

СЕКЦИЯ 1. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ АПК

УДК 621. 371.1.027

Протосовицкий И.В., к.т.н., доцент,
Зеленъкевич 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_n СУ

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 увеличение потерь и в линиях 0,4 кВ [1,2]. Лучше ситуация 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_n СУ) 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^2 . На-

грузка линий 0,4 кВ принята пропорциональной мощности трансформатора, от которого она питана, 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; $I_{\text{H,пр}}$ – ток в нулевом проводе (в относительных единицах); $P_{\text{к3}}$ – потери короткого замыкания; ΔP – дополнительные потери электроэнергии в линиях сети с трансформаторами Y/Y_{H} , Y/Z_{H} по сравнению с сетью с трансформаторами Y/Y_{HCSY} ; Q – годовая экономия электроэнергии в сетях с трансформаторами Y/Y_{HCSY} по сравнению с сетью с трансформаторами Y/Y_{H} , Y/Z_{H}).

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

S_{H} , кВА	$P_{\text{к3}}$, Вт			ΔP , Вт		Q , кВт·ч	
	Y/Y_{H}	Y/Z_{H}	Y/Y_{HCSY}	Y/Y_{H}	Y/Z_{H}	Y/Y_{H}	Y/Z_{H}
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_{HCSY} .

Трансформаторы в среднем работают около 40 лет, поэтому несложно определить итоговую прибыль предприятия, установившего в сетях 0,4 кВ с несимметричной нагрузкой фаз трансформаторы со схемой соединения обмоток Y/Y_{HCSY} . 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/YнСУ, лет

$I_{н.пр.}$	Номинальная мощность трансформатора Y/YнСУ, 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/YнСУ в зависимости от мощности (от 25 до 250 кВА), срок окупаемости от 2 до 0,2 лет.

Выводы. Применение трансформатора со схемой соединения Y/YнСУ 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/Yн и на 454 кВт·ч по сравнению с трансформатором Y/Zн.

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.