

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА ДИЗЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Лукутин Б. В., Шандарова Е. Б.

ФГБОУ ВПО Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия (634050, г. Томск, проспект Ленина, 30), e-mail: shandarovaelena@mail.ru

В статье произведен обзор существующих конструкций дизельных электростанций. Предложены способы, позволяющие повысить эффективность работы дизельной электростанции. Для снижения расхода топлива дизельная электростанция снабжается выпрямительно-зарядным устройством, буферным накопителем энергии и автономным инвертором. В данной схеме режим загрузки дизельного двигателя поддерживается на уровне средней мощности нагрузки. Двигатель работает в режиме, близком к номинальному, поддерживая оптимальный расход топлива. Предлагается оптимизировать режим работы дизельной электростанции, содержащей несколько дизель-генераторов, с помощью блока прогнозирования нагрузки и датчика температуры. Датчик температуры измеряет температуру окружающей среды и посылает сигнал на блок прогнозирования нагрузки, который определяет прогнозируемую мощность нагрузки дизельной электростанции. В зависимости от величины прогнозируемой мощности в работу включается один или несколько дизель-генераторов в соответствии с критерием минимальных удельных расходов топлива. Предложенные в статье структурные схемы дизельных электростанций позволяют оптимизировать режимы работы станции и повысить эффективность ее работы за счет снижения расхода топлива.

Ключевые слова: дизельная электростанция, дизель-генератор, расход топлива, эффективность, нагрузка, датчик температуры, выпрямительно-зарядное устройство, буферный накопитель энергии.

WAYS OF DECREASE IN FUEL CONSUMPTION OF DIESEL POWER STATION

Lukutin B. V., Shandarova E. B.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30), e-mail: shandarovaelena@mail.ru

In article the review of existing designs of diesel power stations is made. The ways increasing overall performance of diesel power station are offered. To reduce fuel consumption diesel power supplied rectifier charger, buffer energy storage and self-commutated inverter. In this scheme the mode of loading of the diesel motor is supported at the level of the average power of loading. The diesel motor works in a mode close to nominal, supporting optimum fuel consumption. It is offered to optimize working hours of the diesel power station containing some diesel generators, by means of the block of forecasting of loading and temperature sensor. The sensor of temperature takes ambient temperature and sends a signal on the block of forecasting of loading which determines the predicted power of loading of diesel power station. Depending on the size of the predicted power in work joins one or several diesel generators according to criterion of the minimum specific fuel consumption. The block diagrams of diesel power stations offered in article allow to optimize working hours of station and to increase efficiency of its work at the expense of decrease in fuel consumption.

Key words: diesel power station, diesel generator, fuel consumption, efficiency, loading, temperature sensor, rectifier-charger, buffer store of energy.

Введение

Дизельные электростанции (ДЭС) представляют собой практичное и эффективное решение проблемы автономного энергоснабжения различных объектов. К основным достоинствам ДЭС можно отнести универсальность применения, низкую стоимость оборудования, быструю окупаемость, достаточную надежность и долговечность. Дизельное топливо не обладает летучестью, как пары бензина или газ, поэтому даже его значительная утечка не создает опасности окружающим и работникам.

В силу этих обстоятельств дизельные электростанции нашли широкое применение как источники постоянного или аварийного электроснабжения. Одним из важных показателей ДЭС является ее экономичность, которая определяется отношением вырабатываемой энергии к расходу топлива за час работы при номинальной нагрузке. Обычно основные затраты на электроснабжение автономных объектов связаны с закупкой дизельного топлива, например, для ДЭС Томской области его удельный расход характеризуется значительным разбросом и лежит в интервале 350–720 г у.т./кВт.ч, при этом стоимость отпускаемой потребителям электрической энергии очень высока (4,9–9,8 руб./кВт.ч) [1].

Снижение расхода топлива позволяет повысить эффективность работы ДЭС. Основными причинами увеличения расхода топлива являются низкие температуры и неэффективная загрузка ДЭС.

ДЭС могут эксплуатироваться в тяжелых погодных условиях – при температуре воздуха от -50 до +50 °С. Однако при низких температурах изменяется вязкость топлива, что ухудшает процесс образования воздушно-топливной смеси. Из-за этого часть топлива не сгорает в цилиндрах двигателя, и его мощность снижается.

Оптимальной считается нагрузка ДЭС, лежащая в диапазоне от 40 % до 75 % от номинального значения. Если нагрузка составляет менее 40 % номинальной мощности, дизель работает с повышенным удельным топливопотреблением. Загрузка ДЭС более чем на 75 % так же ведет к снижению коэффициента полезного действия и перерасходу топлива. Влияние температуры окружающей среды, не отрегулированная подача воздушно-топливной смеси и другие негативные факторы могут снижать экономичность двигателя почти на 30 % [6].

