

процессорный модуль (с задней стороны основного модуля), модули LoRaWAN ATB-LW-mPCIe-M и LTE ATB-LTE-mPCIe-M. Для обслуживания базовой станции предусмотрено 9 световых индикаторов состояния работы.

Центральный сервер сети LoRaWAN выполняет важную функцию управления устройствами, шлюзами и соединением сети доступа LoRaWAN с сервером приложений [5]. Для адресации в сети используется 32-битный адрес устройства, который является уникальным для каждого абонентского устройства LoRa. Центральный сервер LoRaWAN принимает решения об изменении скорости передачи данных абонентскими устройствами LoRa, выборе канала передачи, времени начала и продолжительности передачи данных, полностью управляя каждым абонентским устройством в отдельности.

Таким образом, применение автоматизированной системы учета электроэнергии на базе LoRaWAN позволит снизить коммерческие потери в сети 0,4 кВт, за счет повышения точности полученных данных, а также оперативности обнаружения и устранения отклонений от установленных режимов потребления.

#### **Библиографический список**

1. Лоскутов, А.Б. Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии / А.Б. Лоскутов, А.И. Градин, А.А. Лоскутов. - Нижний Новгород.: 2018. – 84 с.
2. Лещинская, Т. Б. Электроснабжение сельского хозяйства: учебник / Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов. - М.: БИБКМ-ТРАНСЛОГ, 2015 - 656 с
3. Требования предъявляемые к АСКУЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://yaenergetik.ru/blog/askue-na-predpriyatii/> (Дата обращения 10.05.2024).
4. Андриевский, А. В. Современные пункты учета электроэнергии в сетях свыше 1000 В / А. В. Андриевский, Н. И. Королев // Энергия –XXI в. – 2018. – № 3 (103)
5. Передача данных от «умных» счетчиков электроэнергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.elec.ru/publications/peredacha-raspredelenie-i-nakoplenie-elektroenergi/7327/> (Дата обращения 10.05.2024).

УДК 631.172

#### **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ АПК В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

*Татьяна Александровна Соловьева, соискатель кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, solovyeva\_98@mail.ru*

*Василий Викторович Зажигин, к.т.н, доцент кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, zazhiginvv@mail.ru*

*Аннотация. В статье проведен анализ состояния распределительных сетей сельскохозяйственного назначения 20, 10, 6 и 0,38 кВ. Выявлено, что порядка 30% от общего количества линий, находятся в аварийном состоянии.*

*Рассмотрены существующие технические решения электроснабжения объектов агропромышленного комплекса в период, когда энергообеспечение от стационарной сети невозможно.*

*Ключевые слова: распределительные сети, стационарные сети, электростанции, трансформаторные подстанции.*

Главной задачей энергетиков сегодня, это обеспечение агропромышленного комплекса (АПК) качественной электроэнергией. К сожалению, ситуация с распределительными сетями в России оставляет желать лучшего. ПАО «Россети» каждый год проводят реконструкцию сетей, но несмотря на это, количество аварийных линий и оборудования на подстанциях остается достаточным. .

К основным техническим проблемам, с которыми сталкиваются сельские жители и аграрии разных регионов в сетях, можно отнести показатели надежности, потери и качество электроэнергии. Напряжением сельских распределительных электрических сетей являются показатели 20, 10, 6/ 0,4 кВ. Характерная черта таких районов — это малая плотность нагрузок. Протяженность линий напряжением 20 - 6 кВ составляет 1200 тыс. км, 830 тыс. км линий напряжением 0,38 кВ и около 500 тыс. трансформаторных пунктов 35-6/0,4 кВ. Для наглядности, протяженность воздушных линий (ВЛ) 750 - 220 кВ составляет около 300 тыс. км. [1].

Объектом исследования были распределительные электрические сети напряжением 20-0,4 кВ.

На основании исследуемых отчетов закрытого акционерного общества «Электросетьэксплуатация» по результатам работы за 2018 год, 2019, Акционерного общества «Московская областная энергосетевая компания» по результатам работы за 2018 год, 2019, составлена диаграмма причин выхода из строя распределительной сети сельскохозяйственного назначения, изображенная на рис. 1 [6].



**Рис. 1 Повреждения в распределительных сельских электрических сетях**

Немалое число линий, порядка 30 % от общего количества районных электрических сетей, сегодня находятся в аварийном состоянии: 150 тыс. трансформаторных подстанций (ТП) и свыше 600 тыс. км воздушных линий (ВЛ). Эксплуатация такого оборудования крайне опасна. Многие конструкции были возведены более 30 лет назад и практически не реконструировались. При периодических проверках ВЛ, с малой плотностью нагрузок, не выдерживают требования по климатическим условиям, расчетные нагрузки сети, потери электроэнергии составляют около 15-20%, что не соответствует нормальным показателям [2]. Каждый год наблюдается рост числа потребителей электрической энергии. В частности, мы можем видеть развитие сельского хозяйства в период санкций. Такая тенденция способствует росту нагрузок на линии, что приводит к увеличению потерь в распределительных сетях [6].

