

## АВТОНОМНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Е.А. Власенко, Р.А. Сулейманов, А.А. Хамула

*В статье рассматриваются этапы развития электроснабжения сельскохозяйственных объектов, раскрываются перспективы применения возобновляемых источников энергии в составе систем бесперебойного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. Рассматривается обобщенная структурная схема таких систем.*

*Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, система автономного электроснабжения, система бесперебойного электроснабжения.*

Электроснабжение сельскохозяйственных потребителей имеет свои особенности позволяющие выделить его в относительно самостоятельную область науки и техники. На эти особенности оказывают влияние:

- специфика сельскохозяйственного производства, рассредоточенного по значительной территории с малыми удельными электрическими нагрузками, имеющих сезонный характер;
- неразрывная связь техники с биологическими объектами;
- специфические условия окружающей среды;
- исторический процесс развития систем электроснабжения сельского хозяйства.

Перечисленные обстоятельства определяют специфические требования к построению систем электроснабжения сельского хозяйства в целом.

Широкое применение централизованного электроснабжения сельского хозяйства, т. е. подключение сельскохозяйственных потребителей к единой энергосистеме страны оказалось возможным к 1953 г. До 1953 г. сельское хозяйство получало электроэнергию главным образом от автономных (местных) электростанций. При этом в сельском хозяйстве в широких масштабах находили применение минигидростанции (МГЭС), ветроэнергетические установки (ВЭУ), электростанции малой мощности с паровыми двигателями и двигателями внутреннего сгорания. К 1951 г. на территории только Краснодарского края действовало около 500 местных электростанций, из которых 103 были гидравлическими на малых степных реках [1].

К 1953 г. уровень систем электроснабжения привел к обострению противоречия между значительными объемами потребления электроэнергии сельским хозяйством и возможностью использования только местных

источников электроэнергии. В это время решением правительства были сняты ограничения на присоединение сельских электростанций к источникам центрального электроснабжения. Подключение сельскохозяйственных потребителей к центральной энергосистеме явилось мощным стимулом для развития систем электроснабжения сельского хозяйства страны. Во все последующие годы при значительном возрастании потребления электроэнергии сельским хозяйством постоянно возрастала доля электроэнергии, полученной им от внешних энергосистем. Так если в 1953 г. доля централизованного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей составляла 33 %, в 1965 г. – 69 %, то в 1983 г. более чем 99 %. Таким образом, в 1983 г. автономные источники электроэнергии (АИЭ) были в основном исключены из системы электроснабжения сельскохозяйственного производства [1].

Однако в начале 80-х годов во всем мире интенсивно развиваются компьютерные системы связи и обработки информации, автоматические системы управления технологическими процессами и производственными комплексами, которые нашли применение и в сельском хозяйстве. Такие потребители с точки зрения электроснабжения являются ответственными потребителями (потребителями первой категории) электрической энергии.

В АПК по мере повышения уровня индустриализации производства сельскохозяйственной продукции, ущерб от перерывов в электроснабжении и снижения качества параметров электроэнергии неуклонно возрастает, в особенности на крупных предприятиях, где исключен ручной труд и все процессы механизированы. Перерывы в электроснабжении, изменения качества электроэнергии и связанные с ними нарушения технологии со-

держания животных оказывают влияние на их продуктивность (уменьшается яйценоскость кур, снижаются удои коров, среднесуточные привесы свиней и крупного рогатого скота и т. д.).

Таким образом, динамика экономического развития отрасли требует в настоящее время поиска и разработки новых методов, улучшения качественной стороны электрообеспечения сельскохозяйственного производства.

Одним из направлений, способствующим росту эффективности сельскохозяйственного производства, является разработка и внедрение систем бесперебойного электроснабжения (СБЭ) в состав которых входят системы автономного электроснабжения (САЭ), выполненные с использованием как традиционных, так и возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ). Такие системы должны иметь вводы от внешних электрических сетей.

Мировой опыт свидетельствует о высоких перспективах использования в сельском хозяйстве ВИЭ [2]. Этому факту способствуют следующие основные причины:

- неограниченность ресурсов (потенциала);
- отсутствие вредных выбросов;
- сохранение теплового баланса на Земле;
- возможность создания комбинированных электростанций, использующих энергию солнца, ветра, падающей воды и т. п., в том числе, с использованием традиционных источников энергии.

