

## **ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ**

### **Проблемы надежности электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса в условиях развития рыночных отношений в электроэнергетике**

Куценко Г. Ф., канд. техн. наук

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого

Вопросы, затронутые в статьях В. А. Козлова [1] и Ю. Е. Гуревича [2], имеют актуальное значение и для потребителей агропромышленного комплекса (АПК). Долго существовало мнение, что сельскохозяйственное производство нечувствительно к перерывам в электроснабжении и ущерб от них незначителен. Однако в настоящее время существенно возрастают требования к надежности электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения.

По мере внедрения комплексной электрификации сельскохозяйственного производства, особенно в животноводстве, стала изменяться технология производства, возросла производительность труда и существенно сократилась численность обслуживающего персонала. При перерывах электроснабжения все труднее стало привлекать дополнительную рабочую силу для выполнения работ вручную.

Еще более высокие требования к надежности электроснабжения предъявляют современные предприятия АПК по выработке продуктов животноводства на промышленной основе. По характеру производственных процессов такие предприятия приближаются к современному промышленному производству. Внезапное прекращение электроснабжения в этом случае вызывает дезорганизацию производства и значительный материальный ущерб. Необходимо также считаться с крупными неудобствами, которые испытывает население современных сел и деревень при перерывах электроснабжения.

По всем этим причинам в настоящее время обеспечение надежного электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения стало одной из важнейших задач сельской электрификации.

Сельские электрические сети как объект исследования надежности имеют следующие особенности:

1. Электроснабжение сельскохозяйственного потребителя осуществляется по цепи “источник – потребитель”, которая включает следующие элементы: ВЛ 35(110) кВ, ПС 35(110)/10 кВ, ВЛ 10 кВ, ТП 10/0,4 кВ и ВЛ 0,38 кВ (рис. 1).

2. Эксплуатационная надежность таких элементов, как ВЛ 6 – 10 кВ, ТП 10/0,4 кВ и ВЛ 0,38 кВ практически не исследована.

3. Низкая степень резервирования элементов системы электроснабжения потребителя. А резервирование по сети 0,38 кВ практически отсутствует.

4. Слабая оснащённость сельских сетей коммутационными аппаратами. Например, при повреждении любого участка ВЛ 6 – 10 кВ при отсутствии секционирующих устройств будут отключаться все присоединенные к нему ТП 10/0,4 кВ.

5. Слабая оснащённость ВЛ 6 – 10 кВ устройствами автоматического секционирования, телесигнализации и телеуправления. Это затрудняет получение достоверной информации о месте повреждения и увеличивает время восстановления электроснабжения потребителей в послеаварийных режимах.

6. Большая протяженность и разветвленность ВЛ 6 – 10 кВ с относительно малой плотностью нагрузок. Имеются примеры, когда их протяженность достигает 10 км и более.

7. Сельские электрические сети, особенно ВЛ 6 – 10 кВ, являются специфическим объектом расчета показателей надежности. Известные классические методы расчета надежности здесь неприменимы. Особенно сложно рассчитать вероятное время аварийного отключения ВЛ 6 – 10 кВ.

Время аварийного отключения ВЛ 6 – 10 кВ определяется продолжительностью всех или части необходимых операций по определению места повреждения, его локализации, включению резерва, выполнению ремонта, соблюдению мер безопасности и т.д. В состав этих операций входят многочисленные переезды или переходы вдоль трассы линии. Затраты времени на восстановление электроснабжения зависят также от квалификации оперативного и ремонтного персонала, от системы организации оперативного и ремонтного обслуживания, от наличия и оснащения производственных баз, наличия и состояния дорог, наличия естественных преград, лесов и болот, оснащения персонала устройствами определения места повреждения, наличия радиосвязи, от стратегии управления рассматриваемым процессом и других причин.

Время аварийного отключения ВЛ 6 – 10 кВ можно рассчитать только на основании математи-

Расчетные показатели надежности элементов системы электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса по цепи "источник – потребитель"

