

Диагностика оборудования и кабельных линий без вывода в ремонт

Дмитрий КОПЧЕНКОВ, руководитель
Испытательно-диагностического центра ООО ПКБ «РЭМ», Санкт-Петербург,
Наталья СИНИЦКАЯ, начальник отдела комплексной диагностики
Департамента эксплуатации ОАО «Ленэнерго», Санкт-Петербург,
Антон ПЕТРОВ, ведущий специалист ГК ИМАГ, Москва

(ПРОДОЛЖЕНИЕ. НАЧАЛО В № 1 2012 г.)

Для оценки работоспособности диагностических систем компании HVPD (Англия), позволяющих контролировать и определять дефектные места в кабельных линиях и электрооборудовании без отключения напряжения,

была проведена опытная диагностика кабельных линий, эксплуатирующихся в ОАО «Ленэнерго».

Диагностика проводилась с применением высокотехнологичного прибора Longshot, в результате чего были получены следующие результаты.

Табл. 1. Линия 9538-9546, БПИ, 10 кВ

Положение датчика	ЧР в кабеле, пКл	Заключение
HFCT вокруг трёх жил	489	ЧР, зафиксированные в кабельной линии, в пределах допустимой нормы, кабель подлежит мониторингу или повторному тесту через 3 месяца
HFCT вокруг вывода экрана	322	

Табл. 2. Линия 1201-1343, БПИ, 6 кВ

Положение датчика	ЧР в кабеле, пКл	Локальные ЧР, дБ	Заключение
HFCT вокруг трёх жил	900	—	ЧР, зафиксированные в кабельной линии, в пределах допустимой нормы, кабель подлежит мониторингу или повторному тесту через 3 месяца. Локальные ЧР в пределах нормы
HFCT вокруг вывода экрана	3291	—	
TEV внутри ячейки	0	10	

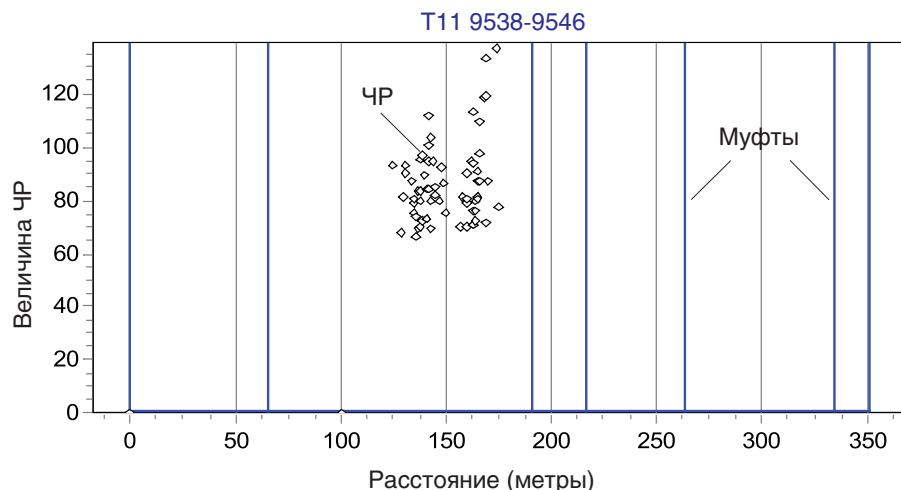
Табл. 3. Линия 1343Б-1369Б, БПИ, 6 кВ

Положение датчика	ЧР в кабеле, пКл	Заключение
HFCT — фаза А	587	ЧР, зафиксированные в кабельной линии, в пределах допустимой нормы, кабель подлежит мониторингу или повторному тесту через 3 месяца
HFCT — фаза В	500	
HFCT — фаза С	350	

После предварительного обследования ячеек на наличие в них поверхностных частичных разрядов на электрооборудование было проведено кратковременное отключение напряжения, которое позволило установить датчики HFCT на кабельные линии и TEV-датчики на ячейки, в которых осуществляется подключение кабеля к оборудованию.

Установка датчиков для первого режима демонстрации заняла от 15 до 20 минут. В последующем для других кабелей после отладки взаимодействия с оперативным персоналом установка датчиков занимала не более 10 минут. Для получения первых результатов диагностики требуется не более 5 минут или 10—15 минут для проведения более детального анализа с локализацией мест возникновения ЧР. В данном случае следует отметить, что датчики могут быть установлены заранее, в процессе регламентных работ на кабеле, а также при монтаже и установке ячеек. Сигнальные провода от датчиков выводятся на лицевую панель ячейки в коммутационный блок, к которому подключается Longshot. В таком случае в течение одного рабочего дня можно протестировать до 30—40 кабель-

Рис. 13. Локализация места возникновения ЧР в кабеле установкой Longshot (одностороннее измерение)



ных линий! При этом не потребуются снятия нагрузки и отключения рабочего напряжения. Были получены следующие результаты диагностики (табл. 1—3).

