja Kerove ćelije pri čemu je data doza zračenja bila parametar merenja. Kao izvor zračenja korišćen je Co-60. Beta raspad radionuklida Co-60 prati fotonsko (gama) zračenje od 1.33 MeV i 1.17 MeV sa verovatnoćom emisije 1. Beta čestice koje se pri tome emituju nisu imale mogućnost da

dopru do Kerove ćelije. Referentna merenja izvršena su u veličini kerma u vazduhu free-in-air pomoću referentnog mernog lanca, jonizacione komore i elektrometra, koji poseduje sledljivost do primarnog etalona. Prilikom dinamičnog merenja prototip horizontalnog dela elektronskog generatora postavljen je tako da je tokom merenja geometrija bila stalna. Doza koja je apsorbovana u Kerovoj ćeliji određivana je trajanjem ozračavanja na osnovu jačine doze određene jonizacionom komorom. Primenjene doze su iznosile: 20 Gy, 30 Gy, 40 Gy, 50 Gy, 60 Gy, 70 Gy, 80 Gy, 90 Gy, 100 Gy, 120 Gy, 140 Gy, 160 Gy, 180 Gy, 200 Gy, 300 Gy, 1000 Gy, 3000 Gy i 10000 Gy.

Merni postupak se sastojao u merenju impulsa iz kablovskog generatora Kerovom ćelijom. U postupku je vršena standardna konverzija fazne razlike regularnog i neregularnog talasa, slika 5 [18, 19]. Parametar merenja je bila vrsta dielektrika u Kerovoj ćeliji. Vršeno je po 50 snimanja napona iz kablovskog generatora dinamički i statički (za svaku dozu). Prilikom svakog merenja određivana je amplituda napona, vreme porasta, vreme opadanja i ripl na horizontalnom (temenom) delu napona. Takođe su statička merenja ponovljena (u istoj konfiguraciji) pet meseci nakon ozračavanja. Merna nesigurnost tipa B postupka bila je 1.5 % [20, 21].



Sl. 5. Konvertovana fazna razlika regularnog i neregularnog talasa u naposnki impuls.

Statistička obrada eksperimentalnih rezultata se sastojala u sledećem: 1- primenom Šoveneovog kriterijuma čišćeni su statistički uzorci izmerenih slučajnih promenljivih od sumnjivih rezultata; 2- primenom χ^2 testa određena je statistička raspodela koja najbolje fituje dobijene statističke uzorke (testirane su Normalna raspodela i raspodela ekstremnih vrednosti); 3- momentnom metodom su određivana prva tri centralna momenta dobijenih raspodela i 4- određivana je merna nesigurnost tipa A za svaki statistički uzorak [22-24].

IV. REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 2 su date eksperimentalno dobijene vrednosti za merenje impulsa kablovskog generatora bez polja gama zračenja i sa poljem gama zračenja. Parametar eksperimentalnih rezultata su bile primenjene tečnosti u Kerovoj ćeliji.

TABELA II
EKSPERIMENTALNO DOBIJENE VREDNOSTI IMPULSA KABLOVSKOG GENERATORA BEZ I SA POLJEM GAMA ZRAČENJA

Tečnost	Amplituda		Vreme porasta		Vreme opadanja		Ripl		Merna nesigurnost tipa A	
	bez γ	γ	bez γ	γ	bez γ	γ	bez γ	γ	bez γ	γ
Nitrobenzen	50 kV	46 kV	3 ns	3 ns	2 ns	2 ns	1 %	5 %	2 %	3 . 8 %
Voda	50 kV	41 kV	3 ns	3 ns	2 ns	2 ns	1.5 %	6 %	2.5 %	4 . 2 %
Trafo ulje	50 kV	43 kV	3 ns	3 ns	2 ns	2 ns	1 %	5 %	2.8 %	4 . 5 %

U tabeli 3 su date eksperimentalno dobijene vrednosti za merenje impulsa kablovskog generatora primenom Kerove ćelije ispunjene nitrobenzenom u zavisnosti od doze gama zračenja.

