

УДК 621.31

В.Н. Мирошкин, С.А. Хряпин

**ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ КОМБИНИРОВАННОЕ
ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОЙ
ЭНЕРГИИ ГЕНЕРАТОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ
НА ОСНОВЕ ПОРШНЕВЫХ ГАЗОВЫХ И ДИЗЕЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ**

Семинар № 17

Повышение тарифов на энергоресурсы подталкивает потребителей различных отраслей промышленности, инфраструктуры и транспорта к созданию собственных генерирующих мощностей как более надежных и дешевых источников энергоснабжения.

В последнее время особый интерес к использованию генераторных установок проявляют жилищно-коммунальные службы городов и градообразующих предприятий, поскольку существующая система централизованного обеспечения больших и средних населенных пунктов электрической и тепловой энергией является достаточно затратной, в том числе из-за низкого коэффициента полезного использования первичных ресурсов.

Реальная финансовая экономия, а также экономия энергоресурсов может быть достигнута за счет определенной децентрализации источников энергоснабжения, а также комбинированного производства тепла и электроэнергии, получившего название когенерации.

Когенерационные установки позволяют на 40 % снизить расход топлива по сравнению с отдельным производством электрической и тепловой энергии.

Наибольшее распространение получили когенерационные установки на базе газовых поршневых генераторных агрегатов, которые могут поставляться в блочно-модульном стационарном исполнении или

в транспортабельных контейнерах. Кроме того, возможно применение специальных защитных кожухов с различной степенью шумоподавления.

В данных когенерационных установках успешно утилизируется тепловая энергия отработавших газов и охлаждающей жидкости поршневых газовых двигателей.

В период 70 и 80-х годов структура энергетического производства в странах ЕС, США и Канаде изменилась и в настоящее время 40 % электрической энергии и 75 % тепловой энергии производится небольшими локальными электростанциями (в т.ч. ТЭЦ и мини-ТЭЦ), единичной или общей мощностью генераторных агрегатов от 1 до 15 МВт.

К преимуществам генераторных установок на основе поршневых газовых двигателей следует отнести:

- оптимальный расход природного газа;
- низкую себестоимость выработки электрической и тепловой энергии;
- высокий КПД и коэффициент использования топлива;
- короткий срок планирования и строительства;
- восприимчивость к переменным нагрузкам;
- меньшие затраты на городское строительство (снижение строительных затрат на инженерную инфраструктуру в 1,5–4 раза);

- низкий уровень вредных выбросов;
- низкие эксплуатационные затраты и простоту эксплуатации.

Единичная мощность, выпускаемых агрегатов компанией Caterpillar, находится в диапазоне от 6 до 13970 кВт. Установки могут работать на различных видах газообразного и жидкого топлива, включая: природный газ, нефтяной попутный газ, свалочный газ, шахтный метан, дизельное топливо, сырую нефть, мазут и др. Кроме того, электрогенераторные установки Caterpillar могут оснащаться системами когенерации для комбинированной выработки электроэнергии и тепла, что позволяет на 1 кВт электрической энергии производить примерно 1.3 кВт тепловой.

Обширный диапазон используемого в установках газообразного и дизельного топлива, как отмечено выше, позволяет использовать электрогенераторные агрегаты для выработки электроэнергии на полигонах бытовых отходов, шахтах, нефтяных промыслах, объектах, удаленных от централизованного энергоснабжения или не допускающих перебоев в энергоснабжении.

Устройство энергетических центров (ЭЦ) или мини-ТЭЦ на основе поршневых генераторных агрегатов возможно в трех вариантах:

1) *Генераторные агрегаты, электротехническое, тепломеханическое и теплофикационное оборудование монтируется в специально возводимых зданиях блочно-модульного исполнения каркасной сборки из сравнительно легких материалов. Этот вариант монтажа представляется экономически обоснованным при наличии уже существующих свободных площадей (например, складов ангарного типа) или необходимости строительства ТЭС большой мощности (свыше 10 МВт).*

2) *Существуют возможности размещения данного оборудования в зданиях старых котельных на месте полностью или частично демонтированных котлов и теплофикационных контуров*

паро-водяного цикла (ДКВР, ДЕ). Этот вариант, по нашему мнению, слишком затратный, поскольку возникают значительные расходы на демонтаж устаревшего оборудования, переустройство и усиление фундаментов, несущих конструкций и перекрытий здания. Кроме этого, до 70 % зданий котельных, введенных в эксплуатацию в период 1966–1975 гг., построены с использованием силикатного кирпича, (без устройства контрфорсов здания), пустотных плит перекрытия (типа ПАД) и, в этом случае, их конструктивные особенности не дают возможности монтировать поршневые генераторные агрегаты по параметрам механических вибраций.

