

УДК 621.311

Применение комбинированных автономных систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии

Капустинский А.Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доцент РАДКЕВИЧ В.Н.

Собственные генерирующие установки в системах электроснабжения разных объектов получили достаточно широкое распространение в качестве, как основного, так и резервного источников питания. Они могут использоваться в системах централизованного и автономного электроснабжения промышленных предприятий, коммунально-бытовых, сельскохозяйственных и других потребителей электроэнергии.

Автономные системы электроснабжения часто используются в регионах, доступ к которым затруднен по причине удаленности от электроустановок энергосистемы или особенностей ландшафта. В таких случаях может возникнуть необходимость увеличивать напряжение, на котором производится передача электроэнергии от централизованного пункта ее производства, использовать дорогостоящие элементы сети, удовлетворяющие условиям окружающей среды, а также применять дополнительные средства поддержания напряжения на заданном уровне. К таким средствам, требующим дополнительных капитальных затрат, относятся устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН) высоковольтных трансформаторов, вольтодобавочные трансформаторы, установки распределенной компенсации реактивной мощности и другие. Так же проблемой является то, что часто населенные пункты и другие объекты, расположенные удаленно от энергосистемы, не являются крупными, и применение высоковольтного оборудования, выпускаемого серийно и обладающего высокой пропускной способностью, вызывает недоиспользование данного оборудования.

При подключении приемников электроэнергии таких объектов к электрическим сетям энергосистемы значительно увеличивается стоимость электроэнергии при обеспечении её качества на требуемом уровне по сравнению с применением автономных систем электроснабжения. Указанные причины во многих случаях обуславливают отказ от централизованного электроснабжения потребителей и применение автономных источников электроэнергии.

Однако, несмотря на значительное снижение затрат на строительство и уменьшение стоимости электроэнергии по сравнению с альтернативным вариантом электроснабжения, производство электроэнергии на небольших автономных электростанциях гораздо дороже, чем её централизованное производство на крупных электростанциях.

Учитывая дефицитность, высокую стоимость и трудность доставки топлива в отдаленные регионы, важнейшей задачей становится коренное повышение эффективности использования топлива объектами малой энергетики за счет применения современного высокоэффективного оборудования, оптимизации рабочих режимов генерирующих установок, использования нетрадиционных, возобновляемых и местных энергоресурсов. Ввиду ряда причин, наиболее значимыми из которых являются простота транспортировки топлива, безотказность работы и отсутствие большого количества преобразователей механической и электрической энергии, наибольшее распространение в автономных системах получили установки с двигателями внутреннего сгорания: дизель-генераторные, бензогенераторные, газопоршневые агрегаты и т.п. В газопоршневых агрегатах энергия первичного энергоносителя (природного газа) преобразуется в электрическую и тепловую энергию с различными теплоносителями.

В Республике Беларусь автономные системы электроснабжения могут применяться для обеспечения энергией небольших промышленных предприятий (асфальтобетонных заводов, предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции и т.п.), коммунально-бытовых объектов, объектов придорожного сервиса (автозаправочных станций, ремонтных мастерских) и др.

Так как для потребителей электроэнергии децентрализованных зон необходим гарантированный источник питания, наиболее перспективным вариантом построения изолированных

энергетических систем представляются комбинированные автономные системы электроснабжения с энергетическими установками возобновляемой энергетики. Преимущество комбинированных автономных систем электроснабжения достигается за счет низкой себестоимости электроэнергии, получаемой от альтернативных источников ввиду отсутствия расходов на закупку и транспортировку топлива. В составе комбинированных автономных систем электроснабжения могут применяться любые альтернативные источники электроэнергии, так как каждый из них обладает данным преимуществом. Однако ввиду особенностей получения энергии из возобновляемых источников, были рассмотрены типы электростанций на альтернативных источниках энергии, применение которых возможно практически повсеместно: ветроэлектростанции (ВЭ) и фотоэлектрические электростанции (ФЭС).

Использование относительно дешевой электроэнергии, получаемой от альтернативных источников, зависит от погодных факторов и не всегда является возможным. Таким образом, применение комбинированных систем электроснабжения обусловлено в том числе и эффективным использованием оборудования одного типа в моменты, когда использование оборудования другого типа невозможно или нерационально. Электроэнергия на ВЭ и ФЭС при наличии благоприятных природных условий вырабатывается все возможное время. В случае отсутствия потребности в электроэнергии на электрифицированном объекте она запасается в накопителях. В моменты, когда мощности генераторов на альтернативных источниках энергии недостаточно, а запасенная в накопителе электроэнергия использована, в работу включается условно резервная система с дизель-генератором (или бензогенератором), которая быстро выходит на максимальную мощность.

