

ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Нескина Евгения Алексеевна

магистрант Волгоградского аграрного университета, электроэнергетического факультета, РФ, г.Волгоград

В настоящее время одной из актуальных проблем в процессе проведения коммерческого учета электрической энергии стал вопрос пригодности измерительных трансформаторов тока после истечения срока их межповерочного интервала. Одной из причин непригодности в результате проверок становится превышение допустимых значений погрешностей трансформаторов тока, которые установлены ГОСТами и международными стандартами.[1,2]

Цель: выявить причины изменения погрешности измерительных трансформаторов тока в процессе их эксплуатации.

Задачи:

1. Изучить литературу про измерительные трансформаторы тока;
2. Рассмотреть основные виды погрешностей измерительных трансформаторов тока;
3. Изучить причины возникновения погрешности измерительных трансформаторов тока;
4. Рассмотреть возможные способы устранения погрешности измерительных трансформаторов тока.

Основными видами погрешностей измерительных трансформаторов тока являются:

- Относительная токовая погрешность – определяется отношением значения алгебраической разности первичного и вторичного токов к действующему значению первичного тока приведённого к вторичной цепи.
- Угловая погрешность – это угол между векторами первичного и вторичного тока. Угловая погрешность обычно выражается в минутах или радианах.
- Относительная полная погрешность – определяется отношением значения геометрической разности (мгновенные значения) первичного и вторичного токов к действующему значению первичного тока. [3,4,5,6]

В процессе эксплуатации трансформаторы тока могут подвергаться разнообразным видам повреждений, которые могут повлечь за собой значительное изменение погрешностей ТТ. Таким например, как повреждение изоляции корпуса, магнитопровода, обмоток, обрывы, ухудшение изоляции проводников, создающее межвитковые замыкания, механические износы контактов и выводов. Повышенная нагрузка измерительных трансформаторов тока, которая значительно превышает допустимую для заданного класса точности, тоже вносит дополнительную отрицательную погрешность (недоучет) при измерении потребления электрической энергии. [7,8]

Однако наиболее распространенными повреждениями, влияющими на погрешности ТТ, являются повреждения, происходящие в момент переходного режима работы энергосистемы

(т.е. коротком замыкании).

Замкнутые стальные магнитопроводы ТТ при коротком замыкании подвергаются сильному насыщению аperiodическими составляющими тока КЗ, что влечет за собой резкое уменьшение их магнитной проницаемости и приводит к недопустимому увеличению погрешностей ТТ. [9]

Работу трансформаторов тока можно охарактеризовать следующим уравнением намагничивающих сил:

$$I_1 \cdot w_1 + I_2 \cdot w_2 = I_{нам} \cdot w_1$$

Где: I_1 — ток в первичной обмотке;

w_1 —количество витков первичной обмотки;

I_2 — ток во вторичной обмотке;

w_2 —количество витков вторичной обмотки;

$I_{нам}$ — ток намагничивания.

Из данного выражения видно, что первичный ток трансформируется во вторичную обмотку не полностью — он частично расходуется на формирование тока намагничивания, за счет которого создается рабочий магнитный поток в сердечнике ТТ. В переходном режиме каждая составляющая, которая протекает по первичной обмотке трансформатора тока, делится на две части. Первая трансформируется во вторичную обмотку, а вторая идет на намагничивание сердечника. Из-за того, что скорость изменения аperiodической составляющей намного меньше скорости изменения переменной составляющей, а периодическая составляющая практически не трансформируется во вторичную цепь и большая ее часть расходуется на насыщение сердечника, то в процессе короткого замыкания происходит значительное ухудшение трансформации периодической составляющей во вторичную цепь и повышается доля этого тока в токе намагничивания. Принимая в учет, что в сердечниках трансформаторов тока в ряде случаев может присутствовать остаточная магнитная индукция, которая сохраняется в течение длительного времени (дни, месяца), то тяжелейший режим работы для ТТ будет возникать в случае, когда остаточный магнитный поток в сердечнике совпадает по направлению с магнитным потоком, создаваемым аperiodической составляющей тока намагничивания.

В результате этого трансформатор тока начинает работать в режиме насыщения, т.е. ток намагничивания растет значительно быстрее рабочего магнитного потока.

В цепях релейной защиты точность трансформации имеет меньшее значение, чем в измерительных. Однако погрешности могут быть настолько велики, что могут вызвать задержку срабатывания устройств РЗА, их ложное действие или отказ.

Существует несколько способов борьбы с остаточной намагниченностью сердечника. Один из методов является применение трансформаторов тока с сердечниками без стали, обладающих линейными свойствами. Но использование таких трансформаторов тока весьма ограничено, в связи с небольшой мощностью вторичных обмоток. Однако наиболее распространенным методом является изготовление сердечников из электротехнической стали, имеющих немагнитные зазоры. Этот метод по сравнению с использованием сердечников без стали позволяет конструировать сердечники меньшего сечения. [10]

Так же для уменьшения погрешностей ТТ применяются такие способы как витковая коррекция, компенсация погрешностей спрямлением кривой намагничивания, компенсация

погрешностей подмагничиванием магнитопровода, компенсация погрешностей созданием нулевого потока и т.д. [9]

Список литературы:

1. В.А.Андреев. Релейная защита и автоматика электроснабжения [Текст]. – Москва, Высшая школа, 2006. – 639с.
2. В.В.Афанасьев, Н.М. Адоньев, Л.В. Жалалис и др. Трансформаторы тока [Текст]. – Ленинград, Энергия, 1980. – 344с.
3. В.В.Афанасьев, Н.М. Адоньев, В.М. Кибель и др. Трансформаторы тока [Текст]. – Ленинград, Энергоатомиздат, 1989. –94с.
4. ГОСТ 7746-2015. Трансформаторы тока. Общие технические условия.
5. Е.П.Королев, Э.М. Либерзон. Расчеты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты [Текст]. – Москва, Энергия, 1980. – 208с.
6. МИ 3123-2008 ГСИ. Трансформаторы тока. Экспериментально-расчётная методика поверки измерительных трансформаторов тока на местах их эксплуатации.
7. Проверка трансформаторов тока.[Электронный ресурс].
<http://www.likeproject.ru/article.php?cont=long&id=188>
8. Сопьяник В. Х. Погрешности измерительных трансформаторов тока: исследования, особенности, рекомендации // Новости электротехники, 2004. – № 6.
9. Трансформаторы тока в переходных режимах. [Электронный ресурс].
<https://www.elec.ru/articles/transformatory-toka-v-perehodnyh-rezhimah/>
10. А.А. Чунихин. Электрические аппараты: Общий курс. Учебник для вузов [Текст]. – Москва, Энергоатомиздат, 1988. – 640с.