

УДК 621.3

Внутренние короткие замыкания в силовых трансформаторах

Ломец Ю. А., Журкевич В. В.

Научный руководитель – ГАВРИЕЛОК Ю. В.

Наиболее тяжелым повреждением трансформатора является любое (витковое, междуфазное, на землю) внутреннее короткое замыкание. Внутренние короткие замыкания в силовых трансформаторах в значительной степени связаны с повреждениями обмоток, высоковольтных вводов.

Возникновение внутренних коротких замыканий в процессе эксплуатации обусловлено развитием физико-химических процессов, ухудшающих изоляцию трансформаторов и высоковольтных вводов, недостаточной электродинамической стойкостью обмоток к токам коротких замыканий, длительными неотключениями сквозных токов коротких замыканий, приводящих к выгоранию витковой изоляции, нарушением контактных соединений.

Физико-химические процессы являются возможными причинами возникновения внутренних коротких замыканий в силовых трансформаторах.

К числу таких причин относится загрязнение твердой изоляции, обуславливающее опасное перераспределение напряжения на ее участках, либо загрязнение и увлажнение масла, снижающее его электрическую прочность. Развитие загрязнения твердой изоляции трансформатора возможно вследствие ионизационных процессов в изоляции, сопровождающихся образованием свободного углерода из масла, пропитывающего изоляцию.

Загрязнение твердой изоляции трансформатора возможно и без ионизационного пробоя, например, вследствие деструкции масла и коррозии металлических компонентов при длительной эксплуатации.

Критерием загрязнения поверхности твердой изоляции трансформатора может быть неоправданно малое значение тангенса угла потерь маслобарьерной изоляции. Это обуславливается токами утечки на заземленные части, минуя измерительную систему при испытаниях изоляции.

Снижение электрической прочности масла и маслобарьерной изоляции в целом у трансформаторов может быть вызвано увлажнением твердой изоляции и масла как вследствие попадания атмосферной влаги в масло, так и вследствие образования воды в результате процессов старения самой изоляции, газовой выделением из изоляции и коллоидным старением масла.

По физическому состоянию влага в твердой изоляции трансформаторов подразделяется на адсорбированную мономолекулярно и полимолекулярно.

В настоящее время предельно допустимое значение влагосодержания твердой изоляции эксплуатируемых трансформаторов составляет 4 % по массе. Превышение этого значения влагосодержания соответствует массовому переходу адсорбированной влаги от монослойной к полислойной адсорбции и существенному ухудшению диэлектрических свойств изоляции, что связано также с уменьшением электрической прочности маслобарьерной изоляции в целом.

Негативное действие влаги в изоляции трансформатора связано с образованием пузырьков газа и пара, выделяющихся из изоляции в масло при перегреве изоляции от токов нагрузки в обмотках. Оно состоит в том, что остаточная и приобретенная влага находится в изоляции в адсорбированном состоянии внутри целлюлозных волокон. У нагруженного трансформатора из-за нагрева изоляции влага частично десорбируется в микрокапилляры волокон, образуя в них пар, давление которого сравнимо с атмосферным давлением.

У трансформаторов с остаточной концентрацией влаги, соответствующей обычным условиям сушки, температура, при которой выделяются пузырьки, составляет 130–150 °С. Это снижает электрическую прочность масляного промежутка маслобарьерной изоляции.

Для недопущения газовыделения влажность изоляции эксплуатируемых трансформаторов не должна превышать 2 %.

Влагосодержание твердой изоляции трансформаторов определяется перед их вводом в эксплуатацию и при капитальных ремонтах по влагосодержанию заложенных в бак на заводе-изготовителе образцов изоляции.

Данный метод следует рассматривать все же как основное средство контроля абсолютного значения влагосодержания изоляции и его изменений в процессе эксплуатации. В этом отношении его диагностическая ценность выше, чем у метода анализа заложенных в бак образцов, поскольку он дает, хотя и приближенное влагосодержание, но влагосодержание непосредственно изоляции трансформатора с учетом температуры обмотки.

Опыт эксплуатации показывает, что при постоянно удовлетворительном состоянии масла высокие значения влажности твердой изоляции трансформаторов и высоковольтных вводов не наблюдаются.

В процессе эксплуатации силового трансформатора целлюлозная изоляция обмоток претерпевает деградацию (ухудшаются физико-химические свойства целлюлозной изоляции, снижается ее механическая прочность и образуется вода).

Объективным показателем, позволяющим оценивать степень износа изоляции обмоток, является степень полимеризации образца витковой изоляции, отобранного в одной из верхних катушек, прямо характеризующая глубину ее физико-химического разрушения в процессе эксплуатации.

Наиболее частым и опасным видом повреждения высоковольтных герметичных вводов трансформаторов является пробой изоляции масляного канала, что связано с развитием таких процессов, как отложение осадка (продуктов окисления масла или вымывания из конструктивных материалов) на внутренней поверхности фарфора и на внутренней изоляции, а также коллоидное старение масла.