

ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ПРИВОД. К ВОПРОСУ УСТАНОВКИ НА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ НАСОСОВ ХОЛОДНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЦТП.

В. Б. Воздвиженский, Н. И. Кошелев, предприятие № 11 «Теплоэнергоремонт» филиала № 2 Мостеплоэнерго ОАО «МОЭК»

В настоящее время принимаются целевые программы по серийной установке частотно-регулируемых приводов (**ЧРП**) на электродвигателях насосов холодного водоснабжения **ЦТП**. Их установка является оправданной: на эти насосы приходится значительная часть потребляемой на **ЦТП** энергии; производительность насосов меняется в широком диапазоне; давление на всасывающем трубопроводе носит переменный характер.

Установка **ЧРП** начинается с анализа состояния насосного оборудования и проверки его характеристик на соответствие с расчетными. Расчетные значения параметров насосов определяются в соответствии со СНиП 2.04.01-85. При расчете производительности и напора насосов принимаются во внимание следующие факторы:

- число жителей;
- количество квартир;
- расчетная нагрузка **ГВС** нежилого фонда;
- этажность зданий;
- потери в бойлерной установке для циркуляционных схем **ГВС**;
- потери давления в сетях;
- гарантированный напор на вводе городского водопровода.

Установка **ЧРП** на устаревшем и выработавшем свой ресурс оборудовании не является целесообразной, т. к. приводит к завышению эксплуатационных затрат.

Выбор схемы включения и количества насосов производится на основании измеренной при обследовании по показаниям счетчиков холодной и горячей воды текущего и среднесуточного расхода; анализа характера потребления воды в течение суток; реального значения давления в водопроводной сети и с учетом установленной мощности электродвигателей на **ЦТП**. Ниже приводятся наиболее характерные схемы установки **ЧРП** на электродвигателях насосов **ХВС**.

Параллельная схема с двумя насосами (1 рабочий, 1 резервный) вполне применима для районов со сложившейся застройкой, где потребление воды носит стабильный характер без значительных пиковых расходов (рис. 1). От частотно-регулируемого привода может работать любой из насосов по выбору. Применение третьего резервного насоса оправдано для **ЦТП** с большим количеством жителей (более 2500).

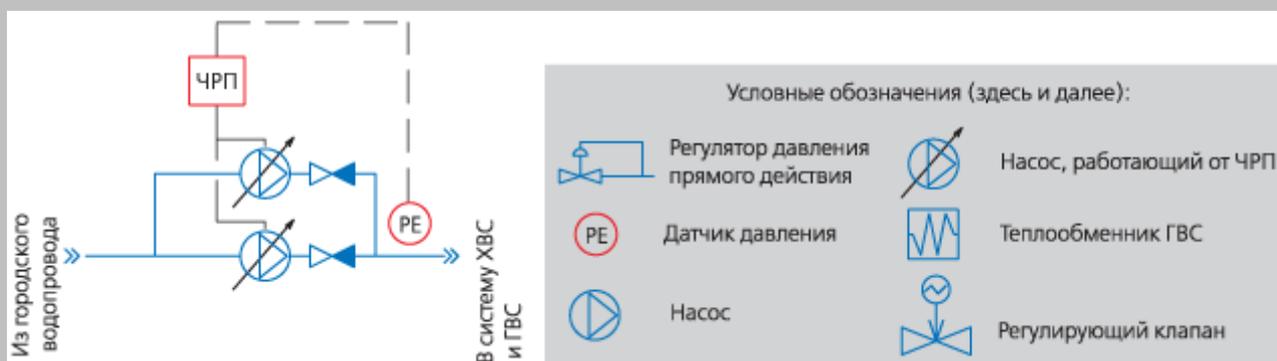


Рисунок 1 Параллельная схема с двумя насосами

Параллельная схема с тремя насосами (1 рабочий, 1 дополнительный, 1 резервный) применима в районах (например, «спальных»), для которых характерно низкое значение дневного расхода воды и ярко выражено пиковое значение (рис. 2). От **ЧРП** может работать любой из насосов, один из которых является дополнительным и подключается в часы максимального разбора. Включение и выключение дополнительного насоса в прямом режиме производится в соответствии со специальными алгоритмами с учетом динамики изменения давления, выходной частоты, токовых нагрузок электродвигателей. Для реализации алгоритмов применяются как многофункциональные контроллеры, так и **ЧРП** с дополнительными электронными платами, которые расширяют возможности их использования применительно к схемам с тремя и более насосами. Дополнительные функции включают в себя:

- периодическую смену основного/резервного насоса;
- контроль за давлением на городском вводе (отсутствие сухого хода);
- контроль за работой насоса по датчику перепада давления;
- включение резервного насоса при остановке основного при работе от **ЧРП**.

