

«Юридическая литература» Администрации Президента РФ, 2004. – 74 с.

7. Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов: постановление Правительства Российской Федерации, 15 сентября 2020 г., № 1430 // ГАРАНТ. Информационно-правовой портал / ООО «НПП «ГАРАНТ-СЕРВИС». – Москва, 2024.

8. Об утверждении Правил отнесения водных объектов к категориям водных объектов для целей установления технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов: постановление Правительства Российской Федерации, 26 октября 2019 г., № 1379 // ГАРАНТ. Информационно-правовой портал / ООО «НПП «ГАРАНТ-СЕРВИС». – Москва, 2024.

УДК 631.3

**К вопросу повышения эффективности водоподъемного оборудования в технологических процессах подачи и подготовки воды применением синхронного привода на постоянных магнитах**

Башко Ю. А.<sup>1</sup>, Козорез А. С.<sup>2</sup>, Лихтар С. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГНУ «Институт жилищно-коммунального хозяйства

НАН Республики Беларусь»,

<sup>2</sup>ОАО «Завод Промбурвод»

Минск, Республика Беларусь

*В статье приведен анализ эффективности применения скважинных электронасосных агрегатов в технологических процессах подачи и подготовки воды с приводом посредством погружных синхронных электродвигателей на постоянных магнитах и асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, представлены направления повышения эффективности водоподъемного оборудования в технологических процессах водоснабжения применением синхронного привода с частотным регулированием и результаты их реализации в процессе подконтрольной эксплуатации в условиях ВКХ Республики Беларусь.*

Подземные водоносные горизонты Республики Беларусь обладают значительным запасом подземных вод. В настоящее время на территории Беларуси разведаны и утверждены балансовые запасы пресных подземных вод в количестве 6,35 млн куб. м/сут по категориям А + В + С1 (или

2317,75 млн куб. м/год) на 609 месторождениях пресных подземных вод, из них на 605 месторождениях – для хозяйственно-питьевых нужд, четырех месторождениях – для технических целей [1]. Они являются главным источником водоснабжения городов и населенных пунктов в Республике Беларусь. Однако, при обилии количества подземных вод они не все отвечают требованиям, предъявляемым к воде питьевого качества. Поэтому основными задачами определенными Программным документом [2] являются обеспечение потребителей водоснабжением питьевого качества и централизованными системами водоснабжения.

Для решения поставленных задач необходимо с 2021 по 2025 годы осуществить ряд технико-технологических мероприятий:

- строительство около 800 станций обезжелезивания воды;
- переподключение более 100 населенных пунктов к существующим централизованным системам водоснабжения с водой питьевого качества, перевод г. Минска на 100% водоснабжение из артезианских скважин;
- строительство около 300 водозаборных скважин, иные мероприятия, направленные на обеспечение потребителей водоснабжением питьевого качества;

При этом повышение надежности систем водоснабжения должно позволить ежегодно сокращать необоснованные потери и неучтенные расходы воды в целях достижения их значения не более 12 процентов.

В Республике Беларусь технологические схемы водоснабжения для городов охарактеризованы централизованными водозаборами, где технологический процесс определен системами подъема воды из водозаборных скважин и подачи в общий водовод водозабора и обозначен технологическим оборудованием в составе группы параллельно работающих погружных центробежных электронасосных агрегатов.

Для небольших населенных пунктов и автономных объектов (санатории, базы отдыха, кемпинги и пр.) характерны следующие технологические схемы водоснабжения [3]:

- вода из скважины подается непосредственно в водопроводную сеть;
- вода из скважины поступает в промежуточный резервуар, откуда насосной станцией 2-го подъема подается в сеть;
- вода из скважины подается в водонапорную башню, и далее в водопроводную сеть.

Анализ технологических схем водоснабжения показывает, что качественные показатели питьевой воды определяются не только качеством воды в подземных источниках, но и используемыми технологиями подъёма и подачи из артезианских скважин, водоподготовки, а также качеством и надежностью обеспечения параметров технологического процесса

насосным и технологическим оборудованием водозаборов, станций водоподготовки и инженерных сетей.

Эксплуатационная надежность систем водоснабжения определяется правильным подбором и техническими возможностями насосного оборудования, а также систем их привода и управления, обеспечивающих оптимальные характеристики и параметры работы насосного агрегата в соответствии с изменяющейся характеристикой сети.

Кроме того, согласованная работа на сеть является основой энергоэффективного использования насосного оборудования, т. е. рабочая точка должна находиться в рабочем диапазоне характеристики насоса. Рабочая точка определяется характеристиками насоса и системы, в которой установлен насос. Выполнение этого требования позволяет эксплуатировать насосы с высокой эффективностью и надежностью.

Практически это возможно при постоянстве потребления из сети, если бы разбор воды был постоянный, не существовало пиковых нагрузок.

