

УДК 621.314

Методика выбора трансформатора

Цыган Н.В., Минин Е.М.

Научный руководитель- Гончар А.А., к. т. н., доцент

Проводимые в последнее время обследования загрузки трансформаторов, находящихся в эксплуатации на промышленных предприятиях и в электрических сетях энергосистем, показывают, что их средние суточные коэффициенты загрузки значительно меньше единицы.

Такая ситуация сложилась по многим причинам: спадом производства в некоторых областях промышленности, несовершенством метода определения расчетных нагрузок, большим коэффициентом нарастания смежных номинальных мощностей трансформаторов и т.д.

Если рассматривать два силовых трансформатора одинаковой номинальной мощности, напряжением и т. д., но с разными паспортными данными потерь мощности холостого хода- P_{xx} и короткого замыкания- $P_{кз}$ имеется такая зона по нагрузке в которой по меньшему значению суммарных потерь мощности выгодно использовать один из них.

Как известно, текущие значения суммарных потерь активной мощности в каждом трансформаторе в зависимости от коэффициента загрузки- k_3 имеет вид:

$$\sum P = k_3^2 P_{кз} + P_{xx} ,$$

Предположим, перед проектировщиком по электроснабжению после определения расчетных нагрузок возникает вопрос о выборе к установке силового трансформатора. В его распоряжении оказался набор одноступенчатых трансформаторов с разными значениями P_{xx} и $P_{кз}$. Какой из них рекомендовать к установке?

С этой целью рассматриваются все возможные соотношения P_{xx} и $P_{кз}$ пар трансформаторов. Однако, при окончательном выборе трансформаторов по меньшим значениям потерь мощности в них должна учитываться предполагаемая их нагрузка во время эксплуатации. Для учета k_3 рассмотрим “пограничный” коэффициент загрузки. Он определяется из выражения:

$$k_{30} = \sqrt{\frac{P_{xx2} - P_{xx1}}{P_{кз1} - P_{кз2}}} ,$$

Для лучшего восприятия вышесказанного оценим в качестве примера целесообразность использования трансформаторов по меньшим значениям суммарных потерь мощности. Для этой цели воспользуемся данными 4-х трансформаторов номинальной мощности $S_n = 630$ кВА каждый, имеющих разные соотношения между P_{xx} и $P_{кз}$. Данные трансформаторов приведены в табл.1.

Таблица 1- Данные трансформаторов

		ТМГ	ТМГ11	ТМГ13	ТМГМШ
		I	II	III	IV
P_{xx}	кВт	1.24	1.06	1.24	0.94
$P_{кз}$	кВт	7.60	7.45	8.60	7.60
К	USD	9230	9190	8730	10310

Рассматривая все возможные сочетания пар трансформаторов по потерям мощности P_{xx} и $P_{кз}$ можно сделать следующие наблюдения и выводы: из всех

представленных трансформаторов у трансформатора ТМГМШ наименьшие потери мощности холостого хода P_{xx} .

Однако суммарные потери мощности пары трансформаторов II-IV можно считать конкурентоспособными в соответствующих диапазонах нагрузок.

Таким образом, при наличии большого числа трансформаторов конкурентоспособными необходимо признать пары трансформаторов с меньшими значениями P_{xx} и $\sum P$.

Исходя из изложенного, окончательный выбор типа трансформатора должен быть сделан на основании технико-экономического сравнения вариантов. С этой целью воспользуемся методом приведенных затрат.

