

рыхлый. Чтобы избежать дополнительного уплотнения плужной подошвы, не следует допускать, чтобы высота ядра уплотнения превышала толщину верхнего слоя почвы.

Выводы

1. Уплотняющее воздействие ходовых систем машинно-тракторных агрегатов проникает в подпахотный слой почвы, из-за чего ухудшаются ее агрофизические свойства.

2. Из-за переуплотнения почвы ходовыми системами повышаются энергозатраты на почвообработку и ухудшается структура почвы.

3. Для улучшения качества крошения почвы рекомендуется при выборе параметров ходовых систем стремиться к тому, чтобы давление не превышало критической величины, когда наступает предельное напряженное состояние ядра уплотнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орда А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов // Дисс. на соиск. уч. степени д.т.н. – Мн., 1997.

2. Кацыгин В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Мн.: Ураджай, 1964. – Т.13. – С. 5-147.

3. Ревут И.Б. Физика почв. – Л.: Колос, 1972. – 387 с.

4. Мацепуро М.Е., Макарова Н.А. Технологические основы механизации процессов обработки почв. // Вопросы технологии механизированного сельскохозяйственного производства. – Мн., 1963. – С. 92-131.

УДК 621.311.1.016.4

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В.М. Збродыго, инженер, Г.И. Янукович, канд.техн. наук, профессор, А.П. Сердешнов, канд.техн. наук, профессор (УО БГАТУ)

Ситуация в электроэнергетике Республики Беларусь складывается таким образом, что при производстве электроэнергии обеспечивается довольно высокое ее качество. Ухудшение качества электроэнергии происходит при ее передаче и, главным образом, при потреблении. Это обусловлено тем, что с развитием технологии в процессе научно-технического прогресса появляются новые виды электроприемников нелинейных (на базе полупроводниковых элементов), несимметричных, с перемежающимся режимом работы и т.д., которые ухудшают качество электроэнергии в питающей их сети.

Существует целый ряд различных устройств, предназначенных обеспечивать необходимое качество электроэнергии, таких как фильтры высших гармоник напряжений и токов, филтросимметрирующие устройства, симметрирующие устройства для подавления напряжений нулевой и обратной последовательности, регуляторы напряжения и частоты, регуляторы для пофазного регулирования напряжения и многие другие. Но все названные устройства дорогостоящие, требуют дополнительных капиталовложений при их эксплуатации. Для протяженных и с малой удельной плотностью нагрузки сетей сельскохозяйственного назначения их применение в большинстве случаев является нецелесообразным. Поэтому авторы считают возможным в низковольтных электрических сетях сельскохозяйственного назначения для питания потребителей и отдельных электроприемни-

ков использовать трансформатор Y/Δ с зигзагом [1]. Он обеспечивает приемлемый уровень качества напряжения при нелинейном и несимметричном характере нагрузки вследствие компенсации магнитных потоков нулевой последовательности и магнитных потоков высших гармоник нулевой последовательности в его магнитопроводе, что подтверждено экспериментально.

Был изготовлен трансформатор Y/Δ с зигзагом типа ТСЗ – 1,5/0,38 и проведены лабораторные исследования показателей качества электроэнергии на его выводах при работе на несимметричную и нелинейную нагрузку. Для сравнительной оценки с показателями качества, которые обеспечиваются другими схемами соединения обмоток в таких же режимах работы, проведены аналогичные исследования стандартных схем с нулевым проводом Y/Y_n , Δ/Y_n , Y/Z_n и схем без нулевого провода Y/Y , Δ/Y , Y/Z , $Y\backslash\Delta$, $\Delta\backslash\Delta$. Исследования проводились с использованием одного магнитопровода путем смены обмоток.

При исследовании несимметричного режима работы нагрузка трансформатора и ее изменение обеспечивались при помощи ползунковых реостатов. За основу приняты следующие виды нагрузки:

1. Для схем с нулевым проводом ток в одной из фаз изменялся от нуля до номинального значения, а в двух

других фазах ток нагрузки был равен нулю. Для схем без нулевого провода нагрузка включена только на одно из трех линейных напряжений и изменялась от нуля до номинального значения.

