

«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



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.

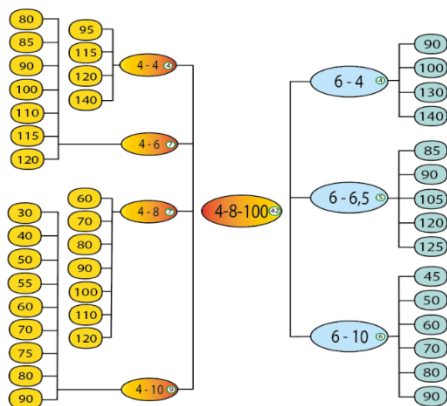


Рис. 2. Схема замены электронасосных агрегатов с асинхронным приводом на один агрегат с синхронным приводом

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.