
Информационно-измерительная система определения теплофизических параметров электротехнических устройств

В.В. Бадашев, И.О. Блажко, И.А. Гряник, В.С. Демиденко, П.В. Наумов,

И.А. Огородников, А.В. Реков

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

им. М. И. Платова, Новочеркасск

Аннотация: В данной статье рассмотрена разработка информационно-измерительной системы определения теплофизических параметров электротехнических устройств. Приведена разработанная функциональная схема устройства. Проведены экспериментальные исследования в программе COMSOL. В результате экспериментального исследования переноса тепла из одной части электромагнита в другую, а именно от намагничивающей катушки, через сердечник в окружающую среду, сделан вывод о том, что наилучшее расположение датчиков измерения температуры находится в верхней части корпуса электромагнита ЭМ-34-5. Полученные данные возможно использовать для определения теплофизических параметров, при решении обратных задач теплопереноса и теплопередачи.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, электротехнические устройства, теплофизические параметры, COMSOL.

Высокопроизводительная, экономичная и безопасная работа электротехнических устройств приборостроительной промышленности требует применения современных методов и средств измерения величин, характеризующих ход производственного процесса и состояние оборудования. Основным параметром (величиной), которую необходимо контролировать при работе электротехнических устройств, является температура [1, 2]. Проектируемая измерительная система позволит производить оценку теплофизических параметров электромагнитов и трансформаторов, для выявления их дефектов [3, 4].

Функциональная схема устройства приведена на рисунке 1. Она включает в себя: ТП1, ТП2, ТП3 – термопары; ДУ – дифференциальные усилители; ФНЧ – фильтры нижних частот; К – коммутатор; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЭС – элемент связи с ЭВМ; ЭВМ – электронно-вычислительная машина. В качестве первичных преобразователей

температуры в ЭДС для преобразования значения температуры в напряжение используются термопары ТП1, ТП2, ТП3. Сигнал, снимаемый с датчиков температуры усиливается в дифференциальных усилителях ДУ, далее фильтруется от высокочастотных помех и наводок промышленных сетей с помощью фильтров нижних частот ФНЧ.

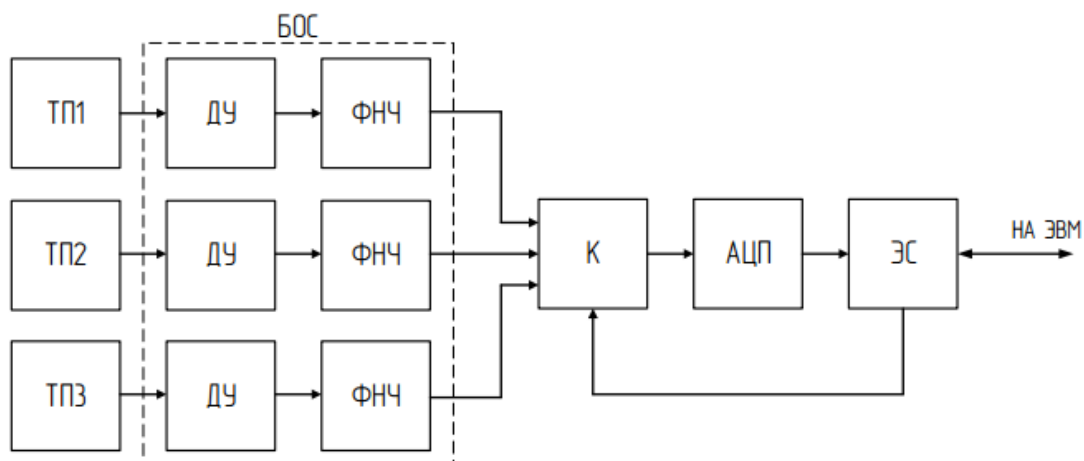


Рисунок 1. Функциональная схема устройства

Далее сигнал поочередно коммутируется с аналого-цифровым преобразователем, коммутация управляется с помощью ЭВМ, через элемент связи ЭС. Аналоговый сигнал преобразуется в цифровой код и передается на ЭВМ через элемент связи ЭС. Диапазон измерения температуры электротехнических устройств от 0 до 300 °С. Выбираем термопару ТХК (хромель-копель) L-типа. Диапазон работы датчика $-200 \div 800$ °С.