TABELA III
EKSPERIMENTALNO DOBIJENE VREDNOSTI IMPULSA KABLOVSKOG GENERATORA PRIMENOM KEROVE ĆELIJE ISPUJNE NITROBENZENOM U ZAVISNOSTI OD PRIMLJENE DOZE GAMA ZRAČENJA

Doza [Gy]	Amplituda [kV]	Vreme porasta [ns]	Vreme opadanja [ns]	Ripl [%]	Merna nesigurnost tipa A [%]
20	50	3	2	1	2
30	50	3	2	1	2.2
40	49.3	3	2	1.2	2.2
50	48.8	3	2	1.4	2.25
70	47.8	3	2	1.4	2.32
80	46.4	3	2	1.52	2.37
90	45.8	3	2	1.6	2.46
100	45	3	2	1.65	2.62
120	44.1	3	2	1.76	2.84
140	43.2	3	2	1.88	2.93
160	42	3	2	2.2	3.1
180	40.8	3	2	2.4	3.4
200	39.4	3	2	2.7	3.7
300	35.2	3	2	3	4.5
1000	30	3	2	5.2	5.4
3000	27	3	2	6.8	5.6
10000	16	3	2	8	6.2

U tabeli 4 su date eksperimentalno dobijene vrednosti za merenje impulsa kablovskog generatora primenom Kerove ćelije ispunjene vodom u zavisnosti od doze gama zračenja.

TABELA IV
EKSPERIMENTALNO DOBIJENE VREDNOSTI IMPULSA KABLOVSKOG
GENERATORA PRIMENOM KEROVE ČELIJE ISPUJNE VODOM U ZAVISNOSTI
OD PRIMLJENE DOZE GAMA ZRAČENJA

Doza [Gy]	Amplituda [kV]	Vreme porasta [ns]	Vreme opadanja [ns]	Ripl [%]	Merna nesigurnost tipa A [%]
20	50	3	2	1	1.8
30	49.8	3	2	1.1	1.9
40	49.2	3	2	1.2	1.95
50	49.1	3	2	1.3	2.1
70	49.3	3	2	1.35	2.2
80	47.2	3	2	1.4	2.8
90	46.4	3	2	1.6	3
100	45.1	3	2	1.68	3.2
120	45	3	2	1.72	3.25
140	44.6	3	2	1.79	3.54
160	44.5	3	2	1.94	3.65
180	44.3	3	2	2.1	3.75
200	41.2	3	2	2.3	3.84
300	38.1	3	2	2.6	3.97
1000	33.8	3	2	2.9	4.2
3000	25.9	3	2	3.2	4.8
10000	16	3	2	5.4	5.9

U tabeli 5 su date eksperimentalno dobijene vrednosti za merenje impulsa kablovskog generatora primenom Kerove čelije ispunjene trafo uljem u zavisnosti od doze gama zračenja.

TABELA V
EKSPERIMENTALNO DOBIJENE VREDNOSTI IMPULSA KABLOVSKOG
GENERATORA PRIMENOM KEROVE ČELIJE ISPUJNE TRAFU ULJEM U
ZAVISNOSTI OD PRIMLJENE DOZE GAMA ZRAČENJA

Doza [Gy]	Amplituda [kV]	Vreme porasta [ns]	Vreme opadanja [ns]	Ripl [%]	Merna nesigurnost tipa A [%]
20	49.8	3	2	1.8	2.1
30	49.8	3	2	2.1	2.15
40	48.2	3	2	2.3	2.25
50	48.1	3	2	2.35	2.38
70	47.8	3	2	2.39	2.41
80	47.6	3	2	2.41	2.43
90	47.1	3	2	2.43	2.46
100	47.0	3	2	2.47	2.49
120	46.8	3	2	2.49	2.52
140	46.1	3	2	2.52	2.54
160	46.0	3	2	2.55	2.59
180	45.7	3	2	2.59	3.12
200	45.1	3	2	3.2	3.21
300	44.9	3	2	3.6	3.28
1000	44.8	3	2	3.7	4.1
3000	44.0	3	2	4.1	4.9
10000	42.0	3	2	5.8	5.1

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 2 se može zaključiti da Kerova čelija u uslovima izloženosti dinamičkom gama zračenju menja neke od svojih karakteristika. Te promene su najviše izražene u slučaju da je tečnost u Kerovoj čeliji trafo ulje, a najmanje izražene u slučaju da je tečnost u Kerovoj čeliji nitrobenzen.