Приведенные затраты при эксплуатации трансформаторов в течении года могут быть представлены в следующем виде:

$$ПЗ = E_n K + \Delta \mathcal{E}_m C,$$

$$\Delta \mathcal{E}_m = P_{xx} T_z + P_p k_3^2 \tau,$$

$$ПЗ = E_n K + (P_{xx} T_z + P_{кз} k_3^2 \tau) C,$$

где E_n – коэффициент, учитывающий капиталовложения, принимаем $E_n=0,12$; $\Delta \mathcal{E}_m$ – годовые потери электроэнергии в трансформаторе; C – тарифная ставка, принимаем $C=0,095$; τ – годовое число часов максимума нагрузочных потерь; T_z – число часов подключенного состояния трансформатора к питающей сети, принимаем $T_z=8760$ часов; P_{xx} и $P_{кз}$ – потери мощности в стали и обмотках; k_3 – коэффициент загрузки; K – капитальный коэффициент.

Основываясь на вышеперечисленные формулы и взяв в качестве примера вышеуказанные трансформаторы, мы написали программу.

Программа предназначена для выбора оптимального трансформатора. Она рассчитывает суммарные потери мощности, пограничные коэффициенты и приведенные затраты и анализирует эти данные. В программе имеется база данных трансформаторов с возможностью добавления новых.

Для каждого трансформатора, имеющегося в базе данных, последовательно рассчитываются следующие параметры:

$$\sum P = k_3^2 P_{кз} + P_{xx},$$

$$k_{3o} = \sqrt{\frac{P_{xx2} - P_{xx1}}{P_{кз1} - P_{кз2}}},$$

$$ПЗ = E_n K + (P_{xx} T_z + P_{кз} k_3^2 \tau) C,$$

В программе имеется возможность задания таких параметров, как коэффициент загрузки и годовое число часов. Все остальные данные являются справочными и берутся из базы данных.

После расчётов программа анализирует полученные данные, и таким образом, по минимальным приведенным затратам, суммарным потерям мощности, пограничным коэффициентам загрузки определяет оптимальный вариант трансформатора.

Данная программа написана на языке программирования Borland Delphi, что позволяет ей быть актуальной в ближайшем будущем. Также нами созданная программа может легко изменяться и дорабатываться. Программа может найти широкое применение в промышленности и позволит инженеру-проектировщику по электроснабжению экономить драгоценное время на поиски нужного трансформатора без всяческих сложных расчетов.

Рабочее окно программы имеет вид:

Гончар

Коэффициент загрузки, в зимние месяцы = (8,24-29,87)%: %
 в летние месяцы = (4,47-15,54)%

Суммарные потери мощности

1. ТМГ	2,018	кВт
2. ТМГ11	1,823	кВт
3. ТМГ13	2,121	кВт
4. ТМГМШ	1,718	кВт

Пограничные коэф-ты загрузки

Пара 1-2	1,095
Пара 1-3	0,000
Пара 1-4	5,477
Пара 2-3	0,396
Пара 2-4	0,894
Пара 3-4	0,548

Годовое число часов:

Приведенные затраты

1	2213,461
2	2057,406
3	2163,189
4	2093,401

Трансформатор, выбранный по меньшим потерям мощности холостого хода и меньшим суммарным потерям мощности $K_{зо}=0.9$ (ТМГМШ), необязательно будет лучшим по меньшим значениям приведенных затрат (ТМГ11)

Рисунок 1- Вид рабочего окна

Вывод

Трансформатор, выбранный по меньшим потерям мощности холостого хода и меньшим суммарным потерям мощности (ТМГМШ), необязательно будет лучшим по меньшим значениям приведенных затрат (ТМГ11).

Литература

1. Заугольников, В. Ф. Некоторые аспекты экономической работы силовых трансформаторов / В. Ф. Заугольников, А. А. Балабин, А. А. Савинков // Промышленная энергетика. – 2006. - №4,- С.10-14.
2. Гончар, А. А. Еще раз о выборе силовых трансформаторов / А. А. Гончар // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2006. – № 5. – С.35-37.
3. Стабровский, Л. Н. О комплексной финансовой оценке технических характеристик распределительных трансформаторов с точки зрения конечного потребителя / Л. Н. Стабровский // Энергия и Менеджмент. – 2005. – № 3. – С. 31-35.