

Г. И. Янукович, П. Сердешнов,
И. В. Протосовицкий

Снижение потерь электрической энергии путем использования симметрирующего устройства в трансформаторах У/Ун.

Сельские электрические сети в основном работают с неравномерной загрузкой фаз. Доминирующее использование в этих сетях в настоящее время трансформаторов со схемой соединения обмоток У/Ун приводит к резкому искажению системы фазных напряжений. Это вызывает значительное отклонение напряжения от номинального, нарушает нормальную работу токоприемников (преждевременный выход их из строя, отказ в работе чувствительных видов оборудования, повреждение самих трансформаторов из-за длительного протекания однофазного тока короткого замыкания и пр.), и в месте с тем приводит к значительным дополнительным потерям электроэнергии в этих сетях.

Для снижения несимметрии напряжения существует ряд симметрирующих устройств. Все они могут быть использованы в той или иной степени в зависимости от технико-экономических показателей и возможностей технического исполнения.

Как показывает практика и расчеты наиболее приемлемыми с точки зрения относительной эффективности, трудоватрат, эксплуатации является симметрирующее устройство, выполненное в результате реконструкции трансформаторов У/Ун. Оно представляет собой ряд компенсирующих витков, положенных поверх рабочих обмоток трансформатора, один из концов которых соединен с нейтралью обмотки низшего напряжения, второй выведен наружу трансформатора.

Данное симметрирующее устройство позволяет также уменьшить дополнительные потери мощности в сети.

Дополнительные потери мощности в сети состоят из потерь в линии и трансформаторе.

Для определения дополнительных потерь мощности в трансформаторе от несимметрии напряжения можно использовать формулу:

$$\Delta P = 3K_{2U}^2 \frac{\Delta P_k \cdot U_n^2}{U_k^2 \cdot U_n^2} \cdot 100^2 + 3K_{0U}^2 U_n^2 \frac{r_0}{Z_0},$$

- где K_{2U} - коэффициент обратной последовательности напряжения;
 K_{0U} - коэффициент нулевой последовательности напряжения;
 P_k - потери короткого замыкания трансформатора;
 U_k - напряжение короткого замыкания трансформатора;
 U_n - номинальное напряжение;
 r_0 - активное сопротивление нулевой последовательности;
 Z_0 - полное сопротивление нулевой последовательности.

Дополнительные потери мощности в линии определяются из выражения:

$$\Delta P = 3U_n^2 \left(K_{2U}^2 \frac{r_2}{Z_2} + K_{0U}^2 \frac{r_0}{Z_0} \right),$$

- где K_{2U} - коэффициент обратной последовательности напряжения;
 K_{0U} - коэффициент нулевой последовательности напряжения;
 r_0 - активное сопротивление нулевой последовательности линии;
 Z_0 - полное сопротивление нулевой последовательности линии;
 r_2 - активное сопротивление обратной последовательности линии;
 Z_2 - полное сопротивление обратной последовательности линии.

Расчеты по вышеприведенным формулам показали, что использование симметрирующего устройства в усредненных электрических сетях позволяет снизить дополнительные потери мощности от несимметрии напряжения относительно трансформатора У/Ун на 0,539 кВт в трансформаторе и на 0,307 кВт в линии. Экономия электрической энергии за один год составит 1693 кВт.ч.

При установке на все потребительские трансформаторы со схемой соединения обмоток У/Ун Республики Беларусь симметрирующее устройство позволило бы экономить ежегодно около 200 МВт.ч электроэнергии.