

пользовать для дальнейшего воспроизводства. Во избежание трудных отелов требуется также тщательный отбор скота по внешним критериям.

При оценке потребностей в кормах при содержании материнских коров естественным образом возникает вопрос об использовании наименее продуктивных сельскохозяйственных земель. Из пяти половозрастных групп животных в технологии содержания материнских коров (материнские коровы, быки-производители, телки, молодняк быков, телята) только быки-производители постоянно получают концентрированный корм, а материнские коровы обходятся без него, получая подкормку сеном лишь в зимний период или во время отелов.

При средней продуктивности пастбища в 26 т/га зеленой массы (с учетом потерь в 5-10%) требуемая кормовая площадь на каждую материнскую корову (включая потомство) составляет 1,5 га. Данная оценка подводит сельскохозяйственные предприятия к необходимости пересмотра своих подходов к землепользованию и вовлечению в производство естественных кормовых и наименее продуктивных сельскохозяйственных угодий.

Использование данной инновационной технологии в сельском хозяйстве в Беларуси, является экономичным по затратам труда и капитала, а также, что самое главное, содействует рациональному и эффективному землепользованию. Следовательно, содержание материнских коров — это та инновация, которую следует рассматривать как одно из перспективных и конкурентоспособных направлений развития скотоводства в Беларуси.

## **К ВОПРОСУ СОКРАЩЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ И ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

**Г.И. Янукович, канд. техн. наук, проф.,  
А.П. Сердешнов, канд. техн. наук, проф.,  
В.М. Збродыга, ст. преподаватель,  
Н.Г. Королевич, канд. экон. наук, доцент,  
Н.Е. Шевчик, канд. техн. наук, доцент**

*Белорусский государственный аграрный технический университет (г. Минск)  
УДК 631,371 621,317*

Энергосбережение – одно из основных условий развития всех отраслей народного хозяйства Республики Беларусь и повышения конкурентоспособности отечественной продукции на мировом рынке. Так как наше государство вынуждено импортировать около 80% потребляемых топливно-энергетических ресурсов, то необходимо внедрение энергоэффективных технологий и энергосберегающего оборудования для снижения энергетической составляющей в себестоимости белорусской продукции, что позволит повысить экономическую безопасность страны. Одним из основных направлений в решении данной задачи является сокращение потерь электроэнергии во всех звеньях ее производства, передачи и потребления, в том числе и в системах электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.

Современная схема электроснабжения в сельских электрических сетях напряжением 0,38 кВ базируется на питании потребителей от трансформаторных подстанций (ТП) с трансформаторами, имеющими схему соединения обмоток «звезда-звезда-ноль» (Y/Y<sub>n</sub>). Такая схема имеет крайнюю чувствительность к неравномерности нагрузки фаз, которая выражается смещением нулевой точки в треугольнике линейных напряжений и резким искажением системы фазных напряжений. Это явление, в свою очередь, часто вызывает нарушение требования ГОСТ 13109-97 к допустимому отклонению напряжения уже на низковольтных вводах указанных трансформаторов. А так как, в конце линий оно в два раза больше, чем в начале, то это отклонение далеко превышает допустимые стандартом пределы  $\pm 5\%$ . Такое положение приводит к значительному повышению потерь электроэнергии в сети и ненормальной работе токоприемников, значительному сокращению ресурса последних, а часто – к выходу их из строя. Кроме того, появление напряжения на нейтрали и на зануленных частях оборудования требует соответствующих мер по технике безопасности и дополнительных экономических затрат. Все сказанное вынуждает для ограничения несимметрии токов по фазам выполнять линии всех фидеров подстанций на напряжение 0,38 кВ трехфазными четырехпро-

водными, а в настоящее время пятипроводными независимо от величин их нагрузок. Сечения проводов при этом часто берут выше необходимых по условиям потери напряжения, так как их в этом случае выбирают минимально допустимыми по механической прочности. Все это приводит к повышенному расходу проводникового материала в низковольтной сети.

