



## СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ГЕНЕРАТОРОВ, КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ И ТРАНСФОР- МАТОРОВ. ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ

**Р.В. Разумов, А.В. Михайлов, М.Ю. Соловьев, Россия,**  
г. Чебоксары, НПП «ЭКРА»

*Ключевые слова:* частичный разряд, повреждения, прогнозирование, упреждение.

### ***Введение***

Обнаружение частичного разряда (ЧР) представляет собой способ индикации на ранней стадии дефектов в диэлектрической изоляции. ЧР возникают при старении, загрязнении или пробое материала изоляции между компонентами с разными электрическими потенциалами. Целью измерений частичных разрядов является подтверждение отсутствия вредных источников частичных разрядов.

### ***Мониторинг активности ЧР в генераторах***

Мониторинг активности ЧР получает все большее признание в мире во всех крупных электроэнергетических компаниях. В качестве примера реализации проектов в РФ можно отметить проект внедрения системы мониторинга ЧР MONGEMO на Северо-Западной ТЭЦ им. А.Г. Бориса, входящей в состав АО «Интер РАО - Электрогенерация». В 2020 г. НПП «ЭКРА» завершила второй этап поставки и наладки системы мониторинга: к системе мониторинга подключены еще четыре турбогенератора. Система успешно прошла опытную эксплуатацию и осуществляет мониторинг активности ЧР одновременно на шести турбогенераторах типа ТФГ-160-2У3 (рис.1). Разработка проектной и рабочей документации осуществлялась Проектным Центром «ЭКРА» (ПЦ «ЭКРА») в соответствии с типовыми проектными решениями по созданию системы мониторинга MONGEMO [1].

Для каждого генератора использовались по три конденсатора связи МСС 124 (24 кВ, 1 нФ) – по одному на каждую фазу и одно устройство сбора данных OMS 841. Монтаж конденсаторов связи производился во время проведения плановых технических обслуживаний и ремонтов генераторов.

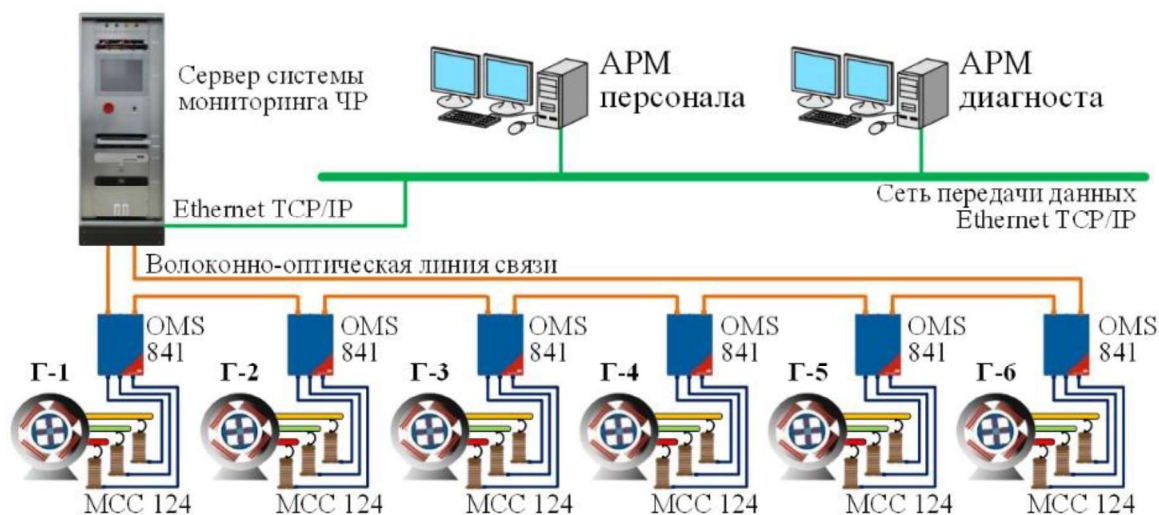


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга ЧР MONGEMO на Северо-Западной ТЭЦ им. А.Г. Бориса

