

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ НОВОГО СИММЕТРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Г.И. Янукович, канд. техн. наук, профессор, В.М. Збрадыга, канд. техн. наук, доцент, Н. Г. Королевич, канд. экон. наук, доцент, А. Ю. Туник, ассистент (БГАТУ)

Аннотация

В статье приведены результаты лабораторных исследований нового симметрирующего устройства. Показано, что данное устройство снижает несимметрию напряжений как по коэффициенту несимметрии напряжений по нулевой, так и по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности.

The article presents the results of laboratory studies of a new balancer. It is shown that the device reduces the voltage unbalance as the coefficient of voltage unbalance at zero, and the coefficient of voltage unbalance on the reverse sequence.

Введение

В связи с развитием электрификации сельскохозяйственного производства повышается интенсивность использования электротехнического оборудования, применяются новые электротехнологические процессы, в сельскохозяйственное производство и быт населения внедряются новые нетрадиционные потребители электроэнергии. Такие показатели качества электроэнергии, как несимметрия напряжений не всегда отвечают установленным требованиям. Поэтому проблема качества электроэнергии в электроустановках сельскохозяйственного назначения не утратила свою актуальность и становится все более острой.

Несимметрия напряжений отрицательно влияет на работу всех элементов электрической системы, вызывая дополнительные потери активной мощности, снижая срок службы электрооборудования и экономические показатели его работы.

Снижение несимметрии напряжений достигается уменьшением сопротивления сети токам обратной и нулевой последовательности или снижением этих токов.

Существуют способы симметрирования и технические средства, воздействующие на уменьшение сопротивления нулевой последовательности сети; технические средства, предназначенные для снижения токов нулевой последовательности сети; технические средства, предназначенные для снижения токов обратной последовательности и комбинированные технические средства для снижения токов обратной и нулевой последовательности.

Авторами публикации предложено новое симметрирующее устройство (СУ), относящееся ко второму способу, автоматически перераспределяющее нагрузки по фазам [1]. На рис. 1 представлена схема такого симметрирующего устройства.

Устройство содержит магнитопровод 1 и три обмотки 2, содержащие одинаковое число витков.

Начала обмоток подключены к источнику питания, концы – к линиям электропередачи с несимметричной нагрузкой.

При работе симметрирующего устройства большие значения токов в некоторых фазах будут трансформироваться в другие фазы, где ток меньший. Это приводит к перераспределению токов по фазам при несимметричной нагрузке, что существенно повышает качество напряжения.

Основная часть

Авторами было изготовлено симметрирующее устройство, представленное на рис. 1. Использовали готовый магнитопровод. Число витков определили по формуле:

$$w = \frac{U_{\phi}}{4,44B_m S_m}, \quad (1)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение вторичной обмотки трансформатора, В;

B_m – и индукция в магнитопроводе, Тл;

S_m – сечение в магнитопроводе, см².

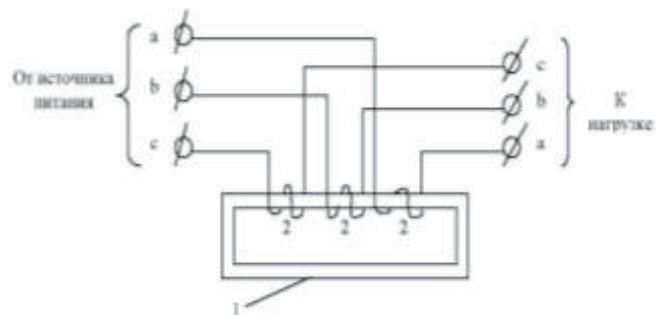


Рисунок 1. Схема симметрирующего устройства

Задавались несколькими значениями индукции применительно к выбранному сечению магнитопровода. В результате получили устройство с тремя вариантами витков: 30, 60 и 90. Питающий трансформатор взят мощностью 2,5 кВ·А. Несимметричные режимы создавались при помощи реостатов, которые были использованы в качестве нагрузки. Устанавливался несимметричный режим работы трансформатора без симметричного устройства. Измерялись линейные и фазные напряжения и токи в фазах и нулевом проводе. Затем включали симметричное устройство. При включенном симметричном устройстве измерялись линейные и фазные напряжения и токи до симметричного устройства и после него, а также ток в нулевом проводе. Измерения выполнялись анализатором качества электроэнергии типа FLUKE-435. Опыты проводились при числе витков – 30, 60 и 90.