Вместе с тем, на кафедре «Электроснабжение» Белорусского Государственного Аграрного Технического Университета (УО БГАТУ) разработан и давно уже внедрен в производство на ПРУП «Минский электротехнический завод им. В. И. Козлова» трансформатор со схемой соединения обмоток «звезда-звезда-ноль с симметрирующим устройством» (Y/Y<sub>n</sub>СУ) [1]. Он прошел многолетнюю проверку работы в электрических сетях Республики Беларусь (1987-2008 г.г.), где в настоящее время эксплуатируется более 300 таких трансформаторов мощностью от 25 кВА до 250 кВА. Эти трансформаторы показали хорошую надежность работы вместе с высокой степенью симметрирования системы фазных напряжений даже при глубокой неравномерности нагрузки по фазам, а также отсутствие напряжения на нейтрали. При этом сокращаются потери электроэнергии в сети и уменьшается ток в нулевом проводе за счет симметрирования напряжений путем компенсации магнитных потоков нулевой последовательности в его магнитопроводе. Значительно снижается несинусоидальность напряжения за счет компенсации высших гармоник напряжения, кратных трем. Повышается надежность работы сети за счет большей устойчивости трансформатора Y/Y<sub>n</sub>СУ к однофазному короткому замыканию в линиях электропередачи. Уменьшается скачок напряжения на неповрежденных фазах при однофазном коротком замыкании в низковольтной сети. Повышается надежность защиты электрической сети за счет увеличения тока однофазного короткого замыкания. Отсутствует дополнительный нагрев бака трансформатора потоками нулевой последовательности. Кроме того, повышается безопасность работы в низковольтных сетях за счет отсутствия напряжения на нулевом проводе, что ставит под сомнение необходимость применения пятого (защитного) провода в трехфазных распределительных сетях.

Нами произведен расчет экономического эффекта от снижения дополнительных потерь электроэнергии из-за несимметрии напряжений при применении трансформатора Y/Y<sub>n</sub>СУ. При этом был использован метод симметричных составляющих и понятие усредненной сети напряжением 0,38 кВ. Для расчета были использованы данные РУП «Белэнергосетьпроект» и приняты следующие усредненные параметры и условия: мощность трансформатора – 100 кВА; длина линии напряжением 0,38 кВ – 0,8 км; количество линий от одной ТП – 2,5; сечение провода линии 0,38 кВ – 35 мм<sup>2</sup>; нагрузка линии 0,38 кВ принята пропорциональной мощности трансформатора, от которой она запитана, и считается равномерно распределенной по всей длине линии.

Потери мощности в сетях определены по формуле:

$$\Delta P = \Delta P_n + \Delta P_m,$$

где  $\Delta P_n$  – потери мощности в линии;

$\Delta P_m$  – потери мощности в трансформаторе.

Потери мощности в линии определены по формуле:

$$\Delta P_n = m \cdot \sum I_i^2 r_{0i} l_i \Phi,$$

где  $m$  – количество фаз;

$I_i$  – ток  $i$ -го участка, А;

$r_{0i}$  – активное сопротивление  $i$ -го участка, Ом/км;

$l_i$  – длина  $i$ -го участка, км;

$\Phi$  – количество фидеров (принято 2,5).

Потери мощности в трансформаторе:

$$\Delta P_m = 3(I_1^2 + I_2^2)r_k + I_0^2 r_0,$$

где  $I_1, I_2, I_0$  – токи, соответственно, прямой, обратной и нулевой последовательности, А;

$r_k, r_0$  – сопротивления короткого замыкания и нулевой последовательности трансформатора, Ом.

