

SUR LE CALCUL DYNAMIQUE DU MÉCANISME D'ACTIONNEMENT DES INTERRUPTEURS D'HAUTE TENSION, À RESSORT DE DÉCLENCHEMENT

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: calcul dynamique, interrupteur d'haute tension, mécanisme de déclenchement

Résumé. Dans le travail on étudie le comportement dynamique du mécanisme d'actionnement d'un interrupteur d'haute tension, à ressort de déclenchement. L'étude dynamique est effectuée en appliquant une méthode analytique approximative. 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. En plus, elle rend possible le design de l'élément essentiel du mécanisme, le ressort de déclenchement, par la détermination de sa constante élastique et, à cette base, de tous ses éléments constructifs.

1. INTRODUCTION

En général, le calcul dynamique d'un mécanisme est résumé à la détermination du mouvement quand on connaît les forces d'actionnement ou à la détermination des forces d'actionnement quand on donne le mouvement. En ce qui concerne le mécanisme d'actionnement de l'interrupteur, à ressort de déclenchement, le problème du calcul dynamique peut être mis sous la forme d'une des deux variantes:

- déterminer la vitesse de déplacement des contacts au déclenchement à de différents instants ou dans de différents points de la course, étant donnée la caractéristique élastique du ressort de déclenchement ;
- déterminer la caractéristique élastique du ressort de déclenchement qui assure le déclenchement du mouvement des éléments mobiles de contact, suivant une certaine courbe de la vitesse.

L'essentiel du calcul dynamique du mécanisme de l'interrupteur consiste dans le fait que la dynamique du mécanisme est réduite à la dynamique d'un point matériel (point de réduction) à masse variable, soumis à l'action d'une force variable.

Le point de réduction représente un point relié à l'un des éléments mobiles du mécanisme, dans lequel est concentrée la masse réduite de tous les éléments mobiles du mécanisme, dont la masse est réduite à ce point; sur ce point agit la force réduite, obtenue par la réduction en ce point de toutes les forces qui agissent dans le mécanisme. De cette manière, le mouvement du mécanisme, quelque complexe qu'il soit, formé de plusieurs éléments reliés entre eux, est considéré comme le mouvement d'un point matériel sur une trajectoire imposée.

2. MÉTHODE ANALYTIQUE APPROXIMATIVE CALCUL DYNAMIQUE DU MÉCANISME D'ACTIONNEMENT DE L'INTERRUPTEUR

Pour l'étude de la dynamique du mécanisme d'actionnement de l'interrupteur, à ressort de déclenchement [1], on applique une méthode analytique approximative, basée sur l'hypothèse que la masse réduite et la force réduite, connues le long de la course entière, sont constantes, c'est-à-dire,

$$\sum M_r = \text{const.} \quad (1)$$

où $\sum M_r$ est la masse réduite et

$$\sum F_{cn} = \text{const.}, \quad (2)$$

où $\sum F_{cn}$ est la force réduite.

En ce cas, on considère que le ressort de déclenchement est relié directement au système de contacts ou au levier principal du mécanisme, et le système en mouvement est modélisé par un système de type masse-ressort [2], sous l'action d'une force constante, F_{cn} , figure 1.

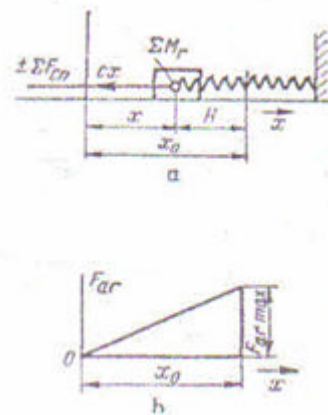


Fig. 1. Modèle dynamique pour le calcul du mécanisme d'actionnement

Pour un tel système, l'équation différentielle du mouvement a la forme

$$\sum M_r x'' = -cx + \sum F_{cn}, \quad (3)$$

où :

- x'' - accélération du point de réduction ;
- x - coordonnée du point de réduction ;
- c - constante élastique du ressort.

La force $\sum F_{cn}$ est considérée comme force de freinage, orientée dans le sens opposé à celui du mouvement.

L'équation différentielle (3) peut être mise sous la forme

$$x'' + b^2 x = \frac{\sum F_{cn}}{\sum M_r}, \quad (4)$$

où

$$b^2 = \frac{c}{\sum M_r}, \quad (5)$$

ayant la solution générale de la forme

$$x = C_1 \cos bt + C_2 \sin bt + \frac{\sum F_{cn}}{\sum M_r}, \quad (6)$$

où C_1 et C_2 sont les constantes d'intégration. Pour leur détermination, on considère les conditions initiales du mouvement du point de réduction,

$$t = 0, x = x_0, x' = v_0, \quad (7)$$

où :

- $x_0 = h$ - coordonnée de la position initiale du point de réduction, représentant la course totale (compression du ressort) ;
- v_0 - vitesse initiale du point de réduction.