Как правило, процесс проектирования САЭ от получения технического задания на систему до разработки рабочей документации и серийного (массового) производства состоит из следующих этапов:

- 1) формирование технического задания на САЭ, здесь осуществляется выбор источников, преобразователей электроэнергии, коммутационных аппаратов и других устройств, разрабатываются схемы их подключения, в том числе к другим системам, при необходимости;
- 2) определение основных показателей САЭ по критериям эффективности;
- 3) разработка электрических схем устройств САЭ, необходимых для выпуска рабочих чертежей;
- 4) корректировка технических решений, электрических схем и рабочих чертежей.

Одной из главных задач этапа предварительного проектирования САЭ является

обоснование структуры системы, в том числе, применяемых в этой структуре функциональных узлов и их параметров. Основными факторами, определяющими целесообразность выбора структурно-схемного решения САЭ, являются предполагаемые условия, в том числе, режимы функционирования и требования, предъявляемые потребителями к параметрам электроэнергии.

Выбор наилучшего (оптимального) варианта структуры АЭ из множества принципиально возможных, на практике осуществляется на основании сравнительного анализа характеристик и показателей проектируемых систем. Обычно для многих САЭ на первых этапах разработки задаются основными электрическими параметрами и основными показателями критериев эффективности (для транспортных САЭ, прежде всего массогабаритные показатели, показатели надежности и КПД), другие характеристики относятся к ограничениям или часть показателей может не приниматься во внимание вообще. Такой принцип проектирования с одной стороны упрощает процесс разработки, а с другой стороны не позволяет создавать высокоэффективные САЭ. Однако, когда стоит задача о разработке САЭ, как правило, проектировщику известны требования потребителей к параметрам электроэнергии, условия их эксплуатации, поэтому в этом случае несколько упрощается задача по созданию оптимальной системы.

Создание же универсального структурно-схемного решения САЭ, которое было бы востребовано известными потребителями электроэнергии во всем своем многообразии, практически не представляется возможным. Так как такие системы содержали бы избыточное число устройств, блоков, элементов обеспечивающих работу системы. Здесь представляется целесообразным разбить структурные решения САЭ на несколько групп, и для этих групп создавать универсальные схемы систем электроснабжения.

Так, к примеру, для транспортных САЭ в первую группу должны входить САЭ, которые предназначены для электроснабжения потребителей в основном постоянным током (потребляемая энергия постоянного тока, которыми составляет 70 % и более от установленной мощности САЭ). Очевидно, что такие системы должны содержать автономные источники постоянного тока. Однако значительно лучшие показатели эффективности, в этом случае, будут иметь САЭ, в которых применяются высокочастотные источники.

## АВТОНОМНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Ко второй группе следует отнести САЭ, которые предназначены для электроснабжения потребителей в основном переменным током (потребляемая энергия переменного тока, которыми составляет 70 % и более от установленной мощности САЭ). Здесь автономные источники должны генерировать напряжение промышленной частоты, за исключением тех случаев, когда основу составляют потребители с повышенной частотой тока.

В третью группу должна входить САЭ, где потребляемая мощность на постоянном и переменном токе примерно равномерно распределяется между потребителями. В этом случае необходимо проводить более глубокую оптимизацию САЭ с учетом требований потребителей по качеству электроэнергии и бесперебойности электроснабжения, а также обеспечения высоких показателей критериев эффективности системы.

На этапе проектирования СБЭ целесообразно рассмотреть возможные варианты структурно-схемных решений таких систем для оценки их по основным критериям эффективности, которыми являются экономические показатели, показатели надежности, КПД и качества электроэнергии.

На рисунке 1 приведена обобщенная структурная схема СБЭ, выполненная с использованием ВИЭ. Источниками электроэнергии, рассматриваемой системы, являются:

- внешняя электрическая сеть, которая может иметь один или два ввода (1 и 2 на рисунке 1);
- возобновляемые источники: ветроэлектрические установки (ВЭУ), мини(микро) гидроэлектростанции (МГЭС) и солнечные электростанции (СЭ);
- дизельные электростанции (ДЭС) и газотурбинные станции (ГТС);
- аккумуляторные батареи (АБ) являются аварийным источником электроэнергии и предназначены для обеспечения непрерывного электроснабжения потребителей первой категории при переходе питания от одного источника к другому.

ВИЭ могут работать параллельно с внешней сетью, их мощность рассчитывается с учетом максимальной нагрузки потребителей. При отсутствии ветрового потока, напора воды или солнечной радиации (облачность или ночное время) источником питания для потребителей является внешняя сеть.

ДЭС и ГТС применяются в аварийных ситуациях и когда территориальные и клима-

тические условия не позволяют использовать ВИЭ.

Питание шин Ш1-Ш3 осуществляется от нескольких источников электроэнергии, обеспечивая тем самым бесперебойное – гарантированное электроснабжение потребителей.