2. Для схем с нулевым проводом в двух фазах ток изменялся от нуля до номинального значения, а в третьей фазе ток нагрузки был равен нулю. Для схем без нулевого провода нагрузка включена на два из трех линейных напряжений и изменялась от нуля до номинального значения.

При исследовании работы трансформатора на нелинейную нагрузку были приняты следующие режимы моделирования ее характера:

1. Нагрузка трансформатора и ее изменение обеспечивались при помощи ползунковых реостатов, которые были подключены к вторичной обмотке через неуправляемый диодный выпрямитель, в пределах от $0,1 I_1$ до $1,25 I_1$.

2. Нагрузка трансформатора и ее изменение обеспечивались при помощи ползунковых реостатов, которые были подключены через тиристорный регулятор мощности. При этом угол открытия тиристоров изменялся от 0 до 90 градусов, а нагрузка уменьшалась от номинального значения.

Показатели качества электроэнергии измерялись с помощью устройства контроля параметров качества электроэнергии «УК – 1» (производства НПО «Агат», г. Минск).

Исследования показали, что у трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Δ с зигзагом не наблюдается искажение системы напряжений первичной стороны и их отклонения от номинального значения даже при глубокой несимметрии нагрузки, а коэффициент несимметрии первичных напряжений практически равен нулю при условии симметрии питающих трансформатор напряжений. Похожая картина характерна и для остальных исследованных схем, за исключением

повсеместно применяемой схемы Y/Y_n , для которой характерно значительное искажение фазных и линейных напряжений первичной стороны при несимметрии нагрузки.

Принципиально иная картина наблюдается на вторичной стороне. Для всех без исключения схем характерно искажение напряжений вторичной стороны, но в разной степени. Причем рост несимметрии нагрузки вызывает увеличение коэффициентов несимметрии вторичных напряжений. Одновременно происходит снижение напряжений с ростом нагрузки. Коэффициенты несимметрии вторичных напряжений при номинальном значении несимметричной нагрузки приведены в табл. 1.

Результаты исследований показали, что схема Y/Δ с зигзагом наиболее устойчива к несимметрии нагрузки. В режиме однофазной нагрузки при номинальном значении тока коэффициент несимметрии вторичных напряжений по обратной последовательности K_{2U} составляет 1,91 %, максимальное расхождение между напряжениями вторичной стороны – 3,1 %, отклонение вторичных напряжений от напряжения холостого хода – 1,6 %, -0,5 %, -3,6 % соответственно. В режиме двухфазной нагрузки при номинальном значении тока коэффициент несимметрии вторичных напряжений по обратной последовательности K_{2U} составляет 2,24 %, максимальное расхождение между напряжениями вторичной стороны – 3,6 %, отклонение вторичных напряжений от напряжения холостого хода – -5,4 %, -1,8 %, -4,0 % соответственно.

Из табл. 1 видно, что не менее устойчива к несимметрии нагрузки и схема Y/Δ , но, как показали дальнейшие исследования, эта схема более чувствительна к нелинейному характеру нагрузки. Остальные дают более значительные искажения симметрии вторичных напряжений при несимметричном характере нагрузки.

Исследования работы трансформатора Y/Δ с зигзагом на нелинейную нагрузку показали, что значения коэффициентов искажения синусоидальности пер-

1. Значения коэффициентов несимметрии вторичных напряжений трансформатора при номинальном значении несимметричной нагрузки

Схема соединения обмоток трансформатора	Режим однофазной нагрузки		Режим двухфазной нагрузки	
	$K_{2U}, \%$	$K_{0U}, \%$	$K_{2U}, \%$	$K_{0U}, \%$
Y/Δ с зигзагом	1,91	-	2,24	-
Y/Δ	1,92	-	2,24	-
Δ/Δ	2,26	-	3,26	-
Δ/Y	4,91	-	4,67	-
Y/Y	4,04	-	3,23	-
Y/Z	3,72	-	2,79	-
Y/Y_n	3,23	10,95	2,97	10,61
Δ/Y_n	2,37	4,66	2,70	4,66
Y/Z_n	1,98	3,74	2,62	4,28

вичных напряжений при его работе, как на неуправляемый диодный выпрямитель, так и на тиристорный регулятор мощности, практически не зависят от тока нагрузки и режима работы тиристоров и определяются наличием высших гармоник в питающей сети, полная отфильтровка которых практически невозможна. То же характерно и для других исследованных схем, кроме Y/Y_n , которая очень чувствительна к нелинейному характеру нагрузки.

