

5. Экспериментальное исследование нетеплового воздействия мощных электромагнитных импульсов на упорное золотосодержащее сырье / И.Ж. Бунин, Н.С. Бунина, В.А. Вдовин и др. // Изв. АН. Сер. Физическая. – 2001. – Т. 65. – № 12. – С. 1788–1792.
6. Роль истечения газа из каналов наносекундного пробоя в процессе электроимпульсной дезинтеграции сульфидных минералов / В.А. Чантурия, И.Ж. Бунин, А.Т. Ковалев // Изв. РАН. Сер. Физическая. – 2010. – Т. 74. – № 5. – С. 714–717.
7. Чантурия, В.А. О процессах формирования микро- и наночастиц на поверхности сульфидных минералов при воздействии наносекундных электромагнитных импульсов / В.А. Чантурия, И.Ж. Бунин, А.Т. Ковалев, Е.В. Копорулина // Изв. РАН. Сер. Физическая. – 2012. – Т. 76. – № 7. – С. 846–850.
8. Мингажева Ю.Г. Исследование воздействия мощных наносекундных импульсов на водные растворы / Ю.Г. Мингажева // Сборник трудов XIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук». – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2016. – Т. 2. – С.298-300.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ДИАГНОСТИКИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ПО КОММУТАЦИОННЫМ ПРОЦЕССАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

А.В. Кузякин

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, ОЭЭ, гр. 5АМ33*

Научный руководитель: А.В. Мытников, к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ

Изоляция является наиболее проблемным компонентом любого высоковольтного аппарата в силу ряда проблем, основной из которых является развитие частичных разрядов (ЧР). Несмотря на многообразие методов обнаружения ЧР не существует эффективного способа выявлять ЧР на ранних стадиях развития под рабочим напряжением. В ходе исследований, результаты которых представлены в статье, установлена принципиальная возможность обнаруживать частичные разряды (ЧР) в высоковольтной изоляции путем анализа результата взаимодействия коммутационных импульсов с собственно ЧР. Критерием, по которому можно констатировать наличие частичного разряда, является уменьшение амплитуды токового сигнала в результате взаимодействия коммутационных импульсов с дефектами внутренней структуры изоляции. Коммутационный импульс меняет форму и интенсивность в зависимости от наличия или отсутствия ЧР на исследуемом участке изоляции. Потенциальная эффективность предлагаемой технологии контроля частичного разряда достаточно высока, так как позволяет использовать ее в режиме без снятия рабочего напряжения.

Своевременный контроль ЧР и определение характеристик ЧР во внутренней структуре высоковольтной изоляции является ключом к обеспечению стабильной работы энергетических систем [1–3]. Разработка технологии контроля ЧР в высоковольтной изоляции в режиме on-line является актуальной задачей [4–6]. А использование коммутационных импульсов для анализа ЧР, по определению является технологией on-line, не требующей сложной и дорогой аппаратуры контроля. Схема экспериментов была следующей. Импульсный высоковольтный конденсатор ИК-100-0,25 заряжается от источника постоянного тока. Затем, при достижении необходимого уровня заряда, заряженный конденсатор переключался на ячейку с ЧР. Ток в цепи разряда измерялся специально разработанным токовым шунтом. Сигнал с шунта измерялся электронным осциллографом Tektronix TDS 1012. Экспериментальная ситуация без ЧР соответствует форме сигнала на рис. 1, а. На рис. 1, б показана та же экспериментальная ситуация, но ячейка содержит пору с ЧР.