Автономность электроснабжения на современном этапе развития техники предполагает обеспечение бесперебойного электроснабжения ответственных потребителей без использования внешней сети. Поэтому САЭ должна содержать несколько АИЭ, как правило, это традиционные источники (ДЭС или ГТС) и ВИЭ, применение которых зависит от ландшафта местности и климатических условий [1].

Применению в настоящее время ВИЭ способствует тот факт, что значительно усовершенствована их конструкция и улучшились эксплуатационно-технические характеристики, как электромашинных генераторов, так и статических преобразователей, которые осуществляют функции преобразования и стабилизации параметров электроэнергии [2].

Одна из основных причин, сдерживающих применение ВЭУ, заключается в низком качестве вырабатываемой электроэнергии, обусловленном неравномерностью ветрового потока. Это приводит к значительному изменению частоты вращения ветроколеса, и соответственно колебаниям напряжения, частоты генерируемой электроэнергии и отдаваемой мощности в целом. Для улучшения показателей качества электроэнергии усложняется механическая часть конструкции ВЭУ, реагирующая на ветровые потоки. Здесь перспективным является направление использования непосредственных преобразователей частоты (НПЧ) в качестве стабилизатора параметров электроэнергии ВЭУ, что с одной стороны позволит упростить конструкцию механической части ветроагрегата, а с другой – повысить КПД ветроустановки.

Как известно, мощность МГЭС зависит от расхода и напора воды, на реках, размещенных на равнинах, нужны большие капиталовложения для создания плотины, водозаборных сооружений, гораздо выгоднее создавать МГЭС возле предгорных и горных рек, которыми располагают горы Кавказа, где уже естественно природными условиями созданы большие напоры воды. Капиталовложения и эксплуатационные затраты в МГЭС, кроме того, меньше чем в ВЭУ.

Применение электростанций, преобразующих энергию солнца в электрическую энергию, является перспективным направле-

нием, поскольку в настоящее время уменьшилась стоимость фотоэлементов СЭ и, в перспективе, ожидается ее значительное уменьшение. Так, с 2000 по 2010 г. удельная стоимость  $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  вырабатываемой энергии снизилась более чем в 2 раза. В настоящее время тенденция снижения стоимости сохранилась.

Как известно, основными функциональными узлами СЭ являются фотоэлектрические модули (батареи), аккумуляторные батареи, зарядные устройства, инвертор, комплект коммутационных аппаратов и устройст-

ва защиты и автоматики. Автономные инверторы (АИ) предназначены для преобразования электрической энергии постоянного тока в переменный ток.

АИ, кроме преобразования электроэнергии, осуществляют функции стабилизации параметров электроэнергии и функции согласующих устройств, обеспечивающих параллельную работу автономных источников, в том числе, при необходимости, с внешней сетью. Стоимость АИ составляет примерно 10 – 20 % стоимости СЭ.

