

УДК 621.315

МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Козин Г.Д.

Научный руководитель – м.т.н., ст. преп. Гапанюк С.Г.

Для надежной работы электрических установок состояние изоляции имеет первостепенное значение. В процессе эксплуатации на изоляцию воздействуют электрические, механические и тепловые нагрузки, что приводит к постепенному ухудшению её свойств. Процесс ухудшения свойств называется старением изоляции. Изменения свойств (уменьшение сопротивления, снижение электрической прочности, рост диэлектрических потерь) приводят к пробое. Пробой твердой и комбинированной изоляции – необратимое явление, приводящее к нарушению работы электрического оборудования. С целью своевременного предупреждения, устранения дефектов (локальных и распределенных) и недопущения внезапных пробоев необходима профилактика изоляции в процессе её эксплуатации. Вовремя принятые меры обеспечивают надежную эксплуатацию электрического оборудования и позволяют ему функционировать в течении долгого времени.

Поскольку задача контроля качества изоляции осложняется значительными объемами материалов, в отношении которых стоит проводить проверку, в целях сокращения, задействованных человеческих и материальных ресурсов, контроль качества осуществляют неразрушающими методами. Они позволяют быстро и без нарушения работоспособности электрической установки осуществить контроль качества, что прямо противоположно разрушающему методу, для использования которого требуется демонтаж или выведение из эксплуатации рассматриваемого элемента электрической сети.

Сохранение целостности изоляции при неразрушающих испытаниях достигается за счет использование низких напряжений, которые не влияют на работоспособность электрических установок, и косвенных методов оценки качества изоляции. В энергосистемах применяются в основном электрические неразрушающие методы, которые базируются на явлениях, возникающих в диэлектриках под действием слабых электрических полей: электропроводности и электрической поляризации.

С загрязнением изоляции повышается ее электропроводность, а соответственно понижается электрическая прочность. Таким образом, проводимость может служить косвенным показателем загрязненности изоляции, что сказывается на её состоянии.

Рассеяние энергии, обусловленное процессом приобретения диэлектриком отличного от нуля макроскопического дипольного момента, характеризуется величиной ($\text{tg } \delta$). Эта величина называется тангенсом диэлектрических потерь и может служить как косвенный показатель состояния изоляции.

Контроль состояния изоляции по $\text{tg } \delta$ является одним из самых распространенных, так как позволяет не только зафиксировать наличие дефекта, но и в некоторых случаях определить его характер.

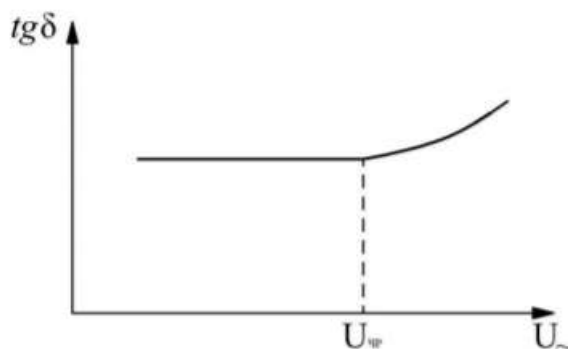


Рисунок 1. Зависимость $\operatorname{tg} \delta$ изоляции от напряжения

Критическое значение тангенса диэлектрических потерь определяется для разных видов изоляции. Если измеренное значение $\operatorname{tg} \delta$ не изменяется с увеличением напряжения, то изоляция считается нормальной. Если, начиная с некоторого напряжения значение $\operatorname{tg} \delta$ увеличивается, то это свидетельствует о наличии в изоляции частичных зарядов, соответственно, чем выше напряжение, тем выше диэлектрические потери. Как правило, профилактический контроль изоляции электрического оборудования по $\operatorname{tg} \delta$ производится при испытательном напряжении 10 кВ, независимо от номинального напряжения оборудования. Однако, в качестве исключения, для некоторых видов электрического оборудования измерения диэлектрических потерь проводится при других значениях напряжения, которые могут достигать полуторакратного рабочего напряжения. Измерения при высоких напряжениях проводятся только в лабораторных условиях, поскольку для этого требуется громоздкое оборудование, что вызывает затруднения в условиях эксплуатации.