3) *Оптимальным вариантом строительства ЭЦ на основе поршневых генераторных агрегатов представляется установка всего комплекса оборудования в модульном (контейнерном) исполнении на открытых площадках (от 60 до 200 м²), обустройство фундаментов под которые не требует больших затрат и зависит от гидрогеологических условий и состояния грунтов участка размещения энергетических модулей. Это может быть бетонное основание с виброзащитной планировкой арматуры или свайное цельнометаллическое основание.*

Основные преимущества генераторных агрегатов в контейнерном исполнении заключаются в отсутствии затрат на строительство здания ТЭЦ, простоте транспортировки, монтажа, а также пуска в эксплуатацию.

Поставляемый заказчику силовой модуль уже имеет все необходимые входы/выходы для подключения внешних систем: подвода топлива, трубопроводов сетевой воды, электрической нагрузки и т. д. Кроме того, при необходимости можно быстро нарастить уже имеющиеся генерирующие мощности за счет установки дополнительных силовых модулей. Контейнеры для генераторных установок могут быть трех основных типоразмеров: 20, 30 и 40 футов (соответственно 6, 9 и 12 м).

Энергетический модуль Caterpillar включает в себя следующие основные компоненты: генераторный агрегат на основе поршневого газового двигателя, систему управления, защиты и распределения нагрузки, а также оборудование для рекуперации теплоты выхлопных газов и рубашки охлаждения двигателя. Контейнер может иметь теплоизоляцию или шумоизоляцию и различное вспомогательное оборудование в зависимости от требований заказчика. Различные системы управления и синхронизации предназначены для параллельной работы нескольких генераторных установок, а также автоматического или ручного ввода генератора в параллельную работу с внешней сетью в режиме постоянной нагрузки, с возможностью работы установки в режиме аварийного энергоснабжения при отключении сети.

Управление генераторной установкой в режиме постоянной нагрузки осуществляется микропроцессорной системой с автоматическим управлением плавным изменением нагрузки при входе в режим параллельной работы с сетью и выходе из него. Распределительное устройство обеспечивает параллельную работу с сетью и другими силовыми модулями. Оно состоит из автоматических выключателей, фидеров и другого коммутационного оборудования.

Энергетические модули Caterpillar оборудованы всеми необходимыми системами защиты, гарантирующими безопасную и надежную работу генераторной установки и вспомогательного оборудования. При необходимости поддержания генераторной установки в «горячем резерве» и для обеспечения быстрого запуска и принятия нагрузки на двигателе установлен электрический подогреватель охлаждающей жидкости с терморегулятором. При запуске двигателя и появлении напряжения на шине генератора подогреватель автоматически отключается. Контейнер оборудован основным и аварийным

освещением, а также имеет внутренние электрообогреватели. В контейнере предусмотрены специальные двойные двери по бокам для обеспечения доступа к двигателю и максимально удобного его технического обслуживания.

Силовой модуль оснащается системой принудительной вентиляции, при этом поступающий в него воздух используется в процессе сжигания топлива в двигателе, а также для отвода тепла от горячих частей оборудования. В систему входят, как правило, не менее двух, электрических вентиляторов. Включение и выключение вентиляторов может осуществляться автоматически в зависимости от температуры воздуха в контейнере.

Внутри контейнера также устанавливается система автоматического пожаротушения и система обнаружения утечек топливного газа. Система пожаротушения оснащена средствами обнаружения и тушения пожара и имеет в своем составе датчики по дыму и теплу, звуковую и световую сигнализацию. Кроме того, силовые модули могут оснащаться ручными углекислотными огнетушителями. При обнаружении возгорания или задымления производится остановка двигателя и отключение всех потребителей. При этом закрывается впускной клапан топливного газа, а также впускные и выпускные жалюзи контейнера.

