

УДК 621.3

«Трансформаторные» инновации в энергетике

Иселёнок Е.Б.

Научный руководитель – ГЕЦМАН Е.М.

Потери электроэнергии в электрических сетях – важнейший показатель экономичности их работы, наглядный индикатор состояния системы учета электроэнергии, эффективности энергосбытовой деятельности энергоснабжающих организаций. Для уменьшения потерь электроэнергии проводят различные мероприятия. Сам же перечень мероприятий по снижению потерь в электрических сетях энергосистем хорошо изучен и приведен, например, в стандарте [1]. Рассмотрим трансформаторы со сниженным уровнем потерь, востребованность которых объясняется ростом стоимости энергии.

Передача мощности через трансформаторы сопровождается её потерями. При этом потери мощности в активной G_T и реактивной B_T проводимостях трансформатора определяются уровнем проведенного к нему напряжению [2]:

$$\Delta P_{xx} = U^2 G_T, \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{xx} = U^2 B_T, \text{ квар.}$$

В таком виде потери мощности учитываются при расчете трансформаторов высоких классов напряжения. Как видно, они не зависят от передаваемой мощности через трансформатор и могут определяться по паспортным данным. Поэтому производители разрабатывают новые трансформаторы, у которых потери холостого хода будут минимальные. Повышение надежности трансформаторов и продление сроков службы обеспечивается путем повышения устойчивости трансформаторов к коротким замыканиям благодаря переходу на герметичные трансформаторы, современнейшему технологическому оборудованию, применению новых материалов, обучению и подбору кадров. Рассмотрим энергосберегающий трансформатор – ТМГ-12 (трёхфазный масляной герметичный трансформатор) Минского электротехнического завода им. В. И. Козлова.

Данный трансформатор имеет самый низкий уровень потерь холостого хода и короткого замыкания из всех серийно выпускаемых в СНГ силовых трансформаторов общего назначения и выбран в соответствии с рекомендациями Европейского комитета по электротехнике, что позволяет существенно уменьшить затраты в процессе эксплуатации оборудования. Потери холостого хода и короткого замыкания в минских трансформаторах серии ТМГ-12 снижены на 30 % по сравнению с трансформаторами других серий и производителей за счет того, что:

– производятся из специальных сортов высококачественных кремнистых сталей, имеющих наибольшее сопротивление и пониженные потери на гистерезис (перемагничивание);

– для изготовления используется большее количество материала, который оптимально распределен между массой магнитопровода и обмотки;

– конструкция магнитопровода производится по самой передовой технологии Stap-lap, и состоит из пластин с косыми стыками, без отверстий в активной стали;

– толщина пластин не превышает 0,3 мм, а сами пластины лакируются для изоляции друг от друга;

– сборка трансформатора производится высококвалифицированным персоналом на оборудовании ведущих мировых производителей, что исключает любые возможные механические повреждения стали и обеспечивает минимизацию потерь.

Трансформатор силовой ТМГ-12 сохранили лучшие качества трансформаторов ТМГ и ТМГ-11:

– ввод нейтрали обмотки НН (низкого напряжения) рассчитан на продолжительную нагрузку номинальным током, что повышает надежность масляных трансформаторов при несимметричных нагрузках;

– герметичное исполнение масляных силовых трансформаторов в гофрированном баке в сочетании с глубокой предварительной дегазацией трансформаторного масла;

– энергосберегающие трансформаторы ТМГ-12 Минского электротехнического завода им. В. И. Козлова служат не менее 25 лет. Гарантия – 5 лет с даты выпуска на каждый трансформатор.

Трёхфазные масляные трансформаторы ТМГ-12 предназначены для преобразования электроэнергии в сетях энергосистем и потребителей электроэнергии в условиях наружной или внутренней установки умеренного (от плюс 40 до минус 45 °С) или холодного (от плюс 40 до минус 60 °С) климата. Трансформаторы не предназначены для работы в условиях тряски, вибрации, ударов, в химически активной среде. Номинальная частота данного трансформатора 50 Гц. Регулирование напряжения производится в интервале до ±5 % на полностью отключенном трансформаторе ПБВ (переключение без возбуждения) переключением ответвлений обмотки ВН(высокого напряжения) ступенями по 2,5 % [3].

На основе каталожных данных ΔP_{xx} и ΔP_{K3} , предоставляемых заводом, проведем сравнение потерь активной мощности, стоимости различных типов трансформаторов одинаковой мощности 630 кВ·А.

