

· „ ; · „ „ · · „ ·
(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

В настоящий момент большую популярность набирает концепция распределенной энергетики. Суть ее заключается в строительстве компактных источников энергии, производящих тепловую и электрическую энергию для собственных нужд промывшленных предприятий, и имеющую возможность направлять излишнюю электроэнергию в общую сеть. Можно выделить такие технологии как:

- газопоршневые электростанции;
- газотурбинные электростанции;
- возобновляемые источники энергии(такие как солнечные батареи).

В данной статье рассмотрена работа газопоршневых электростанций в условиях работы различных производств, показаны недостатки существующих систем управления.

Устройство газопоршневой электростанции.

Структурная схема газопоршневой электростанции приведена на рис. 1.



Рисунок 1 – Структурная схема газопоршневой электростанции

Как и любая когенерационная установка, газопоршневая имеет несколько основных блоков:

— 1 блок представляет собой первичный двигатель. Это и есть поршень, который работает первоначально с источником энергии.

— 2 блок – электрогенератор. С его помощью происходит преобразование энергии двигателя в электроэнергию.

— 3 блок – система утилизации тепла. Принцип работы этой системы заключается в использовании энергии, состоящей из энергии горячих газов. Строение теплоутилизатора напрямую зависит от вида топлива.

— 4 блок – система контроля и управления установкой. Состоит из датчиков, рычагов управления.

Автоматизированная работа всех основных составляющих когенерационной установки позволяет добиться КПД около 90%.

Принцип работы газопоршневой электростанции.

В качестве основного топлива в таких установках используется газ, также существует возможность использования биогаза. Принцип работы установки заключается в возможности преобразования газа в электроэнергию и теплоэнергию. Выработка тепла и электрической энергии осуществляется одновременно. В этом и заключается главное достоинство газопоршневых установок. Такой принцип работы позволяет сделать процесс выработки энергии более эффективным и дешевым.

Всю систему работы установки условно можно разделить на несколько этапов.

1 этап. Подача газа в топливную систему.

2 этап. Подача воздуха в турбоагрегат.

3 этап. Охлаждение воздуха и подача в топливную систему.

4 этап. Соединение газа с воздухом, образование воздушно-топливной массы.

5 этап. Сгорание топлива. На этом этапе происходит выработка электроэнергии за счет вращения генератора двигателем.

6 этап. Сбор тепловой энергии. Она состоит из нагретого в процессе работы выхлопного газа, а также нагревания жидкости, предназначенной для охлаждения.

7 этап. Применение полученной энергии. Электрическая энергия применяется по своему прямому назначению. Тепловая может использоваться для системы отопления.

Газопоршневая установка вырабатывает больше тепла, чем электроэнергии. Таким образом, та энергия, которую обычные электростанции просто выбрасывают в атмосферу, в газопоршневых установках не только сохраняется, но и утилизируется и преобразовывается в полезную энергию, необходимую для человека. При этом количество потерянной энергии снижается с 40% до 5-10%.

Достоинства и недостатки газопоршневой электростанции.

К основным преимуществам относятся:

— Высокая эффективность и производительность.

— Минимальные затраты на приобретение установки и топливо.

— Вместительные топливные камеры, малочувствительные к качеству топлива.

— Автоматическая работа, работа в автономном режиме, быстрый запуск.

— Возможность объединения нескольких установок для больших производственных помещений.

— Надежность основных комплектующих, долговечность.

— Ремонт и замена деталей достаточно просты.

— Компактные размеры, широкий модельный ряд.

— Возможность производства установок в соответствии с пожеланиями заказчика по размерам, виду и качеству топлива.

К недостаткам газопоршневых когенерационных установок можно отнести:

— Невысокую мощность одной установки. Гораздо выгоднее использовать несколько машин в общем режиме.

— Выработку шума низкой частоты при работе.

— Потребность в охлаждении установки при отсутствии применения выработанной энергии.