Системы обнаружения утечек газа оснащаются датчиками загазованности, которые рассчитаны на двухступенчатое обнаружение газа в воздухе внутри контейнера. При концентрации газа, соответствующей первой ступени, срабатывает звуковая и световая сигнализация и включается вентиляция модуля. При дальнейшем повышении концентрации газа система автоматически закрывает впускной газовый клапан и останавливает двигатель.

Система утилизации тепла может быть смонтирована в том же контейнере, что и генераторная установка, или отдельно в зависимости от габаритных размеров агре-

гата. Принцип работы системы следующий. В процессе сжигания газообразного или дизельного топлива в двигателе внутреннего сгорания выделяется теплота, которая отводится посредством охлаждающей жидкости. В генераторной установке, не оснащенной системой рекуперации тепла, охлаждающая жидкость из двигателя поступает в радиатор охлаждения, в котором происходит отвод тепла в атмосферу.

При работе когенерационной установки охлаждающая жидкость из рубашки охлаждения двигателя поступает в водяной теплообменник, где происходит нагрев сетевой воды потребителя и соответственно отвод тепла из охлаждающей жидкости.

При отсутствии тепловой нагрузки используется трехходовой клапан, который направляет охлаждающую жидкость в радиатор сброса тепла для предотвращения перегрева двигателя. Сетевая вода после нагрева в водяном теплообменнике поступает в котел-утилизатор тепла выхлопных газов, который представляет собой теплообменник «газ/вода». В котле-утилизаторе происходит дополнительный нагрев сетевой воды. Для случаев, когда отсутствует необходимость в утилизации тепла выхлопа, предусмотрена система байпаса выхлопных газов в обход котла-утилизатора.

Отдельно следует остановиться на проблемах систем резервного электроснабжения горных предприятий.

В настоящее время по различным экспертным оценкам до 50% систем электроснабжения объектов на территории РФ не располагает технологически необходимой сетевой инфраструктурой для надежного и качественного обеспечения потребителей электрической энергией.

Прежде всего, это относится к техническим возможностям транспорта электрической энергии, конструктивным особенностям сетевого оборудования, логистике трансформаторных и распределительных подстанций, режимам эксплуата-

ции промышленных электрических сетей, устройствам релейной защиты.

В этом случае, для определенных категорий промышленных потребителей и экономически эффективной эксплуатации объектов, соответствующих уровням ответственности, возникает технологическая необходимость проектирования и создания систем резервного децентрализованного электроснабжения.

Системы резервного электроснабжения представляют собой генераторные установки на основе поршневых дизельных двигателей и устройства автоматического включения резерва (АВР) для выполнения функций релейной защиты.

Поршневой дизельный двигатель и синхронный генератор напрямую или с помощью промежуточной муфты соединены между собой и представляют единый генераторный агрегат, укрепленный на монтажной раме.

Четырехтактный дизельный двигатель имеет от 2 до 8 цилиндро-поршневых групп, оснащен системами запуска и стабилизации частоты вращения, топливной системой и системой подачи воздуха и выхлопа, обеспечивающими надежную работу генераторной установки. Запуск двигателя производится с помощью электростартера, работающего от аккумуляторной батареи, установленной на монтажной раме.

Эксплуатация генераторной установки в системе резервного электроснабжения предусматривает следующие степени автоматизации:

- ручное управление агрегатом
- автоматическая стабилизация напряжения и частоты тока
- заряд аккумуляторной батареи, защита генератора от перегрузки и токов короткого замыкания
- защита дизельного двигателя от перегрева при низком давлении масла
- автоматический пуск генераторной установки

- контроль состояний системы в режиме on - line

Релейная защита в форме панели переключения нагрузки (АВР) предназначена для автоматического включения резервной генераторной установки и переключения нагрузки на нее в случае пропадания напряжения в питающей сети или на одной из ее фаз, или в случае уменьшения напряжения одной из фаз ниже установленного порога напряжения.

Устройства АВР коммутируют переменный трехфазный ток от 30 до 3000А, рассчитаны на номинальное напряжение 400/230 (50 Гц), со степенью защиты IP3.1 по ГОСТ 14254-80.

