

2. Казакова Н.Ю. Основные принципы разработки сюжета игрового проекта в рамках гейм-дизайна // Вестник АГУ. – 2016 – № 3 – С. 216–222.
3. Chursin G., Semenov M. Learning game development with Unity3D engine and Arduino microcontroller // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1488.–Article number 012023.
4. Chursin G., Semenov M. Using an ESP8266 microcontroller to develop a learning game // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1611.– Article number 012059.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ВИТКОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

А.В. Мытников, В.В. Стругов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: mytnikov66@mail.ru

MEASURING COMPLEX FOR DETECTING DEFECTS OF HIGH-VOLTAGE TRANSFORMER CIRCUIT INSULATION

A.V. Mytnikov, V.V. Strugov

National Research Tomsk Polytechnic University

***Annotation.** The article presents the result of research and practical implementation of a measuring complex that allows monitoring the state of the coil insulation of power transformers.*

Измерения с целью оценки фактического состояния силового электрооборудования является на сегодняшний день сложной и актуальной задачей. Решить ее можно на основе исследования и развития новых измерительных комплексов для контроля состояния высоковольтного оборудования. Трансформаторы, которые являются наиболее ответственными и дорогостоящими элементами электрических сетей часто могут эксплуатироваться с дефектами обмоток в течение некоторого периода времени. В настоящее время отсутствует метод, позволяющий определять дефекты витковой изоляции силового трансформатора [1–3]. В основе импульсного метода по выявлению дефектов витковой изоляции обмотки лежит сравнение сигналов-откликов, полученных на исправном трансформаторе, с результатами последующих контрольных измерений. Метод был предложен в 1966 г. В. Лехом и Л. Тымински [4], и сразу получил признание в электроэнергетических системах для контроля состояния трансформаторно-реакторного оборудования [5].

Основная проблема, сдерживающая распространение эффективной и востребованной технологии состоит в отсутствии надежных измерительных систем, которая позволяла бы осуществлять процесс контроля состояния обмоток с высокой степенью достоверности. В статье приводятся результаты по разработке измерительного комплекса на основе генератора зондирующих импульсов с крутым фронтом – на уровне 15-20 нс. Как показали приведенные исследования генератор способен обеспечить зондирующий импульс с параметрами: длительность 500 нс, крутизна фронта импульса 15-20 нс, при отсутствии отраженной волны, требуемой повторяемости параметров, а так же возможность стабильной работы в широком диапазоне температур, в полевых условиях. Еще одним необходимым элементом измерительного комплекса является электронный осциллограф для измерений сигналов зондирующего импульса, подаваемого на исследуемую обмотку и импульсного отклика как результат переходного процесса, несущего информацию о фактическом состоянии витковой изоляции.

На рис. 1 приведен внешний вид генератора зондирующих наносекундных импульсов.

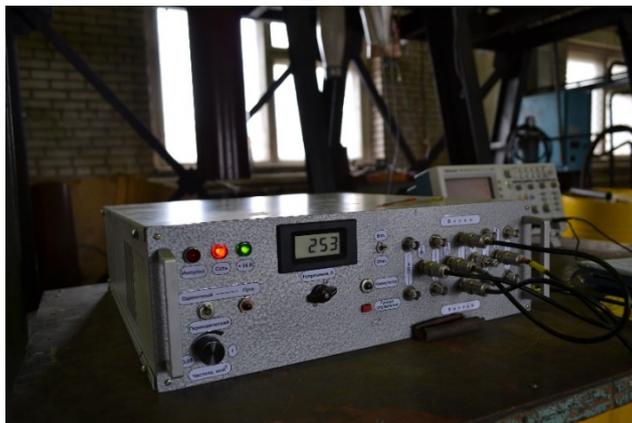


Рис. 1. Внешний вид генератора зондирующих импульсов.

Схема контроля состояния обмоток трансформатора, включающая генератор зондирующих импульсов наносекундного диапазона, осциллографы, контролирующие параметры зондирующего импульса и сигналы отклика, а также места подключений к обмоткам как низкого, так и высокого напряжения показана на рис.2.

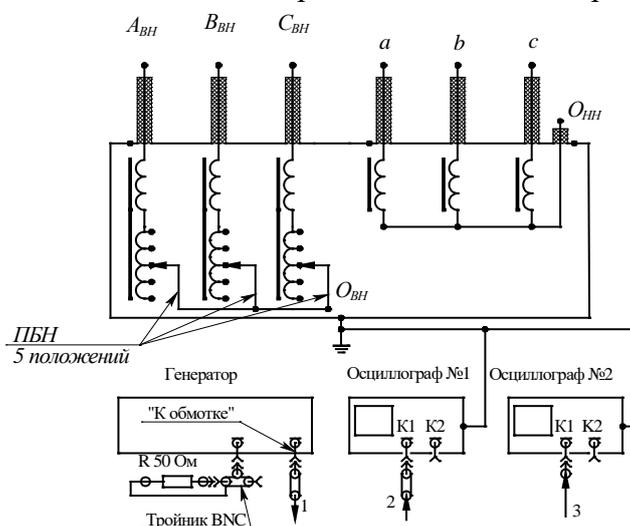


Рис. 2. Схема подключения измерительного комплекса для контроля обнаружения дефектов витковой изоляции силовых трансформаторов.

