

MODELLO PER LA SIMULAZIONE DI SCARICHE PARZIALI CON APPROCCIO PROBABILISTICO

Guido Ala, Pietro L. Buccheri, Roberto Candela, Maria L. Di Silvestre, Pietro Romano, Fabio Viola

DIEET - Università degli Studi di Palermo - viale delle Scienze, 90128 Palermo, Italy

L'attività di ricerca si inquadra nell'ambito delle problematiche connesse con i fenomeni di scariche parziali che si verificano all'interno degli isolamenti nei sistemi elettrici in alta tensione. Il modello si propone di schematizzare il fenomeno fisico di scarica che si produce in un vacuolo di aria presente all'interno dell'isolante solido. Esso si basa sul noto modello circuitale a tre condensatori mostrato in figura 1. In tale circuito, i condensatori C_1 e C_3 rappresentano la porzione di dielettrico soprastante e sottostante il vacuolo che è modellizzato dalla capacità C_2 . La capacità C_4 rappresenta la porzione di dielettrico circostante, quello integro, che racchiude la cavità.

Durante il fenomeno di scarica, la capacità introdotta dall'inclusione di aria è cortocircuitata dal canale di plasma che si viene a creare nella stessa. Per descrivere l'evoluzione del fenomeno, al modello a tre condensatori è stato affiancato un modello presente in letteratura per lo studio della scariche con barriera dielettrica (DBD). Di tale modello è stata presa in considerazione la legge di variazione del conducibilità del canale di plasma, che a sua volta è stata adattata nel modo seguente per descrivere il comportamento all'interno dell'inclusione:

$$\frac{dG(t)}{dt} = K_{\text{prod}} W(V_i) G - K_2^{\text{rec}} G^2 - K_1^{\text{rec}} G, \quad (1)$$

in cui $G(t)$ è la conducibilità del canale, K_{prod} è il coefficiente di ionizzazione, $W(V_i)$ è una funzione che pilota l'inizio della fase di ionizzazione ed assume valori 0 o 1, $K_{\text{rec}1-2}$ sono i coefficienti di ricombinazione.

Le scariche parziali implementate nel modello sono quelle interne ed i coefficienti sono stati ricavati empiricamente.

L'equazione (1) è risolta per mezzo di un approccio circuitale, mostrato in figura 2. In basso a sinistra si nota la presenza del condensatore che schematizza la capacità del vacuolo d'aria; in parallelo ad essa c'è un generatore pilotato di corrente che schematizza il canale di plasma $i_{\text{SP}}(t) = G(t) \cdot V_i(t)$. La funzione W è la funzione di probabilità con blocco Weibull, rappresentata in figura 3. Inoltre è inserito il contributo della conducibilità superficiale del vacuolo, G_s .

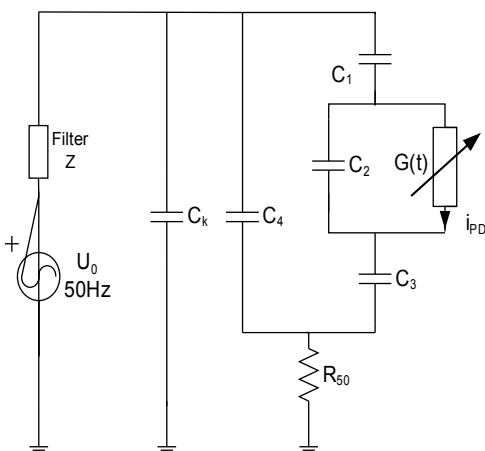


Fig. 1. Modello a tre condensatori utilizzato.

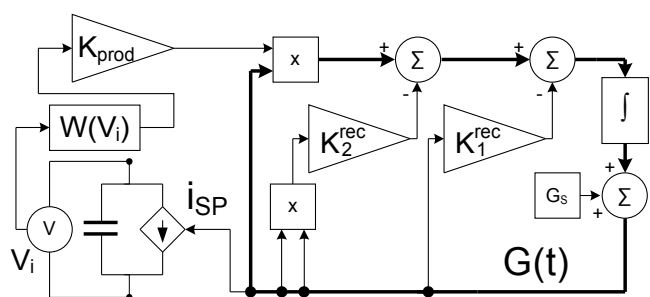


Fig.2. Modello circuitale per la risoluzione dell'equazione (1).

In figura 3 si notano i blocchi che consentono il confronto tra la tensione raggiunta nel vacuolo e la tensione critica d'inizio di scarica V_{inc} (condizione deterministica). A partire dall'istante in cui v_i è il superamento della soglia di tensione critica è azionato un contatore che confronta un'uscita

casuale con la funzione di probabilità cumulata di Weibull per stabilire la disponibilità di un elettrone che piloti la scarica stessa.