Результаты эксперимента приведены в табл. 1. Значения токов и напряжений в таблице приведены после симметрирующего устройства. До симметрирующего устройства их значения отличаются незна-

чужено. Это видно на диаграмме (рис. 2), приведенной для числа витков, равного 60. При включенном симметрирующем устройстве ток в ну-

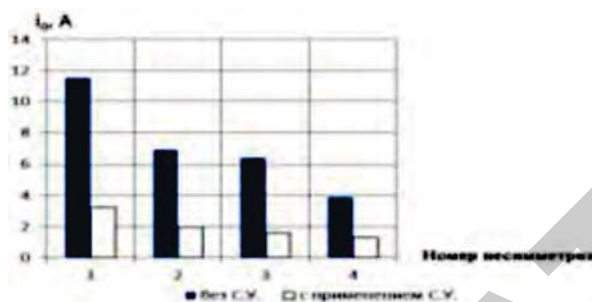


Рисунок 2. Диаграмма зависимости силы тока в нулевом проводе от режима нагрузки без СУ и с ним

чужено. Так, для случая несимметрии № 1 без СУ ток в нулевом проводе был 11,5 А. При включенном СУ он составил 3,2 А. Для случая несимметрии № 4 без СУ ток в нулевом проводе был 3,9 А, при включенном СУ он стал 1,3 А.

На рис. 3 приведена зависимость коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности, а на рис. 4 – зависимость коэффициента

Таблица 1. Результаты исследований симметрирующего устройства

Случай	Режим	W, шт	I _a , А	I _b , А	I _c , А	I ₀ , А	U _{ab} , В	U _{bc} , В	U _{ca} , В	U _a , В	U _b , В	U _c , В
1	без СУ	-	13,8	2,3	1,5	11,5	227,4	238,2	228,2	129,4	135,3	135,8
2	с СУ	30	8,7	2,4	2,1	6,3	228,2	234,8	232,5	129,2	135,2	131,3
3	с СУ	60	5,9	2,9	2,3	3,2	230,6	236,8	229,4	131,4	135,7	135,1
4	с СУ	90	4,5	2,9	2,5	1,3	230,0	236,5	231,0	131,9	135,1	135,7

чительно. В таблице приведен наиболее тяжелый случай несимметрии нагрузки, когда ток в фазе *a* составлял 13,8 А, в фазе *b* – 2,3 А, в фазе *c* – 1,5 А (случай несимметрии № 1).

Были исследованы и другие несимметричные режимы: ток в фазе *a* составлял 10,6 А, в фазе *b* – 2,2 А, в фазе *c* – 1,8 А (случай несимметрии № 2), ток в фазе *a* составлял 8,0 А, в фазе *b* – 1,5 А, в фазе *c* – 1,2 А (случай несимметрии № 3), в фазе *a* составлял 6,6 А, в фазе *b* – 2,0 А, в фазе *c* – 2,0 А (случай несимметрии № 4).

По результатам измерений были рассчитаны коэффициенты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности. Значения их определялись по формулам, приведенным в ГОСТ 13109-97 [2]. В табл. 2 приведены значения коэффициентов несимметрии по обратной и нулевой последовательности в зависимости от числа витков в СУ и тока в нулевом проводе в режиме глубокой несимметрии (№ 1).

Анализ результатов эксперимента показал, что с ростом несимметрии нагрузки по фазам растет ток в

Таблица 2. Зависимость коэффициентов несимметрии от числа витков в СУ и тока в нулевом проводе

Режим	W, шт	I ₀ , А	K _{2U} , %	K _{0U} , %
без СУ	-	11,5	3,04	3,12
с СУ	30	6,3	1,80	2,83
с СУ	60	3,2	1,47	1,51
с СУ	90	1,3	1,18	1,17

несимметрии напряжений по нулевой последовательности от несимметрии нагрузки по фазам для числа витков в СУ равным 60.

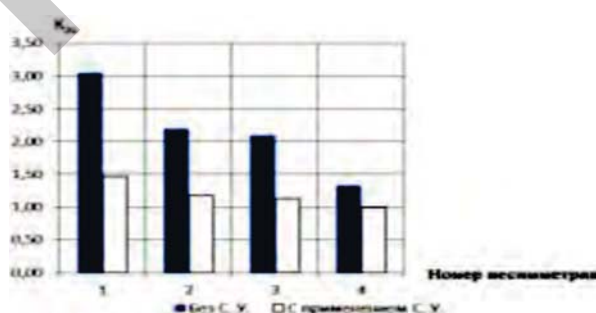


Рисунок 3. Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности от режима нагрузки

