

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАСОСА МАЛОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ



С.А. Моренко



К.С. Моренко

Объектам различных инфраструктур необходимо снабжение технической водой. Большую популярность набирает использование частотных приводов для управления насосами. При исследовании рассматривались существующие на рынке предложения и научные разработки. Выяснилось, что система управления центробежным насосом позволяет обеспечить высокое качество водоснабжения небольших объектов.

Ключевые слова: водоснабжение, частотный привод, защита, регулирование, центробежный насос

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_50

Небольшие объекты различной инфраструктуры (как сельскохозяйственной, метеорологической, железнодорожной и др.) нуждаются в персонале, который выполняет работу на этих объектах. Часто оказывается, что такие объекты находятся на некотором удалении от городов и населенных пунктов, а работа на них организуется вахтовым методом.

Качество выполняемых работ определяется не только организацией собственно рабочей обстановки, но и коммунально-бытовых условий персонала. Сюда входят электроснабжение, водообеспечение, теплообеспечение и другие виды обеспечения.

В зависимости от назначения объекта ему может понадобиться снабжение технической водой, которую чаще всего берут прямо из-под земли.

В настоящее время большую популярность набирает использование частотных приводов для управ-

ления насосами в скважинах и для водоснабжения. У такого подхода есть несколько преимуществ:

- экономия электроэнергии от 30 до 60%;
- исключение гидроударов, что позволяет резко увеличить срок службы трубопроводов и запорной арматуры;
- значительная экономия воды за счет оптимизации давления в сетях и уменьшения разрывов трубопроводов;
- при отдельных схемах водоснабжения не требует строительства, обслуживания водонапорных баков или накопительных резервуаров.

Использование частотных приводов для управления насосами имеет ряд технических преимуществ, которые найдут свое выражение в экономических выгодах от применения этой системы.

В настоящее время такие системы применяются практически только в специальных отраслях для тех-

Моренко Сергей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрификация и электроснабжение» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: системы энергетики. Автор 24 научных работ, в том числе одной монографии. Имеет три патента на изобретения.

Моренко Константин Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального научного агроинженерного центра ВИМ. Область научных интересов: возобновляемая энергетика. Автор 39 научных работ, в том числе одной монографии. Имеет два патента на изобретения.

нологических насосов, проблемы водоснабжения, тем более малых объектов практически не рассматриваются.

Цель исследования

Проанализировать практический опыт использования малой системы водоснабжения с частотным приводом управления насосом.

Материалы и методы

При исследовании возможностей водообеспечения рассматривались существующие на рынке предложения аппаратуры [1] и научные исследования в области водоснабжения, особенно небольших объектов, чаще всего сельского хозяйства [2].

При выборе насоса для конкретного объекта проблемы обычно не возникает. Проблема выбора возникает в случае, когда рассматривается возможность использования одинаковых насосов на различных объектах, имеющих разную глубину залегания грунтовых вод и разную потребность в воде.

В рамках унификации оборудования водоснабжения возникает вопрос номенклатуры насосов. С одной стороны, отличным решением будет использовать подходящие по напору и производительности насосы (рис. 1), поскольку так можно будет снизить

стоимость оборудования в местах близкого залегания водоносных слоев. С другой стороны, значительное расширение номенклатуры оборудования приводит к экспоненциальному росту затрат на его обслуживание.

Унификация сталкивается с проблемой. Поскольку глубина залегания грунтовых вод может сильно варьироваться от места к месту и составлять от 1 до 50 метров, а в отдельных случаях и больше, то насосы должны обеспечивать соответствующий напор. Но использование насосов с большим напором в скважинах с небольшой глубиной приводит к значительному росту производительности. Снижение производительности насоса с помощью задвижек приводит к росту давления в напорном трубопроводе, что чревато его преждевременным разрушением [3].

Унификация с одной стороны сталкивается с надежностью, а с другой — с эксплуатационными издержками. Одним из существующих решений этой проблемы является использование частотных приводов для управления частотой вращения насоса, его производительностью и напором [4].