Параметр	Категория I			Категория II		
	Среднее арифметическое значение	Среднее квадратическое отклонение	Доверительные интервалы при надежности вывода 0,95	Среднее арифметическое значение	Среднее квадратическое отклонение	Доверительные интервалы при надежности вывода 0,95
Среднее расчетное число внезапных отключений потребителя в год, всего, шт./%	$\frac{4,26}{100}$	$\frac{0,63}{-}$	$\frac{2,97-5,56}{-}$	$\frac{4,83}{100}$	$\frac{0,27}{-}$	$\frac{4,24-5,32}{-}$
В том числе из-за отказов элементов цепи "источник – потребитель":						
ВЛ 35(110) кВ	$\frac{0,09}{3,54}$	$\frac{0,02}{0,80}$	$\frac{0,05-0,13}{1,89-5,19}$	$\frac{0,10}{3,44}$	$\frac{0,01}{0,43}$	$\frac{0,08-0,13}{2,60-4,29}$
ПС 35(110) кВ	$\frac{0,23}{6,75}$	$\frac{0,03}{1,04}$	$\frac{0,18-0,29}{4,61-8,88}$	$\frac{0,27}{7,98}$	$\frac{0,01}{0,61}$	$\frac{0,25-0,29}{6,77-9,19}$
ВЛ 10 кВ	$\frac{3,56}{63,25}$	$\frac{0,62}{5,32}$	$\frac{2,42-4,95}{52,1-74,0}$	$\frac{4,19}{77,43}$	$\frac{0,28}{1,69}$	$\frac{3,64-4,74}{76,4-83,1}$
ТП 10/0,4 кВ	$\frac{0,21}{13,82}$	$\frac{0,02}{2,40}$	$\frac{0,16-0,26}{8,86-18,77}$	$\frac{0,17}{7,71}$	$\frac{0,01}{1,07}$	$\frac{0,16-0,18}{5,58-9,84}$
ВЛ 0,38 кВ	$\frac{0,17}{12,64}$	$\frac{0,02}{2,70}$	$\frac{0,13-0,21}{7,08-18,19}$	$\frac{0,10}{3,44}$	$\frac{0,01}{0,38}$	$\frac{0,09-0,11}{2,68-4,20}$
Средняя расчетная продолжительность одного внезапного отключения потребителя в год, ч/%	$\frac{3,60}{100}$	$\frac{0,34}{-}$	$\frac{2,90-4,30}{-}$	$\frac{4,59}{100}$	$\frac{0,23}{-}$	$\frac{4,13-5,04}{-}$
В том числе из-за отказов элементов цепи "источник – потребитель":						
ВЛ 35(110) кВ	$\frac{0,02}{0,99}$	$\frac{0,01}{0,21}$	$\frac{0,01-0,03}{0,56-1,42}$	$\frac{0,02}{0,75}$	$\frac{0,003}{0,10}$	$\frac{0,02-0,03}{0,55-0,95}$
ПС 35(110) кВ	$\frac{0,05}{1,58}$	$\frac{0,01}{0,28}$	$\frac{0,04-0,06}{1,01-2,15}$	$\frac{0,05}{1,95}$	$\frac{0,004}{0,23}$	$\frac{0,04-0,06}{1,49-2,42}$
ВЛ 10 кВ	$\frac{2,66}{59,73}$	$\frac{0,42}{6,72}$	$\frac{2,00-3,72}{49,6-77,3}$	$\frac{4,21}{84,3}$	$\frac{0,24}{2,08}$	$\frac{3,76-4,73}{80,5-88,8}$
ТП 10/0,4 кВ	$\frac{0,47}{19,1}$	$\frac{0,09}{3,46}$	$\frac{0,30-0,65}{12,1-26,3}$	$\frac{0,20}{8,64}$	$\frac{0,02}{1,21}$	$\frac{0,16-0,25}{6,23-11,04}$
ВЛ 0,38 кВ	$\frac{0,40}{18,6}$	$\frac{0,09}{3,50}$	$\frac{0,25-0,62}{11,5-25,9}$	$\frac{0,11}{4,36}$	$\frac{0,01}{0,65}$	$\frac{0,09-0,13}{3,07-5,65}$

ческого моделирования действий оперативного и ремонтного персонала.

8. Резкопеременный характер суточных и сезонных графиков нагрузок сельских потребителей и большая протяженность ВЛ 6 – 10 кВ затрудняют решение вопросов регулирования напряжения и поддержания его в пределах ГОСТ.

9. В большинстве случаев от одной ВЛ 6 – 10 кВ питаются потребители I, II и III категорий по надежности. Это приводит к тому, что при внедрении мероприятий повышения надежности электроснабжения потребителей I или II категории автоматически повышается и надежность электроснабжения потребителя III категории, что не всегда необходимо. Это приводит к нерациональному

использованию материальных и трудовых ресурсов и не соответствует требованиям ресурсосбережения.

Требования к надежности электроснабжения потребителей АПК повышаются по мере совершенствования и приближения к нормальным рыночным экономическим отношениям между энергосистемой и потребителями.