Внешний вид типичного дефекта витковой изоляции обмотки приведен на рис. 3.

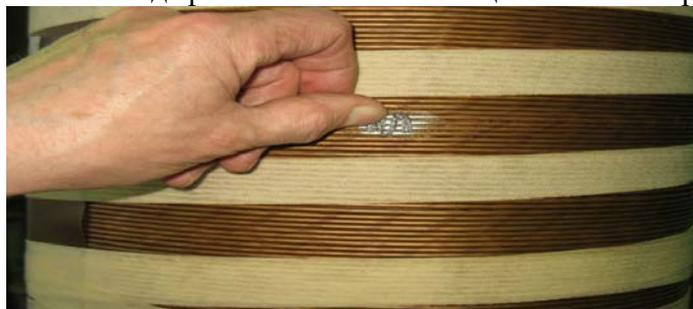


Рис. 3. Вид дефекта витковой изоляции обмотки силового трансформатора.

Разработанный комплекс прошел проверку и был успешно протестирован. Дефект витковой изоляции изображенный на рисунке 3 успешно выявлялся путем сравнения осциллограмм текущего и предшествующего измерений. Аналогичные результаты были получены при обнаружении дефектов витковой изоляции, созданных в результате

воздействия высокочастотной составляющей возникающей при коммутационных переключениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов В.В. Ранжирование состаренного парка силовых трансформаторов по техническому состоянию // Современное состояние и проблемы диагностики силового электрооборудования: Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции. – Новосибирск, 2006. – С. 7–18.
2. Pettersson L., Fantana N.L., Sunderman U. Assessment ranking of power transformers using condition based evaluation, a new approach // CIGRE Paris Conference. – Paris, 1998. – P. 12–204.
3. Осотов В.Н. О методологии оценки состояния электрооборудования с большим сроком службы // Современное состояние и проблемы диагностики силового электрооборудования: Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции. – Новосибирск, 2006. – С. 25–29.
4. Лех В., Тымински Л. Новый метод индикации повреждений при испытании трансформаторов на динамическую прочность // Электричество. – 1966. – Т. 1. – № 1. – С. 77–81.
5. Хренников, А.Ю. Опыт обнаружения остаточных деформаций обмоток силовых трансформаторов / А.Ю. Хренников // Энергетик. – 2003. – №. 7. – С. 18–20.

ПЕРЕПОДГОТОВКА КАДРОВ В УРАНОВОЙ ОТРАСЛИ НА БАЗЕ ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Е.Г. Язиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: yazikoveg@tpu.ru

TRAINING PERSONNEL OF THE URANIUM INDUSTRY ON THE BASIS OF TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY

E.G. Yazikov

National Research Tomsk Polytechnic University

***Annotation.** The long-term experience of Tomsk Polytechnic University in personnel training for NAC "Kazatomprom" is analyzed. Combining the efforts of the two engineering schools of TPU allowed developing unique programs that have been in demand for more than six years by the uranium mining enterprises of Kazakhstan.*

Многолетний опыт работы Томского политехнического университета в области переподготовки кадров для сотрудников НАК «Казатомпром» успешно реализуется совместно с Казахским ядерным университетом шесть лет и за это время переподготовку прошли в общей сложности 140 человек, из них сотрудники различных рудников (ТОО «Каратау», ТОО «ДП Орталык», ТОО «СП Хорасан-У», ТОО «Байкен-У» ТОО «АППАК» и другие.). Сотрудничество трех организаций позволило выработать схему взаимодействия и предложить новую форму обучения, которая позволила оптимально использовать ресурс двух кафедр ТПУ, а ныне отделений – это кафедра химической технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов Физико-технического института (отделение ядерно-топливного цикла Инженерной школы ядерных технологий) и кафедра геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов (отделение геологии Инженерной школы природных ресурсов), в состав которой входит Международный инновационный научно-образовательный центр «Урановой геологии» [1]. Переподготовка сотрудников НАК «Казатомпром» ведется по трем программам: «Технология урановых добывающих и перерабатывающих предприятий», «Технология подземного выщелачивания урана» и «Геология урановых месторождений». Выбранная