Таблица 1 – Сравнительная таблица параметров различных типов трансформаторов одинаковой мощности 630 кВ·А

Характеристики	ТМГ-11	ТМГ-12	ТМ
Потери холостого хода (ΔP_{xx}), кВт	0,83	0,61	1,3
Потери короткого замыкания (ΔP_{K3}), кВт	5,6	4,6	7,6
Уровень шума, дБа	70	61	
Стоимость, бел. руб.	11 016,32	12 115,88	

Как видно из таблицы, трансформатор ТМГ-12 лучше, в частности потерь ΔP_{xx} доходит до 53 %, а по ΔP_{K3} до 39 % в сравнении с ТМ 630/10.

Рассчитаем потери электроэнергии холостого хода и короткого замыкания по сравнительным характеристикам трансформатора за год по следующим формулам и сведем в таблицу 2:

$$\Delta W_{xx} = \Delta P_{xx} T, \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

$$\Delta W_{K3} = \Delta P_{K3} T, \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

Таблица 2 – Расчёт потерь электроэнергии ТМГ-11 и ТМГ-12

Параметр	ТМГ-11	ТМГ-12	Результаты расчетов
ΔW_{xx} , кВт·ч	$0,83 \cdot 8760 = 7270,8$	$0,61 \cdot 8760 = 5343,6$	$7270,8 - 5343,6 = 1927,2$
ΔW_{K3} , кВт·ч	$5,6 \cdot 8760 = 49056,0$	$4,6 \cdot 8760 = 40296,0$	$49056,0 - 40296,0 = 8760,0$

Годовая экономия на потерях в трансформаторах ТМГ-11 и ТМГ-12 мощностью 630 кВ·А составит 1927.2 кВт·ч. В % соотношении потери электроэнергии холостого хода уменьшились на 26.5 % и потери электроэнергии короткого замыкания на 17.9 %:

$$\frac{\Delta W_{xx \text{ ТМГ-11}} - \Delta W_{xx \text{ ТМГ-12}}}{\Delta W_{xx \text{ ТМГ-11}}} \cdot 100 \% = \frac{7270,8 - 5343,6}{7270,8} \cdot 100 \% = 26,5 \%,$$

$$\frac{\Delta W_{K3 \text{ ТМГ-11}} - \Delta W_{K3 \text{ ТМГ-12}}}{\Delta W_{K3 \text{ ТМГ-11}}} \cdot 100 \% = \frac{49056,0 - 40296,0}{49056,0} \cdot 100 \% = 17,9 \%$$

Дальнейшим развитием серии ТМГ-12 на основе технологического перевооружения предприятия и оптимизации конструкции стала новая серия энергосберегающих трансформаторов ТМГ-32. Потери холостого хода и короткого замыкания в трансформаторах серии ТМГ-32 соответствуют уровням потерь трансформаторов ТМГ-12.

При этом трансформаторы ТМГ-32 имеют улучшенные (в сравнении с аналогом) массогабаритные характеристики (ТМГ-12 – 2820 кг, ТМГ-32 – 2400 кг). Конструктивно трансформатор ТМГ-32 выполнен на базе магнитопровода с овальным стержнем (сталь NV30S-120). Если сравнить трансформаторы ТМГ-32 с ТМГ-12, то можно подчеркнуть следующее: обмотка ТМГ-32 в отличие от более слабой модели изготавливается из алюминиевой фольги, что значительно уменьшает затраты на производство и ни в коем случае не понижает технико-эксплуатационные характеристики.

Преимущества трансформатора ТМГ-32:

- эксплуатация не менее 25 лет с момента первого запуска;
- прост в установке и удобен в обслуживании;
- возможность лабораторных исследований используемого масла, снятия пробы и проверки уровня в любой момент;
- замер температуры, т. е. – полный контроль над рабочим циклом устройства;
- масло может регенерировать;
- энергосбережения, низкие затраты на эксплуатацию;

В сравнении с масляными трансформаторами (ТМ) трансформатор ТМГ такой же мощности и с такими же электрическими характеристиками имеет меньший габарит по высоте и вес, за счет отсутствия расширительного бака. Кроме того, с точки зрения потребителей преимущество конструкции ТМГ в отсутствии эксплуатационных расходов в течение всего срока службы трансформатора (25 лет и более). Для других трансформаторов, в частности ТМ или ТМФ, эксплуатационные расходы составляют до 60 % от первоначальной стоимости трансформатора.

Литература

1. СТП 09110.09.300-17. Порядок расчета экономии топливно-энергетических ресурсов от внедрения основных энергосберегающих мероприятия на электростанция, котельных, тепловых и электрических сетях. – Минск : ГПО Белэнерго, 2017. – 3 с.
2. Поспелов, Г. Е. Электрические системы и цепи/ Г. Е. Поспелов, В. Т. Федин, П. В. Лычев. – Минск : Вышэйшая школа, 2012. – 121 с.
3. Энергосберегающие трансформаторы ОАО «МЭТЗ им. В. И. Козлова» серии ТМГ-12 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://metz.by/publication/library/35.html>. – Дата доступа : 27.10.2018.