

УДК 621.313

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Мильто А.В.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Радкевич В.Н.

Сегодня во всем мире наблюдается тенденция удорожания энергоресурсов, поэтому все более актуальными становятся вопросы сбережения электроэнергии и, как следствие, рационального выбора силовых распределительных трансформаторов. При таком подходе, как правило, необходимо принимать во внимание не только основные критерии выбора силовых распределительных трансформаторов, но также, такие как КПД (и его зависимость от загрузки трансформатора), потери в магнитной системе и в обмотках трансформатора. При необходимости транспортировки и сложных условиях монтажа целесообразно учитывать габариты и массу трансформатора. Учитывая достаточно большой ассортимент типоразмеров трансформаторов на рынке электротехнической продукции, выбор наиболее рационального варианта может быть затруднен и требовать детального анализа предлагаемых трансформаторов, обладающих сходными технико-экономическими показателями.

В данной работе рассматриваются технические характеристики силовых распределительных трансформаторов серий ТНЗ, ТНЭЗ, ТМ, ТМЗ, ТМГ, ТМГ11, ТМГ12, ТМГ21 и ТМГ15. Для этого были построены:

- 1) графики зависимости КПД трансформаторов от коэффициента загрузки;
- 2) диаграммы масс и диаграммы потерь рассматриваемых трансформаторов.

Исследования выполнены для номинальных мощностей 400, 630, 1000, 1250, 1600 и 2500 кВ·А.. В данной работе, представлены результаты для наиболее распространенных в системах электроснабжения промышленных предприятий, трансформаторов мощностью 1000кВ·А и 1600кВ·А. Коэффициент мощности принят равным $\cos\varphi = 0,9$.

Коэффициента полезного действия трансформатора в процентах определяется по формуле [1]

$$\eta = \left(1 - \frac{\Delta P_x + \beta_T^2 \Delta P_k}{\beta_T \cdot S_{ном} \cos \varphi_2 + \Delta P_x + \beta_T^2 \Delta P_k}\right) 100, \quad (1.1)$$

где ΔP_k - потери в обмотках трансформатора, кВт;

ΔP_x - потери в магнитопроводе трансформатора, кВт;

β_T - коэффициент загрузки трансформатора;

$S_{ном}$ - номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$\cos \varphi_2$ - коэффициент мощности нагрузки трансформатора на стороне вторичного напряжения.

На рисунке 1 представлены зависимости КПД от коэффициента загрузки для трансформаторов мощностью 1000 кВ·А разных серий. Из представленной зависимости следует, что самый высокий КПД имеет трансформатор новой серии ТМГ15 при оптимальном коэффициенте загрузки, далее следует ТМГ12. Однако с ростом коэффициента загрузки КПД трансформаторов серий ТМГ15 и ТМГ12 снижаются в большей степени, в отличие от ТНЭЗ с обмотками из меди, который при несколько меньшем максимальном КПД имеет менее крутой график зависимости. Низкие КПД имеют трансформаторы ТНЭЗ (с обмотками из алюминия) и ТМЗ.

Рисунок 2 отражает зависимость КПД трансформатора мощностью 1600 кВ·А. Очевидно, что ТНЭЗ-1600/10 с обмотками из меди имеет наибольший КПД и меньшую зависимость его от коэффициента загрузки при $\beta_{тр} \geq 0,4$. При $\beta_{тр} < 0,4$ трансформаторы ТМ-1600, ТМГ21-1600/10 и ТМГ11-1600/10 имеют более высокий КПД. Однако, как

правило, трансформаторы работают при $\beta_{тр} = 0,5-0,7$. Худшие показатели при данной мощности имеют трансформаторы типа ТНЗ-1600/10 и ТНЭЗ-1600/10А с алюминиевыми обмотками.

