

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ

Важная роль в энергосбережении уделяется вопросам уменьшения величины потерь мощности и энергии на трансформаторных подстанциях (ТП) [1-3]. Как известно, в соответствии с директивными документами значения потерь мощности в магнитопроводах (потерь холостого хода) и в сопротивлениях обмоток (нагрузочных потерь) необходимо определять по паспортным данным трансформаторов [2,3].

В то же время во многих научных работах указывается, что потери холостого хода и потери короткого замыкания изменяются в процессе эксплуатации, причём в худшую сторону. Для установления степени влияния длительности эксплуатации на величины потерь была разработана методика проведения исследования и обработки результатов. Объектом исследований были ТП промышленных предприятий и районов электрических сетей Днепропетровской и Полтавской областей. При этом источником данных служили протоколы результатов обследования состояния трансформаторов ТП, которые проводились соответствующими службами. Такой подход обеспечивал достаточно высокую квалификацию и достоверность полученных результатов.

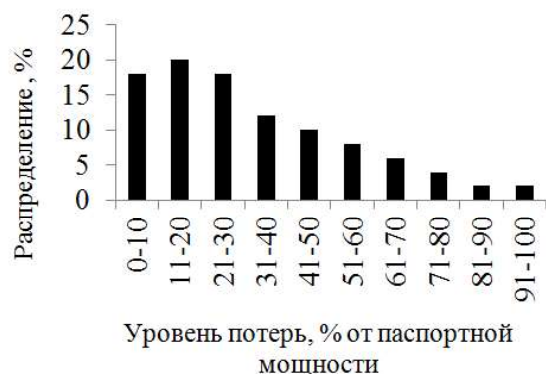


Рис. 1. Гистограмма распределения потерь активной мощности

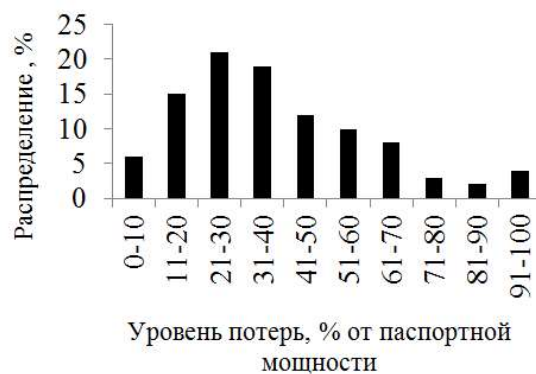


Рис. 2. Гистограмма распределения потерь реактивной мощности

Результаты подтвердили правильность известного положения, где говорилось об ухудшении паспортных характеристик трансформаторов в процессе эксплуатации. По результатам исследований впервые установлены фактические значения этих изменений в процессе эксплуатации (рис. 1 и 2).

В ходе исследований установлено, что коэффициент корреляции, характеризующий степень линейной зависимости между параметрами (продолжительностью эксплуатации и роста величины потерь), составляет 0,793, что подтверждает тесную связь между величинами потерь и продолжительностью эксплуатации. По результатам исследований впервые рассчитаны теоретические линии регрессии и соответствующие уравнения регрессии (1), (2), (рис. 3).

Анализ результатов исследования показывает, что потери холостого хода для трансформаторов со сроком эксплуатации до 5 лет при отсутствии реальных значений в качестве обобщенных характеристик

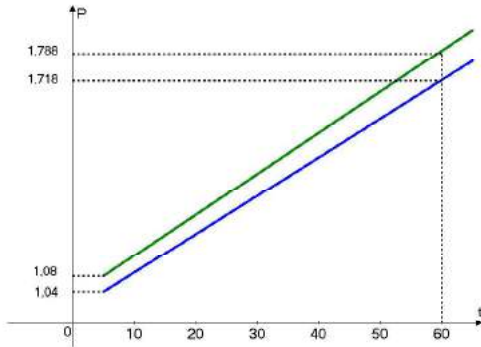


Рис. 3. Линии регрессии потерь мощности холостого хода от времени эксплуатации

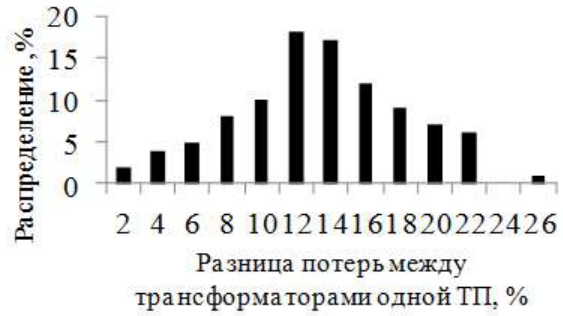


Рис. 4. Гистограмма распределения разницы потерь активной мощности трансформаторов одной ТП

допустимо принимать значения потерь холостого хода превышающие паспортные на 4% и 8% для активной и реактивных мощностей соответственно. Для трансформаторов с большим сроком службы потери холостого хода растут в среднем с интенсивностью 1,13% для активной мощности и 1,18% для реактивной мощности (от паспортного значения) в год.

Уравнения регрессии (потери холостого хода) имеют соответствующий вид, для активной и реактивной мощности соответственно:

$$\Delta P(t) = (1,04 + 0,0113t)\Delta P_{XX}; \quad (1)$$

$$\Delta Q(t) = (1,08 + 0,0118t)\Delta Q_{XX}. \quad (2)$$

По результатам исследований установлено, что рост величины активного и реактивного сопротивления обмоток (т.е. мощности и напряжения короткого замыкания) составляет 0,90% в год от паспортных данных. Основными причинами этого считается деформация обмоток, ухудшение контактных соединений, уменьшение усилия прессования обмоток, рост омического сопротивления, увеличения токов утечки и т.п.

