



Центр научно-технической информации и библиотек  
– филиал ОАО «РЖД»

## **Дифференцированное Обеспечение Руководства**

---

22/2020

### **Диагностика высоковольтного оборудования электроподвижного состава на принципе измерения частичного разряда**

Любая неисправность высоковольтного оборудования на подвижном составе может привести к существенным негативным последствиям, создает опасность для персонала, пассажиров, а также влечет за собой необходимость ремонта, который в ряде случаев требует значительных затрат. На железных дорогах мира широко применяется напряжение 15 или 25 кВ переменного тока, поэтому важно гарантировать, что все высоковольтные компоненты локомотива или электропоезда находятся в удовлетворительном состоянии. Действующими нормативными документами регламентированы испытания, которые позволяют проверить состояние электропроводки, соединений и т.п., однако до недавнего времени провести испытания компонентов оборудования, уже установленных на подвижном составе, было достаточно трудно.

Электроэнергия, поступающая из контактной сети, передается от токоприемника к тяговому трансформатору локомотива или моторного вагона. В число основных компонентов высоковольтной цепи электроподвижного состава входят токоприемники, датчики тока, датчики напряжения, линейные выключатели, разъединители, заземлители, разрядники, высоковольтные кабели, межвагонные электрические соединители и провода, соединенные с вводами тягового трансформатора.

Для оценки состояния этих компонентов применяется тест на частичный разряд (ЧР)<sup>1</sup>, который может быть использован для проверки

---

<sup>1</sup> Частичный разряд (ЧР) - кратковременный разряд сверхмалой мощности, возникающий внутри или на поверхности изоляции высоковольтных кабелей.

изоляции и характеристик электрических цепей. Этот тест считается стандартным при проведении планового обслуживания высоковольтного электрооборудования.

Также частичный разряд может возникать и на корпусах энергоустановок высокого или среднего классов напряжений. Одиночный ЧР не влечёт за собой особой опасности – это краткое событие, неспособное навредить кабелю. Но, возникая на регулярной основе, такие разряды приводят к разрушению изоляции, и как следствие, к короткому замыканию. Чаще всего частичные разряды наблюдаются в местах неоднородности изоляции. Вкрапления шлаков и примесей, воздушные пустоты или капельки жидкости – всё это места повышенной опасности возникновения ЧР. А с учётом того, что подобные разряды провоцируют повреждения в кабельной линии, то чем хуже состояние линии, тем чаще на участке возникают частичные разряды. Наибольший вред ЧР приносят магистральным кабельным линиям большой мощности. Помимо большей частоты возникновения частичных разрядов, и, как следствие, большей нагрузки на подключенные энергосистемы, повреждения на подобных объектах приводят к большим экономическим потерям.

В Российской Федерации принят национальный стандарт ГОСТ Р 55191-2012 (МЭК 60270:2000) «Методы испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов», применяемый при испытании изоляции электрооборудования напряжением переменного тока промышленной частоты до 400 Гц действующим значением свыше 1000 В и напряжением постоянного тока свыше 1000 В.

При приемке подвижного состава или его обслуживании обычно проводят высоковольтные испытания с измерением электрической прочности. В частности, в соответствии с ГОСТ Р 55434-2013 «Электропоезда. Общие технические требования» и ГОСТ Р 55364-2012 «Электровозы. Общие технические требования» изоляция электрических цепей должна выдерживать кратковременное одноминутное напряжение промышленной частоты.

Результат считается успешным в случае отсутствия короткого замыкания между источником питания и трансформатором. Однако при этом невозможно определить риск частичного разряда, что в некоторых случаях может привести к повреждению используемых компонентов. Было установлено, что даже незначительная, но непрерывно продолжающаяся утечка тока с течением времени может способствовать уменьшению электрической прочности компонентов оборудования.

Контроль состояния высоковольтных кабелей на подвижном составе – достаточно непростая задача. Изготовителям подвижного состава и

ремонтным организациям было необходимо найти возможного поставщика приборов, который мог бы помочь в ее решении. Выход предложили специалисты швейцарской компании Alpha Elektrotechnik (входит в состав группы Pfiffner). Они разработали и запатентовали переносную установку EGT-75 для проведения испытаний на частичный разряд и электрическую прочность в условиях эксплуатации (рис.1).



*Рис. 1. Установка EGT-75*

Установка позволяет создать практически лабораторные условия в ремонтном депо. Ее основное назначение – выполнять в максимально безопасных для персонала условиях испытания на частичный разряд и электрическую прочность экранированных кабелей после сборки и монтажа на подвижном составе. Установка содержит главный выключатель с блокировкой и аппараты защиты. Автоматический детектор позволяет минимизировать любые нарушения работы электрической цепи.

Установка EGT-75 состоит из высоковольтного блока, панели управления и измерительного устройства. Ее габаритные размеры – 1200×850×2000 мм. Полностью экранированная конструкция высоковольтного блока позволяет выполнять измерения, не прибегая к демонтажу оборудования на подвижном составе. В качестве изолирующей среды служит элегаз ( $\text{SF}_6$ ) под давлением 0,15 МПа. Максимальное значение напряжения при испытаниях – 75 кВ, частота питающего напряжения – 50 или 60 Гц. Для подключения к контролируемому оборудованию используется гибкий кабель. Установка оснащена заземлителем и реле защиты от перегрузки по току, недопустимого повышения температуры и снижения давления газа.

Корпус снабжен роликами диаметром 100 мм, что облегчает ее перемещение по территории депо. Предусмотрено подключение установки к персональному компьютеру (ноутбуку), при этом используется специально разработанное программное обеспечение.

В состав установки входит устройство для контроля частичного разряда MPD 500 (рис. 2), разработанное австрийской компанией Omicron и представляющее собой признанный на рынке продукт, применяемый для испытаний и контроля кабелей высокого напряжения. Устройство снабжено защитным экраном и фильтрами для минимизации электромагнитного влияния. Испытания на частичный разряд занимают примерно 2 минуты, протокол по их результатам может быть загружен в стандартный персональный компьютер. Одновременно могут быть проведены измерения электрической прочности.



*Рис.2. Система измерения частичных разрядов Omicron MPD 500*

Установка прошла всесторонние испытания как в лабораторных условиях, так и в депо. Проведенные испытания подтвердили ее безопасность в эксплуатации. За последние 2 года были проведены коммерческие испытания EGT-75 в Швейцарии, Германии, Франции, США, Китае и Республике Корея. Так, корейский оператор Korail использовал установку для контроля частичного разряда на электропоездах. На заводе компании Bombardier в Хеннигсдорфе, близ Берлина, она применялась при приемке поезда для городской железной дороги Штутгарта.

*Источники: Материалы компаний Alpha Elektrotechnik (alpha-et.ch), Omicron (omicronenergy.com), Railway Gazette International. – 2019. – № 4. – pp. 36-37, skomplekt.com.*