Под рыночными отношениями понимается система экономического взаимодействия, которая обеспечивает энергетическим предприятиям широкую хозяйственную самостоятельность, при ней они могут принимать самостоятельные решения, а также проявлять хозяйственную инициативу, используя сферу обращения и товарно-денежные отно-

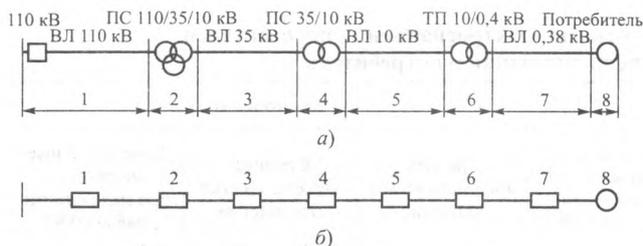


Рис. 1. Принципиальная схема (а) системы электроснабжения предприятий АПК и схема замещения (б) для расчета надежности:

1 – ВЛ 110 кВ; 2 – ПС 110/35/10 кВ; 3 – ВЛ 35 кВ; 4 – ПС 35/10 кВ; 5 – ВЛ 10 кВ; 6 – ТП 10/0,4 кВ; 7 – ВЛ 0,38 кВ; 8 – потребитель

шения для получения наибольшего результата при минимуме затрат.

Основой рыночной системы хозяйствования является ценообразование как результат сопоставления предложения и спроса [3]. Прежде всего именно “ценовые сигналы”, а не бюрократы должны регулировать развитие экономики. Это, однако, не означает, что государство в рыночной системе хозяйствования не выполняет регулирующих функций. Государство должно время от времени и в ограниченных пределах вмешиваться в рыночную ситуацию. Рыночная экономика нуждается в “сильном государстве”, которое разрабатывает правовые основы экономического развития и обеспечивает их практическую реализацию.

Реальные условия хозяйствования объектов энергетики не всегда соответствуют перечисленным требованиям, так как существует ряд объективных препятствий перехода на рыночные отношения. Основным из них является нестабильность финансовых результатов производственно-хозяйственной деятельности, обусловленная жесткой зависимостью от объема реализации продукции, а также от ряда внешних факторов. К числу таких факторов можно отнести: объем потребления электроэнергии, уровень тарифов по группам потребителей и их структуру, развитость электрических сетей, удельный вес физически и морально устаревшего оборудования и др. Обусловленные внешними факторами колебания прибыли затрудняют обеспечение соответствия между величиной экономических стимулов и результатами работы.

В отличие от других отраслей народного хозяйства электроэнергетика в этом отношении обладает той спецификой, что объемы производства, выраженные через систему цен, не могут быть определяющими показателями конечных результатов, а лишь как следствие их. Это вызвано объективным противоречием народнохозяйственных и ведомственных интересов, например, экономия энергоресурсов в народном хозяйстве посредством внедрения энергосберегающих технологий или интенсификация использования производственных мощностей энергетики.

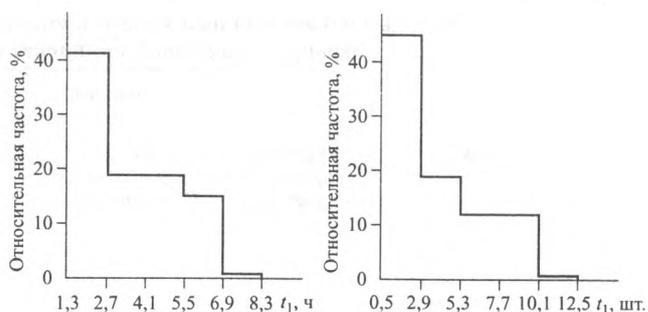


Рис. 2. Гистограмма распределения продолжительности (а) и числа (б) внезапных отказов потребителей I категории:

$t$  – продолжительность одного отказа;  $n$  – число отказов в год

фикация использования производственных мощностей энергетики.

При переходе к рыночным экономическим взаимоотношениям вопросы материальной ответственности энергоснабжающих организаций (ЭО) за ущерб, возникающий у потребителя при перерывах электроснабжения по вине ЭО, обостряются.

В условиях плановой экономики порядок компенсации ущерба потребителю за ненадежность электроснабжения не имеет принципиального значения, ибо в любом случае ущерб покрывается из единого государственного источника [1].

В условиях рыночных отношений, т.е. в условиях разграничения собственности, решение вопроса материальной ответственности за причиненный ущерб потребителю при внезапных перерывах электроснабжения должно найти отражение в договоре на отпуск электроэнергии.