Использование одинаковых комплектов оборудования для установки на большом количестве объектов в рамках единой инфраструктуры имеет ряд преимуществ.

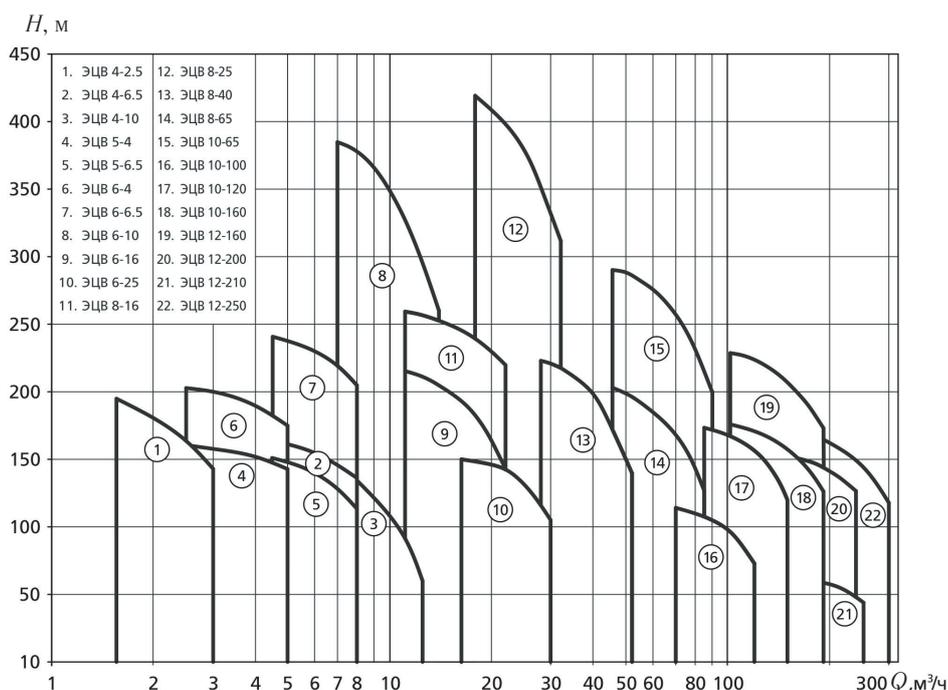


Рис. 1. Типовые характеристики центробежных насосов (на примере насосов типа ЭЦВ, из документации)

Во-первых, появляется возможность приобрести большую партию комплектов оборудования по более низкой цене. В такой поставке будет заинтересован как покупатель, который может сэкономить часть средств, так и продавец, который может сосредоточиться на производстве одного вида оборудования и снизить издержки.

Во-вторых, резко снижается количество резервных комплектов оборудования. При большой номенклатуре типов оборудования потребность в резервных комплектах может исчисляться десятками или даже сотнями долями. На сотню работающих комплектов может потребоваться всего один резервный. Но если их будет установлено только пять, то резервный комплект все равно будет один. Таким образом, снижение количества резервных комплектов снижает издержки на содержание текущего оборудования. Требуется меньше складских площадей.

В-третьих, снижение номенклатуры запасных частей позволяет оптимизировать сервисную службу. Вплоть до того, что любая необходимая запасная часть всегда может быть в машине, на которой выезжает ремонтная группа. Это одновременно упрощает как процессы технического обслуживания, так и аварийные ремонтные работы. Упрощение в свою очередь допускает проводить их быстрее, а также снизить время простоя. Один из мифов о системах водоснабжения состоит в том, что «создать систему водоснабжения гораздо сложнее, чем поддерживать ее работу» [6]. По другим данным, до 40% новых систем водоснабжения быстро выходят из строя и больше не включаются в работу по различным причинам [6].

