

фактически соответствует его КПД и может быть принят равным 0,95.

Выбор энергетического оборудования осуществлен согласно определенным расчетами установленной мощности для каждого технологического процесса и отдельных помещений.

Технико-экономическое обоснование различных систем теплообеспечения животноводческой фермы выполнено по критерию минимума удельных приведенных затрат на 1 кВт·ч полезной энергии с применением центральных котельных и систем теплообеспечения децентрализованного типа, когда теплогенерирующее оборудование размещается в пристройках к зданиям, а теплопотребляющие установки размещаются непосредственно в местах потребления теплоты.

Определены удельные стоимостные и приведенные затраты на получение и использование полезной тепловой энергии в различных системах теплообеспечения.

Технико-экономический анализ результатов расчета по приведенным затратам различных систем теплообеспечения позволяет сделать следующие выводы.

1. Наиболее эффективны системы и технические средства теплообеспечения децентрализованного типа, т.к. удельные приведенные затраты на 1 кВт·ч полезной энергии в котельных примерно в 2 раза выше, чем в децентрализованных системах теплообеспечения, особенно электрических, при снижении энергозатрат на 30% и капитальных вложений в 1,5-2 раза.

2. Среди систем теплообеспечения децентрализованного типа наиболее эффективны газовые системы (при наличии газовых сетей) и системы электротеплообеспечения. Менее эффективны системы на жидком топливе (соляровое масло) и худший вариант – на твердом топливе, применение которого весьма затруднительно по техническим причинам и условиям эксплуатации.

3. Затраты на получение и использование 1 кВт·ч тепловой энергии в 3-4 раза выше, чем просто на ее производство. Поэтому выбор и оценку систем теплообеспечения и энергоносителя следует производить по удельным приведенным затратам на получение и использование 1 кВт·ч полезной тепловой энергии, а не по стоимости получения энергии, как это иногда делают на практике.

Проведенные нами исследования и практический опыт показали, что использование электрической энергии и газа в тепловых процессах животноводческих ферм в сравнении с топливными системами и тепловым оборудованием, работающем на твердом и жидком топливе, является наиболее эффективным, так как в большей степени способствует повышению производительности труда, увеличению производства продукции и снижению ее энергоемкости и себестоимости. Определено, что электрические системы и электротепловое оборудование эффективнее применять для сельскохозяйственных потребителей с тепловой нагрузкой до 100...400 кВт. К тому же электрические системы теплообеспечения более совершенны технически и с точки зрения сохранения благоприятной экологической обстановки.

УДК 621.316:631.371

## **МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Русан В.И., докт. техн. наук, проф., Пухальская О.Ю.**

*УО "Белорусский государственный аграрный технический университет"*

*УО "Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого".*

*г. Гомель, Республика Беларусь*

Возросшие требования потребителей АПК к надежности электроснабжения могут быть обеспечены разработкой и внедрением мероприятий по повышению надежности. Для выбора и обоснования этих мероприятий необходима методика расчета следующих показателей:

- 1) количества внезапных отключений потребителя (частоты отказов), шт/год;
- 2) средней продолжительности одного отключения (длительности перерыва), ч.

Расчет количества внезапных отключений потребителей сельскохозяйственного назначения основан на разделении электрической цепи "источник питания – потребитель" (см. рисунок 1) на элементы, методы расчета которых одинаковы: линия электропередачи (ЛЭП) 110(35) кВ, подстанция (ПС) 110(35)/10 кВ, воздушная линия (ВЛ) 10 кВ, трансформаторная подстанция (ТП) 10/0,4 кВ и ВЛ 0,38 кВ.



Тогда количество внезапных отключений потребителя за год

$$N = N_{\text{вль}} + N_{\text{пс}} + N_{\text{пс10}} + N_{10} + N_{\text{тп}} + N_{\text{влн}}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{вль}}$ ,  $N_{\text{пс}}$ ,  $N_{\text{пс10}}$ ,  $N_{10}$ ,  $N_{\text{тп}}$ ,  $N_{\text{влн}}$  – количество внезапных отключений потребителя из-за повреждений соответственно на ЛЭП 110(35) кВ и в распределительном устройстве (РУ) 110(35) кВ присоединенных к ней ПС; в трансформаторе питающей потребителя ПС 110(35)/10 кВ и в ее РУ 10 кВ; на питающей потребителя ВЛ 10 кВ; в ТП 10/0,4 кВ, к которой подключен потребитель; на питающей потребителя ВЛ 0,38 кВ.