Для поддержания необходимого качества электроэнергии на ВЭ и ФЭС используется принцип двойного преобразования энергии. Электроэнергия определенного качества, генерируемая различными источниками, преобразуется в электроэнергию постоянного тока и передается на сборные шины постоянного тока. С использованием преобразователей в обязательном порядке работают как генерирующие устройства на альтернативных источниках энергии, так и накопитель электроэнергии. Преобразователь электроэнергии для накопителя необходим вследствие того, что параметры постоянного тока, необходимые для зарядки аккумуляторных батарей, не совпадают с экономически целесообразными параметрами для передачи электроэнергии на постоянном токе. От шин постоянного тока электроэнергия передается на преобразователь, который представляет из себя инвертор, для дальнейшего отпуска потребителю электроэнергии с заданными инвертором параметрами переменного тока.

Возможно подключение дизель-генератора непосредственно у потребителя электроэнергии, так как качество вырабатываемой им электроэнергии достаточно высоко. Однако нагрузочные характеристики дизель-генератора показывают, что при неполной загрузке дизельного двигателя экономически целесообразный режим его работы – это работа на переменной частоте вращения. Снижение частоты вращения позволяет значительно сократить механические потери мощности и потери мощности в стали на всем диапазоне регулирования, что приводит к уменьшению годового расхода дорогостоящего дизельного топлива на 20-30%. В данном случае для обеспечения необходимого качества электроэнергии необходимо подключение дизель-генератора через преобразователь электроэнергии.

На рисунке 1 изображена структурная схема комбинированной системы автономного электроснабжения, обладающая максимальной эффективностью [1]. Дизельная электростанция (ДЭС), которая включает дизельный двигатель (ДД), синхронный генератор (СГ) с электромагнитным возбуждением и преобразователь электроэнергии (ПР1), ветроэнергетическая установка (ВЭУ), которая включает ветротурбину (ВТ), синхронный генератор на постоянных магнитах (СГПМ) и преобразователь электроэнергии (ПР2), ФЭС, включающая в себя солнечную батарею (СБ) и преобразователь электроэнергии (ПР3), совместно работают на шины постоянного тока (ШПТ). Также к шинам постоянного тока подключен буферный накопитель электроэнергии (БНЭ), который представляет из себя аккумуляторные батареи (АБ), подклю-

ченные к шинам постоянного тока через преобразователь электроэнергии (ПР4). С шин постоянного тока питается нагрузка потребителя (Н) через инвертор (ПР5), обеспечивающий поддержание качества электроэнергии на заданном уровне.

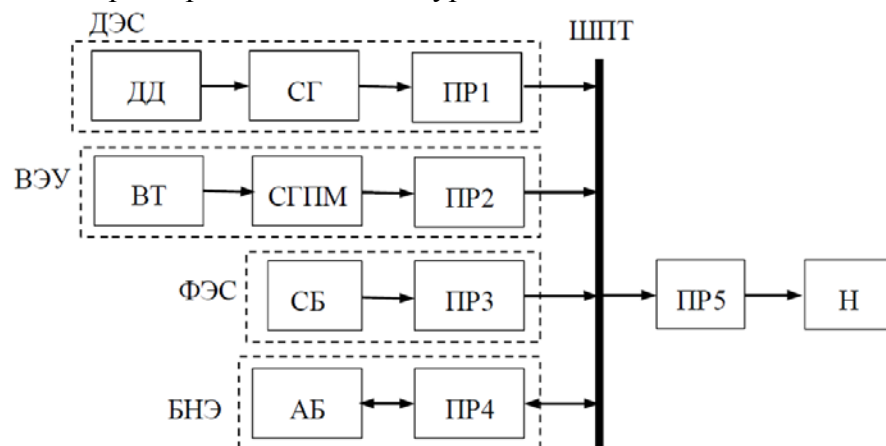


Рисунок 1 – Структурная схема комбинированной системы автономного электроснабжения

Система автономного электроснабжения должна быть гибкой, быстро и легко перестраиваемой. В ней не обязательно наличие всех элементов, указанных на рисунке 1. В то же время в системе могут быть и другие устройства, обеспечивающие ее эффективное функционирование. Например, распределительное устройство трехфазного переменного тока, получающее электроэнергию от инвертора ПР5, к которому присоединяются электроприемники электрифицированного объекта.