В процессе исследований было установлено, что параметры трансформаторов на одной подстанции имеют существенное расхождение (рис. 4). Так для потери активной мощности математическое ожидание расхождения характеристик у трансформаторов превышает 14%, что указывает на необходимость учета этого фактора при рассмотрении вопроса повышения эффективности работы трансформаторных подстанций. Указанные положения изменяют характер зависимостей соотношения потерь мощности в трансформаторах.

Как известно, наиболее эффективным мероприятием, снижающим потери мощности и энергии на ТП, является изменение количества включенных трансформаторов (рис. 5, а) [2,3]. Исходя из вышеизложенных положений, при управлении ТП остро стоит вопрос выбора наиболее целесообразного объекта отключения. Следовательно, при необходимости отключения одного из трансформаторов необходимо отключать не какой-либо трансформатор, а трансформатор который имеет худшие показатели. Результатом такого положения является то, что диаграмма управления режимами работы ТП примет несколько иной вид (рис. 5, б). Нужно обратить внимание, что появились две критические точки *K1* и *K2* (рис. 5, б) вместо одной точки *A* (рис. 5, а). А так для этих точек имеет место достаточно существенная разница потерь, то при построении системы управления необходимо учитывать указанное обстоятельство.

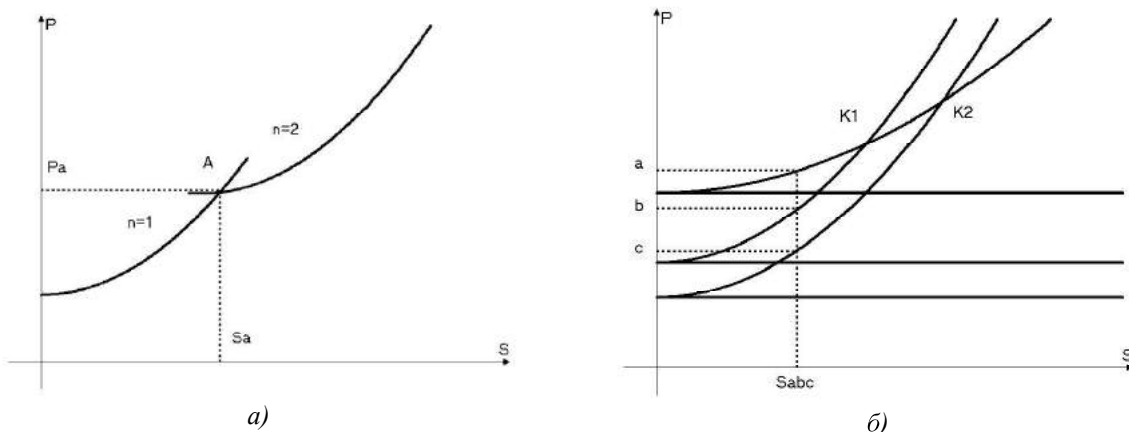


Рис. 5. Зависимость потерь в трансформаторах без учёта отличий характеристик (а), и с учётом отличий характеристик (б)

Это хорошо видно для точек a, b, c (рис. 5,б), которые показывают уровень потерь при различных режимах работы ТП, при мощности нагрузки S_{abc} . При работе двух трансформаторов потери в магнито-проводе составят $\Delta P_{ста}$. При отключении первого трансформатора, который имеет критическую точку $K1$, потери будут составлять $\Delta P_{стb}$. Уменьшение потерь мощности будет составлять $\delta P_2 = \Delta P_{ста} - \Delta P_{стb}$. При отключении второго трансформатора: $\delta P_2 = \Delta P_{ста} - \Delta P_{стc}$. Поскольку $\Delta P_{стb} > \Delta P_{стc}$, то понятно, что $\delta P_2 > \delta P_1$ и целесообразно отключать трансформатора, график которого помечен литерой b .

Результаты исследований показывают, что характер зависимостей при применении компенсирующего оборудования практически не меняется, но меняется значения мощностей в критических точках.

По результатам исследований установлено следующее: фактические характеристики трансформаторов отличаются от паспортных и имеют тенденцию к ухудшению в процессе эксплуатации. Установлены зависимости между уровнем потерь в трансформаторах и продолжительностью эксплуатации. Построены соответствующие уравнения регрессии. Установлен факт различия характеристик трансформаторов одной ТП. Разработаны рекомендации по оптимизации управления режимами работы трансформаторной подстанции.

Список литературы

1. Кириленко О.В. Ієрархічний оперативно–керуючий комплекс автоматизованої системи диспетчерського керування / О.В. Кириленко, Б.С. Стогній, В.Л. Прихно [та ін.] // Праці ІЕД НАНУ. – 2008. – №20. – С. 3–4.
2. Півняк Г.Г. Розрахунки електричних мереж систем електропостачання: Навчальний посібник / Г.Г. Півняк, Г.А. Кігель, Н.С. Волотковська; за ред. Г.Г. Півняка. – [4-е вид.]. – Дніпропетровськ: ДВНЗ НГУ, 2011. – 217 с.
3. Кігель Г.А. Електричні мережі систем електропостачання: [навчальний посібник] / Г.А. Кігель, Г.Г. Півняк. – Дніпропетровськ: ДВНЗ НГУ, 2011. – 364 с.