Задача теплопередачи в электротехническом устройстве, в частности электромагнита, основана на переносе тепла от намагничивающей катушки к поверхности сердечника [5, 6]. При подаче тока в намагничивающую обмотку часть энергии медного проводника переходит к сердечнику в виде тепла, и после теплового переноса энергии от сердечника происходит рассеивание тепла в окружающую среду. Проведем исследование данной проблемы для электромагнита ЭМ34-5.

Создадим геометрическую модель электромагнита ЭМ34-5 в программе *COMSOL* (рисунок 3) [7, 8]. Выберем материалы для модели электромагнита

с предустановленными значениями параметров с целью решения задачи теплопередачи [9, 10].

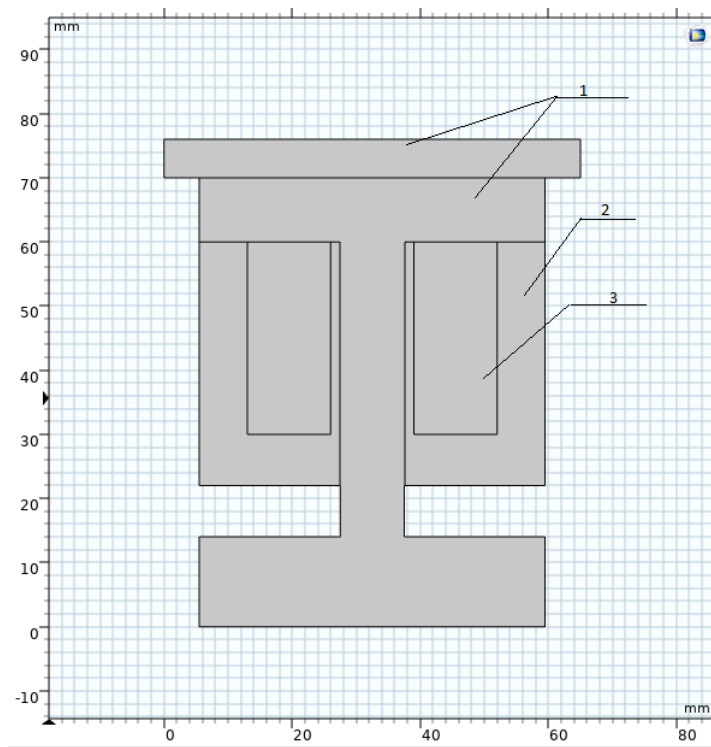


Рисунок 3. Геометрическая 2D модель электромагнита ЭМ-34-5 в программе *COMSOL*, где 1 – сердечник электромагнита, 2 – якорь электромагнита, 3 – намагничивающая обмотка.

Для сердечника электромагнита выберем электротехническую низкоуглеродистую сталь *Low Carbon Steel 1002*, для якоря – акриловый пластик *Acrylic Plastic*, а для обмотки – медь *Copper*.

Зададимся следующими параметрами модели:

- коэффициент теплопередачи для стали $h=12$ Вт/(м²·К);
- источник тепла – часть переданной мощности намагничивающей катушки, где мощность катушки $P=29$ Вт.

Распределение теплового поля при передаче тепла в электромагните катушкой представлено на рисунке 4. На рисунке указаны места значений максимальной и минимальной температуры, максимальная температура составила 55,6 °С, а минимальная - 20 °С, что соответствует температуре

окружающей среды. Из результатов исследования модели распределения тепла видно, что наилучшее расположение датчиков температуры будет находиться в верхней части корпуса электромагнита.