Технологическая совместимость устройств релейной защиты в системах резервного электроснабжения предусматривает следующие возможные режимы эксплуатации:

- переключение нагрузки от сети на генераторный агрегат и обратно с заданными временными задержками (на период запуска, прогрева и вхождения генераторного агрегата в рабочий режим, для предотвращения переключения нагрузки при кратковременных пропаданиях напряжения сети)

- синфазное переключение нагрузки от сети к генераторному агрегату, контроль чередования фаз напряжений сети и генератора

После восстановления основной сети устройство АВР осуществляет обратное переключение нагрузки и автоматический возврат к питанию нагрузки от сети при восстановлении параметров ее напряжения с последующим останом генераторной установки.

Одним из аспектов модернизации горных предприятий является техническая возможность применения поршневых дизель-генераторных установок для обеспечения надежного резервного электроснабжения.

В этом случае экономически эффективные проектные решения основаны на

использовании одной или нескольких серий дизельных генераторных установок (Caterpillar) номинальной мощностью от 100 до 1000 кВт и устройств автоматического включения резерва (панелей переключения нагрузки – АВР, коммутируемым током от 30 до 30.000 А) для функций релейной защиты электротехнических схем.

Дизельные генераторные установки Caterpillar сертифицированы:

- Госстандартом России, поскольку признаны соответствующими требованиям безопасности ГОСТ 13822-82. ГОСТ 12.2.007.0-75, требованиям электромагнитной совместимости Норм 8-95, требованиям по вибрационным характеристикам ГОСТ 12.1.012-78, требованиям по шумовым характеристикам ГОСТ 12.1.003-83.

- Государственным комитетом РФ по связи и информатизации. Система сертификации "Электросвязь".

Конструктивно газовые двигатели Caterpillar выпускаются как без турбонаддува (NA - naturally aspirated), так и с турбонаддувом и последующим охлаждением (TA - turbocharger aftercooled).

Состав воздушно-топливной смеси, которую двигатели без турбонаддува могут подать в цилиндры, ограничен всасывающей способностью двигателя и атмосферными условиями. Таким образом, нагрузочная характеристика двигателя без турбонаддува непосредственно связана с высотой над уровнем моря и температурой окружающей среды.

Турбонаддув - эффективное средство увеличения потока воздуха и выходной мощности. Он способствует также большей устойчивости работы двигателя в отношении разнообразия высот и температуры окружающей среды. Однако сжатие воздуха турбокомпрессором повышает его температуру. Для снижения повышенной температуры воздуха каждый газовый двигатель с турбонаддувом снабжен изолированным последовательным охладителем.

лем (SCAC - separate circuit aftercooled) для увеличения плотности воздуха и предела детонации. В контуре охладителя двигателя с турбонаддувом может быть использована вода температурой 30 или 55 °С в зависимости от температуры воды на месте монтажа установки.

Температура воды в последовательном охладителе непосредственно влияет на мощность данного двигателя. Повышенная температура воды вызывает увеличение температуры всасывающего коллектора, что приводит к уменьшению пределов детонации. Если не снизить номинальную мощность двигателя, он подвергнется действию детонации и, в результате, может быть поврежден.

Caterpillar предлагает стандартные двигатели, которые могут быть использованы в районах, где допускаются характерные для этих двигателей уровни токсичности выхлопных газов, или двигатели с каталитическим преобразователем для районов с очень жестким контролем уровня токсичности выхлопных газов. Caterpillar предлагает также двигатели с низким уровнем токсичности выхлопных газов (LE - low emission) для районов, где токсичность выхлопных газов имеет первостепенное значение.

В двигателе Caterpillar с низким уровнем токсичности выхлопных газов используется технология сжигания обедненной смеси. Это означает то, что в цилиндр нагнетается дополнительный воздух. В результате этого уменьшается количество оксидов азота NO_x в выпуске отработавших газов. Другое преимущество применения такой технологии в том, что двигатель с низким уровнем токсичности выхлопных газов может выдержать более высокие нагрузки без возникновения детонации. Вследствие этого двигатели с низким уровнем токсичности выхлопных газов имеют более высокую номинальную мощность при тех же параметрах - температуре в контуре последующего охладителя и степени сжатия.