Расчет вероятной продолжительности отключения потребителя по каждому элементу цепи "источник питания – потребитель" выполнен на основании моделирования действий оперативного и ремонтного персонала электрических сетей. Значение средней продолжительности одного внезапного отключения потребителя определяется по формуле

$$\tau = \frac{N_{\text{вль}} \cdot \tau_{\text{вль}} + N_{\text{пс}} \cdot \tau_{\text{пс}} + N_{\text{пс10}} \cdot \tau_{\text{пс10}} + N_{10} \cdot \tau_{10} + N_{\text{тп}} \cdot \tau_{\text{тп}} + N_{\text{влн}} \cdot \tau_{\text{влн}}}{N_{\Sigma}}, \quad (2)$$

где  $\tau_{\text{вль}}$ ,  $\tau_{\text{пс}}$ ,  $\tau_{\text{пс10}}$ ,  $\tau_{10}$ ,  $\tau_{\text{тп}}$ ,  $\tau_{\text{влн}}$  – средние продолжительности внезапных отключений потребителя при повреждении соответственно на ВЛ 110(35) кВ и в РУ 110(35) кВ присоединенных к ВЛ ПС 110(35)/10 кВ; в трансформаторе 110(35)/10 кВ ПС и в тех элементах его присоединения, повреждения которых не приводят к отключению ВЛ 110(35) кВ; в РУ 10 кВ ПС 110(35) кВ; на ВЛ 10 кВ; на тех элементах оборудования ТП 10/0,4 кВ, повреждения которых не приводят к отключению ВЛ 10 кВ; на ВЛ 0,38 кВ, питающей рассматриваемого потребителя.

$N_{\text{вль}}$ ,  $N_{\text{пс}}$ ,  $N_{\text{пс10}}$ ,  $N_{10}$ ,  $N_{\text{тп}}$ ,  $N_{\text{влн}}$  – см. пояснения к формуле (1).

С учетом показателей надежности, рассмотренных выше, суммарная продолжительность отключений потребителя в год, ч/год

$$\tau_{\Sigma} = N \cdot \tau, \quad (3)$$

где  $N$ ,  $\tau$  – см. формулы (1), (2).

Для отдельных потребителей Гомельского сельского РЭС можно предложить следующие мероприятия по повышению надежности электроснабжения [1]:

1. замена неизолированных проводов на самонесущие изолированные провода на участках ВЛ 10 кВ, проходящих через лес;
2. замена неизолированных проводов на изолированные для ВЛ 0,4 кВ, питающих потребителя;
3. применение в ТП 10/0,4 кВ на стороне 10 кВ местного автоматического ввода резерва (АВР).

По предложенной выше методике были рассчитаны основные показатели надежности электроснабжения потребителя для существующих схем электроснабжения и в случае внедрения предложенных мероприятий.

Для ВЛ 10 кВ наибольшую целесообразность имеет замена неизолированных проводов на изолированные на участках линий, проходящих через лес, т. к. на них происходит наибольшее количество повреждений. Применение изолированных проводов позволяет сократить количество отключений из-за повреждений на ВЛ 10 кВ  $N_{10}$  и, соответственно, общее количество отключений. Результаты расчета данного мероприятия представлены в таблице 1.

На ВЛ 0,4 кВ в качестве мероприятия по повышению надежности электроснабжения также предлагается заменить провода на самонесущие изолированные по всей длине линии. Применение изолированных проводов позволяет сократить количество отключений из-за повреждений на питающей потребителя ВЛ 0,4 кВ  $N_{вл}$  и, соответственно, общее количество отключений. Результаты расчета данного мероприятия представлены в таблице 1.