Динамическое регулирование производительности насоса, которое можно выполнить с помощью частотного привода [7;8], дает возможность ему работать без водонапорной башни или с водонапорной башней малой емкости. Она может служить ресивером для начального обеспечения водой. Возможности такой схемы водоснабжения малых населенных пунктов подробно рассмотрены в [2]. По мере того, как начнется расход воды, насос будет включен на такую производительность, чтобы поддерживать уровень воды в баке постоянным.

Использование частотного привода позволяет снизить расход электрической энергии во время работы насоса в сравнении с дроссельным регулированием напора и расхода воды [3].

Частотный привод может обеспечить еще одно преимущество — плавный пуск насоса. Использование плавного пуска дает возможность [1]:

- увеличить ресурс работы насосного агрегата;
- избежать перегрузки питающей сети в момент пуска насоса;

- избежать гидравлических ударов в трубопроводах и задвижках.

Кроме того, частотный привод позволяет эффективно организовать работу насоса большой производительности в скважине с малым дебитом за счет регулирования частоты вращения двигателя, напора и расхода насоса для конкретных условий работы системы.

Датчик контроля уровня воды при использовании в системе водонапорной башни дает возможность персоналу оперативно получать информацию о накоплении и расходе воды и контролировать работу насосного агрегата. Это позволяет своевременно обнаруживать неисправности. Этот же блок обеспечивает управление насосом для поддержания уровня воды в баке.

Измерительный преобразователь представляет собой преобразователь уровня воды в емкости и выполнен в виде изолированных проводников, которые помещаются в бак с водой. Если бак выполнен из диэлектрического материала, измерительный преобразователь может быть помещен прямо на корпус бака, чем исключается взаимодействие с водой [9].

Схемы измерения уровня воды в баке с помощью емкости известна достаточно давно. Они обладают рядом преимуществ [10]:

- механически просты и не имеют движущихся частей;
- не требуют технического обслуживания;
- устойчивы к турбулентности.

Обратный клапан часто устанавливается в таких системах для того, чтобы снизить расход электрической энергии при каждом включении насоса на заполнение напорного трубопровода. Однако, следует учитывать, что при небольшой глубине залегания грунтовых вод проблемы с эксплуатацией обратного клапана могут быть значительно больше, чем эффект экономии электрической энергии.

В отсутствие обратного клапана так же есть еще один положительный эффект — снижаются требования к утеплению трубопровода. Это особенно актуально, когда система эксплуатируется без водонапорной башни. Кроме прочего, сокращается номенклатура запасных частей установки.

Наличие узла контроля наработки насоса позволяет накопить статистические сведения о наработке на отказ или о необходимости провести техническое обслуживание по факту наработки определенного количества часов.

В дальнейшем система может быть модернизирована новыми агрегатами, имеющими более высокую надежность. Наличие статистических данных и узла контроля наработки позволит проверить эффектив-

ность внедряемых изменений и рост надежности системы.

Таким образом, общая система водообеспечения содержит:

- накопительный бак;
- погружной центробежный насос;
- частотный привод управления;
- блок контроля уровня воды в баке и управления насосом;
- счетчик времени наработки;
- электрическую и водяную соединительные арматуры.

На рис. 2 показан внешний вид блока управления насосом для экспериментального исследования режимов работы системы. На рис. 2 видны: частотный привод управления насосом; счетчик времени наработки.

Результаты и обсуждение

Для проведения опытной эксплуатации была собрана система водоснабжения согласно описанию. Эксплуатация проводилась в весенне-летнее время. Система использовалась для водоснабжения загородного дома технической водой и полива приусадебного участка в вечернее время.



Рис. 2. Внешний вид установленного блока управления насосом

За время исследований было отмечено следующее.

Все системы контроля неисправностей находятся только в частотном приводе и главным образом позволяют обнаружить лишь электрические неисправности системы: обрывы фаз, замыкания, пробой изоляции на корпус. Это позволяет оперативно получить информацию о неисправности насоса. Вместе с тем, существуют неисправности, которые возникают при подаче воды в бак, такие как засорение трубопровода посторонними предметами, замерзание или прорыв. При определенных условиях диагностика такой неисправности становится нетривиальной задачей.