246

Одной из наиболее перспективных областей применения поршневых генераторных установок является **утилизация шахтного метана** с комбинированной выработкой электроэнергии и тепла.

Общеизвестно, что шахтный метан представляет собой серьезную угрозу безопасности жизни горняков под землей, и является источником загрязнения окружающей среды при его выбросе в атмосферу. В последние годы по всему миру реализован ряд проектов, направленных на утилизацию шахтного метана и выработку дешевой электроэнергии и тепла из бросового топлива.

В качестве примера можно привести утилизацию шахтного метана на угольных шахтах Аппин и Тауэр, расположенных в 80 км к югу от Сиднея, Австралия. Компания Energy Developments Ltd (EDL), являющаяся независимым производителем электроэнергии из Мельбурна, выполнила установку 94 поршневых генераторных агрегата на базе газового двигателя Caterpillar G3516 единичной мощностью 1030 кВт на этих двух шахтах. Это позволяет утилизировать около 160 000 т шахтного метана в год, что составляет половину всего выделяющегося газа.

Из 94 МВт, производимых на обеих площадках, от 4 до 10 МВт отбирается обратно шахтами для электроснабжения оборудования, шахтных стволов, систем вентиляции, критических нагрузок. Остальная часть электроэнергии отпускается в сеть. Кроме того, имеющиеся генераторные установки используются также для резервного электропитания шахт.

В России Caterpillar также имеет опыт реализации подобных проектов по утилизации шахтного метана и выработки электроэнергии.

На шахте «Северная» акционерного общества «Воркутауголь» с конца 80-х годов уже производилась утилизация шахтного газа – здесь работала котельная на метане. Позднее в 1998 году в рамках программы технической помощи USAID на

площадке шахты был установлен поршневой генераторный агрегат Caterpillar G3516 мощностью 975 кВт.

Установка выполнена в виде двух контейнерных модулей в северном исполнении и состоит из модуля двигатель-генератор и модуля распределительного устройства, обеспечивающих полную самостоятельность применения силовой газогенераторной установки как генерирующей энергетической системы.

Распределительное устройство позволяет включать генераторную установку на параллельную работу с электрической сетью через повышающий трансформатор и имеет систему управления, обеспечивающую передачу вырабатываемой электроэнергии в сеть в режиме управляемой нагрузки.

Еще одним примером утилизации шахтного метана является шахта «Чертинская» объединения «Беловоуголь». Проблемой утилизации шахтного газа на этой шахте начали заниматься еще в 1987 году, но в середине 90-х все работы были свернуты.

Необходимо отметить, что более газосной шахты, чем «Чертинская», ни в Советском Союзе, ни в России не было и нет. В 1987 году, когда добыча составила около двух миллионов тонн угля, газообильность метана составляла 200 кубометров в минуту. 12 тысяч кубов в час! И все — в атмосферу. В настоящее время, когда добыча сократилась до 500 тысяч тонн в год, сократилась и газообильность до 50-70 кубометров в минуту, что тоже немало.

Генераторная установка Caterpillar, установленная в 1998 году на площадке шахты, сжигает 5-6 кубометров метана в минуту, то есть лишь небольшую часть имеющегося газа. Мощность имеющейся установки Caterpillar G3516, как и на шахте «Северная», составляет 975 кВт. Нарращивание электрогенерирующих мощностей позволило бы утилизировать больше шахтного метана и частично компенсиро-

вать затраты шахты на дегазацию. Нужно заметить, что доля стоимости электроэнергии в себестоимости добытой тонны угля достигает 30-35 процентов. Сами сотрудники «Чертинской» говорят так: «Нам бы «Катерпилларов» с десяток иметь - полностью обеспечили бы себя электроэнергией за счет метана».

Заключение

Генераторные агрегаты Caterpillar оснащенные системой утилизации тепла обеспечивают эффективность использования топлива установки 94%, а электрический КПД для разных моделей составляет величину от 39 до 45%. Стоит добавить, что межремонтный период установок Caterpillar достигает у отдельных моделей 45 000 моточасов между капитальными ремонтами.