При заключении договора на отпуск электроэнергии потребителю ЭО ссылается на “Правила пользования электрической и тепловой энергией” и другие нормативные акты. В соответствии с [4] потребители АПК по надежности электроснабжения делятся на три категории.

Потребители I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания и перерыв их электроснабжения при исчезновении напряжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления электроснабжения.

Для потребителей II категории устанавливаются два нормативных показателя надежности: допустимая частота отказов (от 0,1 до 2,3 отказа в год) и продолжительность перерыва в часах в год (не более 10 ч в год) в зависимости от вида потребителей.

Для потребителей III категории допустимая частота отказов в электроснабжении с длительностью перерыва не более 24 ч составляет три отказа в год.

Согласно [4] к потребителям I категории относятся:

животноводческие комплексы и фермы: по производству молока на 400 и более коров; по выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота на 5 тыс. и более голов в год и др.;

птицефабрики: по производству яиц с содержанием 100 тыс. и более кур-несушек; мясного направления по выращиванию 1 млн. и более бройлеров в год и др.

В приложении 2 методических указаний [4] приведен перечень электроприемников I и II категорий по надежности для перечисленных потребителей. В этом приложении у потребителя I категории “комплексы и фермы молочного направления” нет ни одного электроприемника I категории по надежности электроснабжения. Отсюда следует, что ЭО обязана снабжать электроэнергией потребителя I категории, у которого отсутствуют электроприемники I категории.

В Гомельском государственном техническом университете разработана программа для ПЭВМ по определению расчетного числа и продолжительности внезапных отказов потребителей АПК по элементам цепи “источник – потребитель” [5]. По этой программе на примере Гомельской энергосистемы рассчитаны показатели надежности 26 потребителей I категории и 82 – II категории, которые приведены в таблице. На рис. 2 и 3 построены гистограммы распределений числа и продолжительности внезапных отказов потребителей I и II категории соответственно.

Из таблицы видно, что среднее годовое расчетное число внезапных отключений потребителя по причине отказов элементов цепи “источник – потребитель” для потребителей I категории составляет 4,26, а потребителей II категории - 4,83 шт. в год.

Средняя расчетная продолжительность одного отключения потребителя по причине отказов элементов цепи “источник – потребитель” составляет для потребителей I категории 3,6, а для потребителей II категории – 4,59 ч в год. Это объясняется тем, что в большинстве случаев от одной ВЛ 6 – 10 кВ питаются потребители I и II категорий по надежности.

Результаты расчетов показали, что нормативный уровень надежности обеспечен только у 17 потребителей, что составляет 15% их общего числа. Только три потребителя I категории из 26, или 11%, имеют автономные источники электроснабжения.

Расчеты показали, что обеспечить электроснабжение потребителей АПК I категории средствами энергосистемы за редким исключением невозможно.

Вероятностный характер перерывов электроснабжения исключает возможность каких-либо гарантий надежности электроснабжения со стороны ЭО. Отметим, что объем резервирования системы централизованного электроснабжения имеет определенные пределы, за которыми наступает практически стабилизация уровня надежности из-за воз-

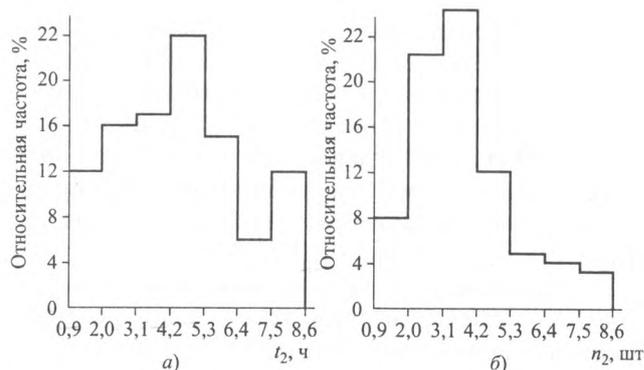


Рис. 3. Гистограмма распределения продолжительности (а) и числа (б) внезапных отказов потребителей II категории

растания числа отказов в системе и увеличения вероятности наложения одного отказа на другой.

За счет реализации соответствующего способа формирования системы электроснабжения можно только сократить число и продолжительность перерывов электроснабжения, а не исключить их полностью [1]. За редким исключением бессмысленны и технически, и экономически попытки обеспечить бесперебойность работы потребителей только средствами энергосистемы [2]. Здесь необходимы оптимальное сочетание выполнения противоаварийных мероприятий и привлечения финансовых средств как со стороны ЭО, так и со стороны потребителей.