В целом, можно сделать вывод, что применение когенерационных установок данного вида экономически более целесообразно. Если производить сравнение газопоршневых установок с турбинными и дизельными можно отметить несколько ключевых моментов:

1. Самый высокий КПД электрической энергии.
2. Устойчивость к условиям работы. При изменениях давления и температуры, КПД газопоршневых установок менее остальных подвержен изменениям.
3. Поршневой двигатель выдерживает различные условия работы. Его запуск и остановку можно производить неограниченное количество раз. При этом старт в работе происходит за минимальное время – пару минут.
4. Долгий срок службы, до нескольких десятков тысяч рабочих часов.
5. Минимальные затраты при проведении ремонта.
6. Минимальные затраты на топливо.
7. Экологическая безопасность. Газопоршневые турбины выделяют в атмосферу в 2 раза меньше углекислого газа и других вредных веществ.

Области применения.

Газопоршневые установки необходимы для снабжения самых различных объектов двумя видами энергии – электрической и тепловой. В основном они применяются.

1. Для дополнения уже существующих систем электро- и теплоснабжения.
2. Обеспечение энергией домов и небольших производственных помещений. Объединение нескольких газопоршневых установок в единую сеть позволяет увеличить количество вырабатываемой энергии в несколько раз.
3. Применяются при проведении строительных и ремонтных работ, работе в шахтах.
4. Используются в качестве дополнительного или резервного источника энергии в сферах повышенной необходимости для жизнедеятельности человека – здравоохранение, образование, транспортные коммуникации, сфера связи.
5. Промышленные установки являются более мощными и используются для обеспечения энергией крупных заводов и целых населенных пунктов.

Газопоршневые установки необходимы в условиях постоянных нарушений в подаче электричества. При их применении можно забыть об отсутствии энергии, темноте и холоде. Благодаря своей универсальности они получили свое второе название миниэлектростанции. Использование когенерационных газопоршневых установок позволяет сделать жизнедеятельность человека независимой от перебоев в электроснабжении, а также сэкономить средства на оплату и выработку энергии.

При этом существуют нерешенные проблемы, связанные с функционированием систем автоматического управления подобными установками.

Как правило, газопоршневая установка уже имеет готовую интегрированную систему автоматического управления. Примером может послужить система ТЕМ у электростанций Motoren Werke Mannheim. Здесь используется пропорционально-дифференциальный закон регулирования. Как правило, основным элементом такой системы управления выступает регулятор частоты вращения вала газопоршневого агрегата. Как правило, при синтезе этих регуляторов использовались модели в виде инерционных звеньев первого порядка, что является сильным упрощением.

Такого рода модели в форме передаточных функций с ограничениями повсеместно используются при расчетах в энергосистемах применительно ко всем типам агрегатов (паровые турбины, дизельные установки, газотурбинные агрегаты и т. д.). Более корректный вариант предполагает аналитическую запись дифференциальных уравнений, отражающих физику процессов в установке.

При анализ возмущений, поступающих в виде нагрузки на генератор, использовались простейшие модели электрических сетей (например, приведенные на рис. 2), которые не учитывали различные факторы, такие как резкие скачки напряжения, или резкие сбросы напряжения.