Однако практика показывает, что суточный график потребления воды от минимума до максимума может колебаться в пределах 4-х раз. Так, например, в поселке с суточным потреблением  $380 \text{ м}^3$  воды, расход в ночное время составляет от 6 до  $14 \text{ м}^3/\text{ч}$ , в час пик – от 16 до  $25 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Как правило, существуют колебания разбора воды в зависимости от дня недели, времени года.

Исследования показывают, что в действительности очень часто насосное оборудование эксплуатируется за пределами рабочей области, точки 2 и 3 рис. 1, из-за изменения суточного водопотребления.

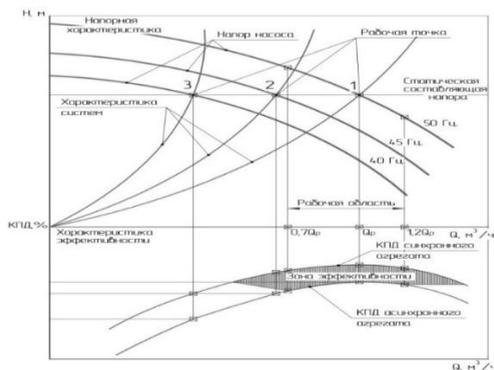


Рис. 1. Напорно-расходная характеристика погружного электронасосного агрегата с синхронным и асинхронным приводом и характеристика системы при изменении частоты питания с применением частотного преобразователя

Основой эффективного использования насосного оборудования является согласованная работа на сеть, т.е. рабочая точка 1 (рис. 1) должна находиться в рабочей области характеристики насоса. Рабочая точка 1 определяется пересечением характеристик насоса и системы, в которой установлен насос. Рабочая область ограничивается по минимальной подаче  $0,7 Q_p$  и максимальной  $1,2 Q_p$ . Выполнение этого требования позволяет эксплуатировать насосы с высокой эффективностью и надежностью.

На рис. 1 представлены характеристики эффективности работы насоса с асинхронным и синхронным электродвигателями, напорные характеристики насоса и характеристики системы с применением частотного преобразователя. Характеристика сети показывает зависимость её гидравлического сопротивления от расхода воды.

Основным фактором, вынуждающим применять частотные преобразователи на скважинных электронасосных агрегатах с приводом от асинхронных электродвигателей, это их эксплуатация с переразмеренным насосом с большим запасом по подаче и напору, или так называемое несоответствие агрегата системе водоснабжения.

Вторым фактором применения частотных преобразователей потребители пытаются оправдать вышеупомянутое отсутствие накопительных резервуаров и водонапорных баков, или их дорогой стоимостью. Но в данном случае разбор воды очень неравномерен, кроме неэффективного применения насосного оборудования в соответствии с графиком, необходимо организовать принудительное охлаждение электродвигателя, что в условиях скважины сделать невозможно. Поэтому при работе на сеть невозможно использовать частотный преобразователь без промежуточной накопительной емкости или гидроаккумулятора соответствующего объема.

Также необходимо помнить, что при наличии статической составляющей в напорной характеристике системы водоснабжения, применение частотного регулирования не повышает экономическую эффективность использования скважинных насосов, а лишь позволяет уменьшить объемы и соответственно габариты промежуточных емкостей, а также снизить риск появления гидравлических ударов, снизить пусковые токи, избежать избыточного давления в системе.

Все эти недостатки снимаются при применении синхронного электродвигателя на постоянных магнитах. При этом для запуска и управления синхронного двигателя с ротором на постоянных магнитах обязательно требуется применение частотного преобразователя, который кроме запуска осуществляет комплексную защиту двигателя и насоса, обеспечивая долговечность и надежность работы системы подачи воды.

Опыт подконтрольной эксплуатации показал, что система управления с частотным преобразователем может выполнять целый ряд сервисных функций:

- контроль работы группы параллельно работающих насосов;
- автоматическая остановка насоса при отсутствии расхода (спящий режим);
- автоматическое обнаружение порывов водопровода и сокращение потерь воды из-за утечек (2–7 %);
- автоматический переход в ночной режим (пониженное давление) или в режим выходных или праздничных дней и т. д.

Из графика (рис. 1) можно выделить зону эффективности работы насосного оборудования водозаборных скважин с синхронным двигателем на постоянных магнитах. Эта зона эффективности показывает, что один электронасосный агрегат с синхронным двигателем дает возможность перекрытия ряда типоразмеров по подаче и напору электронасосных агрегатов с асинхронным двигателем.

Проведенные испытания электронасосного агрегата СПА 4-8-100 нро с синхронным двигателем подтвердили снижение типоразмерного ряда по напору и подаче эксплуатируемых электронасосных агрегатов. Данный агрегат перекрывает рабочую область 42 агрегатов различных типоразмеров и модификаций с асинхронным приводом, представленных на рис. 2.