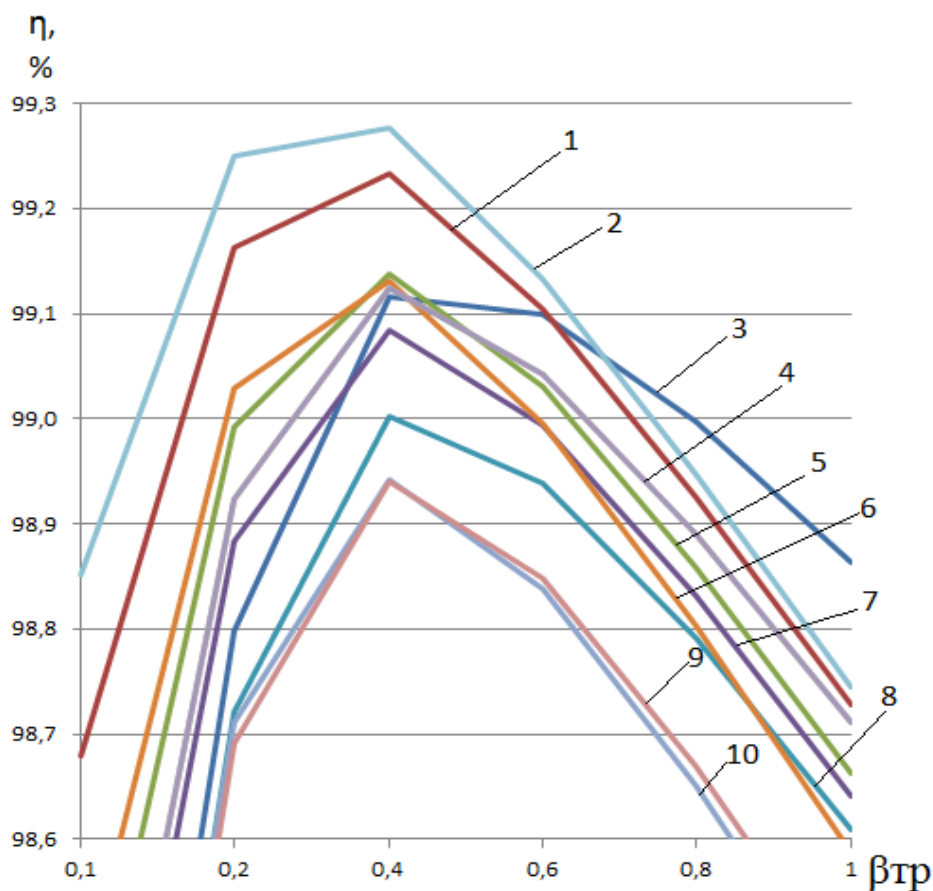


Рисунок 1 - Зависимости КПД трансформаторов мощности S=1000 кВ·А от коэффициента загрузки: 1-ТМГ15; 2- ТМГ12; 3-ТНЭЗ с обмотками их меди; 4-ТМ; 5-ТМГ 11; 6-ТМГ; 7-ТМГ21; 8-ТНЗ; 9-ТМЗ; 10-ТНЭЗ с обмотками из алюминия