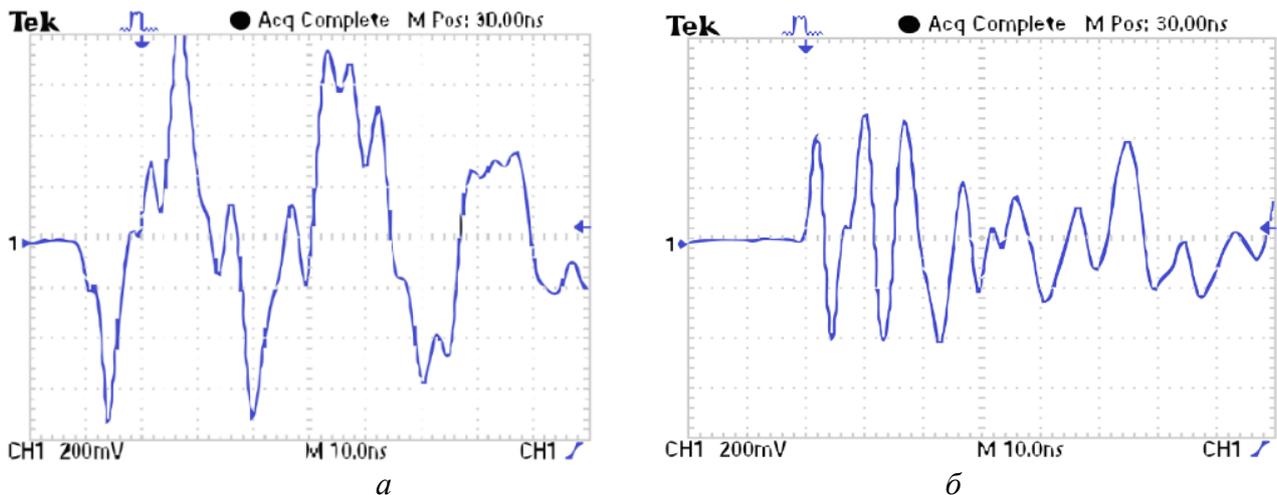


Рис. 1. а – осциллограмма коммутационного импульса без частичного разряда;
б – осциллограмма коммутационного импульса при наличии частичного разряда

Установлено, что уменьшение амплитуды колебаний сигнала, снимаемого с токового шунта пропорционально интенсивности частичного разряда при прочих равных параметрах системы. По мере развития и интенсификации ЧР амплитуда сигнала уменьшается, что объясняется результатом взаимодействия двух импульсов – коммутационного и собственно ЧР. Происходит релаксация ВЧ составляющих зондирующего импульса на участке с ЧР. Степень релаксации пропорциональна степени интенсивности ЧР.

Последовательное сравнение коммутационных импульсов дает информацию о наличии или отсутствии частичного разряда в обследуемой высоковольтной изоляции. В обоих случаях анализ импульсов позволяет сделать вывод о наличии или отсутствии частичного разряда, а также оценить степень его развития. Предложенная идентификация может быть применена для контроля различных типов частичного разряда: стримерной короны, частичного разряда в порах в остаточной атмосфере, частичного разряда во включениях в бумажно-масляной изоляции конденсаторного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чичинский М.И. Повреждаемость маслонаполненного оборудования электрических сетей и качество контроля его состояния // Энергетик. – 2000. – № 11. – С. 29–31.
2. Fuhr J., Aschwanden Th. Identification and Localization of PD-Sources in Power Transformers and Power-Generators // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. – 2017. – Vol. 24. No. 1 – P. 17–30.
3. Zhao X., Yao C., Abu-Siadab A., Liao R. High frequency electric circuit modeling for transformer frequency response analysis studies // Electrical Power and Energy Systems. – 2019. – Vol. 111. – P. 351–368.
4. Florkowski M., Florkowska B., Kuniewski M., Zydron P. Mapping of discharge channels in void creating effective partial discharge area // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. – 2018. – Vol. 25. – P. 2220–2228.
5. Guillen D., Olivares-Galvan J., Escarela-Perez R., Granados-Lieberman D., Barocio E. Diagnosis of interturn faults of single-distribution transformers under controlled conditions during energization // Measurement. – 2019. – Vol. 141. – P. 24–36.
6. Akrama S., Wanga P., Tariq M., Zhoua K., Shoaib M., Hussaine H. Impact of impulse voltage frequency on the partial discharge characteristic of electric vehicles motor insulation // Engineering Failure Analysis. – 2020. – Vol. 116. – P. 104–112.