В связи с различным типом исполнения генераторов конденсаторы связи монтировались двумя способами: в непосредственной близости от линейных выводов генераторов и внутри экранов токопроводов генераторов. Применение конденсаторов связи с максимальным рабочим напряжением 24 кВ позволило проводить регламентированные периодические высоковольтные испытания обмотки статора генератора повышенным напряжением ( $>1,5 U_{ном}$ ) без отключения конденсаторов связи от токопроводов генератора. Подключение конденсаторов связи к шинам токопроводов выполнялось с помощью высоковольтного провода, а к устройству сбора данных – с помощью триаксиальных кабелей. Для уменьшения длины кабелей и снижения влияния шума и помех устройство сбора данных устанавливалось рядом с конденсаторами связи в защитном шкафу с классом защиты IP 65. Калибровка измерительных каналов устройства сбора данных выполнялась на расшинованном генераторе путем подачи непосредственно на конденсаторы связи калибровочных импульсов величиной заряда, равной 1 нКл. Для цифрового фильтра устройства сбора данных выбрана центральная частота 3,5 МГц и полоса пропускания 600 кГц.

Устройства сбора данных непрерывно осуществляют сбор сигналов от конденсаторов связи, обработку и передачу данных на сервер системы мониторинга по волоконно-оптическому кабелю. На сервере осуществляется сбор, обработка, хранение и



отображение долгосрочных данных ЧР по каждому генератору, формирование предупредительной и аварийной сигнализации. Сервер подключен к сети Ethernet станции и предоставляет удаленный доступ к текущим и сохраненным данным ЧР доверенным пользователям АРМ через веб-интерфейс. Веб-интерфейс в режиме онлайн отображает данные по ЧР каждого генератора. Дополнительно сконфигурирована отправка оповещения о срабатывании сигнализации по e-mail.

Для отображения трендов в соответствии с заданным периодом, например раз в час, по каждой фазе генератора осуществляется запись скалярных величин параметров ЧР, а так же набор данных для диаграмм PRPD и ZPARD для последующей обработки и визуализации.

Наборы данных отмечаются на тренде в виде красных треугольников, при выборе которых отображается ZPARD диаграмма с автоматически разделенными кластерами – источниками ЧР. По каждому кластеру можно посмотреть очищенную от других источников ЧР PRPD диаграмму и сформировать систематизированный отчет.

С самого начала эксплуатации системой мониторинга MONGEMO была зафиксирована повышенная активность ЧР в генераторах Северо-Западной ТЭЦ. Анализ результатов измерений показал, что источниками ЧР являются разряды/искрения в лобовой части обмотки статора, при этом амплитуда и частота возникновения ЧР оставались за все время наблюдения на одном уровне. При данном уровне амплитуды ЧР не представляют большой опасности для обмотки статора, поэтому генераторы с такими ЧР могут продолжить эксплуатацию до последующего планового технического обслуживания и ремонта.

### ***Мониторинг технического состояния высоковольтных вводов***

Высоковольтные вводы являются неотъемлемой частью такого высоковольтного оборудования, как трансформаторы, шунтирующие реакторы, масляные выключатели, КРУЭ.

Собранная статистика свидетельствует о том, что чаще всего повреждения вводов связаны с диэлектриком, при этом в подавляющем большинстве случаев ухудшение электрических па-



раметров вводов происходит не мгновенно и может быть своевременно обнаружено системой непрерывного контроля.

В качестве примера реализации системы непрерывного контроля высоковольтных вводов можно отметить проект внедрения ПТК DIAMONT на ПС Мневники АО «ОЭК». На базе ПТК DIAMONT с 2019 г. осуществляется непрерывный онлайн-мониторинг технического состояния высоковольтных вводов токоограничивающего устройства на основе высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП ТОУ). Данное ВТСП ТОУ обладает рекордными характеристиками – является самым мощным в мире ВТСП ТОУ (450 МВт). ВТСП ТОУ состоит из трех однофазных агрегатов (фаз), на каждой фазе имеется по два высоковольтных ввода 220 кВ с твердой изоляцией типа RIP (Resin impregnated paper).

Структурная схема системы мониторинга приведена на рис. 2.