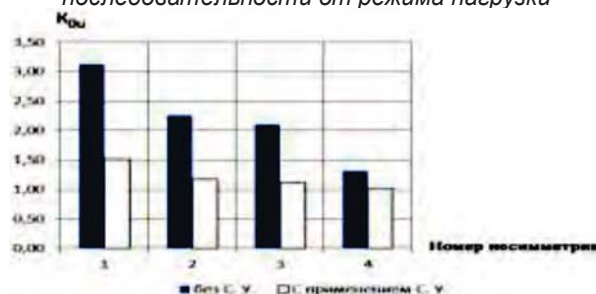


Рисунок 4. Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности от режима нагрузки

Как видно из приведенных диаграмм, СУ значительно снижает несимметрию напряжений. Так, в режиме несимметрии № 1 без СУ K_{2U} составлял 3,04 %, с включенным СУ с числом витков, равным 90, он стал 1,18 %. Коэффициент несимметрии по нулевой последовательности K_{0U} – соответственно 3,17 % и 1,17 %.

Число витков в СУ также влияет на симметрирующую способность устройства. В табл. 3 приведены значения коэффициентов несимметрии напряжений в зависимости от режима нагрузки без СУ и с ним в зависимости от числа витков в устройстве.

Таблица 3. Зависимость коэффициентов несимметрии напряжений от режима нагрузки без СУ и с ним от числа витков

Режим	W , шт	I_a , А	I_b , А	I_c , А	K_{2U} , %	K_{0U} , %
без СУ	-	13,8	2,3	1,5	3,04	3,12
с СУ	30	8,7	2,4	2,1	1,8	2,83
с СУ	60	5,9	2,9	2,3	1,47	1,51
с СУ	90	4,5	2,9	2,5	1,18	1,17

Число витков в СУ влияет на симметрирующую способность устройства. Однако при числе витков 90 и более происходит насыщение железа и симметрирующая способность устройства снижается.

Выводы

Новое симметрирующее устройство автоматически перераспределяет нагрузки по фазам. Это приводит к улучшению не только коэффициента несимметрии по нулевой последовательности, но и коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство для симметрирования напряжения при несимметричной нагрузке фаз: пат. 16121 Респ. Беларусь / Г.И. Янукович и др. 27.09.2010.
2. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 13109-97 . – Введ. 08.01.1999. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 31 с.

УДК 658.52.012.011.56:631.22.014

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 10.04.2014

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЗАТРАТ НА РАЗДАЧУ ЖИДКИХ КОРМОВ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ СВИНЬЯМ

И.И. Гируцкий, докт. техн. наук, доцент, А.А. Жур, ст. преподаватель, А.Г. Сеньков, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ)

Аннотация

В статье рассматривается вопрос снижения энергозатрат в процессе раздачи жидких кормов в свиноматке.

This article addresses the issue of reducing power consumption in the technological process of distribution liquid feeds in a pigsty.

Введение

Жидкое кормление обеспечивает высокую эффективность откорма свиней [1]. Жидкий корм представляет собой смесь полнорационного комбикорма и воды в различной пропорции, от которой зависит конечная влажность жидкого корма. При этом система управления оборудованием для приготовления и раздачи жидких кормов должна обеспечивать выдачу запланированных доз корма при минимальных затратах энергии за ограниченный промежуток времени в соответствии с принятой технологией.

Основная часть

Система взаимосвязанных уравнений, описывающих выполнение данных условий, может быть представлена в следующем виде:

$$\Delta D_i = \int_0^{t_i} Q(t) \cdot dt - D_i^3; \tag{1}$$

$$|\Delta D_i| \leq A_{3AD},$$

$$\Theta = \sum_{i=1}^n \Theta_i (D_i, Q_i, W) \rightarrow \min, \tag{2}$$

$$T = \sum_{i=1}^n t_i \leq T_{\text{зад}}, \tag{3}$$

- где ΔD_i – отклонение фактической дозы корма в i -й станок от запланированной;
 D_i^3 – запланированная доза корма в i -й станок, л;
 $A_{\text{зад}}$ – допустимая погрешность выдачи дозы, л;
 $Q_i(t)$ – производительность линии раздачи корма, м³/с;
 t_i – время выдачи корма в i -й станок, с;
 W – влажность жидкого корма, %;
 Θ_i – суммарные энергозатраты на выдачу дозы корма в i -й станок за время t_i ;
 Θ – суммарные энергозатраты на выдачу корма во все станки за время T , с;
 $T_{\text{зад}}$ – проектное время кормления, с;
 T – текущее время кормления, с.
 Выполнение условий выражений (1) и (3) должно обеспечиваться алгоритмом управления в соответствии