



УДК 621.321

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ПРОИЗВОДСТВА СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

А. М. Ланкин

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В данной статье проведен анализ основных этапов производства силовых масляных трансформаторов и высоковольтных электромагнитных выключателей. Исследованы типовые структурные схемы систем управления процессом производства силовых масляных трансформаторов и высоковольтных электромагнитных выключателей. Предложено внедрить устройства экспресс-контроля электротехнических параметров изготавливаемых изделий.

Ключевые слова: электрические подстанции, функциональная диагностика, экспресс-контроль, силовой масляный трансформатор, высоковольтный электромагнитный выключатель.

ANALYSIS OF THE MAIN STAGES OF PRODUCTION OF POWER OIL TRANSFORMERS AND HIGH VOLTAGE ELECTROMAGNETIC CIRCUIT BREAKERS

A. M. Lankin

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article analyzes the main stages of the production of power oil transformers and high-voltage electromagnetic switches. Typical structural diagrams of process control systems for the production of power oil transformers and high-voltage electromagnetic switches are investigated. It is proposed to introduce express control devices for the electrical parameters of manufactured products.

Keywords: electrical substations, functional diagnostics, express control, power oil transformer, high-voltage electromagnetic switch.

При передаче электроэнергии на большие расстояния очень важно минимизировать её потери. Поэтому вырабатываемую генераторами энергию необходимо правильно преобразовывать с целью получения более высокого напряжения. Для этих целей в электрических подстанциях устанавливают силовой масляный трансформатор. Масляные трансформаторы предназначены для работы с электросетями на крупных производственных комплексах, где требуется преобразование энергии с целью защиты оборудования от резких скачков напряжения. Современные масляные устройства преобразования электрической энергии отличаются высокой надежностью и стойкостью к перепадам температурных режимов, при их своевременном обслуживании.

Для долговременной эксплуатации силового масляного трансформатора необходимо соблюдение всех регламентируемых проверок его технического состояния, прописанных в инструкции. Текущий регламент предусматривает ежедневный профилактический осмотр и технического обследования не реже одного раза в неделю. Сложность данной диагностики заключается в необходимости отключения обмоток катушек трансформатора от энергосети для оценки их состояния и получения проб масла. Как известно, нагрев силового трансформатора в процессе его работы обусловлен наличием активных потерь в обмотках и сердечнике. При большой мощности трансформаторов имеют место внушительные тепловые потери. Для предотвращения перегрева трансформатора и нарушения изоляции обмоток катушек используются масляные системы охлаждения. При ухудшении качества трансформаторного масла увеличиваются активные потери и



снижается коэффициент полезного действия силового устройства, что негативно сказывается на процессе преобразования электрической энергии. Исходя из этого можно сделать вывод, что качество масла напрямую влияет на долговечность силового трансформатора. Таким образом, наиболее важными функциональными элементами, с точки зрения контроля, являются трансформаторное масло и катушка силового устройства.

Исходя из всего вышесказанного, актуальной проблемой технического контроля трансформаторов электрических подстанций являются разработка методов и устройств экспресс-контроля функционального состояния силовых масляных трансформаторов, позволяющих оперативно получать диагностическую информацию, достаточную для своевременного принятия решения о необходимости проведения внепланового ремонта или обслуживания.

Проанализировав существующие подходы к диагностике и контролю силовых масляных трансформаторов [1-9] и др., можно сделать вывод, что используемые в настоящее время подходы базируются на виброакустическом, частотном и энергетическом анализе. При необходимости оценки состояния охлаждающего масла в силовых трансформаторах используют химические методы анализа. Таким образом стоит отметить, что для диагностики и контроля электротехнических систем электрических подстанций не используют комплексный анализ многих физических процессов (механические, тепловые, энергетические, магнитные, электрические) и построение схем замещения, а так же существующие подходы не позволяют прогнозировать состояние электротехнических систем, что позволило бы повысить эффективность функционирования и надежность электрических подстанций в целом. Так же был проведен анализ методов прогнозирующего анализа (интеллектуальный нейросетевой анализ, метод двухпараметрического экспоненциального сглаживания, метод Заде-Рагазинни, метод Бокса-Дженкинса, метод экспоненциального сглаживания, метод сплайн аппроксимации) и их применимости к прогнозированию состояния высоковольтных электромагнитных выключателей и силовых масляных трансформаторов.