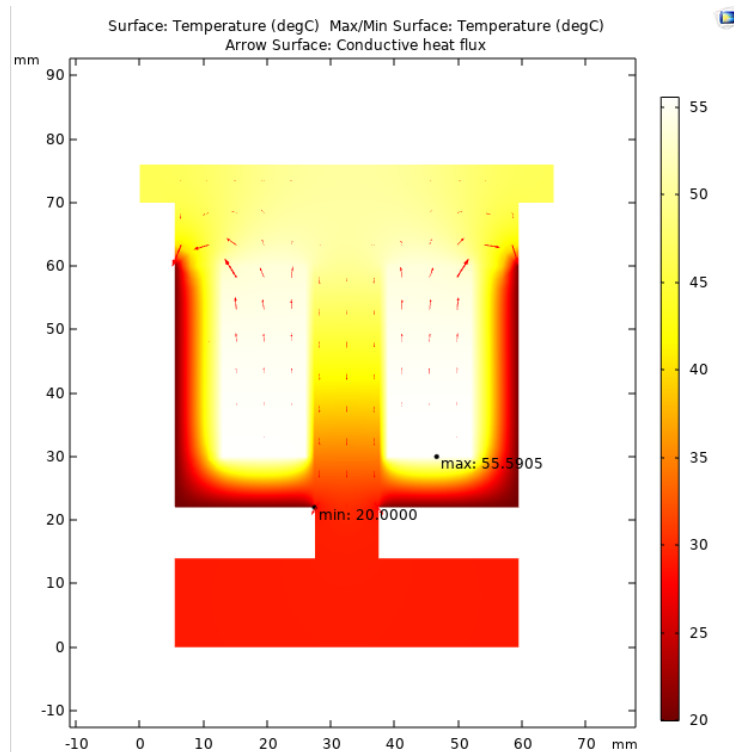


Рисунок 4. Модель распределения тепла внутри электромагнита ЭМ-34-

5

Для получения более точных данных приведем зависимость температуры от длины верхней поверхности электромагнита. (Рисунок 5).

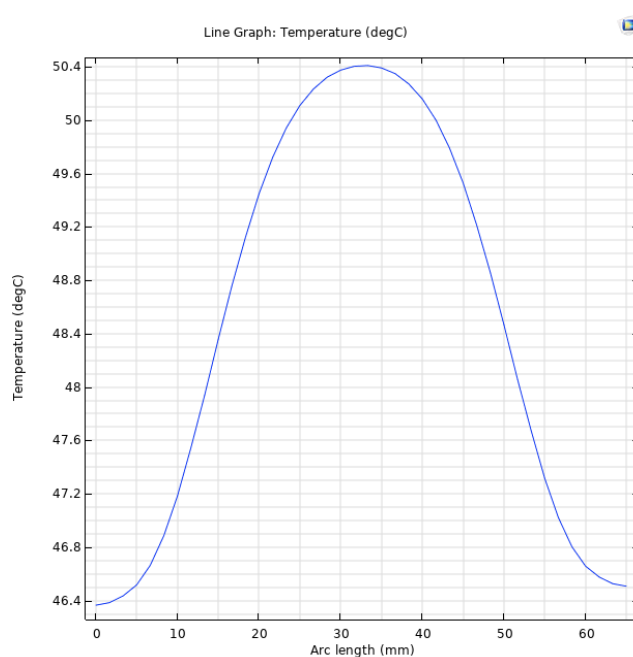


Рисунок 5. Зависимость распределения температуры на поверхности электромагнита от длины

Данную зависимость можно использовать, в качестве информативного параметра для определения местоположения термопреобразователей при измерении теплофизических параметров электротехнических устройств.

В результате исследования переноса тепла из одной части электромагнита в другую, а именно - от намагничивающей катушки, через сердечник в окружающую среду, можно сделать вывод о том, что наилучшее расположение датчиков измерения температуры находится в верхней части корпуса электромагнита ЭМ-34-5. Полученные данные возможно будет использовать для определения теплофизических параметров, при решении обратных задач теплопереноса и теплопередачи.