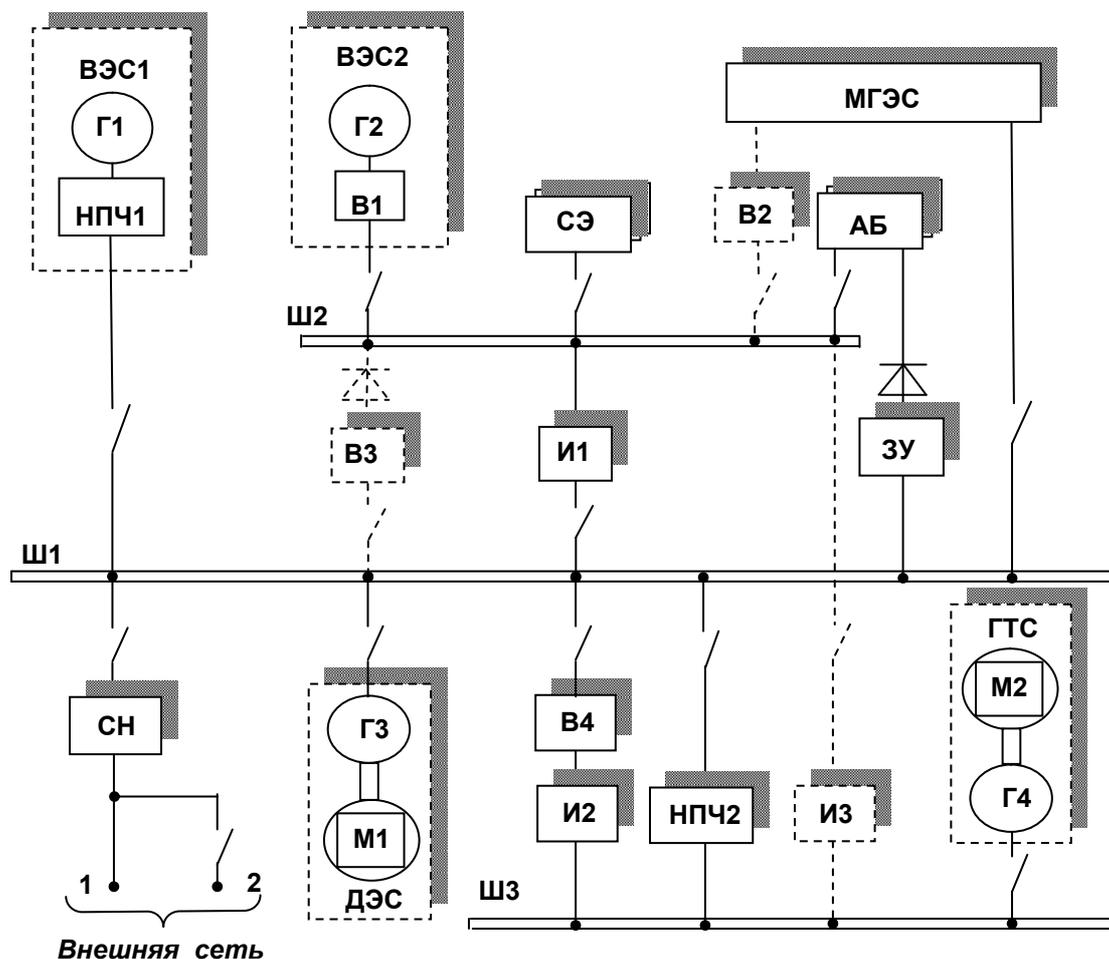


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема СБЭ с использованием традиционных и возобновляемых источников электроэнергии: ВЭС1 и ВЭС2 – ветроэлектрические станции; Г1-Г4 – генераторы электроэнергии; НПЧ1-НПЧ2 – непосредственные преобразователи частоты; В1-В4 – выпрямители; МГЭС – минигидроэлектростанция; СЭ – солнечная электростанция; АБ – аккумуляторные батареи; ЗУ – зарядное устройство; СН – стабилизатор напряжения; И1-И3 – инверторы; М1-М2 – приводные теплов двигатели; ДЭС – дизель-электрическая станция; ГТС – газотурбинная станция; Ш1, Ш2 и Ш3 – шины гарантированного питания напряжения переменного тока промышленной частоты, постоянного тока и переменного тока повышенной частоты соответственно

## АВТОНОМНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В настоящее время СЭ находят применение для электроснабжения электронной и бытовой техники, заряда АБ, обеспечения бесперебойного электроснабжения ответственных потребителей, внутреннего и уличного освещения, заправочных станций, систем водоснабжения, а также применяются для электроснабжения потребителей в электродефицитных районах.

Постоянное развитие элементной базы АИ происходит в направлении достижения более высоких показателей функциональных характеристик.

Таким образом, рельеф местности и климатические условия южных регионов России, в частности Краснодарского края, одного из основных сельскохозяйственных регионов страны, способствуют широкому и эффективному внедрению ВИЭ в качестве резервных источников электроэнергии, что позволит не нарушая экологической обстановки в крае уменьшить дефицит электроэнергии. Прогнозируя темпы роста стоимости электроэнергии, получаемой от традиционных источников электроэнергии, а также уменьшение стоимости элементной базы ВИЭ, можно предположить, что в 2020 г. стоимость электроэнергии,

вырабатываемой ВИЭ уменьшится примерно в 1,5–2 раза. Кроме того, окупаемость ВИЭ будет составлять: МГЭС предгорных рек 1–2 года; ВЭУ 2–3 года; СЭ 3–4 года.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григораш, О.В. Статические преобразователи электроэнергии систем автономного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей [Текст]: дис. ... д-ра.техн.н. / О.В. Григораш. – Краснодар: КубГАУ, 2003. – С. 332.

2. Григораш, О.В. Возобновляемые источники энергии: состояние и перспективы / О.В. Григораш Ю.Г. Пугачев, Д.В. Военцов // Механизация и электрификация с.х. – 2007. – № 8.

***Власенко Е.А.**, директор филиала ООО «НЕКСАНС» (г. Краснодар), соискатель каф. «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии»;*

***Сулейманов Р.А.**, начальник цикла ЦПП ГУВД по Краснодарскому краю, соискатель каф. «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии»;*

***Хамула А.А.**, ст. преп., соискатель каф. «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии».*