Более узкое применение находят системы автономного электроснабжения с использованием только возобновляемых источников энергии, что обусловлено необходимостью значительного завышения мощности генерирующего оборудования и накопителей энергии. Однако такие системы используются для электроснабжения небольших сельскохозяйственных объектов и в бытовом секторе, в частности для электроснабжения коттеджей. В данном случае возможно преобразование энергии ветра непосредственно в механическую и запасание ее в виде потенциальной (например, подъем воды из скважины в водонапорную башню), а солнечной энергии - в тепловую (нагрев воды в башне).

Несмотря на то, что комбинированные автономные системы электроснабжения и системы автономного электроснабжения с применением только возобновляемых источников энергии не могут конкурировать с централизованным электроснабжением при большой мощности нагрузки или малой удаленности от энергообъектов энергосистемы, использование относительно дешевой электроэнергии, получаемой от возобновляемых источников энергии, всегда является рациональным.

Другой причиной использования автономных систем электроснабжения является обеспечение систем бесперебойного электроснабжения после аварий на время устранения её последствий. В данном случае такая система существует лишь непродолжительное время. Ввиду жестких условий по времени выхода генератора на максимальную мощность, в качестве аварийного источника электроэнергии наиболее широкое применение также нашли дизель-генераторные установки.

Однако даже наиболее маневренные дизель-генераторы не могут обеспечить выход на номинальную мощность без кратковременных перерывов питания. Как следствие, их применение невозможно без источников бесперебойного питания (ИБП). Источники бесперебойного питания должны питать ответственные электроприемники в период от момента отключения основного питания до момента включения дизель-генератора.

Существует два типа источников бесперебойного питания: динамические, с накопителями кинетической энергии (ДИБП) и статические - с электрохимическим источником тока (СИБП). Хотя ИБП обоих классов хорошо известны с середины прошлого века, в 80-ых и 90-

х годах на рынке энергетической продукции наблюдалось явное преобладание статических СИБП. В последние годы всё более широкое применение находят ДИБП.

Динамический ИБП, пример которого приведен на рисунке 2, структурно состоит из синхронной машины, связанной с дизельным двигателем и накопителем кинетической энергии.