Целью исследования являлась разработка новых схем построения ДЭС, позволяющих повысить эффективность работы станции за счет снижения расхода топлива.

Для решения данной задачи был произведен анализ существующих конструкций ДЭС, а также предложены новые способы повышения эффективности работы дизель-генераторов.

Обычно в состав дизельной электростанции входит дизельный двигатель, синхронный генератор и система управления, которые регулирует частоту оборотов и, соответственно, развиваемую мощность дизельного двигателя, а также ток возбуждения синхронного генератора для стабилизации величины напряжения.

Подобная конструкция ДЭС не позволяет решить проблему максимального снижения расхода топлива, так как дизельный двигатель неизбежно будет работать на частичных режимах, в том числе с малой величиной нагрузки в соответствии с графиком электропотребления. При работе двигателя на малую нагрузку значительно увеличивается удельный расход топлива и проявляется эффект карбонизации, вызванной скоплением в

цилиндрах продуктов неполного сгорания топлива, что негативно влияет на ресурс двигателя.

Для снижения расхода топлива предлагается снабдить ДЭС выпрямительно-зарядным устройством, вход которого подключен к выходу синхронного генератора и к системе управления, буферным накопителем энергии, вход которого соединен с выходом выпрямительно-зарядного устройства, автономным инвертором, вход которого подключен к выходу буферного накопителя энергии и к системе управления, а выход соединен с нагрузкой ДЭС (рис. 1).

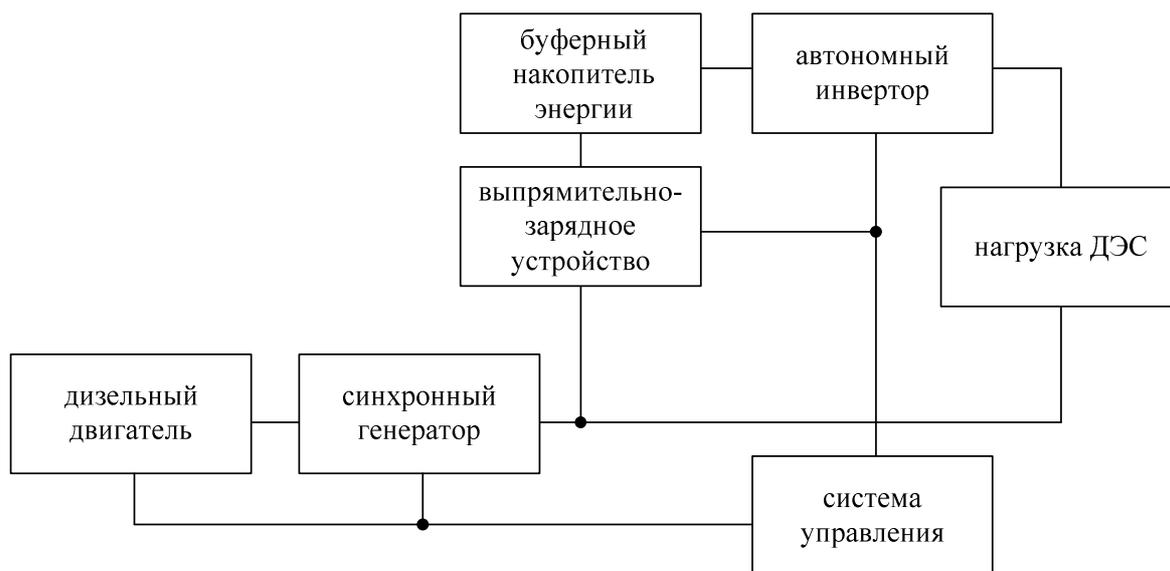


Рис. 1. Структурная схема ДЭС с буферным накопителем энергии

Снижение расхода топлива достигается за счет того, что режим загрузки дизельного двигателя поддерживается на уровне средней мощности нагрузки [4]. При этом в режимах, когда выходная мощность синхронного генератора превышает текущую мощность нагрузки, избыток энергии аккумулируется в буферном накопителе энергии, а в режимах, когда выходная мощность синхронного генератора меньше мощности нагрузки, энергия из буферного накопителя отдается в нагрузку. В результате дизельный двигатель работает в режиме, близком к номинальному, соответственно, расход топлива уменьшается.

В процессе работы ДЭС интеллектуальная система управления контролирует энергосиловое оборудование, регулирует расход топлива дизельного двигателя и ток возбуждения синхронного генератора, поддерживая оптимальную загрузку ДЭС и обеспечивая реализацию энергоэффективного режима и структуры энергетического комплекса.

