HAL
open science

Modèle de gaz pour l'étude de l'alimentation en courant continu de décharges électriques

Jean-Philippe P Salanne, Hubert Piquet, Henri Foch

To cite this version:

Jean-Philippe P Salanne, Hubert Piquet, Henri Foch. Modèle de gaz pour l'étude de l'alimentation en courant continu de décharges électriques. NUMELEC'2003, Oct 2003, Toulouse, France. hal-02528583

HAL Id: hal-02528583

https://hal.science/hal-02528583v1

Submitted on 1 Apr 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modèle de gaz pour l'étude de l'alimentation en courant continu de décharges électriques

JP. Salanne - H. Piquet - H. Foch
Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique Industrielle
Unité Mixte de Recherche INPT-ENSEEIHT / CNRS
BP 7122 - 2 rue Camichel - 31071 TOULOUSE Cedex 7 - France

***Résumé* – Notre étude concerne le contrôle de décharges électriques à courant continu dans l'air, grâce aux performances du dispositif d'alimentation. Cet article présente un modèle de la décharge, compatible avec les méthodes de conception, pour la mise au point de l'alimentation, grâce à la prise en compte des interactions entre ce dispositif et la décharge. Le modèle proposé est détaillé, ainsi qu'une méthode de détermination de ses paramètres. Enfin, la confrontation des simulations et des résultats expérimentaux valide la qualité du modèle et le choix de l'alimentation.**

***Abstract* – Our study is in the context of the control of DC electric discharges in the air, thanks to the performances of the power supply. This paper presents a model of the discharge, compatible with the design methods, for the development the supply, taking into account the interactions between this device and the discharge. The model is detailed, so that a method of determination of its parameters. Lastly, the confrontation of simulations and the experimental results validate the quality of the model and the choice of the supply.**

I. CONTROLE DU FONCTIONNEMENT DE LA DECHARGE

L'objectif est la conception d'une alimentation permettant le contrôle du point de fonctionnement d'une décharge en courant continu. Le dispositif de décharge est constitué d'électrodes métalliques (cylindres de diamètre 5mm) maintenues face à face dans l'air ambiant ; l'écartement est réglable. La Figure 1 présente le générateur à concevoir, associé à la décharge dont la caractéristique statique V(I) est décrite à droite.

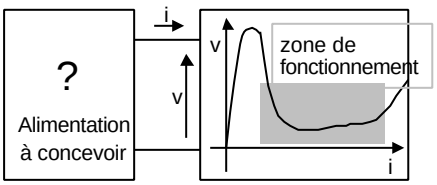


Fig. 1 : système complet : alimentation et décharge

Le contrôle de la décharge est obtenu dès lors que l'alimentation est susceptible d'imposer le point de fonctionnement et d'y maintenir la décharge. A cette fin, ses caractéristiques électriques (statique et dynamique) peuvent être choisies grâce à un choix judicieux de la structure du générateur d'alimentation, ce qui nécessite une représentation de la décharge adaptée.

II MODELE DE LA DECHARGE

Nous avons choisi de privilégier une représentation des caractéristiques de la décharge basée sur les propriétés de sa conductance ; celle-ci est considérée proportionnelle à la densité de charges dans le gaz – eq. (2).

i et v étant les courant et tension instantanés relatifs à la décharge, les équations (1) et (2) caractérisent la relation entre la conductance r et les grandeurs i et v.

$$t\,\frac{dr}{dt} = ki + k'i^2 - r \qquad (1)$$

$$i = rv \qquad (2)$$

L'équation (1) présente la forme usuelle du bilan des charges : le terme source comprend une contribution proportionnelle à i qui somme la création de charges dues à l'avalanche électronique et leur disparition dans le circuit électrique d'alimentation [1]. La contribution proportionnelle à i^2 dépend de l'énergie apportée dans la décharge [2]. La recombinaison naturelle s'effectue avec une constante de temps t [1]. Le courant étant proportionnel à la quantité de charges et au champ dans le gaz, l'équation (2) établit la relation tension-courant de la décharge. Celle-ci caractérise un lien de causalité entre courant et tension ; ceci impose l'utilisation du courant comme variable d'entrée. Pour assurer l'entrée en conduction, on introduit dans (1) des conditions initiales qui correspondent à l'ionisation permanente de l'air.

III DETERMINATION DES PARAMETRES

Les valeurs des paramètres k, k' et t correspondant au gaz et aux électrodes utilisés, sont déterminées par la méthode du modèle : par optimisation sur ces valeurs, on minimise l'erreur entre les comportements simulé et mesuré. Sur le dispositif expérimental, on mesure i et v (grandeurs relatives à la décharge), dont on déduit d'après (2) l'évolution temporelle de $r_{exp} = \frac{i_{exp}}{v_{exp}}$.

