

SUR LA DYNAMIQUE DU MÉCANISME DE COMMANDE À CONTACTS ET PISTON, DES INTERRUPTEURS D'HAUTE TENSION

Drd.ing. Ioan LUPU

Grupul Scolar Industrial «Stefan Anghel» din Resita, e-mail: lupuioanviorel@yahoo.com

Prof.dr.ing. Adrian CHIRIAC

Universitatea "Politehnica" din Timisoara, e-mail: chiriac@mec.utt.ro

Mots-clés: dynamique du mouvement, interrupteur d'haute tension

Résumé. Dans le travail on étudie la dynamique du mouvement du mécanisme de commande à contacts et piston, d'un interrupteur d'haute tension. Pour l'étude dynamique on applique la méthode analytique. La méthode présentée de calcul dynamique du mécanisme de déclenchement de l'interrupteur permet l'étude complète du mouvement du mécanisme, avec la détermination de la loi du mouvement et de la loi de la vitesse. Le calcul est achevé par la représentation graphique des diagrammes du déplacement et de la vitesse du contact mobile de l'interrupteur.

1. INTRODUCTION

Le mécanisme de commande à contacts et piston, [1], est placé dans la chambre d'explosion de l'arc électrique et il est destiné à l'ouverture des contacts.

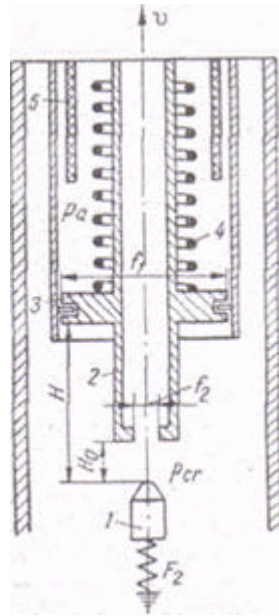


Fig. 1. Schéma de calcul du mécanisme à contacts et piston de la chambre d'explosion de l'arc

Dans la figure 1 est représenté le schéma de calcul du mécanisme à contacts et piston de la chambre d'explosion de l'arc électrique, qui a une large utilisation dans la construction des interrupteurs d'haute tension.

Le déplacement du piston 3 et du contact mobile 2, rigidement fixé à celui-ci, par rapport au contact fixe 1, dans la phase de l'ouverture des contacts, se produit sous l'action de la pression de l'air comprimé, p_{cr} , qui entre dans la chambre, ($p_{cr} > p_a$), où p_a est la pression atmosphérique.

Simultanément à l'ouverture des contacts se produit la compression du ressort d'enclenchement 4. La force de freinage du tampon qui agit au déclenchement se

manifeste seulement pendant la dernière partie de la course du système mobile. La fermeture des contacts se produit sous l'action du ressort 4.

2. ÉQUATION DIFFÉRENTIELLE DU MOUVEMENT DU CONTACT MOBILE

La force qui tend de mettre en mouvement le piston et donc, le contact mobile, c'est-à-dire la force d'ouverture F_{desc} , dépend de la valeur de la pression de l'air dans la chambre, p_{cr} , et de l'aire active du piston et elle peut être exprimée par la formule

$$F_{desc} = p_{cr} (f_1 - f_2), \quad (1)$$

où :

- f_1 - aire correspondante au diamètre du piston ;
- f_2 - aire de l'orifice d'échappement du contact mobile.

La force qui empêche le déplacement du mécanisme, conformément au schéma de la figure 1, est égale (en négligeant le poids des parties mobiles) à

$$F_{inch} = F_r + p_a (f_1 - f_2), \quad (2)$$

où F_r est la force du ressort du mécanisme.

À l'instant de l'égalisation des forces F_{desc} et F_{inch} , le contact mobile commence son déplacement. La valeur de la pression de l'air comprimé de la chambre, correspondante à cet instant s'appelle pression de départ, p_p , et elle peut être exprimée de la façon suivante:

$$p_p = \frac{F_r}{(f_1 - f_2)} + p_a. \quad (3)$$

De la formule (3), il résulte que la pression de départ est d'autant plus grande que la force du ressort est plus grande et que l'aire active du piston est plus petite.

L'équation différentielle du mouvement du contact mobile, [2], correspondante à la phase d'ouverture (si l'on néglige les forces de frottement, le poids des parties mobiles et la force élastique dans le ressort pendant sa compression, et la masse des parties mobiles est considérée comme constante), a la forme suivante,

$$\frac{d^2 H}{dt^2} = \frac{1}{m} (f_1 - f_2) (p_{cr} - p_p), \quad (4)$$

où :

- H – course du piston (course du contact mobile) ;
- $m = \frac{G}{g}$ - masse des parties mobiles ;
- G – poids des parties mobiles ;
- t – temps.