Литература

1. Vinogradov M. M., Zabirow A. R., Molotova I. A. and Molotov I. M., Using a neural network in a thermophysical problem, 2021 3rd International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), 2021, pp. 1-5.

2. Уорден К., Новые интеллектуальные материалы и конструкции. Свойства и применение. – М.: Техносфера, 2006. – 224 с.
 3. Arnold D. G., Sturtz K. and Velten V., Invariants of the LWIR thermophysical model, Proceedings IEEE Workshop on Computer Vision Beyond the Visible Spectrum: Methods and Applications (CVBVS'99), 1999, pp. 49-58.
 4. Dong H. and Ruan L., Simulation of Thermophysical Parameters in the Natural Circulation Evaporative Cooling System of Hydro-generator Stator Busbar, 2019 IEEE 3rd International Electrical and Energy Conference (CIEEC), 2019, pp. 1377-1381.
 5. Kurzydłowski K., Lobur M., Farmaga I. and Matviyukiv O., Data-processing method for determination thermophysical parameters of composite materials, 2010 Proceedings of VIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, 2010, pp. 264-266.
 6. Zhang J. and Lu Q., Magnetic-Thermal Coupled Analysis of Eletromagnets for Medium-speed Maglev Train, 2019 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2019, pp. 1-5.
 7. Rostyslav K., Liubomyr G., Volodymyr K. and Roman P., Development of automation subsystem modeling using COMSOL API, 2015 XI International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2015, pp. 24-27.
 8. Xia Z., Ahmed Bhatti A., Peng X., Yang B., Zhou H., Zhao C., Xie C. Electric Field and Temperature Distribution of High Voltage Cables with the Addition of Particles based on COMSOL Simulation, 2020 IEEE International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE), 2020, pp. 1-4.
 9. Meitei S., Saikia A., Borah K. and Chatterjee S., Hot Spot Detection in High Voltage Transformer by Thermal Sensor Using COMSOL Multiphysics, 2018 2nd International Conference on Power, Energy and Environment: Towards Smart Technology (ICEPE), 2018, pp. 1-4.
-

10. Das J. and Ray R., 3D modeling of high temperature superconducting hysteresis motor using COMSOL multiphysics, 2017 8th Annual Industrial Automation and Electromechanical Engineering Conference (IEMECON), 2017, pp. 96-100.

References

1. Vinogradov M. M., Zabiroy A. R., Molotova I. A. and Molotov I. M., 3rd International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), 2021, pp. 1-5.
2. Uorden K., [New intellectual materials and designs. Properties and applications]. M.: Tehnosfera, 2006. 224 p.
3. Arnold D. G., Sturtz K. and Velten V., Proceedings IEEE Workshop on Computer Vision Beyond the Visible Spectrum: Methods and Applications (CVBVS'99), 1999, pp. 49-58.
4. Dong H. and Ruan L., IEEE 3rd International Electrical and Energy Conference (CIEEC), 2019, pp. 1377-1381.
5. Kurzydłowski K., Lobur M., Farmaga I. and Matviyukiv O., Proceedings of VIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, 2010, pp. 264-266.
6. Zhang J. and Lu Q., 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2019, pp. 1-5.
7. Rostyslav K., Liubomyr G., Volodymyr K. and Roman P., XI International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2015, pp. 24-27.
8. Xia Z., Ahmed Bhatti A., Peng X., Yang B., Zhou H., Zhao C., Xie C. IEEE International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE), 2020, pp. 1-4.



9. Meitei S., Saikia A., Borah K. and Chatterjee S., 2nd International Conference on Power, Energy and Environment: Towards Smart Technology (ICEPE), 2018, pp. 1-4.

10. Das J. and Ray R., 8th Annual Industrial Automation and Electromechanical Engineering Conference (IEMECON), 2017, pp. 96-100.