Значение коэффициентов искажения синусоидальности вторичных напряжений K_u зависит от тока нагрузки и режима работы преобразовательных элементов на базе полупроводников. Результаты исследований коэффициентов искажения синусоидальности вторичных напряжений при различном характере нелинейной нагрузки приведены в табл. 2 и 3.

Из табл. 2 видно, что при работе трансформатора на неуправляемый диодный выпрямитель с увеличением нагрузки увеличивается значение коэффициента ис-

кажения синусоидальности.

Гармонический анализ вторичных напряжений трансформатора Y/Δ с зигзагом при работе на неуправляемый диодный выпрямитель выявляет практически полное отсутствие высших гармоник нулевой последовательности. Незначительно присутствует только третья гармоника, коэффициент которой при номинальной нагрузке равен 0,34 %. Наиболее выражены в спектре пятая и седьмая гармоники, коэффициенты которых при номинальной нагрузке равны соответственно 1,93 % и 0,91 %. Также следует отметить наличие всех нечетных гармоник прямой и обратной последовательности, величина которых при номинальной нагрузке не превышает 0,5 %.

Из данных, приведенных в табл. 3, следует, что с увеличением угла открытия тиристоров от 0 до 90 градусов увеличивается значение коэффициента искажения синусоидальности вторичных напряжений, несмотря на то, что при этом уменьшается ток нагрузки. Наименьшее искажение синусоидальности напряжений обеспечивает

2. Значения коэффициентов искажения синусоидальности вторичных напряжений при работе трансформатора на неуправляемый диодный выпрямитель

Схема соединения обмоток трансформатора	I/I_n					
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25
	$K_u, \%$					
Y/Δ с зигзагом	1,89	1,91	1,99	2,07	2,23	2,59
Y/Δ	2,43	2,49	2,68	3,01	3,42	4,03
Δ/Δ	1,67	1,77	1,96	2,27	2,74	3,44
Δ/Y	2,29	2,49	3,11	3,98	5,09	6,28
Y/Y	2,48	2,55	2,83	3,32	3,95	4,79
Y/Z	2,24	2,48	3,06	3,81	4,66	5,69

3. Значения коэффициентов искажения синусоидальности вторичных напряжений при работе трансформатора на тиристорный регулятор мощности

Схема соединения обмоток трансформатора	Угол открытия тиристоров			
	0°	30°	60°	90°
	$K_u, \%$			
Y/Δ с зигзагом	2,13	2,47	2,81	3,09
Y/Δ	2,98	3,34	3,66	4,18
Δ/Δ	2,81	3,02	3,42	4,08
Δ/Y	4,28	5,11	6,03	7,08
Y/Y	3,89	4,47	5,07	5,98
Y/Z	3,91	4,55	5,09	6,12
Δ/Y_n	4,06	4,58	5,49	6,29
Y/Y_n	6,28	9,03	12,34	15,62
Y/Z_n	3,86	4,42	4,91	5,41

кажения синусоидальности вторичных напряжений. В режиме малой нагрузки коэффициенты искажения для разных схем отличаются незначительно, но различна динамика их роста. И при номинальном значении тока нагрузки для схемы Y/Δ с зигзагом значение коэффициента составляет 2,23 %, что в 1,23 раза меньше, чем у второй по уровню обеспечения синусоидальности напряжения схемы Δ/Δ , и в 1,53 раза меньше, чем у схемы Y/Δ , обеспечивающей довольно высокий уровень симметрии напряжений при несимметричной нагрузке. Схемы Δ/Y , Y/Y , Y/Z дают еще более значительные

искажения синусоидальности вторичных напряжений. При увеличении угла открытия тиристоров свыше 90 градусов коэффициент искажения синусоидальности начинает уменьшаться.