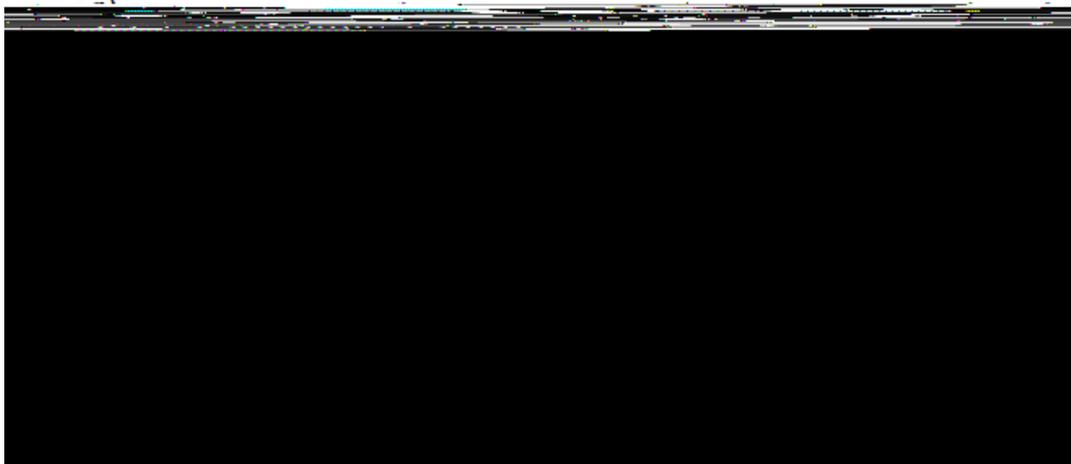


Рисунок 2 – Простейшие модели ЭЭС

В первой модели (рис. 2а) учитывается только наличие генератора и линии электропередач Л12, а во второй (рис. 2б) учитывается также и нагрузка N_{sys} , но в сильно упрощенном виде. Поэтому возникает задача построения более точной математической модели

Если в качестве примера возможной промплощадки взять электродуговые плавильные печи, то мы увидим, что характер изменения потребляемой активной и реактивной мощности существенно отличается от процессов при обычных пусках. Реальные измерения показывают, что за промежуток времени около 1,5 с может произойти до шести циклов полного сброса и последующего набора мощности печи. Механическая система ГПА за этот промежуток сможет отработать один набор или сброс мощности (но не цикл «сброс — набор»). Фактически, за время 0,03–0,05 с успевает произойти только выдача сигнала регулятора частоты вращения на исполнительный механизм (то есть, на изменение положения дроссельной заслонки, регулирующей поток газозвоздушной смеси во впускной коллектор). Поэтому вопросы поддержания в допустимых пределах основных режимных параметров ЭЭС и обеспечения требуемого уровня динамической устойчивости — чрезвычайно важная задача, которая решается корректным выбором схемы выдачи мощности станции, ее элементов, а также настроечных параметров систем регулирования.

Согласно существующим исследованиям, автономная работа газопоршневой электростанции в условиях энергосистемы с резкопеременной нагрузкой (сталеплавильное/ферросплавное производства) невозможна, поскольку поддержание в допустимых пределах основных режимных параметров не обеспечивается. Работа ГПЭС параллельно с мощной энергосистемой существенно отличается от автономной с точки зрения должного управления основными режимными параметрами. Практически мгновенные (0,01–0,02 с) броски мощности нагрузки компенсируются изменениями токов системы, в то время как регулятор частоты вращения ГПА обрабатывает лишь огибающую кривой резкопеременной мощности нагрузки, то есть обычный электромеханический переходный процесс, связанный с постепенным увеличением мощности, потребляемой сталеплавильной печью и другой более медленно изменяющейся, например, асинхронной, нагрузкой. Таким образом можно сказать, что типовые готовые схемы работы не являются оптимальными, и требуют существенных доработок. Анализ существующих схем показал, что они на различных объектах не обеспечивают требуемую динамическую устойчивость, а также их быстродействие не всегда отвечает требованиям объекта. Следовательно, параметры системы автоматического управления должны быть не типовыми, а настроенными согласно объекта, на котором применяется агрегат. Также, в современных системах электропитания необходимо вводить системы умной энергосистемы. Отличным примером этого может быть система «Smart Grid». Суть ее заключается в том, что система автоматизации в режиме реального времени анализирует работу электросетей, и в случае

необходимости может забрать необходимое количество электроэнергии, или наоборот, отдать часть полученной электроэнергии в общую сеть. Так как современные нагрузки на энергосистему требуют быстрого и достаточно точного анализа состояния рабочей системы для локализации неполадок, либо предотвращения таковых, учитывать использование умных сетей подачи энергии так-же необходимо.