Для потребителей АПК также отсутствует методика определения и компенсации ущерба, возникающего из-за нарушения электроснабжения.

## Выводы

1. Необходимо пересмотреть методические указания [4] в части требований к надежности электроснабжения потребителя “животноводческие комплексы и фермы”. Этого потребителя необходимо отнести ко II категории, так как у него отсутствуют электроприемники I категории. Согласно ПУЭ по требованиям к надежности электроснабжения классифицируются не потребители, а их электроприемники, которые разбиваются на три категории. Согласно категориям приемников различаются и системы их электроснабжения.

2. Необходимо разработать методику по компенсации ущерба потребителям АПК при внезапных перерывах электроснабжения. В методике следует отметить особенности компенсации ущерба, порядка расчетов убытков потребителя. Величина ущерба имеет вероятностный характер, так как зависит от фазы технологического процесса в момент начала перерыва и его длительности [1]. Эта зависимость непосредственно связана с размерами компенсации ущерба. Говоря об ущербе, необходимо учитывать, что речь идет только о реальном ущербе потребителей. Потребитель, требу-

ющий возмещения убытков, должен доказать факт нарушения электроснабжения и его продолжительность, а также размер убытка. Естественно, что для выполнения указанных условий система электроснабжения потребителей должна содержать соответствующие устройства информации, фиксирующие параметры перерыва электроснабжения и нарушения технологического процесса.

3. Надежность электроснабжения потребителей АПК I категории средствами энергосистемы обеспечить невозможно. Потребитель I категории должен иметь собственный автономный резервный источник электроснабжения, параметры которого определяются характеристиками ответственных электроприемников.

#### Список литературы

1. Козлов В. А. К решению проблемы надежности электроснабжения потребителей в современных условиях. – Электрические станции, 1998, № 9.
2. Гуревич Ю. Е. Об упорядочении взаимоотношений энерго-снабжающих организаций и промышленных потребителей в области надежности электроснабжения. – Электрические станции, 1998, № 9.
3. Шмален Г. Основы и проблемы экономики предприятия. М.: Финансы и статистика, 1996.
4. Методические указания по обеспечению при проектировании нормативных уровней надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. М.: Сельэнергопроект, 1988.
5. Куценко Г. Ф. Оценка надежности электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса по цепи "источник – потребитель". – Известия вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика, 1996, № 7 – 8.

Российское акционерное общество энергетики и электрификации «ЕЭС России» проводит Международную специализированную выставку «ЭНЕРГОСВЯЗЬ-2000» в период с **21 по 24 ноября 2000 г.** в павильоне «Электрификация», расположенном на территории Всероссийского выставочного центра (ВВЦ).

Целью выставки является демонстрация наивысших российских и зарубежных достижений в области средств связи и телемеханики, применяемых на энергетических объектах, установление деловых связей российских предприятий с зарубежными специалистами и фирмами.

Экспоненты будут иметь возможность представить не только свою продукцию, но схемы финансирования ее реализации. Этому вопросу будет посвящена одна из секций научно-технического семинара, проведение которого предусмотрено в рамках выставки.

#### ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СЛУЖАЩИХ Российской академии государственной службы при Президенте Российской Федерации

*ИПК госслужбы (бывший ВИПКэнерго) - государственное учебное заведение (лицензия Минобразования РФ № 25-007 от 31.01.98 г.). Осуществляет повышение квалификации и профессиональную переподготовку специалистов топливно-энергетического комплекса, государственных, муниципальных и коммерческих организаций в областях экономики и управления, финансового и кадрового менеджмента, маркетинга, психологии управления, информационных технологий.*

*Организует зарубежные стажировки.*

*По окончании обучения выдается документ государственного образца.*

#### КАФЕДРЫ:

- Эксплуатация электрических станций, сетей и систем
- Ремонт и модернизация энергооборудования
- Финансы, цены, аудит
- Государственное и муниципальное управление
- Управление персоналом
- Антикризисное управление
- Экономика и управление
- Информационные технологии
- Компьютерный центр

**Для предприятий, заключивших договор на обучение от 50 чел. в год - скидка на обучение и проживание в благоустроенном общежитии Института составит 20 %, от 30 чел. - 10 % при условии своевременной оплаты.**

Адрес: 113035, Москва, Садовническая, 77, корп.2, стр.1, E-mail: vipkgos@glas.apc.org

Тел.: (095) 953-2583, тел./факс 953-2782; www.glasnet.ru/~vipkgos