Анализ спектра вторичных напряжений трансформатора Y/Δ с зигзагом при работе его на тиристорный регулятор мощности показывает практически полное отсутствие гармоник нулевой последовательности. Незначительно присутствует только третья гармоника – ее уровень изменяется в пределах от 0,32 % до 0,53 % при изменении угла открытия тиристоров от 0 до 90 градусов. Наиболее выражены пятая гармоника – от 1,63 %

до 2,57 %, седьмая гармоника – от 0,68 % до 0,89 %, одиннадцатая гармоника – от 0,69 % до 1,06 %. Присутствует вторая гармоника – от 0,1 % до 0,17 %, а также практически все нечетные гармоники прямой и обратной последовательности, но их уровень не превышает 0,5 %.

Резюмируя все вышесказанное, авторы утверждают, что схема Y/Δ с зигзагом с точки зрения поддержания качества напряжения наиболее приемлема при работе трансформатора на нелинейную нагрузку, а также при работе на нелинейную и одновременно несимметричную нагрузку. Использование этой схемы позволяет поддерживать высокое качество электроэнергии как в питающей, так и в распределительной сети трансформатора без применения каких-либо дополнительных ус-

тройств, что является вполне приемлемым для электрических сетей сельскохозяйственного назначения. Причем наиболее целесообразным представляется применение схемы Y/Δ с зигзагом для преобразовательных трансформаторов, питающих различного рода выпрямители, регуляторы мощности и напряжения, преобразователи частоты и другие устройства с нелинейными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент №2244 (РБ) “Трехфазный трансформатор” / А.П. Сердешнов, Г.И. Янукович, Е.А. Сердешнов, Д.Г. Янукович. – Оpubл. в Б.И., 1998г., №3 (18).

УДК 633.63:631.544.7

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫРАЩИВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ, ПОСЕЯННОЙ В МУЛЬЧ

Томаш Добек, докт. техн. наук (Щецинская сельскохозяйственная академия, Польша)

Введение

Растущие цены на производство сахарной свеклы заставляют её производителей искать новые энергосберегающие технологии и рациональную организацию труда, которые бы увеличили её производство и уменьшили энергозатраты. Одним из главных элементов энергосбережения является обработка почвы под посев. В данной работе предлагается отказаться от традиционной обработки почвы, которая является энергоёмкой, и перейти к минимальной, когда семена высеваются в мульчу [3]. Данная технология соответствует современным требованиям высокого качества выращиваемой продукции и сохранения окружающей среды, а также приводит к уменьшению энергетических затрат на обработку почвы [2]. Отметим, что производство сахарной свеклы требует больших энергетических затрат, чем возделывание многих других культур. Выпуск новых современных машин даст возможность снизить затраты и на рабочую силу.

Цель работы и область исследований

Цель работы заключалась в оценке энергетических затрат, вложенных в выращивание сахарной свеклы, посеянной в мульчу. Исследования проводились в многопрофильных хозяйствах, которые специализировались как в животноводстве, так и в растениеводстве. Область реализованных исследований включала анализ и оценку технологии, тип и число проводимых опера-

ций, анализ используемых машин и орудий, расчёт эффективности аккумулированной энергии в производство свеклы и её эффективность.

Методика исследований

Исследования проводились в соответствии с методикой, разработанной в Институте Строительства, Механизации и Электрификации сельского хозяйства в Варшаве (ИБМЭР), основанной на строгих концепциях эмпирических наук [4]. Дополнительно учитывались новые показатели [5]. Затраты энергии аккумулировали в материалы и сырьё, применяемые машины и орудия, топливо и людскую силу. Затраты энергии, аккумулированные в исследуемые процессы, определяли формулой

$$E_{tech} = \sum E_{mat} + \sum E_{agr} + \sum E_{pal} + \sum E_r. \quad (1)$$

Энергетическая эффективность определялась как отношение

$$W_{ee} = \frac{W_{prz}}{W_{prod}}. \quad (2)$$

В исследуемом процессе сахарная свекла выращивалась на площади 43 га - в 2001 г., 55 га - в 2002 г. и 70 га - в 2003 г. Сев сахарной свеклы производился в мульчу без предварительной вспашки. Глубокое рыхление было проведено в технологических колеях только после сбора урожая. В интервалах между сбором урожая