On identifie alors les paramètres k, k', t, de (1), de façon à

minimiser l'écart entre r issu de (1) et r_{exp}. Connaissant les valeurs des paramètres, (1) et (2) sont simulées numériquement ; les grandeurs d'entrée du modèle sont alors les chronogrammes du courant expérimental i (Fig. 3). Les valeurs des tensions v mesurées et simulées sont comparées dans la Table I.

TABLE I : ERREUR MOYENNE RELATIVE ENTRE LA TENSION MESUREE ET LA TENSION SIMULEE

I moyen (A)	1.3	1.4	0.9
ondulation de I (A)	1.3	0.7	0.4
fréquence (Hz)	2500	5000	100
erreur relative sur V (%)	0,3	0,3	0,2

La diversité des niveaux de courant et de fréquence confirment la robustesse du modèle, qui est donc exploitable pour le choix et le dimensionnement de l'alimentation.

IV ALIMENTATION DE LA DECHARGE

A Choix du type d'alimentation

L'alimentation étudiée a pour but d'obtenir un fonctionnement à courant contrôlé dans le gaz. Il est donc possible d'utiliser un dispositif électronique régulant le courant en régimes permanent et transitoire. Le gaz étant le lieu de réactions très rapides ,il est nécessaire de rechercher la meilleure bande passante possible. Le point de fonctionnement du système correspond alors à l'intersection entre les caractéristiques de l'alimentation et du gaz.

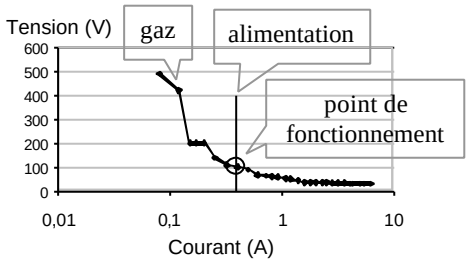
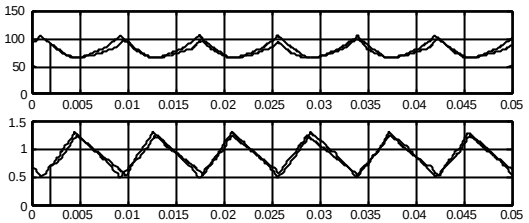


Fig. 2 : Point de fonctionnement du système

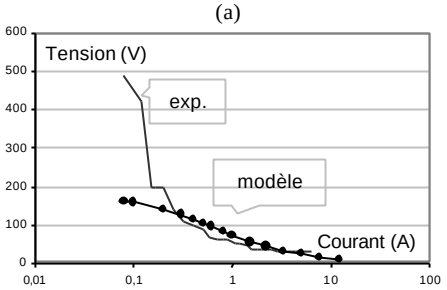
L'implémentation du modèle de la décharge au sein d'un outil de simulation circuit (logiciel SABER [3]), permet de tester différentes structures et stratégies de commande adaptées à la charge, de valider le dimensionnement des composants de l'alimentation et d'optimiser les performances.

B Simulations du système

Les simulations du système complet (alimentation et décharge) mettent en évidence la très bonne concordance des résultats vis-à-vis des mesures expérimentales, tant en régime transitoire (Fig. 3a), qu'en ce qui concerne les caractéristiques statiques (Fig. 3b). Cette dernière permet d'étendre la zone de validité du modèle de 500 mA à 8A.



(a)



(b)

Fig. 3 : Simulation du système complet :
a) tension et courant gaz instantanés ; simulations et mesures
b) caractéristique statique simulée (gras) et mesurée (trait continu)

On peut néanmoins constater que le modèle perd sa validité pour de très faibles courants. Nous attribuons cette divergence à la répartition de tension créée par les charges dans le gaz. Les équations considérées étant « locales », négligent cet effet, qui peut être introduit par une discrétisation longitudinale de la décharge.

V CONCLUSION

Nous proposons un modèle de la décharge en courant continu pour la définition des caractéristiques de l'alimentation destinée à la contrôler. L'identification des paramètres à l'aide de la méthode du modèle permet la mise en œuvre de simulations fiables en régime transitoire comme en régime permanent. Ces performances permettent l'exploitation du modèle pour le dimensionnement du générateur. Cette approche est validée par la mise en œuvre expérimentale du contrôle de la décharge à l'aide d'un générateur électronique régulé en courant.

REFERENCES

[1] S. Vongphouthone, H. Piquet, H. Foch « Model of the homogeneous electrical discharge », The European Physiscal Journal Applied Physics AP 15 123-133 (2001).

[2] G. Rojat, P.Rossat-Mignod, P. Venet, G. Zissis, N. Daudé, Ch. Joubert, D. Guérin « Contraintes générées par les lampes fluorescentes basse pression sur le réseau électrique » GDR SDGE, dec. 2001.

[3] Analogy « Saber Designer User's Guide (5.1) » Analogy Inc Corp, 1999