Вышеприведенные характеристики обеспечивают низкую себестоимость получения электроэнергии и тепла на когенерационных установках Caterpillar.

Себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии, производимой поршневым генераторным агрегатом, в 3-4 раза ниже, чем действующие тарифы централизованных энергосистем, а тепло получается фактически бесплатным.

При этом необходимо заметить, что одна установка электрической мощностью 1 МВт позволяет получить 1,3 МВт используемой тепловой мощности (1,118 Гкал/ч).

Окупаемость проектов строительства тепловых электростанций, которые оснащены генераторными установками Caterpillar, при существующих тарифах на электроэнергию, тепло и газ в большинстве случаев не превышает 4 лет с учетом инвестиционных затрат на проектирование, эксплуатацию и плановые ремонты при расчетном сроке службы оборудования около 200.000 моточасов (примерно 25-30 лет).

Основными инструментами при реализации системных энергетических про-

ектов являются лизинг оборудования и факторинг (рассрочка платежа).

Создание энергетических центров и мини-ТЭЦ на основе поршневых генера-

торных агрегатов Caterpillar в контейнерном исполнении является перспективным направлением энергетического строительства.

Коротко об авторах

Мирошкин В.Н., Хрятин С.А. – «СовКабельЭлектро».



© Г.И. Бабокин, Е.Б. Колесников,
В.Н. Калигин, 2005

УДК 621.671

Г.И. Бабокин, Е.Б. Колесников, В.Н. Калигин

АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЖНЫМ НАСОСОМ

Семинар № 17

Наличие надежных средств водопонижения в выработках шахт существенно сказываются на производительности работы шахт и угольных разрезов. Основными средствами водопонижения в настоящее время являются агрегаты, использующие погружные насосы.

Наблюдения за работой более 2000 погружных насосов, смонтированных на водопонижительных скважинах шахт Подмосковского угольного бассейна, показали, что средний срок службы погружного насоса составил около трех месяцев. Исследования показали, что основной причиной выхода из строя агрегата является перегорание статорных обмоток электродвигателя насоса из-за: ошибочных действий обслуживающего персонала в момент включения насоса; обрыва одной из фаз двига-

теля; некачественного ремонта и намотки статорных обмоток; некачественного выполнения счалок статорных концов при монтаже насоса и механических причин.

В этих условиях очень важное значение имеет выбор и применение надежных средств защиты и контроля аварийных режимов работы погружных насосов в системах водопонижения. Учитывая существенный интерес к безопасной работе этих систем можно утверждать, что работы по совершенствованию средств защиты погружных насосов от аварийных режимов являются актуальными.

Проведенные исследования позволили сформулировать основные требования, предъявляемые к аппаратуре управления и средствам защиты.

Структурная схема аппаратуры управления погружным насосом

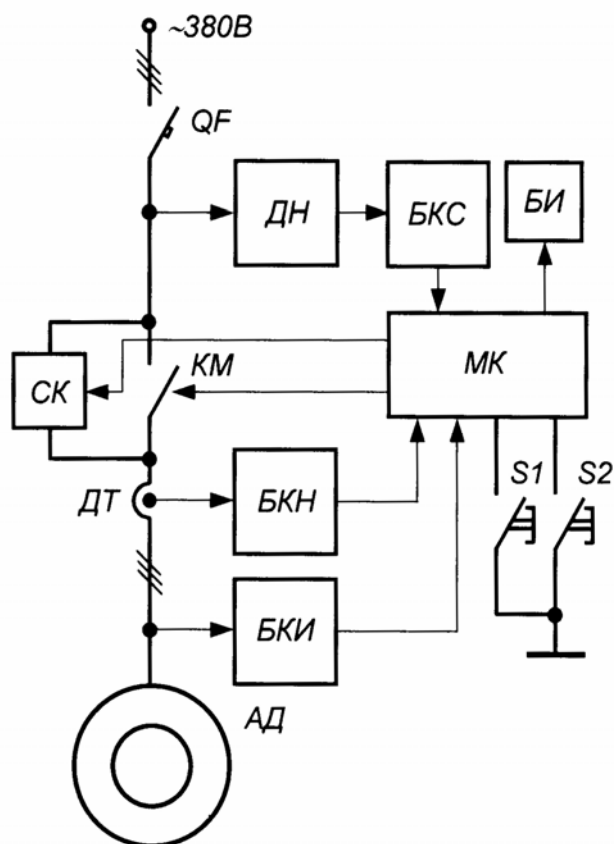
1. Наличие задержки времени при выполнении любых операций пуска и автоматического повторного включения (АПВ), позволяющие обеспечить селективность включения соседних насосов и избежание ошибок оператора при управлении агрегатом.
2. Ограничение пускового тока.
3. Обеспечение быстрого отключения при перегрузке и возникновении неполнофазного режима в системе питания насоса.
4. Обеспечение быстрого отключения при перекосе фазных напряжений сети.
5. Обеспечение контроля изоляции “фаза-земля” перед пуском насоса и запрещение включения насоса при снижении сопротивления изоляции ниже 30 кОм.