Вместе с тем, датчик контроля уровня может контролировать поступление воды в бак через изменение ее уровня, что является способом обнаружить такой вид неисправностей.

Сбоев в работе системы, таких как отсутствие ответа на команду оператора, опустошение бака или его переполнение, неверные режимы работы насоса — обнаружено не было. Это свидетельствует о высоком уровне надежности системы за счет использования отработанных технических решений.

По результату наработки заранее оговоренного в руководстве к насосу количества часов, он был извлечен из скважины для проведения технического обслуживания. Время наработки было измерено с помощью счетчика. После разборки агрегата для проведения технического обслуживания было установлено, что техническое обслуживание проводится именно в то время, в которое и должно.

Таким образом, система полностью отвечает возложенным на нее требованиям. В то же время возможно дальнейшее совершенствование системы для повышения надежности и удобства использования.

Выводы

Рассмотренная система управления центробежным насосом позволяет обеспечить высокое качество водоснабжения небольших объектов. Стандартизация узлов системы на ряд объектов позволяет значительно снизить издержки внедрения и эксплуатации системы.

За время эксплуатации отказов обнаружено не было.

Дальнейшее исследование системы водоснабжения малых предприятий состоит в том, чтобы провести опытную эксплуатацию на ряде объектов. Вторым направлением исследования является эксплуатация системы в условиях отрицательных температур. 

Литература

1. ЭЦВ каталог: погружные скважинные насосы. –URL: https://bestnasos.ru/price_opt/pasos_etcv_catalog.pdf (дата обращения: 06.12.2021). –Текст: электронный.
2. Корчевская, Ю.В. Возможности регулирования бесперебойной подачи воды в сеть малых населенных пунктов /Ю.В. Корчевская, Г.А. Горелкина. –Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. –2016. –№1(135). –С. 138–142.
3. Гумерова, Р.Х. Моделирование потребления электроэнергии приводами насосов при дроссельном и частотном регулировании производительности /Р.Х. Гумерова, В.А. Черняховский. –Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. –2017. –Т.19, №3–4. –С. 96–106.
4. Сошников, М.И. Применение насосов с частотным приводом в системах водоснабжения / М.И. Сошников, Д.С. Струков. –Текст: непосредственный // Научный альманах. –2016. –№4–3(18). –С. 190–193.
5. Myths of the Rural Water Supply Sector / Rural Water Supply Network. Perspectives. 2010. №4. 7 p. - URL: [https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/RWSN 2010 Myths of the Rural Water Supply Sector.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/RWSN%2010%20Myths%20of%20the%20Rural%20Water%20Supply%20Sector.pdf). (дата обращения: 06.12.2021).
6. Moriarty P., Smits S., Butterworth J., Franceys R. Trends in rural water supply: Towards a service delivery approach / Water Alternatives. 2013. 6(3): 329–349.
7. Сипайлов, В.А. Оптимальное управление установкой электроцентробежного насоса с частотно-регулируемым асинхронным приводом / В.А. Сипайлов, В.Г. Букреев, Н.Ю. Сипайлова. –Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. –2009. –№4. –С. 66–69.
8. Хакимьянов, М.И. Современные частотно-регулируемые электроприводы скважинных насосов / М.И. Хакимьянов, З.Х.Павлова. –Текст: непосредственный // Нефтепромышленное дело. –2012. –№6. –С. 29–34.
9. Capacitance level measurement. –URL: https://www.omega.de/green/pdf/CAP_LEV_MEAS.PDF (дата обращения: 06.12.2021).
10. Craig B. What are the Advantages of Different Types of Level Measurement Transmitters. –URL: <https://www.transmittershop.com/blog/advantages-different-types-level-measurement-transmitters/> (дата обращения: 06.12.2021).