Dinamičko gama zračenje najviše utiče na ripl horizontalnog dela pravougaonog zračenja, a uopšte ne utiče na vreme porasta i opadanja pravougaonog impulsa. Pored toga dinamičko gama zračenje utiče na mernu nesigurnost tipa A merenja amplitude pravougaonog impulsa. Međutim, uticaj

na ripl i amplitudu pravougaonog impulsa kablovskog generatora koje se pojavljuje kao posledica rada Kerove čelije nisu značajne za sinhronizaciju rada elektronskih generatora. Osnovni uslov za sinhronizaciju elektronskih generatora je da vreme porasta i vreme opadanja impulsa budu konstantni, kao što jesu. Promene vrednosti amplitude pravougaonog impulsa, ripla i merne nesigurnosti tipa A takođe nisu od bitne važnosti za sinhronizaciju impulsa iz više elektronskih generatora pošto ne utiču na džiter. Što se tiče najvećeg uticaja gama zračenja na merenje Kerovom čelijom kada je tečnost u čeliji voda posledica je jednostavne strukture molekula vode i njene lake disocijacije.

Slična je situacija i sa primljenom dozom gama zračenja. Pošto primljena doza ne utiče na vreme porasta i opadanja impulsa može se zaključiti da primljena doza gama zračenja ne utiče na džiter. Ali prilikom velikih doza znatno opada amplituda pravougaonog impulsa, a to dovodi u pitanje ukupnu injektovanu energiju u plazmu. Najveći uticaj doza zračenja na amplitudu ima u slučaju da je Kerova čelija ispunjena nitrobenzenom, a najmanji ako je Kerova čelija ispunjena trafo uljem. To se može objasniti činjenicom što komponente nastale disocijacijom trafo ulja imaju približno istu vrednost Kerove konstante kao i trafo ulje. U slučaju nitrobenzena to nije slučaj. Manje opadanje amplitude sa povećanjem doze zračenja je proces rekombinacije atoma kiseonika i molekula vodonika tokom ozračivanja. Istim efektom se može objasniti i najveći stepen povratka prethodnih karakteristika Kerove čelije sa vodom kao dielektrikom nakon vađenja iz polja gama zračenja. Naime, pokazalo se da je oporavak Kerove čelije sa vodom kao dielektrikom nakon šest meseci neizloženosti gama zračenju stepena regeneracije 60 %. Regeneracija Kerove čelije sa nitrobenzenom kao dielektrikom za isti period neizloženosti zračenju je samo 20 %. Ovako mali stepen regeneracije se objašnjava složenim molekulom nitrobenzena čije komponente disocijacije nemaju značajniju vrednost Kerove konstante. U slučaju Kerove čelije punjene trafo uljem stepen regeneracije nakon šest meseci neizloženosti gama zračenju je oko 50 %. Međutim, velika vrednost ripla u ovom slučaju ukazuje da se ne radi o potpunoj regeneraciji trafo ulja već da u procentu oporavka učestvuju i komponente disocijacije koje imaju značajnu vrednost Kerove konstante.

Za razliku od ovih rezultata merenje uticaja neutronskog i gama zračenja na kapacitivnu sondu sa talasovodnim završnim otporom koja se takođe koristi za merenje impulsa elektronskog generatora pokazala je zanemarljiv efekat [25-27].

V. ZAKLJUČAK

Prethodno navedene osobine Kerovog elektrooptičkog efekta ga čine idealnim za merenje brzih naponskih impulsa. Međutim, rezultati prikazani u ovom radu pokazuju da Kerov efekat nije pogodan za merenje ako je Kerova čelija ispunjena uobičajenim tečnostima, a treba da radi u polju gama zračenja. Naime, pokazuje se da gama zračenje ne utiče na regularni talas dvojnog prelamanja pošto njegovo prostiranje ne zavisi od indeksa prelamanja. Međutim, neregularna komponenta dvojnog prelamanja zavisi od indeksa prelamanja (tačnije njen indeks prelamanja zavisi od ugla upadnog zraka sa optičkom

