

## СЕКЦИЯ 1. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ АПК

**УДК 621. 371.1.027**

**Протосовицкий И.В., к.т.н., доцент,  
Зеленькевич А.И., к.т.н., доцент, Збродыга В.М., к.т.н., доцент**  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск*

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРА СО СХЕМОЙ СОЕДИНЕНИЯ $Y/Y_nSU$

В четырехпроводных электрических сетях 0,4 кВ России и других стран СНГ в основном используются трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда-звезда-ноль» ( $Y/Y_n$ ). Однако эти самые дешевые в изготовлении, трансформаторы в эксплуатации экономичны лишь при симметричной нагрузке фаз. Как известно, сельские электрические сети, особенно питающие коммунально-бытовую нагрузку с большим удельным весом однофазных нагрузок, подключение которых во времени пофазно нарушается и потери электрической энергии в таких трансформаторах резко возрастают. Также из-за неравномерности нагрузки фаз в сетях с трансформаторами  $Y/Y_n$  происходит резкое искажение системы фазных напряжений, в следствии увеличения потерь и в линиях 0,4 кВ [1,2]. Лучшее положение при применении трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда-зигзаг-ноль» ( $Y/Z_n$ ), но они значительно дороже. Трансформатор со схемой соединения обмоток «звезда-звезда-ноль с симметрирующим устройством» ( $Y/Y_nSU$ ) разработанный на кафедре электроснабжения и испытанный на соответствие всем требованиям действующих стандартов Минским электротехническим заводом им. В.И. Козлова, запущен в серийное производство не только в Республике Беларусь, но, и в ближнем зарубежье, лишен этого недостатка [3].

Для оценки энергоэффективности работы данного трансформатора был произведен анализ сетей Республики Беларусь, который позволил определить среднестатистическую сеть 0,4 кВ: мощность трансформатора – 100 кВА (с учетом коммунально-бытовых потребителей населенных пунктов); длина линии – 0,8 км; количество линий от одной ТП – 2,5; сечение провода линии – 35 мм<sup>2</sup>. На-

грузки линий 0,4 кВ принята пропорциональной мощности трансформатора, от которого она запитана, и считалась равномерно распределенной по всей длине линии. Время использования максимума нагрузки в году – 2000 часов. Величина тока в нулевом проводе принята равной 0,25 от номинального фазного.

Расчеты дополнительных потерь электрической энергии за счет несимметрии нагрузки были выполнены с применением метода симметричных составляющих. Они производились в зависимости от величины тока в нулевом проводе 0,25 номинального фазного для трансформаторов мощностью от 25 до 250 кВА. Сечение нулевого провода принималось равным сечению фазных проводов.

Результаты расчетов приведены в табл. 1 и 2 ( $S_H$  – номинальная мощность трансформатора;  $I_{H,пр}$  – ток в нулевом проводе (в относительных единицах);  $P_{K3}$  – потери короткого замыкания;  $\Delta P$  – дополнительные потери электроэнергии в линиях сети с трансформаторами Y/Y<sub>H</sub>, Y/Z<sub>H</sub> по сравнению с сетью с трансформаторами Y/Y<sub>H</sub>СУ;  $Q$  – годовая экономия электроэнергии в сетях с трансформаторами Y/Y<sub>H</sub>СУ по сравнению с сетью с трансформаторами Y/Y<sub>H</sub>, Y/Z<sub>H</sub>).

Таблица 1. Расчеты потерь электроэнергии в трансформаторах за счет несимметрии нагрузки

$S_H$ , кВА	$P_{K3}$ , Вт			$\Delta P$ , Вт		$Q$ , кВт·ч	
	Y/Y <sub>H</sub>	Y/Z <sub>H</sub>	Y/Y <sub>H</sub> СУ	Y/Y <sub>H</sub>	Y/Z <sub>H</sub>	Y/Y <sub>H</sub>	Y/Z <sub>H</sub>
25	633	599	530	14	0	233	139
40	979	878	777	48	0	501	203
63	1450	1278	1130	115	0	871	295
100	2278	1967	1739	307	-1	1963	454
160	3272	2645	2339	828	-1	3521	611
250	4665	3694	3266	1699	-2	6196	852

Сопоставление потерь в среднестатистической электрической сети при неравномерной нагрузке с трансформаторами с различными схемами соединения обмоток показывает, что наиболее экономичной из них является схема Y/Y<sub>H</sub>СУ.

Трансформаторы в среднем работают около 40 лет, поэтому сложно определить итоговую прибыль предприятия, установившего в сетях 0,4 кВ с несимметричной нагрузкой фаз трансформаторы со схемой соединения обмоток Y/Y<sub>H</sub>СУ. Причем значительный экономический эффект получается только за счет сокращения ни-

чем не оправданных потерь электроэнергии в линиях и трансформаторах, не говоря о тех потерях, которые наносит потребителю некачественная электроэнергия. Выполненные конструкторским бюро МЭТЗ им. Козлова расчеты сроков его окупаемости в зависимости от величины тока в нулевом проводе приведены в табл.2.

Таблица 2. Срок окупаемости трансформатора Y/Y<sub>н</sub>СУ, лет

$I_{н.пр.}$	Номинальная мощность трансформатора Y/Y <sub>н</sub> СУ, кВА					
	25	40	63	100	160	250
0,1	13,5	7	5,1	4,7	2,9	1,9
0,2	3,2	1,7	1,2	1,0	0,6	0,4
0,25	2,0	1,0	0,7	0,6	0,4	0,2
0,3	1,4	0,7	0,5	0,4	0,2	0,2
0,4	0,7	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1
0,5	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

Из таблицы видно, что при несимметрии нагрузки 0,25 номинального фазного, характерный режим электрической сети, срок окупаемости трансформатора Y/Y<sub>н</sub>СУ в зависимости от мощности (от 25 до 250 кВА), срок окупаемости от 2 до 0,2 лет.

Выводы. Применение трансформатора со схемой соединения Y/Y<sub>н</sub>СУ в одной усредненной сети 0,4 кВ при токе в нулевом проводе 25% номинального фазного, позволяет получить значительный экономический эффект только за счет сокращения ничем не оправданных потерь электроэнергии в линиях и трансформаторах снизив потери только за один год на 1963 кВт·ч по сравнению с трансформатором Y/Y<sub>н</sub> и на 454 кВт·ч по сравнению с трансформатором Y/Z<sub>н</sub>.

### Список использованной литературы

1. Сердешнов, А.П. К вопросу повышения качества электроэнергии / А.П. Сердешнов, В.М. Збродыга, Г. И. Янукович // Агропанорама. – 2008. – №2. – С. 9–12.
2. Теремецкий, М.Ю. Экспериментальное исследование потерь и показателей качества электрической энергии в сельских сетях 0,38 кВ / М. Ю. Теремецкий // Известия СПбГАУ. – 2010. №20. – С. 328–333.
3. Сердешнов, А. П. Симметрирующее устройство для трансформаторов / А. П. Сердешнов, И. В. Протосовицкий // Новости электротехники. – 2005. – №1(31). – С. 69–71.