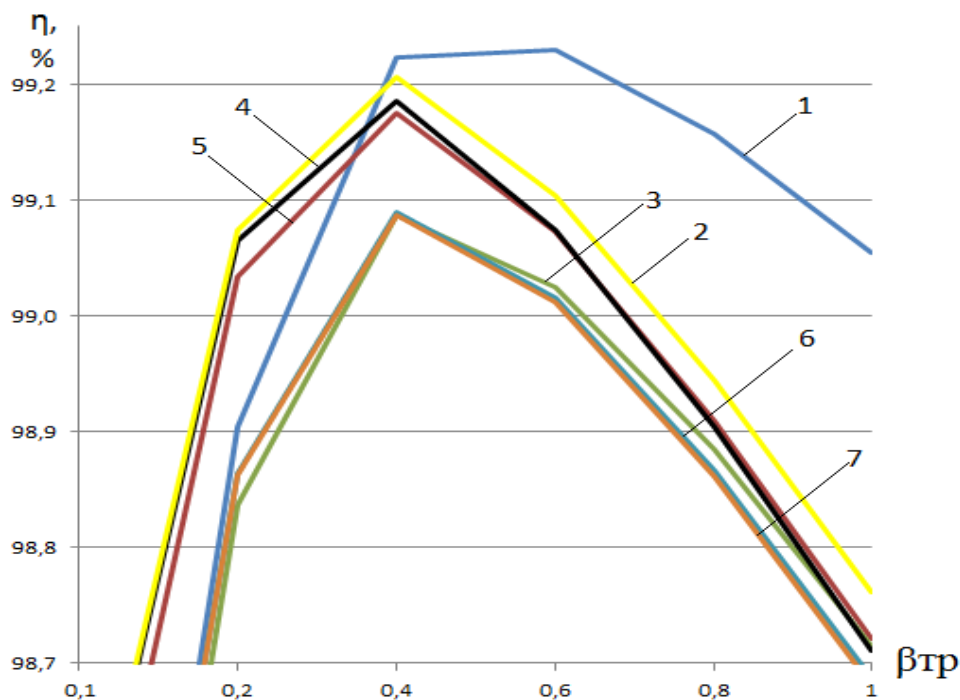


Рисунок 2 - Зависимости КПД трансформаторов мощности S=1600 кВ·А от коэффициента загрузки: 1- ТНЭЗ с обмотками их меди; 2- ТМ; 3- ТНЭЗ с обмотками из алюминия; 4-ТМГ21; 5-ТМГ11; 6-ТНЗ; 7-ТМЗ.

Из рисунка 3 следует, что при номинальной мощности 1000 кВ·А наибольшие потери имеет трансформатор типа ТНЭЗ-1000/10А с обмотками из алюминия, а наименьшие ТНЭЗ-1000/10 с медными обмотками. Разница потерь между ТНЭЗ-1000/10А и ТНЭЗ-1000/10 составляет 4кВт. Трансформатор ТМГ15-1000/10 на втором месте по наименьшим потерям, а ТМГ12-1000/10 на третьем. Отметим, что трансформатор ТМГ15-1000/10 по сравнению с ТМГ12-1000/10 имеет примерно на 10% более низкие потери холостого хода.

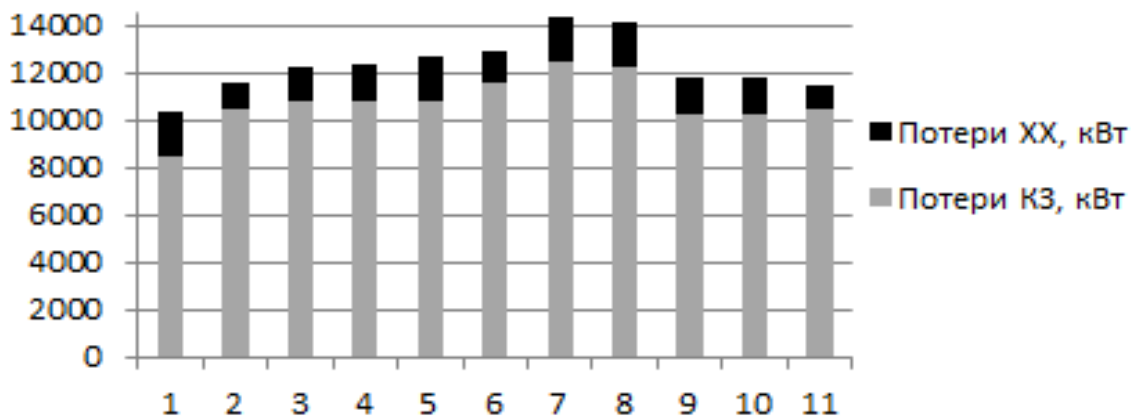


Рисунок 3 - Потери трансформаторов мощности S=1000 кВ·А:
1-ТНЭЗ с обмотками их меди; 2- ТМГ12; 3ТМГ11; 4-ТМГ; 5-ТНЗ; 6-ТМГ21; 7- ТНЭЗ с обмотками из алюминия; 8-ТМЗ; 9-ТМГ; 10-ТМ; 11-ТМГ15.