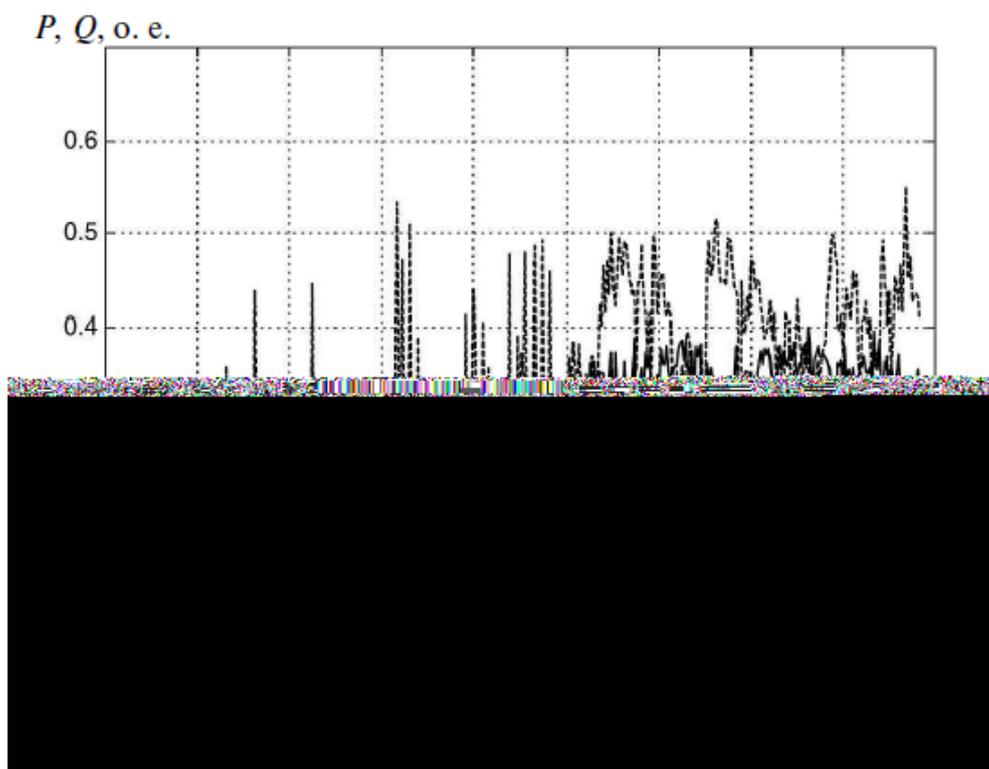


Рисунок 3 – Колебания активной (сплошная) и реактивной (пунктир) мощностей сталеплавильной печи, соответствующие началу процесса плавки

Вывод. В статье рассмотрены вопросы применения газопоршневых установок в системах распределенной электроэнергетики. Показано, что применение типовых настроек регуляторов таких установок не всегда обуславливает хорошее качество регулирования. В качестве примера рассмотрена система управления газопоршневой установкой, имеющей в качестве потребителей электросталеплавильные печи с высокой динамикой наброса/сброса нагрузки. Кроме того, необходимо учитывать концепцию "умной" энергосистемы на примере Smart Grid с целью оптимизации процессов электроснабжения и электропотребления для повышения их эффективности.

Перечень ссылок

1. Гольдинер, А. Я Газопоршневые электроагрегаты. / А. Я. Гольдинер, М. И. Цыпкин, В. В. Бондаренко. - Санкт-Петербург : Аллея Принт, 2006. 240 с.
2. Беляев, А. Н Исследование пусковых режимов асинхронных двигателей в автономных электроэнергетических системах с газопоршневыми агрегатами / А. Н. Беляев, Н. А. Кальм, С. В. Смоловик. - Электрика. 2012. - № 11. - С. 30–35.
3. Беляев, А. Н Регулирование синхронных генераторов с дизельным приводом / А. Н. Беляев, О. В. Епифанова, С. В. Смоловик // Научно-технические ведомости СПбГПУ, 2006. - № 5(46). - Т. 1. - С. 74–79.
4. Беляев, А. Н. Снижение скручивающих моментов в системе газотурбинного привода генераторов автономной электростанции / А. Н. Беляев // Известия РАН. Энергетика, 2010. - № 2. - С. 124–132.
5. Методические указания по устойчивости энергосистем. – Москва : Изд-во ЭНАС, 2005. - 16 с.