

Кривошеєва К.А., Дурсєв В.О. Математична модель магнітноконтактного теплового пожежного сповіщувача з суперпарамагнітними частками при слабкому магнітному полі. «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗУ, 2024.

УДК 614.8

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МАГНІТНОКОНТАКТНОГО ТЕПЛООВОГО ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА З СУПЕРПАРАМАГНІТНИМИ ЧАСТКАМИ ПРИ СЛАБКОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ

Кривошеєва К.А., курсант

*Дурсєв В.О., доцент кафедри, канд. техн. наук, доцент
Національний університет цивільного захисту України*

В переважній кількості теплових максимальних сповіщувачів пожежних (СП), що застосовуються в Україні, у якості чутливого елемента (ЧЕ) застосовується магнітноконтактний геркон (СПТМ-62, СПТМ-70). Прийємо наступну розрахункову схему для такого СП, рис. 1.

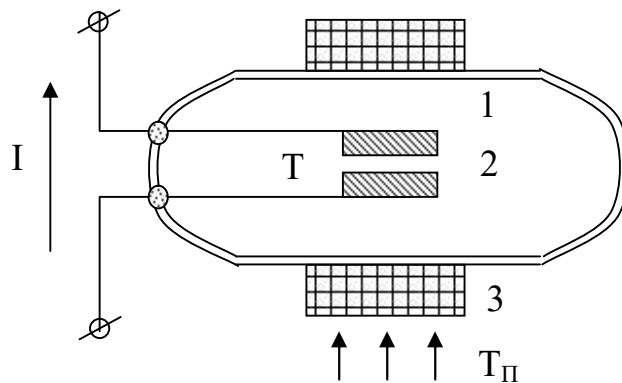


Рис. 1. Розрахункова схема магнітноконтактного чутливого елемента: 1 – геркон; 2 – контакти; 3 – кільцевий постійний магніт.

В якості контактів ЧЕ виступають провідники, магнітні властивості яких залежать від їх температури. Ураховуючи велику кількість видів матеріалів контактів, їх технічні характеристики можуть значною мірою відрізнятися, в залежності від їх структури і складу.

Залежність намагніченості ЧЕ від зовнішнього магнітного поля і температури для матеріалів, що складаються з суперпарамагнітних часток, при слабкому магнітному полі:

$$M_{сл} = \frac{nm^2H}{3k_B T}; \quad (1)$$

де $M_{сл}$, $M_{сильн}$ – намагніченість ЧУ з матеріалів, що складаються з суперпарамагнітних часток при слабкому та сильному магнітних полях при поточній температурі, А/м; n – кількість суперпарамагнітних часток в одиниці

об'єму матеріалу контакту; m – магнітний момент, Ам^2 ; H – зовнішнє магнітне поле, А/м ; k_B – постійна Больцмана, Дж/К ; T – поточна температура, К .

Для переходу до лінійної форми (1), дорівняємо їх диференціали лівої та правої частин:

$$\frac{dM_{\text{сл}}}{dT} = \frac{k_{\text{сл}}}{T^2}; \quad k_{\text{сл}} = -\frac{nm^2H}{3k_B}; \quad (2)$$

Тепло, що передане та поглинене магнітноконтактним герконом:

$$C \cdot m \cdot d\frac{dT}{dt} + \alpha F dT = \alpha F dT_{\text{п}}, \quad (3)$$

де m – маса контактів, кг ; C – теплоємність матеріалу контактів, $\text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$; τ – час, сек ; T – температура контактів, К ; F – площа поверхні контактів, м^2 ; α – коефіцієнт конвекційного теплообміну, $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$; $T_{\text{п}}$ – температура навколишнього повітря, К .