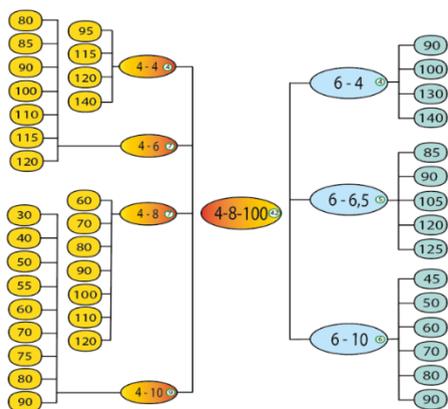


Рис. 2. Схема замены электронасосных агрегатов с асинхронным приводом на один агрегат с синхронным приводом

Это даёт колоссальное преимущество водоснабжающим организациям в плане снижения резервного складского запаса по насосам и снижения отвлечения денежных средств на эти цели.

Кроме того, частотное регулирование электронасосного агрегата с синхронным приводом позволяет исключить частые пуски агрегата, свойственные системам с малоёмкостными баками. Мягкий пуск электронасосного агрегата и регулируемое время ускорения и замедления исключают гидроудары в магистрали и захват песка из скважины. Регулирование скорости вращения рабочего колеса насоса позволяет обеспечивать поддержание заданного давления при изменении расхода даже в прямоточных системах водоснабжения. При этом исключается необходимость применения регулирующей задвижки и, следовательно, избыточных энергетических затрат на дросселирование.

В конечном итоге, результаты исследований эффективности в процессе подконтрольной эксплуатации и внедрения насосных агрегатов с синхронным приводом для подъема воды из артезианских скважин в системах питьевого водоснабжения Республики Беларусь показали, что управление и регулирование частоты электронасосных агрегатов с синхронным приводом и преобразователем частотным в сравнении с асинхронным приводом позволяет получать [4, с. 109]:

- высокий КПД и экономию энергии в зависимости от реального водопотребления;
- сокращение удельных затрат и снижение себестоимости подачи питьевой воды из водозаборных скважин;
- срок окупаемости инвестиций, вложенных в замену агрегатов электронасосных с асинхронными электродвигателями на высокоэффективные системы подачи воды, окупятся в течение полутора – двух лет;
- снижения около 10 % удельного расхода электроэнергии на выполнение технологического процесса подъема воды из водозаборных скважин;
- повышение долговечности водоподъемного и водопроводного оборудования за счет стабилизации давления и исключения гидравлических ударов.

Принимая во внимание все конструктивные особенности синхронного привода, требования к непрерывности выполнения им технологического процесса, насосные агрегаты с синхронным приводом следует рекомендовать к применению:

- для всех систем водоснабжения с частотно-регулируемым управлением насосными агрегатами без применения водонапорной башни, где подача воды обеспечивается изменением скорости рабочего колеса насоса в зависимости от реального водопотребления, т.е. электроэнергия фактически затрачивается для обеспечения напора и подачи воды. Такое снижение

частоты вращения насосов, при неизменных параметрах сети приводит к снижению на 5–40 % энергопотребления системы;

– для комбинированных систем водоснабжения, используя постоянный запас воды в водонапорной башне при возникновении пиковых нагрузок в системе водоснабжения. Использование дополнительных резервуаров для работы во время пиковых нагрузок снижает на 10–20 % энергопотребления системы;

– для систем подъема воды из водозаборных скважин на водозаборе в составе группы параллельно работающих агрегатов. Регулирование путем изменения количества параллельно работающих насосов дает снижение на 10–30 % энергопотребления системы.

В конечном итоге применение в рассмотренных технологиях водоснабжения агрегата с синхронным приводом кроме экономии электроэнергии однозначно позволяет [4, с. 111] снизить капитальные затраты на сооружение системы водоснабжения и повысить долговечность водоподъемного и водопроводного оборудования за счет стабилизации давления и исключения гидравлических ударов.

### Литература

1. Водные ресурсы в Республике Беларусь 2023. Национальное агентство инвестиций и приватизации Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://docviewer.yandex.by/view>. – Дата доступа: 12.03.2024.

2. Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 января 2021 г. № 50) [Электронный ресурс] / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/>. – Дата доступа: 12.03.2024.

3. Опыт разработки и эксплуатации автоматизированных безнапорных станций обезжелезивания серии «Кристалл-Б» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://polymercon.com/press-centr/publications/117>. – Дата доступа: 15.03.2024.

4. Козорез, А. С. Скважинные электронасосные агрегаты с синхронными электродвигателями на постоянных магнитах / А. С. Козорез, В. О. Китиков, Ю. А. Башко. – Минск: Беларус. наука, 2023. – 163 с.