Pour les constantes C_1 et C_2 on obtient les expressions

$$\begin{aligned} C_1 &= x_0 - \frac{\sum F_{cn}}{c}, \\ C_2 &= \frac{v_0}{b}. \end{aligned} \quad (8)$$

En introduisant les constantes d'intégration déterminées (8) dans la solution générale (6), on obtient la loi du mouvement du point de réduction,

$$x = \frac{v_0}{b} \sin bt + x_0 \cos bt + \frac{\sum F_{cn}}{c} (1 - \cos bt). \quad (9)$$

La vitesse du point de réduction, correspondante à la loi du mouvement (9) est

$$x' = v_0 \cos bt - b \left(x_0 - \frac{\sum F_{cn}}{c} \right) \sin bt. \quad (10)$$

Compte tenu que l'opération de déclenchement de l'interrupteur commence de l'état de repos du mécanisme d'actionnement, il résulte que la vitesse initiale du point de réduction est nulle,

$$v_0 = 0, \quad (11)$$

la vitesse du point de réduction (10) prend la forme réelle

$$x' = b \left(\frac{\sum F_{cn}}{c} - x_0 \right) \sin bt. \quad (12)$$

De la figure 1, il résulte le déplacement total du point de réduction, à partir de sa position initiale,

$$H = x_0 - x. \quad (13)$$

Des équations (9), (10) et (13), on obtient le déplacement total du point de réduction,

$$H(t) = \left(x_0 - \frac{\sum F_{cn}}{c} \right) (1 - \cos bt) - \frac{v_0}{b} \cos bt \quad (14)$$

et sa vitesse dans ce déplacement,

$$v(t) = \frac{dH(t)}{dt} = b \left(x_0 - \frac{\sum F_{cn}}{c} \right) \sin bt - v_0 \cos bt. \quad (15)$$

Pour le cas correspondant à la condition (11), la vitesse devient

$$v(t) = b \left(x_0 - \frac{\sum F_{cn}}{c} \right) \sin bt. \quad (16)$$

La loi de variation de la vitesse (16) permet la détermination de la vitesse maximale du point de réduction pendant sa course,

$$v_{max} = b \left(\frac{\sum F_{cn}}{c} - x_0 \right) \quad (17)$$

L'équation (17) a une importance exceptionnelle dans le design du mécanisme d'actionnement de l'interrupteur parce qu'elle conduit à la détermination de la constante élastique du ressort, celui-ci étant l'élément constitutif essentiel du mécanisme; comme on le voit de l'équation (17), les données initiales pour ce calcul sont la vitesse maximale du point de réduction, v_{max} , et la course totale (compression) du ressort, x_0 .

La force réduite initiale maximale dans le ressort (force élastique) de déclenchement, correspondante à la course totale du ressort, est

$$F_{ad\ max} = c x_0. \quad (18)$$

À base de la relation (18), on peut déterminer les dimensions constructives du ressort.

Compte tenu de la relation (13), si l'on résout la loi du mouvement (9) comme une équation, dont l'inconnue est le temps, on obtient

$$t = \frac{1}{b} \left(\arcsin \frac{x_0 - \frac{\sum F_{cn}}{c} - H}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} + \arcsin \frac{\beta}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} \right) \quad (19)$$

où

$$\alpha = \frac{v_0}{b} \quad (20)$$

et

$$\beta = x_0 - \frac{\sum F_{cn}}{c}. \quad (21)$$

Au cas de la vitesse initiale nulle du point de réduction ($v_0 = 0$), la solution (19) devient

$$t = \frac{1}{b} \left(\arcsin \frac{x_0 - \frac{\sum F_{cn}}{c} - H}{x_0 - \frac{\sum F_{cn}}{c}} + \frac{\pi}{2} \right) \quad (22)$$

Les équations (19) et (22) permettent le calcul de la durée de déplacement du point de réduction, le long d'une certaine portion de la course H .

3. CONCLUSIONS

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. En plus, elle rend possible le design de l'élément essentiel du mécanisme, le ressort de déclenchement, par la détermination de sa constante élastique et, à cette base, de tous ses éléments constructifs.

La méthode permet, aussi, le calcul du temps nécessaire pour qu'une certaine portion de la course de travail de l'interrupteur soit parcourue.

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