osom). Na taj način pravac kretanja neregularnog talasa postaje zavistan od indeksa prelamanja, a indeks prelamanja se menja usled pojave disocijacije molekula tečnosti usled zračenja. Na taj način dolazi do promenljive vrednosti fazne razlike između regularnog i neregularnog talasa. Ta razlika rezultira promenom amplitude izmerenog impulsa, njegovog ripla i merne nesigurnosti tipa A. Takvo ponašanje Kerove ćelije u polju gama zračenja čini je nepodesnom za merenje izlaznog elektronskog snopa elektronskog generatora koji se koristi za zagrevanje plazme. Ako se ovim osobinama doda i komplikovanost aparature za elektrooptička merenja može se zaključiti da je za ovaj tip merenja mnogo povoljnije koristiti brzu kapacitivnu sondu koja se pokazala rezistentna na dejstvo neutronske i gama zračenja i koja daje zadovoljavajuće rezultate uz znatno jednostavniji merni sistem.

LITERATURA

- [1] McCracken, G., Stott, P., Fusion, (2013) Fusion, 228 p, Elsevier Inc.
- [2] Herman, R., (1990) Fusion: The Search for Endless Energy, Cambridge University Press, New York, NY. 527 pages. ISBN: 0-521-38373-0.
- [3] Stankovic, K., Osmokrovic, P., Dolicanin, C., Vujisic, M., Vasic, A., Time enlargement law for gas pulse breakdown, (2009) Plasma Sources Science and Technology, 18 (2), art. no. 025028.
- [4] Osmokrovic, P., Kusic, D., ArSic, N., Lazarevic, Z., Numerical and experimental design of three-electrode spark gap for synthetic test circuits, (1994) IEEE Transactions on Power Delivery, 9 (3), pp. 1444-1450.
- [5] Osmokrovic, P., Arsic, N., Vujisic, M., Stankovic, K., Dolicin, C., Reliability of three-electrode spark gaps, (2008) Plasma Devices and Operations, 16 (4), pp. 235-245.
- [6] Avdic, S., Beganovic, A., Lagumdžija, A., Sadikovic, S., Pehlivanovic, B., Demirovic, D., Kadic, I., Comparative analysis of gamma dose rates measured by ion chamber in and around the historical sacral objects in Bosnia and Herzegovina, (2019) Nuclear Technology and Radiation Protection, 34 (2), pp. 157-164.
- [7] Nedić, T.M., Janićijević, A.J., Stanković, K.D., Kartalović, N.M., Efficient replacement of the radioactive sources in the gas-filled surge arresters construction for the insulation co-ordination at the low voltage level, (2020) Nuclear Technology and Radiation Protection, 35 (2), pp. 130-137.
- [8] S. B. Djekic, et al.: Passive and Active Shielding Against Electromagnetic Radiation, Nuclear Technology & Radiation Protection: Year 2020, Vol. 35, No. 4, pp. 331-338.
- [9] D.C. Wunsch, *Kerr Cell Measuring System for High Voltage Pulses*, The Review of Scientific Instruments, Vol. 35, No. 7, July 1964.
- [10] S. Newton, *Kerr Cell System for the Measurement of High Voltage Waveforms*, J.S. Instruments, Vol. 44, 1967.
- [11] C.J.F. Böttcher, *Theory of Electric Polarization*, Dielectric in Static Fields, Vol. I, Elsevier, Amsterdam, 1973.
- [12] Trifunović-Dragišić, V.Z., Stanković, M.D., Brajović, D.V., Kartalović, N.M., Estimation of the lifetime of solar cells in real conditions using accelerated aging under the influence of neutron and gamma radiation, (2019) Nuclear Technology and Radiation Protection, 34 (3), pp. 256-263.
- [13] Fan, X., Chen, W., Zhang, Q., Chen, M., Wen, T., Zhang, X., Pei, Z., He, T., An electric field measurement method based on electro-optical modulation for corona discharge in air, (2019) Review of Scientific Instruments, 90 (8), art. no. 084704.
- [14] Arbutina, D.S., Vasić-Milovanović, A.I., Nedić, T.M., Janićijević, A.J., Timotijević, L.B., Possibility of achieving an acceptable response rate of gas-filled surge arresters by substitution of alpha radiation sources by selection of electrode material and the electrode surface topography, (2020) Nuclear Technology and Radiation Protection, 35 (3), pp. 223-234.