6. Схема аппаратуры должна иметь средства запоминания срабатывания основных видов защит.

В настоящее время серийно выпускаются отечественные устройства управления погружными насосами, такие как “Каскад”, “Маяк” и др. Однако эти устройства в не полной мере удовлетворяют предъявляемым требованиям.

Новомосковским институтом РХТУ им. Д.И. Менделеева разработана аппаратура управления и защиты погружного насоса полностью удовлетворяющая выше изложенным требованиям.

На рисунке приведена структурная схема разработанной аппаратуры. Аппаратура состоит из: автоматического выключателя QF; контактора KM, управляющего асинхронным двигателем АД насоса;



трехфазного симисторного ключа СК, шунтирующего контактор KM; датчика напряжения ДН и тока ДТ; блока контроля сети БКС; блока контроля нагрузки БКН; блока контроля изоляции БКИ; микроконтроллера МК; кнопок “Пуск” S1 и “Стоп” S2.

БКС контролирует параметры напряжения сети и выдает сигнал аварии в случае обрыва фазы и превышения несимметрии или величины напряжения сети заданных пороговых значений. БКН по сигналу с ДТ определяет следующие аварийные режимы: перегрузку по току, обрыв фазы и “сухой” ход двигателя. БКИ контролирует величину сопротивления изоляции цепи питания двигателя и в случае снижения его ниже 30 кОм выдает сигнал на запрет пуска насоса. Все сигналы ава-

рий и сигналы от кнопок “Пуск” S1 и “Стоп” S2 поступают на микроконтроллер МК, где после их обработки вырабатываются сигналы управления контактором КМ и симисторным ключом СМ.

Устройство работает следующим образом. После нажатия кнопки “Пуск” S1 микроконтроллер МК опрашивает сигналы аварий, поступающие на его входы. В случае их отсутствия начинается отсчет выдержки времени на включение, необходимое для гарантированного схода воды со скважины. По окончании выдержки времени включается симисторный ключ СМ, который подает пониженное напряжение на двигатель путем задания фиксированного угла регулирования. Тем самым обеспечивается ограничение пускового тока двигателя. По истечении времени 3–5 с после спада тока включается пускатель КМ и отключается симисторный ключ СМ и насос работает в нормальном

режиме. Остановить двигатель можно нажатием кнопки “Стоп” S2.

При поступлении любого сигнала аварии с БКС МК отключает КМ и двигатель. Причем при восстановлении симметрии или величины напряжения сети происходит АПВ. Появление любого сигнала аварии с БКН также приводит к отключению двигателя. Сигналы аварий записываются в МК и индицируются БИ.

Таким образом, разработанная аппаратура управления и защиты погружного насоса охватывает все возможные аварийные ситуации и обеспечивает повышение надежности работы погружного насоса в 1,5-2,0 раза, сокращение межремонтных периодов эксплуатации в два раза и увеличение подачи воды одной установкой на 20-40 %. Применение микроконтроллера упрощает построение системы диспетчеризации при управлении группой насосных установок.

Коротко об авторах

Бабочкин Г.И. – профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой, проректор по научной работе,

Колесников Е.Б. – доцент, кандидат технических наук,

Калитин В.Н. – доцент, кандидат технических наук,

кафедра “Электротехника”, Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева.