La pression de l'air dans la chambre, p_{cr} , dans le processus d'ouverture des contacts, ne reste pas constante. Pour le calcul de la loi du mouvement du contact mobile,

il faut être connue la fonction $p_{cr} = f(t)$. Cette relation est suffisamment compliquée et elle ne peut pas être exprimée d'une manière analytique exacte. Dans la première approximation, on peut considérer

$$p_{cr} = f(t) = p_{t\min} + bt = p_p + bt, \quad (5)$$

où b est une constante qui caractérise l'augmentation de la pression au commencement du remplissage de la chambre.

La course du contact mobile H peut être déterminée de l'équation (4). Au cas le plus simple, quand la pression augmente instantanément jusqu'à la valeur p_{cr} et puis on peut considérer $p_{cr} = \text{const.}$, on obtient

$$H = \frac{p_{er} - p_p}{2m} (f_1 - f_2) t^2. \quad (6)$$

Compte tenu de l'équation (5), la course du contact mobile H devient

$$H = \frac{f_1 - f_2}{2m} bt^3. \quad (7)$$

Si pour le schéma considéré de la figure 1 on prend en considération les forces de frottement, F_{fr} , les forces de pesanteur, F_g , et la force élastique du ressort tampon, à base du principe de d'Alembert, on peut écrire l'équation

$$F_{in} + F_r + F_{fr} + F_0 = p_t f_0, \quad (9)$$

où :

- F_{in} - résultante des forces d'inertie ;
- p_t - pression de l'air dans la chambre, à l'instant quelconque t ;
- f_0 - aire de travail du piston.

Dans l'équation (9),

$$F_0 = F_{med} \pm F_g, \quad (10)$$

où F_{med} est la force moyenne dans le ressort.

Compte tenu de la relation (5), l'équation (9) prend la forme

$$m \frac{dv}{dt} - f_0 bt + (F_0 - p_{t\min} f_0) = 0. \quad (11)$$

Par l'intégration de l'équation différentielle (11), compte tenu de la condition initiale $t=0$, $v_{init} = 0$, on obtient la vitesse du contact mobile,

$$v = \frac{f_0 b}{2m} t^2 - \frac{F_0 - p_{t\min} f_0}{m} t. \quad (12)$$

À la suite de l'intégration de la vitesse (12), avec la condition initiale $t=0, H=0$, on obtient la loi du mouvement du contact mobile, c'est-à-dire la loi suivant laquelle celui-ci parcourt sa course :

$$H(t) = \int_0^t v dt = \frac{f_0 b}{6m} t^3 - \frac{F_0 - p_{tmin} f_0}{2m} t^2. \quad (13)$$

Les équations (12) et (13) permettent la construction graphique de la diagramme de la vitesse, $v=v(t)$, et de la diagramme du déplacement, $H=H(t)$, dont l'aspect approximatif est représenté dans la figure 2.

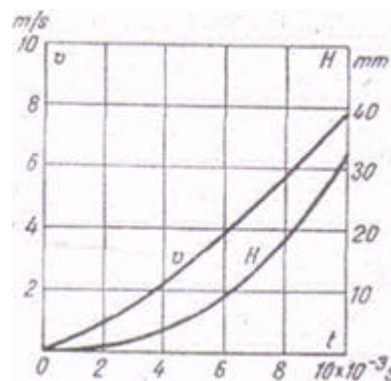


Fig. 2. Diagrammes de la vitesse et du déplacement du contact mobile

3. CONCLUSIONS

La méthode présentée de calcul dynamique du mécanisme à contacts et piston de l'interrupteur permet l'étude complète du mouvement du mécanisme, avec la détermination de la loi du mouvement et de la loi de la vitesse. Au cas de l'hypothèse admise concernant une loi linéaire de variation, par rapport au temps, de la pression de l'air comprimé dans la chambre d'explosion de l'arc électrique, les calculs ont conduit à une loi parabolique de variation de la vitesse du contact mobile de l'interrupteur, respectivement, à une loi du déplacement suivant une parabole cubique du même élément.

BIBLIOGRAPHIE

1. Babicov, M. A., Aparate electrice, Ed. Tehnica, Bucuresti, 1965
2. Harris, C., M., Harris' Shock and Vibration Handbook, McGraw-hill, New York, 2002