Для контроля состояния комбинированной изоляции (состоящей из нескольких диэлектриков с разными характеристиками) используется явление абсорбции. Это явление обусловлено накоплением на границах диэлектриков зарядов с различными свойствами.

Одним из простых и наиболее распространенным методом такого контроля является метод контроля изоляции по сопротивлению утечки.

Сопротивление утечки – обратная величина проводимости. Измерения выполняются с помощью простых переносных приборов – мегаомметров. Источником постоянного напряжения служит генератор с ручным или моторным приводом, а измерительным прибором - логометр.

При измерениях зависимость сопротивления от времени не определяют, а фиксируют лишь две характерные точки – сопротивление спустя 15 секунд и 60 секунд после включения мегаомметра. Состояние изоляции оценивают либо по абсолютному значению R_{60} либо по отношению

$$k_{\text{абс}} = \frac{R_{60}}{R_{15}},$$

где R_{60} – сопротивление спустя 60 секунд после включения мегаомметра;

R_{15} – сопротивление спустя 15 секунд после включения мегаомметра;

$k_{\text{абс}}$ – коэффициент абсорбции.

По мере уменьшения влаги в изоляции, этот коэффициент стремится к какому-то предельному значению, равному примерно 2,0-2,5. Низкие значения свидетельствуют о сильном увлажнении изоляции, что приводит к образованию дефектов. По сопротивлению утечки можно судить о наличии сосредоточенных дефектов, чего нельзя осуществить при помощи метода контроля состояния изоляции по тангенсу диэлектрических потерь.

К примеру, механические повреждения, малые по объему в сравнении с объемом изоляции, а также следы от незавершенных разрядов часто приводят к сильному снижению сопротивления изоляции.

В сочетании с другими методами контроля можно достичь эффективных результатов, используя методы регистрации частичных разрядов.

При помощи индикаторов частичных разрядов, непосредственно включенных в цепь разряда, можно фиксировать самые слабые частичные разряды и количественные измерения энергии, которая рассеивается одиночными разрядами. При помощи этого индикатора измеряются ритмические изменения (пульсации) напряжения, которые через усилитель подаются на пластины электронного осциллографа.

Как только на экране осциллографа возникают пульсации, определяют напряжение, при котором наблюдается явление ионизации (рисунок 1), а по частоте импульсов и их амплитуде – интенсивность частичных зарядов.

Данный метод позволяет непрерывно контролировать состояние изоляции под рабочим напряжением.

Недостаток данного метода заключается в сложной расшифровке полученных результатов из-за большого количества помех. Так же при снятии показаний фиксируются частичные разряды, а не наличие дефекта, то есть, если имеется пробой, в который попала проводящая жидкость, при помощи этого метода зарегистрировать дефект не удастся.

Основными преимуществами неразрушающих методов контроля изоляции являются:

1. Косвенная оценка состояния изоляции без физического воздействия на объект. Это особенно выгодно при профилактике дорогостоящих образцов.

2. Полезная возможность осуществлять контроль за образцом в динамике его службы.

Из этого вытекает связь между эксплуатацией и процессом образования дефектов, помогает в будущем эти дефекты предотвращать.

3. Не требует остановки эксплуатации испытуемого объекта, поскольку контроль проводится косвенно, не оказывая влияния на физические параметры рабочих деталей.

Литература

1. В. Ф. Важов. Техника высоких напряжений / В. Ф. Важов, В. А. Лавринович. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 150 с.
2. Коган Ф.Л. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования / Ф.Л. Коган. – М.: АО «Фирма ОРГРЭС», 1998. – 94 с.