

УДК 681.584.64

© Акімов В.Т, Акімов О.В.

ОЦІНКА СИЛИ ЗГИНАННЯ БІМЕТАЛЕВОЇ U-ОБРАЗНОЇ ПЛАСТИНИ

Постановка проблеми. Для запалення люмінесцентних ламп найбільше розповсюдження знайшли стартерні схеми запалення. Стартери при виготовленні мають просту конструкцію, малі розміри і дешеві, але надійність роботи їх низька і невеликий термін служби.

Безстартерні пускорегулюючі апарати мають свої недоліки: велику вартість і підвищені втрати потужності порівняно із стартерними схемами, тому підвищення ефективності роботи стартерних схем є бажаним.

Аналіз публікацій. Для удосконалення роботи стартера необхідно більш детально знати механічні і термодинамічні процеси, що протікають при його роботі.

Невід'ємною частиною стартера тліючого розряду - є біметалева пластинка, яка призначена для короткочасного замикання та наступного розмикання кола, останнє сприяє запалюванню люмінесцентної лампи. Стартер тліючого розряду має ряд недоліків, які негативно впливають на експлуатацію люмінесцентних ламп. Деякі недоліки пов'язані з механізмом вигинання біметалевої пластинки.

В роботах [1,2] наведена методика визначення сили, що вигинає біметалеву пластинку неповної U-образної форми, обумовлені переміщення її характерних перерізів. Визначення цієї сили дозволить практично удосконалити роботу стартера тліючого розряду.

Ціль і постановка завдання. Мета даної статті – визначити силу, що спричиняє горизонтальне переміщення біметалевої U-образної пластинки і, з

урахуванням результатів 91,2), проаналізувати залежність її величини від форми пластинки.

Розрахунок. Горизонтальне переміщення (Δ_A^{zop}) пластини можна визначити енергетичним способом за формулою Мора [3].

$$\Delta_A^{\ddot{a}\ddot{o}} = \sum \int \frac{\dot{I} \dot{I}^-}{EI} ds. \quad (1)$$

де Δ_A^{zop} - шукане переміщення. Індекс А вказує на точку і напрям, у якому визначається переміщення;

M, \bar{M} - аналітичні вирази згинального моменту від заданого навантаження і від одиночної сили.

Обчислюючи переміщення за формулою (1) необхідно визначити згинальний момент у перерізах пластинки для двох станів системи від заданого навантаження і від одиночної сили.

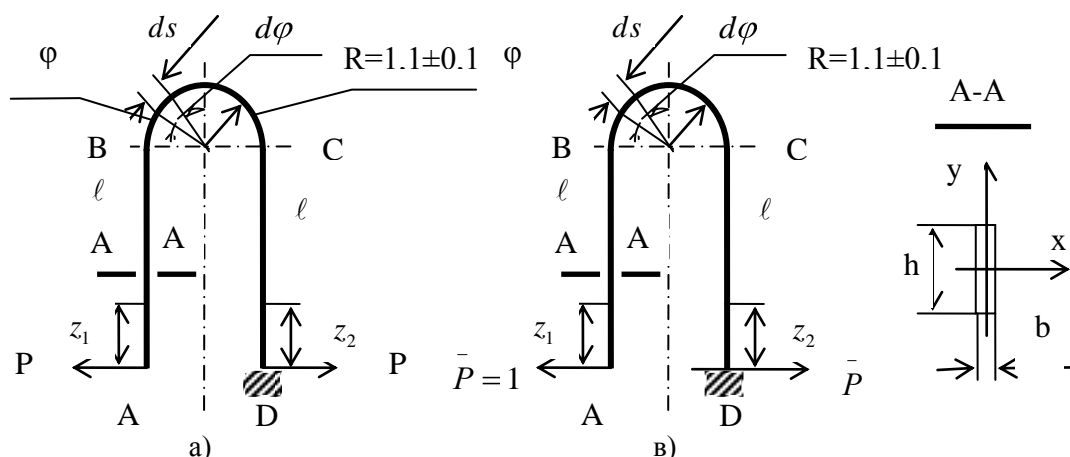


Рис.1. Схема заданого (а) і допоміжного (в) станів системи.