В автономных энергоустановках, работающих независимо от сети централизованного электроснабжения, довольно часто используются два и более дизель генератора. Кроме повышения надежности системы электроснабжения, многоагрегатная ДЭС позволяет включать в работу необходимое количество дизель-генераторов в соответствии с текущим графиком нагрузки [3]. Это позволяет оптимизировать загрузку агрегатов и улучшать технико-экономические характеристики ДЭС в целом.

Однако известный принцип построения многоагрегатных ДЭС не решает проблему максимального снижения расхода топлива в дизельных электростанциях, так как автоматический останов или пуск конкретного дизель-генератора производится по текущему значению потребляемой мощности, исходя из условия минимизации расхода топлива. Так как режимы работы потребителей постоянно меняются, может возникнуть ситуация, при которой ДЭС работает на границе или в пределах выбранного условия, при этом дизель-генераторы будут работать в тяжелых условиях пуск-остановка, что сокращает срок их службы и увеличивает расход топлива.

Снизить расхода топлива, а также оптимизировать режимы работы дизель-генераторов возможно, снабдив ДЭС блоком прогнозирования нагрузки и датчиком температуры (рис. 2). В данном случае микроконтроллер будет управлять процессом включения и выключения дизель-генераторов на основании информации, поступающей от блока прогнозирования нагрузки по температуре окружающей среды, которую измеряет датчик температуры [5].

Системный анализ экспериментальных данных, представленных в виде суточных ведомостей электрических нагрузок ДЭС, и их статистическая обработка позволяет определить зависимость суточной выработки электрической энергии и суточной максимальной мощности нагрузки от температуры окружающего воздуха для конкретной ДЭС. Установлено, что график электропотребления определяется сезонными изменениями температуры, которые косвенно связаны с продолжительностью светового дня [2].

Таким образом, появляется интегральный параметр, по которому можно управлять процессом пуска и остановки дизель-генераторов на основании зависимости, которая связывает величину мощности электрической нагрузки ДЭС с температурой окружающего воздуха и находится в блоке прогнозирования нагрузки. Так как температура воздуха с течением времени изменяется плавно, из процесса работы ДЭС исключаются режимы, при которых происходят частые пуски и остановки дизель-генераторов, и они работают в режимах, близких к номинальным. В результате происходит оптимизация режимов работы дизель-генераторов и снижение расхода топлива.

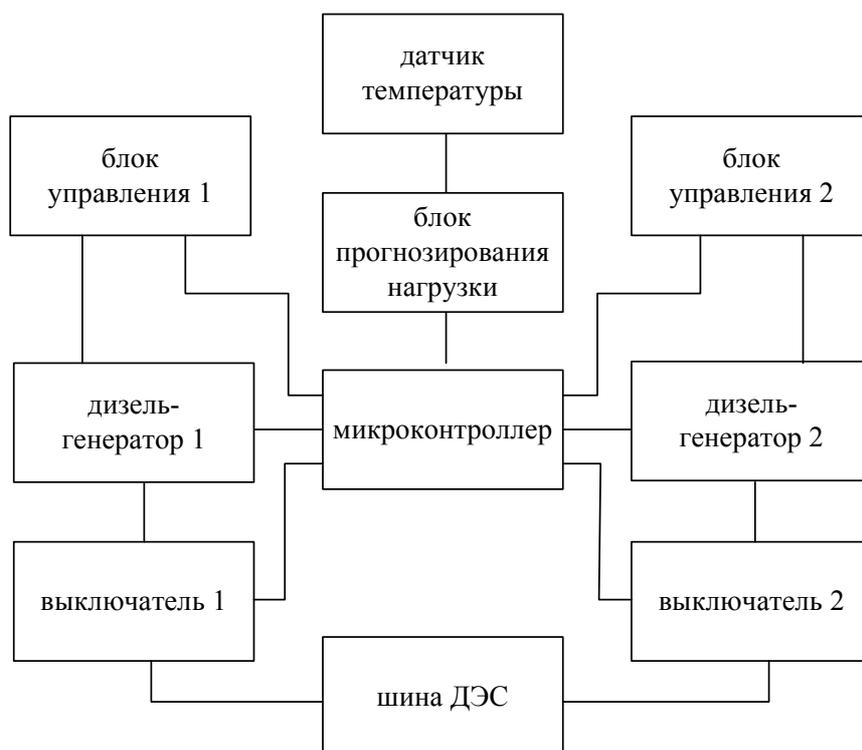


Рис. 2. Структурная схема ДЭС блоком прогнозирования нагрузки и датчиком температуры