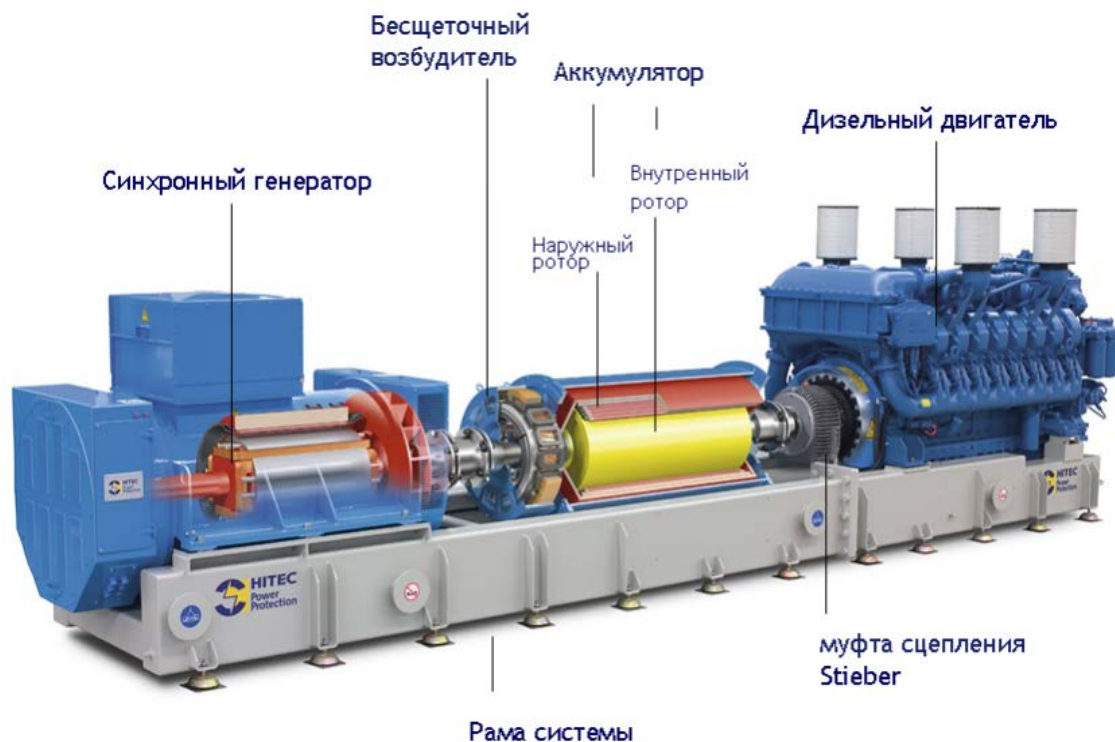


Рисунок 2 – Динамический источник бесперебойного питания

У динамического ИБП существует 3 режима работы: нормальный режим, режим при пропадании внешнего электропитания и режим работы от дизель-генераторной установки. В нормальном режиме синхронный генератор ДИБП работает в двигательном режиме, запасая энергию в маховике на случай перерыва питания. При пропадании питания маховик продолжает вращаться, синхронная машина переходит в генераторный режим. Энергии, запасенной в маховике, должно быть достаточно для выхода дизель-генератора в рабочий режим, что составляет от нескольких секунд до нескольких минут. При выходе дизель-генератора в рабочий режим срабатывает муфта сцепления, потребители получают энергию от дизель-генератора, и в то же самое время происходит запасание энергии в маховике.

Статический ИБП, использующий принцип двойного преобразования электроэнергии, состоит из выпрямителя, инвертора и аккумуляторных батарей. В нормальном режиме происходит постоянная подзарядка батарей, в аварийном режиме запасенная энергия передается нагрузке. На случай выхода СИБП из строя и на случай его ремонта оборудован статическим и сервисным байпасом соответственно.

Основные параметры, необходимые для сравнения динамических и статических ИБП, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры статических и динамических ИБП

Параметр	СИБП	ДИБП
КПД, %	97-99	95
Срок службы, лет	5	30
Время автономной работы, мин	∞	5-10
Требования к окружающей среде	+	-
Сложности при утилизации	+	-
Время накопления заявленного объема энергии, мин	210-240	10-15

СИБП и ДИБП равнонадежны – снижение надежности за счет наличия подвижных частей сопоставимо со снижением надежности вследствие десятков последовательно включенных элементов. ДИБП проигрывают СИБП по требуемому уровню квалификации обслуживающего персонала, частоте обслуживания, длительности и сложности ремонта в случае отказа. В свою очередь, гораздо проще определить отказ ДИБП, например, просто по звуку, издаваемому подшипником, и предупредить критическую ситуацию.

Применение динамических накопителей энергии в автономных системах электроснабжения с применением альтернативных источников энергии нерационально ввиду ограничения запасаемой мощности. Этот фактор, согласно режиму работы таких систем, является определяющим. В системах аварийного электроснабжения ДИБП обладают рядом преимуществ перед статическими ИБП, что обуславливает их широкое применение.

Заключение

1. Автономные системы электроснабжения разного типа находят применение в разных странах для обеспечения электрической и тепловой энергией разных промышленных, коммунально-бытовых, сельскохозяйственных и других объектов. Они могут быть экономически целесообразными при значительной удаленности небольших потребителей электроэнергии от электрических сетей энергосистем, а также высокой стоимости электроэнергии при централизованном электроснабжении. Примерами таких потребителей являются объекты придорожного сервиса, асфальтобетонные заводы, предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции, объекты нефте- и газодобычи, жилые дома и т.д.

2. Мировая практика показывает целесообразность использования автономных систем электроснабжения в разных сферах жизнедеятельности людей. Это обуславливает необходимость разработки методов рационального использования систем автономного электроснабжения потребителей, а также их совершенствования и дальнейшего развития с учетом энергоэкономических и экологических аспектов каждого региона страны.

Литература

1. Обухов, С.Г. Характеристики синхронного генератора, работающего в составе инверторной дизельной электростанции / Сипайлова Н.Ю., Плотников И.А., Сипайлов А.Г. – Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2012 – №. 5 – С. 41-45

2. Олешкевич, М.М. Нетрадиционные источники энергии: учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений специальности 1 43-01 03 «Электроснабжение» / М.М. Олешкевич. – Минск: БНТУ, 2007. – 144 с.

3. Обухов, С.Г. Применение накопителей энергии для повышения энергоэффективности ветродизельных электростанций / Лукутин Б.В., Шутов Е.А., Хошнау З.П. – Электричество. – 2012 – №. 6 – С. 24-28

4. Чайанов П. ЦОД с гарантией / П. Чайанов // Блог компании HOSTKEY [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/hostkey/blog/277355>. – Дата доступа: 22.04.2017

5. Вашкевич П. Как мы монтируем ДИБП: огромные маховики в дата-центрах и средство аварийного резерва ответственных объектов / П. Вашкевич // Блог компании КРОК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/croc/blog/245553>. – Дата доступа: 22.04.2017