Для дальнейших исследований необходимо произвести анализ основных этапов технологического процесса производства электромагнитных выключателей и силовых трансформаторов.

Проведен анализ системы управления технологическим процессом изготовления электромагнитных выключателей, содержащей: устройство измерения и контроля качества материалов (УИКМ); устройство управления оборудованием изготовления якоря (УУОЯК), ярма (УУОЯР), флянца (УУОФ), магнитного шунта (УУОШ); устройство управления оборудованием намотки и укладки обмоток (УУОО), устройство управления оборудованием сборки изделия (УУОС) (рис. 1).

Предложено ввести в структурную схему управления технологическим процессом устройство экспресс-контроля электротехнических параметров ПЭ (УЭКП).

Проводится анализ изменений значений электротехнических параметров в соответствии с правилами карт Шухарта для всех выпускаемых изделий. Полученные значения электротехнических параметров и результаты их анализа поступают на автоматизированное рабочее место оператора (АРМО). Оператор оценивает ситуацию и осуществляет управление технологическим процессом с



помощью устройств управления оборудованием технологическими операциями с целью исключения появления некондиционных изделий. Управление осуществляется путем корректировки технологических режимов работы намоточного оборудования, оборудования механической и термической обработки.

На рисунке 2 рассмотрена типовая структурная схема системы управления технологическим процессом производства силовых трансформаторов. В нее предложено ввести двухэтапный экспресс-контроль силовых масляных трансформаторов, заключающийся в анализе параметров обмотки и трансформаторного масла. Далее таким же образом, как и с электромагнитными выключателями в соответствии с правилами карт Шухарта проводится анализ параметров обмотки и трансформаторного масла с целью управления технологическим процессом производства.

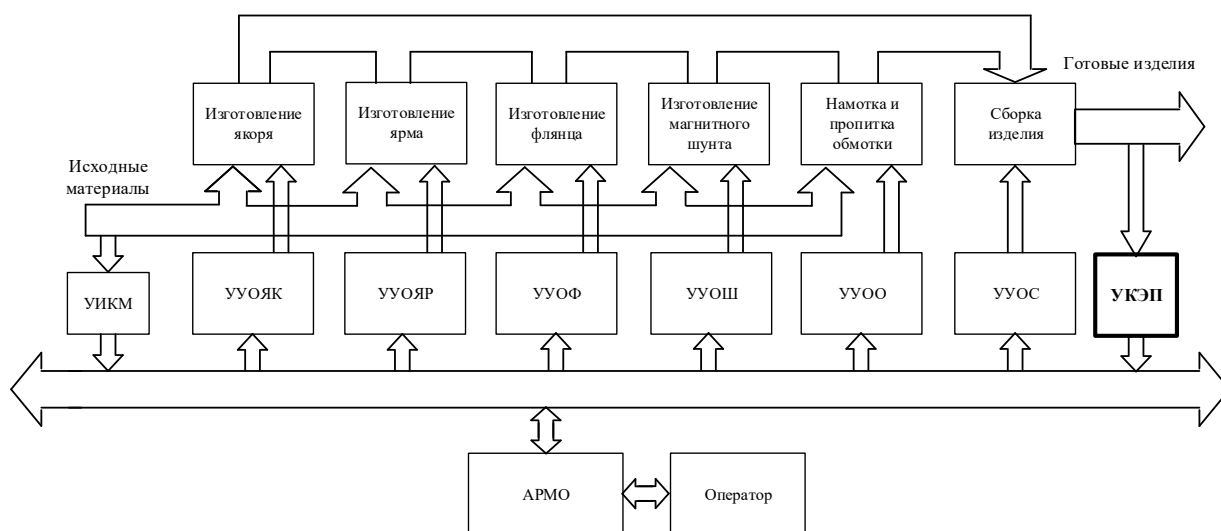


Рис.1. Структурная схема системы управления технологическим процессом производства электромагнитных выключателей

