

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОСТАТОЧНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА ЭЛЕГАЗОВЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Бушуева Н.И.¹, Поповцев В.В.¹, Патраков Ю.В.¹

¹) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: n.i.bushueva@urfu.ru

REAL-TIME MONITORING SYSTEM FOR THE SF6 CIRCUIT BREAKERS LIFE CYCLE

Bushueva N.I.¹, Popovtsev V.V.¹, Patrakov Y.V.¹

¹) Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

The paper addresses the main aspects when developing a life cycle monitoring system for high-voltage SF6 circuit breakers. Special attention is paid to nozzle ablation, in particular, to the determination the integral effect of the action of a hot SF6 gas flow on the nozzle walls.

Сегодня для цели мониторинга остаточного коммутационного ресурса не имеется реально функционирующих комплексных систем оперативно-технологического управления коммутационным оборудованием электроэнергетических систем, позволяющим получать количественную оценку его функционального состояния, в частности, осуществлять мониторинг жизненного цикла на основе расчета комплексных физических процессов в дугогасительных устройствах таких коммутационных аппаратах как элегазовые выключатели при отключении токов короткого замыкания и в случае на их включение.

Из наиболее известных методик, применимых для оценки остаточного коммутационного ресурса элегазовых выключателей встречаются следующие: а) измерение динамического сопротивления межконтактного промежутка; б) оценка по количеству операций отключения и включения (стандартная методика по кумулятивному эффекту); в) измерение характеристик скорости и времени привода (АО «Группа СВЭЛ», ОАО «СЗТТ»); г) интегральный расчет тока отключения (ООО «Эльмаш (УЭТМ)»); е) расчет энергии дуги [1]; ф) виброанализ; г) расчет эрозии дугогасительных контактов [2]; з) расчет абляции сопел [3]–[4]; и) анализ распада элегаза; ж) снятие кривой скорости снижения электрической прочности [5]; к) рентгенография (Hitachi ABB Ltd.).

Ни один из вышеперечисленных методов не учитывает комплексные физические процессы, протекающие в дугогасительном устройстве при отключении токов короткого замыкания. Как показано в [4] эффект абляции фторопластовых сопел при воздействии на них дуги отключения не может быть игнорирован, т.к., в основном, степень абляции определяет успешность

отключения тока короткого замыкания. Для того, чтобы создать систему мониторинга на основе абляции сопел, необходимо рассчитать процесс дугогашения, в частности, определить интегральный эффект воздействия горячего потока элегаза на стенки сопел.

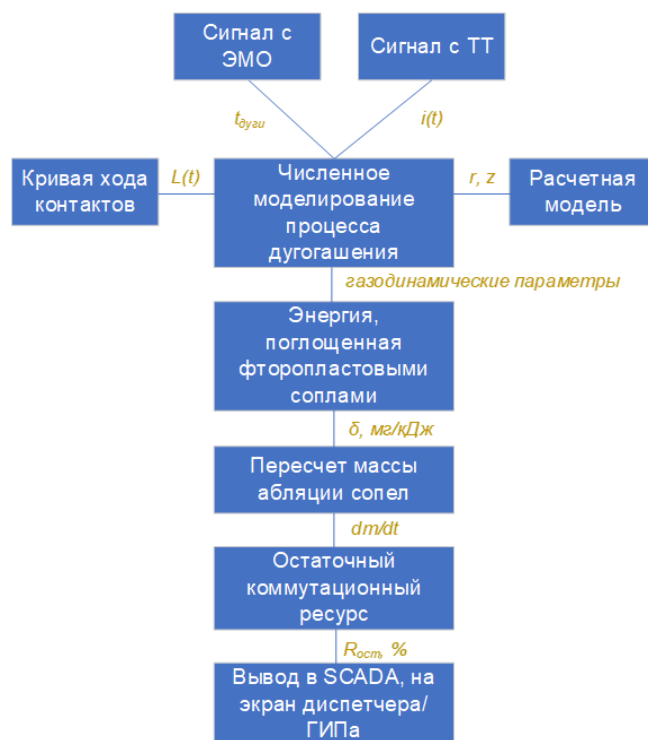


Рис. 1. Принцип работы системы мониторинга остаточного ресурса элегазовых выключателей на основе расчета абляции сопел: ЭМО – электромагнит отключения; ТТ – трансформатор тока; ГИП – главный инженер подстанции; L – ход контактов, мм; $t_{дуги}$ – время горения дуги; r, z – цилиндрическая система координат

На рис. 1 приведена блок-схема, поясняющая принцип работы предлагаемой системы мониторинга остаточного ресурса. Особенностью данной системы является наличие численного расчета процесса дугогашения и пересчет массы абляции. Наличие такой системы на электросетевом объекте повышает наблюдаемость электрической сети и ее надежность.

В работе проведен анализ основных аспектов при разработке системы мониторинга остаточного ресурса элегазовых выключателей на основе расчета абляционных процессов фторопластовых сопел при коммутации. Планируется создать систему мониторинга на базе алгоритма, реализующего обработку сигналов с трансформатора тока и электромагнита отключения и их последующую обработку, используя математические средства численного моделирования, для выявления зависимостей между током отключения и скоростью коммутационного износа элементов дугогасительного устройства выключателя. Актуальность данной темы обуславливается переходом к системам

мониторинга и диагностики электрооборудования по фактическому техническому состоянию.

1. Bagherpoor A., Rahimi-Pordanjani S., Razi-Kazemi A., Niayesh K. Online condition assessment of interruption chamber of gas circuit breakers using arc voltage measurement. *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 32, no. 4. pp. 1776–1783, (2017). DOI: 10.1109/TPWRD.2016.2597302
2. Mohammadhosein M., Niayesh K., Shayegani-Akmal A. A., Mohseni H. Online Assessment of Contact Erosion in High Voltage Gas Circuit Breakers Based on Different Physical Quantities. *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 34. no. 2. pp. 580-587, (2019). DOI: 10.1109/TPWRD.2018.2883208
3. Park J. H., Ha M.J. Experimental and Numerical Studies of Nozzle Ablation and Geometric Change in Real Gas Circuit Breakers. *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 37, no. 6, pp. 4506–4514, (2022). DOI: 10.1109/TPWRD.2022.3150111
4. Park S. H., Kim H.K., Bae C.Y., Jung H.K. Evaluation on short line fault breaking performance of SF6 gas circuit breaker considering effects of ablated nozzle vapor. *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 45, no. 3, pp. 1836–1839, (2019). DOI: 10.1109/TMAG.2009.2012805
5. Hamada H. [et al]. RDDS (rate of decrease of dielectric strength) measurement for gas circuit breaker. *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition, Yokohama, Japan*, vol.3, pp. 1755-1759, (2002). DOI: 10.1109/TDC.2002.1177720