По линии 9538-9546, БПИ, 10 кВ была проведена локализация мест возникновения ЧР (рис. 13).

Анализ расположения и концентрации частичных разрядов указывает на то, что данные ЧР возникли в изоляции кабельной линии. Согласно критериям компании HVPD данные уровни ЧР не представляют опасности, и необходимости принятия срочных мер, кроме как периодического диагностирования, нет.

Оценка критичности ЧР происходит не только по величине их уровня, но и по их скоплению, т.е. концентрации и частоте возникновения в течение определённого промежутка времени. В случае с протестированными линиями требуется определить возможность развития дефекта. Для этих целей установка Longshot может быть автономно подключена к кабельной линии на определённый промежуток времени. Для мониторинга состояния кабельной линии возможно использование и более простых приборов компании HVPD, таких, как Mini Monitor.

Говоря о критичности ЧР, мы оперируем показателем его величины. Критичность значения ЧР также зависит от места его возникновения в кабеле или оборудовании. Критерии, предлагаемые компанией HVPD для диагностики под напряжением, являются рекомендатель-

ными, полученными на основе проведённых измерений большого количества кабелей и оборудования в мире (страны Европы, Северной и Южной Америки, Азии и Африки). Приведём некоторые критерии критичности ЧР при диагностике под рабочим напряжением (табл. 4—6).

Данные критерии основаны на опыте диагностики определённого оборудования, эксплуатируемого в определённых климатических условиях. Предполагается, что для внедрения подобных систем в России возможно применение предложенных критериев с их последующей корректиров-

Табл. 4. Критерии критичности ЧР для оборудования (переключатели с твёрдой изоляцией или воздушной) до 33 кВ, дБ (для сравнения с показаниями датчиков TEV)

Твёрдая изоляция, дБ	Заключение	Воздушная изоляция, дБ
Менее 0	Нет проблем в изоляции	Менее 0
От 0 до 15	Крайне низкие значения, повторная диагностика через 12 месяцев	От 0 до 10
От 15 до 25	Удовлетворительный уровень активности ЧР, рекомендуется мониторинг или периодическая диагностика	От 10 до 15
От 25 до 35	Высокий уровень активности ЧР, рекомендуется детальная диагностика, в том числе мониторинг	От 15 до 30
Выше 35	Критичный уровень ЧР. Источник следует локализовать и устранить, возможно, для этого потребуются отключение подстанции и ремонт оборудования	Выше 30

Табл. 5. Критерии критичности ЧР для кабельных линий с изоляцией из СПЭ и БПИ до 45 кВ/только СПЭ 66-400 кВ, пКл (для сравнения с показаниями датчиков HFCT)

СПЭ до 45 кВ, пКл	БПИ до 45 кВ, пКл	Заклучение	СПЭ 66-400 кВ, пКл
0—250	0—2500	Разряд в допустимых пределах	0—50
250—350	2500—5000	Рекомендуется контроль	50—200
350—500	5000—7000	Рекомендуется регулярный контроль	200—400
>500	>7000	Следует найти место возникновения ЧР, провести ремонт или замену	>400

ДИАГНОСТИКА

Табл. 6. Критерии критичности ЧР для аксессуаров (муфт, заделок) кабельных линий с изоляцией из СПЭ и БПИ до 45 кВ/только СПЭ 66-400 кВ, пКл (для сравнения с показаниями датчиков HFST)

СПЭ до 45 кВ, пКл	БПИ до 45 кВ, пКл	Заключение	СПЭ 66-400 кВ, пКл
0—500	0—4000	Разряд в допустимых пределах	0—250
500—1000	4000—6000	Рекомендуется контроль	—
1000—2500	6000—10000	Рекомендуется регулярный контроль	250—1000
>2500	>10000	Следует найти место возникновения ЧР, провести ремонт или замену	>1000

кой в процессе опытной эксплуатации под местные условия.