Из рисунка 4 видно, что у основной части трансформаторов с номинальной мощностью 1600 кВ·А потери примерно одинаковы. Выделяются лишь ТНЭЗ-1600/10, у которого потери меньше на 5кВт, и ТМ-1600/10, у которого потери примерно на 1кВт меньше относительно других рассматриваемых трансформаторов.

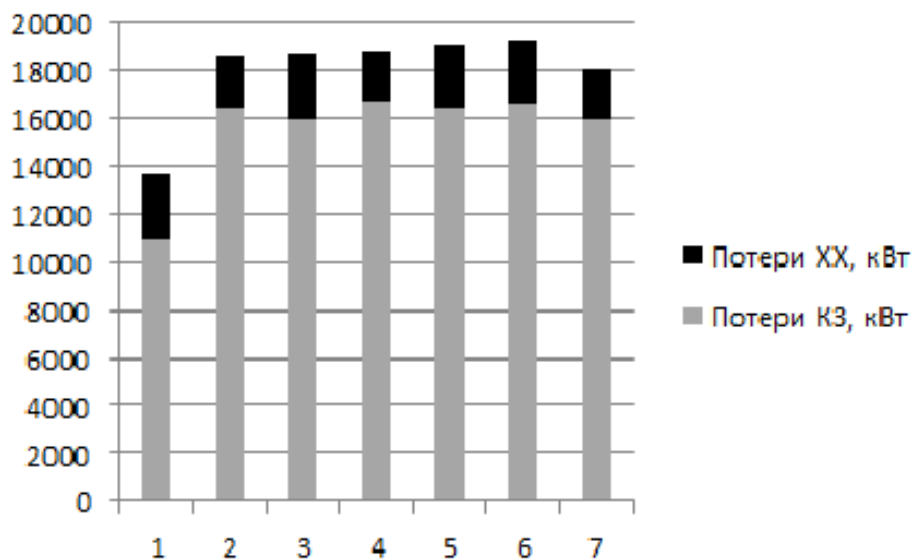


Рисунок 4 - Потери трансформаторов мощности S=1600 кВ·А:
1-ТНЭЗ с обмотками их меди; 2- ТМГ11; 3- ТНЭЗ с обмотками из алюминия; 4-ТМГ21; 5-ТНЗ; 6-ТМЗ; 7- ТМ.

По показателям массы трансформаторов при мощности 1000 кВ·А наиболее легкий – ТМГ21-1000/10, имеющий массу 2550кг. Трансформаторы серий ТМГ15-1000/10 и ТМГ12-1000/10, имеют равные массы (2820 кг), а ТНЭЗ-1000/10 с медными обмотками с массой 3850кг, является наиболее тяжелым. По сравнению с трансформатором типа ТНЭЗ-1000/10А с обмотками из алюминия, имеющим массу 3330кг, он тяжелее на 520кг.

Для трансформаторов с номинальной мощностью 1600 кВ·А по показателю массы

наблюдается та же тенденция, что и в предыдущем случае: наиболее легкий трансформатор – ТМГ21-1600/10 (4250кг), а ТНЭЗ-1600/10 с медными обмотками - самый тяжелый (5675кг). Массовая разница с ТНЭЗ с обмотками из алюминия (4820кг) увеличилась до 745кг.

Выводы

1. На основе полученных графиков можно сделать вывод, что исполнение обмоток трансформатора из меди позволяет уменьшить потери в обмотках почти на треть и получить меньшую зависимость КПД от коэффициента загрузки. Однако нужно учитывать, что медь примерно в три раза дороже и в два раза тяжелее алюминия.

2. Сравнение трансформаторов типа ТМГ15-1000/10 и ТНЭЗ-1000/10 показывает, что даже при применении для обмоток алюминия можно получить высокие значения КПД и относительно небольшие потери мощности.

Литература

1. Копылов, И.П. Электрические машины / И.П. Копылов. - М.: Энергоатомиздат, 1986. – 360 с.