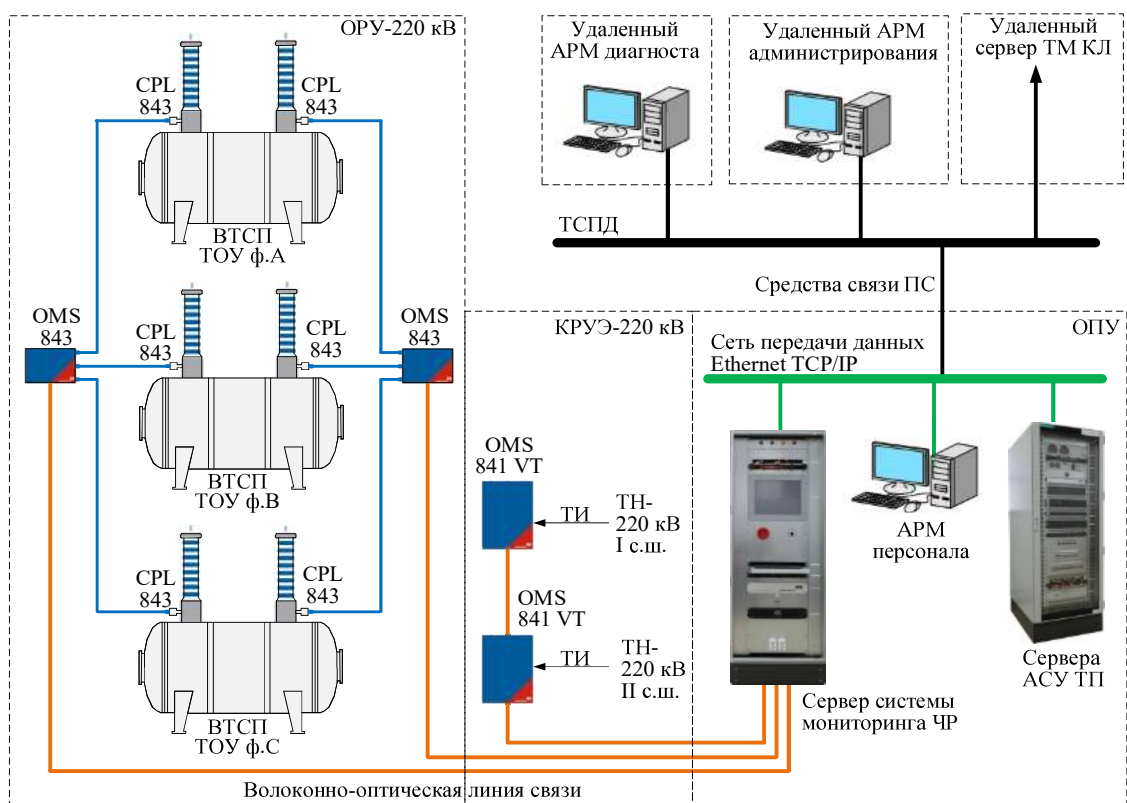


Рис. 2. Структурная схема системы мониторинга DIAMONT



В ПТК DIAMONT ПС Мневники было активировано отслеживание следующих критических индикаторов деградации изоляции высоковольтных вводов:

- абсолютное значение емкости  $C_1$  и тангенса угла диэлектрических потерь изоляции вводов с температурной компенсацией измеренных значений и получением опорных сигналов от измерительных трансформаторов напряжения;
- мониторинг активности частичных разрядов;
- регистрация переходных процессов (импульсных перенапряжений) в высоковольтной сети.

### ***Заключение***

Надежность работы высоковольтного оборудования, продление его срока службы могут быть обеспечены путем оснащения системами онлайн мониторинга и технической диагностики. Применение систем мониторинга оборудования позволяет отслеживать дефекты до появления критичных повреждений, перейти на обслуживание и ремонты оборудования по техническому состоянию, повысить эффективность и предсказуемость их эксплуатации.

### ЛИТЕРАТУРА

НПП «ЭКРА». Типовые проектные решения на создание (модернизацию, замену) системы мониторинга частичных разрядов в изоляции вращающихся машин на оборудовании OMICRON. Типовые проектные решения MONGEMO.

#### ***Авторы:***

***Разумов Роман Вадимович***, директор департамента автоматизации энергосистем (ДАЭС) НПП «ЭКРА». E-mail: razumov\_rv@ekra.ru.

***Михайлов Алексей Владимирович***, ведущий инженер продуктового направления департамента автоматизации энергосистем НПП «ЭКРА». E-mail: mihailov\_av@ekra.ru.

***Соловьев Михаил Юрьевич***, заведующий отделом автоматизированных испытательных систем НПП «ЭКРА». E-mail: soloviev\_my@ekra.ru.