Помимо технических проблем, в России подавляющее число территорий сопровождаются суровым климатом. Зачастую последствием погодных условий распределительные сети 6–20 кВ часто выходят из строя.

С развитием инфраструктуры предприятий, усложнением процесса производства, растет и потребляемая мощности технологического электрооборудования АПК. В связи с этим, существует высокая вероятность риска финансовых потерь при аварийных и ненормированных режимах систем электроснабжения. В особенности это наблюдается при электроснабжении крупных комплексов по производству молока (400 голов КРС и более); по выращиванию и откорму КРС (5 тыс. гол. и более) и свиней (12 тыс. гол. и более); птицефабрик по производству яиц и мясного направления (более 100 тыс. и более 1 млн соответственно). В таблице, приведенной ниже, указаны размеры ущербов на крупных производственных сельскохозяйственных площадках от перерывов в электроснабжении за 1 час. Статистический анализ ущербов при низком качестве напряжения (таблица 1) показал, что в АПК по производству молока в течение 1 ч

при отклонениях напряжения на 7,5 % от номинального значения размер ущерба превышает 100 000 руб., при отклонениях 10 % – 150 000 руб. [2].

Размеры ущерба вследствие перерывов в электроснабжении за 1 час в крупных производственных сельскохозяйственных комплексах [2]

Таблица 1

Комплексы по производству молока (от 400 гол.)	>10 000руб
Комплексы по выращиванию крупного рогатого скота (от 5000 гол)	>35 000руб
Свиноводческие комплексы (от 12. тыс. гол.)	>140 000руб
Птицефабрики мясного направления (от 1 млн. гол)	>330 000руб
Птицефабрики по производству яиц (от 100 тыс. гол.)	>700 000руб

Для выхода из сложившейся ситуации в АПК основным решением проблем электроснабжения объектов используются источники распределенной генерации. Однако применение их в уже существующую систему электроснабжения предприятия, требует постоянную синхронизацию собственной питающей сети и выдачу необходимой мощности согласно определенному графику нагрузки объекта установки. [3].

Сегодня повсеместно, в период, когда питание от стационарной сети невозможно, используют, в качестве дополнительного объекта электроснабжения, дизельные электростанции (ДЭС). Такой способ электроснабжения имеет свои весомые минусы [4]:

- Эксплуатация установки не допускается при нагрузках меньше 40 %, так как в таких режимах работы значительно снижается КПД установки.
- Работа ДЭС сопровождается сильным шумом и высоким уровнем выхлопных газов.
- Цена ДЭС мощностью 5–6 кВт превышает 40 тыс. руб., при 100%-ной загрузке расход топлива около 2,5 л/ч, т. е. цена 1 кВт·ч энергии составляет примерно 25 руб.

В энергетике существуют и другие установки, позволяющие получать электроэнергию. Например, ветровые и солнечные электростанции.

К Основным недостаткам известных технических решений можно отнести [9]:

- Эффективное использование установки только в районах с высоким уровнем солнечной инсоляции (радиации) и скоростью ветра не менее 5 м/с, при ветре выше 25 м/с установка должна быть выведена из рабочего положения;
- Выработка электроэнергии в течение суток непостоянная одним из источников (ветроэнергетической или солнечной фотоэнергетической установкой);
- Не генерируют трёхфазную систему напряжений

- Ветровые установки, несмотря на то что используется такой параметр для своей работы, как ветер, наносят вред экологии, в местах их размещения [5].

Установки с альтернативными источниками энергии могут применяться только при наличии одного из параметров их работы, что возможно не во всех регионах России. Весомыми недостатками также можно считать высокую стоимость оборудования, дорогую транспортировку, адаптацию и утилизацию отдельных запчастей конструкции [4].

Одним из решений вышеперечисленных проблемы является разработка и применение быстровозводимых сетей (БЭС), с возможностью подключения к уже существующей распределительной сети 20,10,6/0,4 кВ, с улучшенными технико-экономическими характеристиками и использование установки, в качестве элемента резервирования в ситуациях, когда питание от стационарной сети невозможно по каким-либо причинам. Такое техническое решение помогает нам решить ряд проблем с уже существующими аналогами:

- Зависимость установки от топлива;
- Непостоянство вырабатываемой мощности;
- Значительно дешевле затраты за эксплуатацию оборудования;
- Не требует постоянного контроля и технического обслуживания.