При знаходженні лінійного переміщення до системи, звільненої від заданих навантажень, у напрямку шуканого переміщення (у заданій точці А)

прикладається безрозмірна одинична сила $\bar{P} = 1$.

Запишемо вираз для згинального моменту від навантаження P на проміжку $0 \leq Z_1 < \ell$:

$$M(Z_1) = PZ_1, \quad (2)$$

На проміжку $0 \leq Z_2 \leq \ell$ згинальний момент має вираз:

$$M(Z_2) = -PZ_2 \quad (3)$$

де Z_1, Z_2 – поточні значення координати на кожному із ділянок.

Для проміжку $0 \leq \varphi \leq \pi$ згинальний момент прийме такий вираз:

$$M(\varphi) = -P\lambda + R \sin \varphi, \quad (4)$$

де R – радіус кривизни біметалевої пластинки, м;

λ – довжина ділянок АВ і ДС, м.

Вираз згинального моменту від одиничної сили на проміжку $0 \leq Z_1 \leq \lambda$:

$$\bar{M}(Z_1) = \bar{P}Z_1 = 1 \cdot Z_1 \quad (5)$$

А на проміжку $0 \leq Z_2 \leq \lambda$:

$$\bar{M}(Z_2) = -1Z_2. \quad (6)$$

Для інтервалу $0 \leq \varphi \leq \pi$ момент має вираз:

$$\bar{m}(\varphi) = -1\lambda + R \sin \varphi \quad (7)$$

Виходячи з умов, що записані вище, формула (2) прийме вираз:

$$\Delta_{\tilde{A}}^{\tilde{\delta}} = \frac{1}{EI_x} \int_0^{\ell} M(Z_1) \bar{M}(Z_1) dZ_1 + \frac{1}{EI_x} \int_0^{\pi} M(\varphi) \bar{m}(\varphi) ds + \frac{1}{EI} \int_0^{\ell} M(Z_2) \bar{M}(Z_2) ds, \quad (8)$$

де Δ_A^{zop} – горизонтальне переміщення перерізу А;

E – модуль Юнга;

I_x – момент інерції перерізу відносно нейтральної осі x ;

$M(Z)$ – момент від заданого навантаження P ;

$\bar{M}(Z)$ – момент від одиничної сили $\bar{P} = 1$.

Для зручності розрахунків у рівнянні (9) на інтервалі $0 \leq \varphi \leq \pi$ диференціал дуги виразимо через кут $d\varphi$:

$$ds = R d\varphi. \quad (9)$$

Виведемо формулу для визначення горизонтального переміщення перерізу A :

$$\begin{aligned} \Delta_{\tilde{A}}^{\tilde{\alpha}\tilde{\delta}} &= \frac{1}{EI_x} \left\{ \int_0^{\ell} P z_1 z_1 dz_1 + \int_0^{\pi} [P(\lambda + R \sin \varphi) - 1(\lambda + R \sin \varphi) R] d\varphi + \int_0^{\ell} P z_2 z_2 dz_2 \right\} = \\ &= \frac{1}{EI_x} \left\{ \frac{2P\lambda^3}{3} + A \right\}, \end{aligned} \quad (10)$$

де

$$A = PR \int_0^{\pi} (\lambda + R \sin \varphi)^2 d\varphi = PR \int_0^{\pi} (\lambda^2 + 2R\lambda \sin \varphi + R^2 \sin^2 \varphi) d\varphi = P \left[\pi R \lambda^2 + \frac{\pi R^3}{2} \right]. \quad (10)$$

Тоді

$$\Delta_{\tilde{A}}^{\tilde{\alpha}\tilde{\delta}} = \frac{P}{EI_x} \left(\frac{2\lambda^3}{3} + \pi R \lambda^2 + \frac{\pi R^3}{2} \right), \quad (11)$$

Із рівняння (11) отримаємо силу P , яка вигинає біметалеву пластинку:

$$P = \frac{\Delta_{\tilde{A}}^{\tilde{\alpha}\tilde{\delta}} EI_x}{\left(\frac{2}{3} \lambda^3 + \pi R \lambda^2 + \frac{\pi}{2} R^3 \right)} \quad (12)$$

У цьому рівнянні $\Delta_{\tilde{A}}^{\tilde{\alpha}\tilde{\delta}}$ дорівнює 1 мм згідно з конструкторською документацією Полтавського заводу газорозрядних ламп.