- [15] P. Osmokrovic, I. Milovanovic, M. Vujisic, K. Stankovic, R. Radosavljevic, „Experimental measurements of very fast transient voltages based on an electro-optic effect“, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 43, No. 1, pp. 408 – 417, 2012.
- [16] Stanojevic, N.Z., Djokic, J.V., Osmokrovic, P.V., Research on water interconnections within the Šar mountains aquatorium by radioactive hydrogen isotope tritium, (2019) Nuclear Technology and Radiation Protection, 34 (4), pp. 392-398.
- [17] H.M. Hertz, “Kerr effect tomography for nonintrusive spatially resolved measurements of asymmetric field distributions”, Applied Optics, Vol. 25, No. 6, pp. 914 – 921, March 1986.
- [18] P. Osmokrovic, D. Filipovic, M. Pešic and Z. Lazarevic, „Transient electric field measurement in the liquid dielectrics using computerized laser tomography“, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 56, No. 6, pp. 2538 – 2546, December 2007.
- [19] M. Stojkanovic, G. Djukic, K. Stankovic, M. Vujisic and P. Osmokrovic, ”Design Deployment and verification of the capacitive voltage divider for measuring fast transient occurrences in the nanosecond range“, Int. J. Elec Power, Vol. 43, pp. 1479-1486, 2012.
- [20] Vulevic, B., Osmokrovic, P., Evaluation of uncertainty in the measurement of environmental electromagnetic fields, (2010) Radiation Protection Dosimetry, 141 (2), art. no. ncq158, pp. 173-177.
- [21] P. Osmokrovic, D. Petkovic and O. Markovic, ”Measuring probe for fast transients monitoring in gas - insulated substations“, ETEP/IEEE Trans. Instrum. Meas., Vol. 46, pp. 36-45, 1997.
- [22] Lazarevic, Z., Radosavljevic, R., Osmokrovic, P., A novel approach for temperature estimation in squirrel-cage induction motor without sensors, (1999) IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 48 (3), pp. 753-757.
- [23] Kaur, R., Shikha, D., Singh, S.P., Mehta, V., Environmental radon, its exhalation rates and activity concentration of ²²⁶Ra, ²³²Th, and ⁴⁰K in Northern India, (2020) Nuclear Technology and Radiation Protection, 35 (3), pp. 268-282.
- [24] Poluzanski, V.S., Žigić, A.D., Kovačević, D.S., Nikolić, B.D., Computer non-iterative data acquisition of particle trajectory in a spark chamber, (2019) Nuclear Technology and Radiation Protection, 34 (1), pp. 65-71.
- [25] Kartalović, N., Stanković, K., Nikezić, D., Kovačević, U., Dose effect of gamma radiation on reliable voltage pulse measurement in nuclear fusion experiments, (2020) Radiation Effects and Defects in Solids.
- [26] Pejović, M.M., Pejović, M.M., Jakšić, A.B., Stanković, K.D., Marković, S.A., Successive gamma-ray irradiation and corresponding post-irradiation annealing of pMOS dosimeters, (2012) Nuclear Technology and Radiation Protection, 27 (4), pp. 341-345.
- [27] Osmokrovic, P., Stojanovic, M., Loncar, B., Kartalovic, N., Krivokapic, I., Radioactive resistance of elements for over-voltage protection of low-voltage systems, (1998) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 140 (1-2), pp. 143-151.

ABSTRACT

In this paper, the possibility of measuring the electronic pulse from an electronic generator for plasma heating by electro-optical method is considered. The experiments are performed by applying the Kerr effect on an electronic generator model. Kerr effect shows very good characteristics for measuring nanosecond pulse rate. However, the results obtained show that these characteristics are significantly spoiled by gamma radiation in a dynamic state as well as by the absorbed dose of gamma radiation. When the simplicity of measuring with a capacitive probe is added to that, it can be concluded that the Kerr electro-optical effect is not recommended for measurement in fusion experiments.

Influence of gamma radiation on measurement fast pulse voltages by Kerr electro-optic effect

Nemanja Arandelović, Dušan Nikezić, Dragan Brajović,
Uzahir Ramadani