Экономия электрической энергии в сетях при использовании трансформатора с симметрирующим устройством:

$$W = [(\Delta P_{m1} - \Delta P_{m2}) + (\Delta P_{л1} - \Delta P_{л2})] \cdot \tau,$$

где  $\Delta P_{m1}, \Delta P_{m2}$  – потери мощности для трансформаторов  $Y/Y_n$  и  $Y/Y_nCU$  соответственно, кВт;  
 $\Delta P_{л1}, \Delta P_{л2}$  – потери мощности в линии, питаемой трансформаторами  $Y/Y_n$  и  $Y/Y_nCU$  соответственно, кВт;

$\tau$  – продолжительность потерь, час.

Расчеты показали, что для усредненной электрической сети 0,38 кВ при токе в нулевом проводе  $0,25I_n$  использование симметрирующего устройства позволит снизить потери электрической энергии от несимметрии напряжений на 1693 кВт\*ч в год по сравнению с трансформатором  $Y/Y_n$  в расчете на одну сеть, что составит 2031600 кВт\*ч в год по сельским электрическим сетям Республики Беларусь. Объем сохраненных потерь соответствует 0,12% от полезного отпуска электроэнергии на производственные нужды сельскохозяйственных потребителей республики. При существующем среднем уровне электроемкости продукции применение сбереженной электроэнергии позволит произвести дополнительно около 4 млрд. руб. валового внутреннего продукта.

К тому же, следует отметить, что разработанное симметрирующее устройство технологично для установки его в уже действующие трансформаторы  $Y/Y_n$ . Оно представляет собой отдельную обмотку, которую укладывают в виде бандажки поверх обмоток высшего напряжения и включают в рассечку нулевого провода обмотки низшего напряжения. Установка симметрирующего устройства требует дополнительных затрат на материалы и изготовление, но стоимость трансформатора при этом увеличивается не более, чем на 7%. Следовательно, амортизационные отчисления в себестоимости передачи электроэнергии возрастают незначительно. Практически при тех же затратах на передачу электроэнергии только в сельских электрических сетях электроснабжающие организации Республики Беларусь смогут получить дополнительно 225,5 млн. руб. в год, что соответствует 0,04% прибыли от реализации энергии без экспорта по ГПО «Белэнерго».

Проведенный анализ современного электроснабжения в сетях 0,38 кВ Республики Беларусь позволяет сделать вывод, что при использовании разработанного в БГАТУ трансформатора  $Y/Y_nCU$  можно получить значительно больший экономический эффект, если к тому же изменить саму схему электроснабжения. Мы предложили смешанную схему электроснабжения потребителей, включающую в себя трехфазный трансформатор со схемой соединения обмоток  $Y/Y_nCU$ , к шинам которого подключены отходящие низковольтные линии электропередачи [2]. При неравномерном распределении нагрузки по фазам трансформатор обеспечивает симметрию системы фазных напряжений. Это позволяет выполнять отходящие линии электропередачи трехфазными, двухфазными и однофазными, что дает возможность экономить проводниковый материал.

#### Литература

1 Трехфазный трансформатор: патент 1685 Респ. Беларусь, МКП7 Н 01F 27/38 / А.П. Сердешнов, Г.И. Янукович, Н.Е. Шевчик; заявители: А.П. Сердешнов, Г.И. Янукович, Н.Е. Шевчик. - № SU 1099328; заявл. 27. 12. 82; опубл. 30. 06. 97 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 1997. – №2(13). – С. 159.

2 Смешанная схема электроснабжения: патент 8292 Респ. Беларусь, МПК7 Н 02J 3/00, 3/26/ Г.И. Янукович, А.П. Сердешнов, В.М. Збродыга; заявитель УО БГАТУ. – № а 20030443; заявл. 20.05.2003; опубл. 30.12.2004 // Афіцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 4(51). – С.132.

## КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ АПК

Г.А. Яшева, канд. экон. наук, доцент

Витебский государственный технологический университет (г. Витебск)

Решение проблемы повышения эффективности АПК на современном этапе требует применения принципиально новых подходов, позволяющих в возможно более полной мере