Для пяти проходных ТП предложено применить местный АВР на стороне 10 кВ. В этом случае сократится количество отключений из-за повреждений на ВЛ 10 кВ  $N_{10}$  и, соответственно, общее количество отключений, а также средняя продолжительность одного отключения  $\tau_{10}$ . Снижение  $N$ ,  $\tau_{\Sigma}$  и доли  $N_{10}$  в общем количестве отключений представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты внедрения предложенных мероприятий по повышению надежности электроснабжения потребителей АПК Гомельского РЭС, отн. ед.

Мероприятие по повышению надежности электроснабжения потребителей	Снижение количества внезапных отключений потребителей	Снижение суммарной продолжительности внезапных отключений потребителя в год	Снижение доли отключений из-за повреждений на ВЛ 10 кВ	Снижение доли отключений из-за повреждений на ВЛ 0,4 кВ
Замена на участках ВЛ 10 кВ, проходящих через лес, неизолированных проводов на изолированные	1,21	1,27	1,07	-
Замена неизолированных проводов на изолированные для ВЛ 0,4 кВ	1,05	1,06	-	5,60
Применение в ТП 10/0,4 кВ на стороне 10 кВ местного АВР	2,21	2,08	5,67	-

Величина ожидаемого ущерба потребителей сельскохозяйственного назначения от перерывов электроснабжения

$$Y_n = y_0 \cdot \Delta W'_n, \quad (4)$$

где  $y_0$  – удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии рассматриваемому потребителю, руб./кВт·ч;

$\Delta W'_n$  – годовой недоотпуск электроэнергии потребителю от внезапных перерывов электроснабжения, кВт·ч.

Сведения о величинах удельного ущерба  $y_0$  взяты из [2] и скорректированы с учетом изменения цен после 1991 г.

Ожидаемый годовой недоотпуск электроэнергии потребителю от внезапных перерывов электроснабжения рассчитывается по формуле

$$\Delta W'_n = \frac{W_n}{8760} \cdot N \cdot \tau, \quad (5)$$

где  $W_a$  – величина годового потребления активной электрической энергии рассматриваемым потребителем, кВт·ч;

$N$  – количество внезапных отключений потребителя в год, откл./год;

$\tau$  – средняя продолжительность одного внезапного отключения, ч.

Снижение ущерба от недоотпуска электроэнергии при перерывах электроснабжения потребителей АПК в результате внедрения мероприятий по повышению надежности, предложенных выше, в зависимости от коэффициента загрузки ТП 10/0,4 кВ, питающих потребителей, представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Снижение ущерба от перерывов электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения

Коэффициент загрузки ТП	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
Мероприятие	Замена неизолированных проводов на самонесущие изолированные на участках ВЛ 10 кВ				
Ущерб, тыс.руб.	1920,82	5762,47	9604,11	13445,75	17287,40
Мероприятие	Замена неизолированных проводов на изолированные для ВЛ 0,4 кВ, питающих потребителя				
Ущерб, тыс.руб.	422,51	1267,52	2112,53	2957,55	3802,56
Мероприятие	Применение в ТП 10/0,4 кВ на стороне 10 кВ местного АВР				
Ущерб, тыс.руб.	6950,73	20852,20	34753,67	48655,13	62556,60

С помощью предложенного метода оценки эффективности мероприятий по повышению надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей энергоснабжающие организации могут производить выбор и обоснование соответствующих мероприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Янукович, Г.Н. электроснабжение сельскохозяйственных потребителей / Г.Н. Янукович, В.П. Счастный. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 176 С.
2. Правила применения скидок (надбавок) к тарифу на электрическую энергию, отпускаемую предприятиями электрических сетей Минэнерго СССР сельскохозяйственным потребителям и установления штрафов за перерывы электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. – М.: Союзтехэнерго, 1988.

УДК 621.313.333

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МОЩНОСТИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ПОЛЮСНОГО ДЕЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Селяцкая О.Ю., ст. преподаватель; Рак Е.М.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь

Конструктивное оформление асинхронных электродвигателей, их мощность и габариты зависят от назначения и условий работы.

Технико-экономические показатели – размеры, масса и стоимость электродвигателя – зависят от его главных размеров – внутреннего диаметра сердечника статора и его длины, которые в свою очередь зависят от мощности двигателя, частоты вращения, а также основных электромагнитных нагрузок в номинальном режиме – индукции в воздушном