В качестве блока прогнозирования нагрузки (БПН) может использоваться микроконтроллер, реализующий функцию, связывающую величину мощности электрической нагрузки ДЭС с температурой окружающей среды, которую измеряет датчик температуры. Для определения зависимости, связывающей мощность нагрузки конкретной ДЭС с температурой окружающей среды, используются суточные ведомости электрических нагрузок ДЭС, годовой график среднесуточной температуры района, в котором расположена ДЭС, а также суточные графики нагрузок в характерные сезоны года. Эти зависимости аппроксимируют полиномами четвертого порядка, а затем производят нормирование – сортировку значений по температуре. Это позволяет получить зависимости температуры окружающей среды, объемы выработки электрической энергии и мощности электрической нагрузки ДЭС от дней года в виде линейных трендов. Решение полученных алгебраических выражений относительно общей переменной позволяет получить линейные зависимости, связывающие суточную выработку электрической энергии и максимальную мощность электрической нагрузки с температурой окружающего воздуха. Данная методика была опробована на нескольких ДЭС Сахаэнерго и показала хорошую достоверность полученных результатов. Погрешность этой методики составляет порядка 14 % [2].

Алгоритм функционирования предлагаемой структуры энергокомплекса следующий. В процессе работы ДЭС датчик температуры измеряет температуру окружающей среды и посылает сигнал на блок прогнозирования нагрузки, который, на основании измеренной

температуры, по заданной линейной зависимости определяет прогнозируемую мощность нагрузки ДЭС и посылает сигнал на микроконтроллер. Если мощность нагрузки не превышает значения мощности, при которой удельные расходы топлива дизель-генераторов равны, микроконтроллер посылает сигнал на первый блок управления, при этом происходит пуск первого дизель-генератора меньшей мощности, который работает на всю нагрузку ДЭС.

Если БПН прогнозирует увеличение мощности нагрузки, и эта мощность превышает значение мощности, при которой удельные расходы топлива дизель-генераторов равны, микроконтроллер посылает сигнал на второй блок управления, который запускает в работу второй дизель-генератор. При этом со второго дизель-генератора сигнал подается обратно на микроконтроллер, который подает сигнал на отключение первого выключателя и включение второго выключателя. В результате полную нагрузку ДЭС питает второй дизель-генератор большей мощности.

Если прогнозируемая мощность нагрузки превышает значение мощности, при которой расход топлива ДЭС одинаков при работе одного второго дизель-генератора большей мощности или совместной работе дизель-генераторов, то микроконтроллер подает сигнал на первый блок управления, который включает первый дизель-генератор. При этом сигнал с первого дизель-генератора поступает на микроконтроллер, который включает первый выключатель и оба дизель-генератора работают на нагрузку, которая распределяется между ними.

Если БПН определяет, что прогнозируемая мощность нагрузки будет уменьшаться, и мощность нагрузки превышает значение мощности, при которой удельные расходы топлива дизель-генераторов равны, то микроконтроллер подает сигнал на первый блок управления и первый выключатель. Первый дизель-генератор меньшей мощности отключается, и первый выключатель размыкается. Если мощность нагрузки будет продолжать уменьшаться, и мощность нагрузки не превышает значения мощности, при которой удельные расходы топлива дизель-генераторов равны, микроконтроллер, подает сигнал на первый блок управления, при этом запускается первый дизель-генератор, сигнал с которого поступает на микроконтроллер. С микроконтроллера сигналы поступают на выключатели и второй блок управления. В результате первый выключатель замыкается, второй выключатель размыкается, второй дизель-генератор отключается, и на всю нагрузку работает только первый дизель-генератор.

Применение блока прогнозирования нагрузки дает возможность исключить из процесса работы ДЭС режимы, при которых происходят частые пуски и остановки дизель-генераторов. Оптимизация работы дизель-генераторов позволяет снизить расход топлива и, следовательно, повысить эффективность работы станции.

Предложенные в статье структурные схемы дизельных электростанций позволяют оптимизировать режимы работы станции и повысить эффективность ее работы за счет снижения расхода топлива.

Список литературы

1. Департамент энергетики администрации Томской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nedra.tomsk.gov.ru/tek/> (Дата обращения 19.02.2013).
2. Лукутин Б. В., Климова Г. Н., Обухов С. Г., Шутов Е. А. Исследование закономерностей формирования графиков электрических нагрузок децентрализованных потребителей Республики Саха (Якутия) // Электрические станции. – 2008. – № 9. – С. 53–58.
3. Патент РФ № 2282733, 27.08.2006.
4. Патент РФ № 113885, 27.02.2012.
5. Патент РФ №109801, 27.10.2011.
6. Штерн В. И. Эксплуатация дизельных электростанций. – М.: Энергия, 1980. – 243 с.

Рецензенты:

Кабышев Александр Васильевич, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры электроснабжения промышленных предприятий Энергетического института НИ Томского политехнического университета, г. Томск.

Муравлев Олег Павлович, д-р техн. наук, профессор кафедры электромеханических комплексов и материалов Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск.