

УДК 621.3

## ВЫЯВЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

Кондратеня В.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Пономаренко Е.Г.

Известно, что наиболее тяжелым повреждением трансформатора является любое (витковое, междуфазное, на землю) внутреннее короткое замыкание (КЗ). Внутренние КЗ в силовых трансформаторах в значительной степени связаны с повреждениями обмоток, высоковольтных вводов и РПН.

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

Данная научная работа посвящена характеристикам основных показателей ухудшения состояния изоляции вследствие развития физико-химических процессов, являющихся возможными причинами возникновения внутренних КЗ в силовых трансформаторах.

Короткое замыкание – это явление в электротехнике, которое сопровождается замыканием (электрическим соединением) между собой двух или трех фаз, фазы на нулевой проводник, замыкание фазного проводника на землю в сетях с глухозаземленной, а также эффективно заземленной нейтралью в трехфазной сети. Кроме того, коротким замыканием является межвитковое замыкание в электрических машинах.

Характерные особенности данного процесса – это значительное увеличение тока и падение напряжения. Рост тока происходит до значений, превышающих номинальный в несколько раз.

Общепринятое буквенное сокращение данного явления – КЗ. В зависимости от количества замыкаемых фаз различают несколько видов коротких замыканий. Для наглядности изобразим схемы, которые иллюстрируют тот или иной тип КЗ в трехфазной электрической сети.

Диэлектрическими потерями называют энергию, рассеиваемую в электроизоляционном материале под воздействием на него электрического поля.

Способность диэлектрика рассеивать энергию в электрическом поле обычно характеризуют углом диэлектрических потерь, а также тангенсом угла диэлектрических потерь. При испытании диэлектрик рассматривается как диэлектрик конденсатора, у которого измеряется емкость и угол  $\delta$ , дополняющий до  $90^\circ$  угол сдвига фаз между током и напряжением в емкостной цепи. Этот угол называется углом диэлектрических потерь.

Следует отметить, что критерием загрязнения поверхности твердой изоляции трансформатора может быть неоправданно малое значение тангенса угла потерь маслябарьерной изоляции, измеренное по нормальной схеме. Это обуславливается токами утечки на заземленные части, минуя измерительную систему при испытаниях изоляции. Далее приведены предельные по малости значения тангенса угла потерь незагрязненной маслябарьерной изоляции в зависимости от значений тангенса угла потерь масла  $\text{tg}\delta$ , в трансформаторе, измеренного при температуре испытаний.

В любом случае измеренный тангенс угла потерь маслябарьерной изоляции должен быть больше 0,17%. Тангенс угла потерь менее 0,17% означает начало опасного перераспределения электрического поля в изоляции, которое в дальнейшем может привести к внутреннему КЗ. Это необходимо принимать во внимание при решении вопроса о дальнейшей эксплуатации трансформатора.

На основании накопленного за последние годы опыта эксплуатации, а также рекомендаций СИГРЭ и МЭК необходимо внесение некоторых изменений в РД «Объем и

нормы испытаний электрооборудования» (РД 34.45-51.300-97) в части контроля физико-химических процессов, приводящих к загрязнению изоляции и масла вследствие увлажнения, газовыделения из изоляции и коллоидного старения масла, с целью уменьшения возможности развития внутренних КЗ предлагается:

– допустимое значение влагосодержания твердой изоляции вновь вводимых трансформаторов и трансформаторов, прошедших капитальный ремонт, принять не выше 1 % по массе твердой изоляции, а эксплуатируемых трансформаторов не выше 2 % по массе;

– определение влагосодержания твердой изоляции расчетным путем по результатам измерений  $\text{tg}\delta$  изоляции и  $\text{tg}\delta$  масла должно производиться на трансформаторе, прогретом до 60 °С;

– ввести контроль мутности масла высоковольтных герметичных вводов, характеризующий коллоидное старение масла.

Целесообразно применение непрерывного контроля частичных разрядов для обнаружения предпробивных стадий процессов в силовых трансформаторах до перехода частичных разрядов в электрическую дугу.