Назначение быстровозводимой электрической сети:

- резервирование мощностей при электроснабжении объектов различного назначения;

- организация экстренного электроснабжения при освоении новых территорий при расширении существующих сетей или прокладке новых;

- осуществление электроснабжения в труднодоступных районах с возможностью передислокации подстанции с объекта на объект;

- наращивание мощностей существующих подстанций без необходимости выделения больших площадей, трудозатрат и др.;

- использование в качестве основной понижающей или повышающей распределительной подстанции, в том числе для потребителей электроэнергии, расположенных в местах, где строительство стационарных подстанций экономически не эффективно;

- подключение потребителей к электросети на период реконструкции действующей стационарной подстанции;

- временное подключение к электросети строящихся объектов;

- резервирование основного оборудования стационарной подстанции в случае аварийных отключений;

- использование мобильных подстанций в агропромышленном комплексе

Внедрение мобильной трансформаторной подстанции, изображенной на рис. 2, поможет сократить время на развертывание установки, повысит её техническую гибкость и надежность электроснабжения потребителей. Протяженность БЭС может составлять до 50 км с потерями порядка 10%. Для резервного источника питания такая погрешность вполне допустима.



**Рис. 2 Мобильная модульная трансформаторная подстанция**

В состав БЭС входят:

- Модульная мобильная подстанция универсальная по напряжению 20/10/6/0,4 кВ;
- Кабельные или воздушные линии;
- Устройство подключения.

**Выводы.** В результате проведённого анализа состояния распределительных сетей сельскохозяйственного назначения, представленного в литературных источниках, нетрудно заметить, что сегодня агропромышленный комплекс Российской Федерации стремительно развивается. Активно разрастаются, как крупные комплексы, так и появляются небольшие фермерские хозяйства. Задачей энергетических компаний является обеспечение производств качественной электроэнергией, что в связи с высокой аварийностью сетей, ставит перед ними вопрос их модернизации.

Необходимо дальнейшее исследования применения быстровозводимых сетей, работающих от линий электропередачи, обеспечивающих возможность электроснабжения объектов в условиях отсутствия возможности подключения к основной электрической сети или невозможности доставки топлива для генерации электрической энергии, взамен использования или совместного использования с дизельными генераторными установками.

### **Библиографический список**

1. Анализ вопросов электроснабжения предприятий АПК на примере федерального казенного предприятия "Армавирская биофабрика" / Б. Х. Гайтов, Я. М. Кашин, Л. Е. Копелевич [и др.] // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2019. – № 4(251). – С. 91-96. – EDN UZLTEO.

2. Щелконогов, В. А. Повышение эффективности малых распределительных сетей / В. А. Щелконогов, Д. Д. Нехорошев // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: Сборник материалов международной научно-технической конференции,

Брянск, 22–24 апреля 2021 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2021. – С. 221-225. – EDN JWNOGR.

3. Подшивалов, Е. С. Параметризация и конфигурация гибридных накопителей электроэнергии на промышленных объектах АПК / Е. С. Подшивалов, О. В. Крюков // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (XXII Бенардосовские чтения) : Материалы международной научно-технической конференции, к 75-летию теплоэнергетического факультета посвящается, Иваново, 31 мая – 02 2023 года. Том 1. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2023. – С. 88-91. – EDN KСIMDM.

4. Байтанаева, Б. А. Проблемы и перспективы использования возобновляемых источников энергии: отечественный и зарубежный опыт / Б. А. Байтанаева, А. К. Шайхутдинова, Н. С. Бисултанова // Вестник университета Туран. – 2019. – № 3(83). – С. 180-184. – EDN BWHUTW.

5. Цепковская, Т. А. Некоторые проблемы в использовании возобновляемых источников энергии / Т. А. Цепковская // Перспективное развитие науки, техники и технологий : сборник научных статей 11-ой Международной научно-практической конференции, Курск, 29 октября 2021 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 280-282. – EDN VDADRY.

6. Тишков, В. В. Повышение надежности сельских распределительных электрических сетей с применением нейронных сетей / В. В. Тишков, Т. Б. Лещинская, А. А. Груба // Агротехника и энергообеспечение. – 2021. – № 1(30). – С. 58-63. – EDN NJXNGW.

УДК 621.316

## **АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,4 кВ**

*Д.Р. Дидык, магистрант, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел. 8(985)7258684 e-mail: didyk.den@bk.ru*

*А.В. Виноградов, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, тел. 8(920)2879024, e-mail: winaleksandr@gmail.com*

***Аннотация.** Анализ надежности и качества электроэнергии в сельских электрических сетях 0,4 кВ является актуальной темой в современном энергетическом секторе. Сельская местность обладает своими особенностями, которые неизбежно отражаются на работе электросетей. Основной задачей данного исследования заключается в определении факторов, которые оказывают наибольшее влияние на надежность работы сельских электрических сетей 0,4 кВ. Для этого проводится комплексный анализ состояния линий передачи, трансформаторных подстанций и других*