Знайдемо значення I_x , тобто момент інерції відносно нейтральної осі x .

Згідно з [3] момент інерції визначимо за формулою:

$$I_x = \frac{h \times b^3}{12}, \quad (13)$$

де h – висота біметалевої пластинки, м;

b - ширина термобіметалу, м.

Значення λ , h , b , R отримані з конструкторської документації.

Підставимо значення у формулу (14) і отримаємо:

$$I_x = \frac{2 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^{-3})^3}{12} = 4,5 \times 10^{-15}, \text{ м}^4.$$

Виходячи з [3] визначимо ефективний модуль пружності E в залежності від товщини шарів h_1 і h_2 , з яких виготовлений біметал. Марка біметалевої пластинки, яка використовується для стартера тліючого розряду згідно з документацією Полтавського заводу ТБ 148/79 (ТБ 1523, ТБ 72), марка його активного шару 20 НГ, пасивного – 36Н.

Модуль пружності активного шару $E_1 = 175$ ГПа.

Модуль пружності пасивного шару $E_2 = 150$ ГПа.

По формулі визначимо модуль пружності [3] біметалевої пластинки марки ТБ 1523:

$$E = \frac{4E_1E_2}{\sqrt{E_1} + \sqrt{E_2}} \quad (14)$$

Підставимо значення у формулу (14) і знайдемо E :

$$E = \frac{4 \times 175 \times 10^9 \times 150 \times 10^9}{\sqrt{175 \times 10^9} + \sqrt{150 \times 10^9}} = 1,62 \times 10^{11} \text{ (Па)}$$

Підставимо отримані значення із формул (13,14) у формулу (12) і проведемо розрахунки:

$$P = \frac{1 \times 10^{-3} \times 1,62 \times 10^{11} \times 4,5 \times 10^{-15}}{\frac{2}{3} (673 \times 10^{-3}) + 3,14 \times 1,1 \times 10^{-3} (673 \times 10^{-3}) + \frac{3,14}{2} (1 \times 10^{-3})} = 5 \text{ (Н)}.$$

Висновок

Визначено силу згинання пластинки U-образної форми. Знання цієї сили може бути використано при проведенні розрахунків стартера тліючого розряду.

Список використаних джерел

1. Акімов В. Т. Розрахунок згинальної сили біметалевої пластинки стартера тліючого розряду / В. Т. Акімов, Л. В. Муха // Вестн. ХНАДУ и СВНЦТА Украины : сб. науч. тр. – Х., 2005. – Вып. 29 – С. 134–138.
2. Акімов В. Т. Методика визначення деформації пластинки тліючого розряду / В. Т. Акімов, Л. В. Муха // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 6/2(18). – С. 186–189.
3. Писаренко Г. С. Опір матеріалів : підручник для механ. спец. вищих навч. закладів / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський ; ред. Г. С. Писаренко. – К. : Вища шк., 1993. – 656 с. : іл.

Акімов В.Т., Акімов О.В. Оцінка сили згинання біметалевої U-образної пластини

Представлена методика розрахунку переміщення біметалевого рухомого електрода стартера тліючого розряду. Проведено у відповідності до вибраної схеми розрахунок сили, з якого вигинається рухомий електрод під час нагрівання тліючим розрядом.

Акимов В.Т., Акимов О.В. Оценка силы изгиба биметаллической U-образной пластины

Представлена методика расчета перемещения биметаллического подвижного стартера тлеющего разряда. В соответствии с выбранной схемой проведен расчет силы, которая изгибает подвижной электрод во время нагревания тлеющим разрядом.

Akimov V.T., Akimov O.V. Estimation of force of a bend of a bimetallic U-shaped plate

The design procedure of moving of a bimetallic mobile starter of the decaying category is presented. According to the chosen scheme calculation of force which bends mobile an electrode during heating by the decaying category is lead.