В России всё больший интерес приобретают системы диагностики ЧР кабельных линий. Широкую популярность как в нашей стране, так и за рубежом получили установки OWTS немецкого концерна SebaKMT. Диагностика этими системами выполняется при снятии напряжения и отсоединении кабельной линии от оборудования. При этом на кабель ступенчато подаётся напряжение до значений, равных $1,7—2,0 U_0$, заряжающее его. При его вынужденной разрядке и замыкании контура между ёмкостью кабеля и индуктивностью установки возникает затухающее переменное напряжение, более известное как DAC, демпфирующее переменное напряжение, под воздействием которого в микрополостях изоляции возникают ЧР. В результате этого можно получить информацию об уровнях ЧР, их плотности и месте возникновения. Данный тип диагностики называют OFF-LINE-диагностика, или диагностика с отключением рабочего напряжения. Диагностика системами

HVPD, выполняемая под рабочим напряжением, в данном случае обозначается как ON-LINE. В мире существует несколько разновидностей OFF-LINE-систем. Согласно исследованиям, проведённым в ведущих европейских НИИ (Delft University of Technology и The Netherlands Poznan University of Technology), наилучшая из них — это система с затухающим переменным напряжением в диапазоне частот от 20 до 300 Гц (OWTS немецкого концерна SebaKMT). Конструкция данных систем позволяет свести отрицательное воздействие на кабель к минимуму, при этом габариты самой системы и диапазон длин кабеля, до 20 км, делает её достаточно функциональной. Современные модели таких систем позволяют выдавать

напряжение до 350 кВ, что оптимально для диагностики линий до 220 кВ (из расчёта $1,7 U_0$). Но при этом возможна диагностика и кабельных линий с более высоким напряжением. Основная идея состоит в том, что если при зарядке кабеля напряжением ниже номинального в нём возникают ЧР, то это уже серьёзный повод для размышлений. Для диагностики кабельных линий высокого класса напряжения также используются резонансные системы, позволяющие подавать на кабель переменное напряжение в 200 кВ и выше на частоте 50—500 Гц в течение длительного времени. При этом также возможна локализация ЧР, их уровней и мест возникновения. Такие системы проигрывают в функциональности системам OWTS, так как влияют на кабель более отрицательно, обладают значительными габаритами, весом до 20 т, и внушительной стоимостью. В случае если необходимо провести диагностику кабеля среднего напряжения, то возможно использование высоковольтных испытательных систем, совмещённых с системой локализации ЧР (рис. 14).

Рис. 14. Системы диагностики



1 — резонансная система 132 кВ; 2 — система OWTS 150 кВ; 3 — прибор Logshot, диагностика до 700 кВ (можно использовать с высоковольтной установкой для OFF-LINE-диагностики)



Диагностическая лаборатория ПКБ РЭМ с установкой OWTS 60

Методы OFF-LINE и ON-LINE могут дополнять друг друга. Методы OFF-LINE лучше подходят для точной локализации места возникновения ЧР и обладают высокой чувствительностью, однако приборы, реализующие данный метод, габаритны, ограничены по своему испытательному напряжению и требуют отключения кабельной линии. Системы HVPD в данном случае выглядят более перспективно. Они обладают скромными габаритами, их стоимость не зависит от класса напряжения системы, они весят не более 8 кг, полностью автономны, универсальны. Результаты, получаемые при реализации того или иного метода диагностики, будут отличаться из-за принципа измерений, однако в данном случае следует понимать, что хотя на деле происходит измерение ЧР в пКл, это два разных метода диагностики, которые по-своему отвечают на один поставленный вопрос: каково состояние объекта исследования? К достоинствам установки Longshot, выявленным в процессе измерений, можно отнести следующие:

- вес установки — менее 8 кг, работает от источника питания 220 В/50 Гц, что делает её портативной, переносимой одним оператором;
- по заявлению производителя установка универсальна и позволяет тестировать не только кабельные линии, но и электрооборудование напряжением до 700 кВ. При этом возможно не только измерение уровней ЧР и их локализация, но и длительный мониторинг состояния электротехнических объектов;
- диагностика установкой проводится под рабочим напряжением;
- функциональность установки позволяет превратить любую ЭТЛ с высоковольтным источником напряжения в диагностическую лабораторию.

Ещё одним интересным аспектом являются сопоставимости результатов OFF-LINE- и ON-LINE-диагностики на примере опыта параллельного использования системы OWTS и Longshot в Малайзии в 2008 году. При тестировании кабельной линии номинальным напряжением 11 кВ, длиной 239 м с изоляцией из СПЭ было проведено сравнение результатов локализации ЧР установкой OWTS и Longshot. Сравнение результатов измерений дало достаточно близкие результаты. Так, на расстоянии 40 метров от начала кабеля обе установки локализовали место высокой концентрации ЧР (рис. 15).

Всё это говорит о достаточно высоком уровне развития диагностики электрооборудования и кабельных линий системами HVPD без вывода последних в ремонт. Это делает возможным дальнейшее сотрудничество эксплуатирующих организаций и производителей подобных систем для перехода к обслуживанию по состоянию кабельных линий и электрооборудования.

Рис. 15. Сравнение результатов локализации ЧР приборами OWTS и Longshot