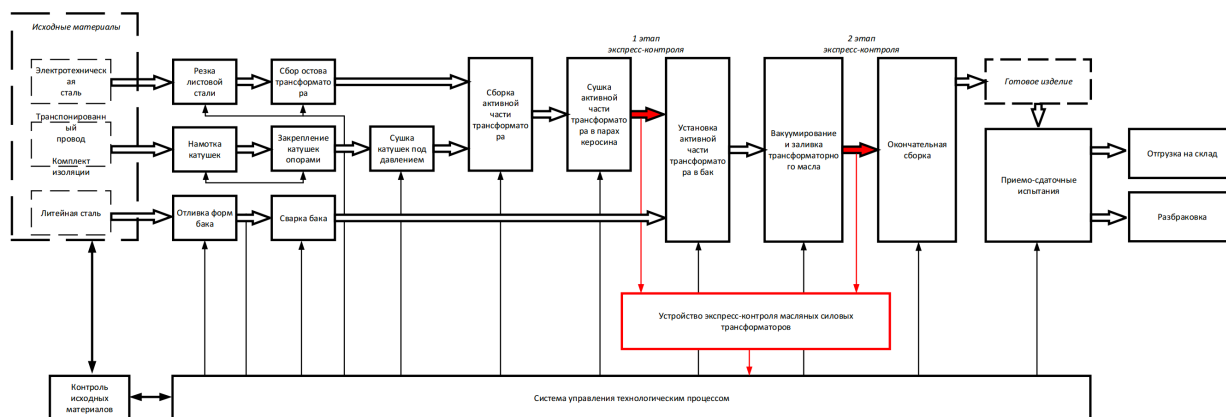


Рис.2. Структурная схема системы управления технологическим процессом производства силовых трансформаторов

Таким образом, исследованы структурные схемы систем управления процессом производства силовых масляных трансформаторов и высоковольтных электромагнитных выключателей и предложены пути повышения качества выпускаемой продукции.



Данная статья была подготовлена в ходе выполнения проекта № СП-1544.2019.1, реализуемого в рамках программы «Стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики, на 2019-2021 гг.»

Список цитируемой литературы

1. Киншт Н.В. Возможности спектральных методов при диагностике силовых трансформаторов // Вологодские чтения. 2005. № 53. С.13-14.
2. Макаревич Л.В., Шифрин Л.Н., Алпатов М.Е. Современные тенденции в создании и диагностике силовых трансформаторов больших мощностей // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2008. № 1. С.45-69.
3. Степанов В.М., Андреев К.А. Технические решения по диагностике силовых трансформаторов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. № 6-1. С.74-81.
4. Ермаков Е.Г., Ганул Т.В. Комплексный подход к диагностике силовых трансформаторов // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2015. № 6. С.32-36.
5. A. Purwadi, N. Heryana, D. Nurafiat, C. Sosetyo, A. Setiana and A. Mustaqim, «Testing and diagnostics of power transformer in pt. indonesia power kamojang geothermal power plant unit 1» Proceedings of the 2011 International Conference on Electrical Engineering and Informatics, Bandung, 2011, pp. 1-5.
6. B. Richardson, «Diagnostics and monitoring of power transformers» IEEE Colloquium on Condition Monitoring of Large Machines and Power Transformers (Digest No: 1997/086), London, UK, 1997, pp. 6/1-6/2.
7. C. Y. Perkasa, N. Lelekakis, J. Wijaya and D. Martin, «Investigating bubble formation in vegetable and mineral oil impregnated transformer paper insulation systems» 2012 22nd Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC), Bali, 2012, pp. 1-5.
8. E. A. Mackenzie, J. Crossey, A. dePablo and W. Ferguson, «On-line monitoring and diagnostics for power transformers» 2010 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, San Diego, CA, 2010, pp. 1-5.
9. D. Zmarzly, T. Boczar, P. Fracz and S. Borucki, «High voltage power transformer diagnostics using vibroacoustic method» 2014 IEEE International Power Modulator and High Voltage Conference (IP-MHVC), Santa Fe, NM, 2014, pp. 561-564.

© А. М. Ланкин, 2019