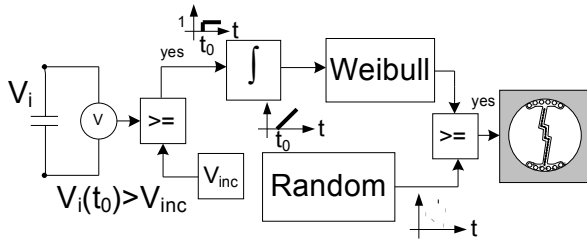


Fig. 3. Schema logico-circuitale della funzione W.

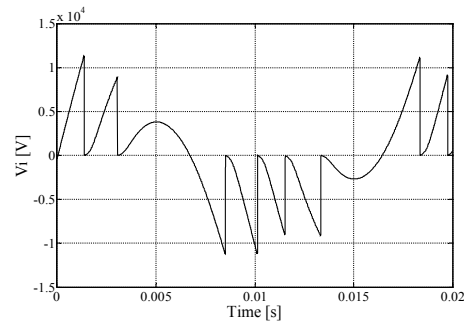


Fig. 4. Tensione sulla capacità del vacuolo

Al crescere della tensione di alimentazione, la differenza di potenziale V_i ai capi della cavità cresce fino al valore critico di breakdown V_{inc} per il quale viene superata la rigidità dielettrica dell'isolante all'interno del vacuolo e, in presenza di elettroni liberi, si ha la scarica che causa una rapida variazione di tensione; successivamente la tensione applicata al vacuolo decresce sino ad un valore detto di "estinzione" per poi ricominciare a crescere con U_0 .

In figura 4 è rappresentato l'andamento della tensione sul vacuolo a seguito di alcune scariche parziali. In figura 5 è riportato l'andamento delle tensione di scarica prelevato sulla resistenza campione R_{50} . Un possibile pattern di scarica parziale è rappresentato in figura 6.

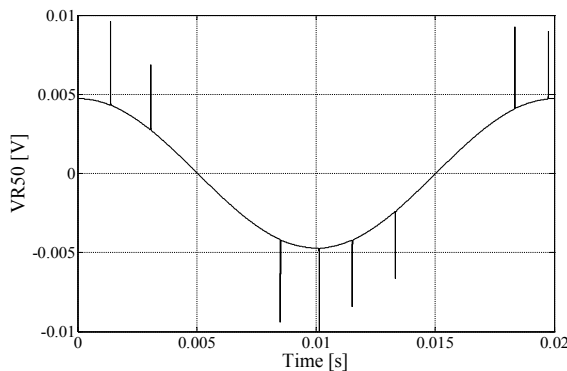


Fig.5. Tensione sulla resistenza campione.

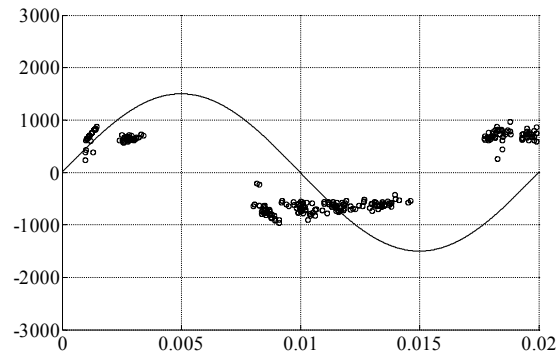


Fig.6. Pattern di scarica parziale

Bibliografia

1. Bhosle S., Zissis G., Damelinourt J.J., Capdevila A., Gupta K., Dawson F.P., Tarasenko V.F., "Electrical modeling of an homogeneous Dielectric Barrier Discharge (DBD)", presented at 40th Annual Meeting of the IEEE Industry Applications Society (IAS2005), Hong Kong, 2005, pp. 2315-2319.
2. Schifani R., Candela R., Romano P., "On PD mechanisms at high temperature in voids included in an epoxy resin", *IEEE Trans. Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 8, No.4, pp. 589-597, Aug. 2001.
3. Romano P., "Influence on PD parameters due to voltage conducted disturbance", *IEEE Trans. Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 11, No. 1, Feb. 2004, pp. 161-165.
4. Van Brunt R. J., "Physics and Chemistry of partial discharge and corona", *IEEE Trans. Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 1, No. 5, Oct. 1994, pp. 761-178 3.
5. Chia P. Y., Liew A. C., "Novel approach to partial discharge signal modeling in dielectric insulation void using extension of lumped capacitance model", presented at International Conference on Power System Technology, (PowerCon 2000), Perth, WA, Australia, Dic 2000, pp. 1207-1212.
6. Illias H. A., Chen G., Lewin P. L., "Modeling of partial discharges from a spherical cavity within a dielectric material under variable frequency electric fields", presented at *IEEE 2008 Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena*, 26-29 October 2008, Quebec City, Quebec, Canada, pp. 447-450.
7. Ala G., Candela R., Romano P., Viola F., "Simplified Hybrid PD Model in Voids", proceedings of SDEMPED11, Bologna, Italy, September 5-8, 2011.