Для отримання математичних та розрахункових залежностей параметрів роботи магнітноконтактного сповіщувача з ЧЕ з суперпарамагнітних часток при слабкому магнітному полі, підставимо рівняння залежності намагніченості (2) в формулу балансу тепла (3), отримаємо:

$$C \cdot m \cdot \frac{T^2}{k_{\text{сл}}} \cdot \frac{d}{dt} \Delta M_{\text{сл}} + \alpha \cdot F \cdot \frac{T^2}{k_{\text{сл}}} \cdot \Delta M_{\text{сл}} = \alpha \cdot F \cdot \Delta T_{\text{п}}; \quad (4)$$

Після лінеаризації (4) отримаємо:

$$T_{\text{сл}} \frac{\dot{m}_{\text{сл}}}{m_{\text{сл}}} + \overline{m}_{\text{сл}} = K_{\text{сл}} \overline{t_{\text{п}}}; \quad (6)$$

$$T_{\text{сл}} = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}; \quad K_{\text{сл}} = \frac{k_{\text{сл}}}{T^2} \cdot \frac{T_{\text{п0}}}{M_{\text{сл0}}}, \quad (7)$$

де $M_{\text{одн0}}$ – намагніченість однодоменого феромагнітного матеріалу ЧУ у вихідній точці, А/м ; $T_{\text{п0}}$ – температура повітря у вихідній точці, К ; $T_{\text{одн}}$ – інерційність, с ; $K_{\text{одн}}$ – коефіцієнт посилення; $\overline{m}_{\text{сл}}$, $\overline{t_{\text{п}}}$ – відносні змінні.

Висновки. 1. Отримана математична модель магнітноконтактного сповіщувача для контактів з суперпарамагнітних часток в умовах слабкого зовнішнього магнітного поля.

ЛІТЕРАТУРА

5. Tsepelev V., Starodubtsev Y., Zelenin V., Belozarov V., Konashkov V. Temperature affecting the magnetic properties of the $\text{Co}_{79-x}\text{Fe}_3\text{Cr}_3\text{Si}_{15}\text{B}_x$ amorphous alloy. Journal of Alloys and Compounds. 2015. Vol. 643. P. 280–282. doi: 10.1016/j.jallcom.2014.12.236

6. Jackiewicz D., Szewczyk R., Salach J. Modelling the magnetic characteristics and temperature influence on constructional steels. Solid State Phenomena. 2013. Vol. 199. P. 466–471. doi: 10.4028/www.scientific.net/ssp.199.466

7. Lu H., Zhu Y., Hui J. G. Measurement and modeling of thermal effects on magnetic hysteresis of soft ferrites. IEEE Transactions on Magnetics. 2007. Vol. 43 (11). P. 3953–3960. doi: 10.1109/tmag.2007.904942

8. Kachniarz M., Salach J., Szewczyk R., Bieńkowski A., Korobiichuk I. Investigation of temperature effect on magnetic characteristics of manganese-zinc ferrites. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2015. 6/5 (78). P. 17–21. URL:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.55410>

Заявка на участь у
Міжнародній науково-практичній конференції «Problems of Emergency Situations», яка відбудеться в Національному університеті цивільного захисту України 16 травня 2024 року.

Конференція відбудеться на базі Національного університету цивільного захисту України за адресою: вул. Чернишевська, 94, м. Харків, 61023, Україна.

1	Назва організації	Національний університет цивільного захисту України
2	Поштова адреса організації	61023, м. Харків, вул. Чернишевського, 94
3	Телефон, e-mail	(057) 707-34-35 slavonis2122@ukr.net
	Дані про учасника:	
4	Прізвище, ім'я, по-батькові	Кривошеєва Катерина Андріївна Kryvosheieva Kateryna Andriivna 050-406-37-50
5	Місце роботи (навчання), посада	НУЦЗУ Факультет пожежної безпеки Курс 4 Група: ПБк-20-441
6	Прізвище, ім'я, по-батькові	Дурсєв Вячеслав Олександрович Durieiev Viacheslav Oleksandrovych 050-406-37-50
7	Місце роботи (навчання), посада	доцент кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій факультету пожежної безпеки
8	Науковий ступінь, вчене звання	к.т.н, доцент
9	Номер секції	Секція 2. Науково-практичні аспекти моніторингу та управління у сфері цивільного захисту
10	Назва доповіді	Математична модель магнітоконтактного теплового пожежного сповіщувача з суперпарамагнітними частками при слабкому магнітному полі