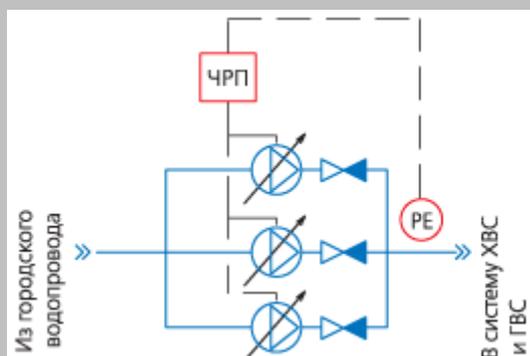


Рисунок 2

Последовательная схема с тремя или четырьмя насосами (рис. 3, 4) применима к **ЦТП** с большим значением максимального расхода воды (более $120 \text{ м}^3/\text{ч}$) и на тех **ЦТП**, где величина установленной мощности ограничена кабельными сетями Мосэнерго, т. к. позволяет снизить суммарную установленную мощность электродвигателей и, соответственно, **ЧРП**. Последовательная схема может быть использована на объектах, где реальное городское давление превышает $4,5 \text{ кгс/см}^2$ при гарантированном (минимальном) напоре $1,0 \text{ кгс/см}^2$, а абонентами являются многоэтажные дома 16 и более этажей. Применение параллельной схемы для таких **ЦТП** требует защиты кожухотрубчатых подогревателей **ГВС** и сетей от высокого давления (более 10 кгс/см^2) при пуске электродвигателя в прямом режиме без **ЧРП**. В схеме с четырьмя насосами (рис. 4) предусматривается работа от **ЧРП** двух насосов (1 рабочий, 1 резервный), и два насоса (1 рабочий, 1 резервный) работают в прямом режиме. Данная схема позволяет

уменьшить количество пусковой аппаратуры и упростить алгоритмы управления по сравнению со схемой, когда от **ЧРП** могут работать три (рис. 3) и более насосов.

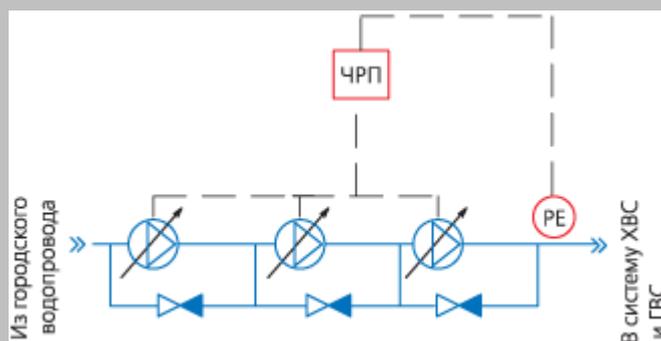


Рисунок 3

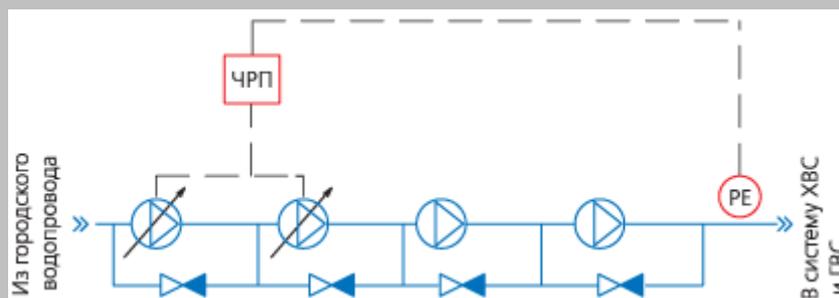


Рисунок 4

Одним из способов защиты подогревателей и сетей от высокого давления (более 10 кгс/см^2) является установка регулирующего клапана (рис. 5), который используется для регулирования давления при проведении пусконаладочных работ, пуске насосов в прямом режиме и остается в открытом положении при задействовании **ЧРП**.

Для выравнивания давления в системах **ГВС** и **ХВС** применяются регуляторы давления прямого действия (рис. 6, 7) или регулирующие клапаны.

В целом, параллельная схема включения является более простой для монтажа и управления и приводит к снижению количества постоянно работающего оборудования.

Перечисленные выше способы включения насосов применимы как для циркуляционных, так и для повысительных схем **ГВС**. Для повысительной схемы (рис. 7) задание давления производится по датчику, расположенному на трубопроводе подачи холодной воды на дома, для циркуляционной схемы (рис. 6) – по датчику, установленному на обратном (подающем) трубопроводе **ГВС**. Для циркуляционной схемы следует предусматривать возможность переключения задания давления на датчик, установленный в системе **ХВС** на период отключения горячей воды. Наиболее целесообразной является установка датчика давления у последнего прибора (точки водоразбора), например, на верхнем этаже наиболее удаленного многоквартирного дома, что позволяет поддерживать стабильным давление при неравномерности потребления воды в течение суток. Однако реализация такого решения технически сравнительно сложна при отсутствии необходимых кабельных проводок.

При установке **ЧРП** с заменой насосного оборудования и, соответственно, трубопроводов обвязки необходимо применять пружинные обратные клапаны с плавным открытием. На байпасе насосов обратные клапаны следует дополнять запорной арматурой для контроля их надежной работы. Использование шаровых кранов для обвязки насосов холодного водоснабжения не целесообразно по требованию

фирм-производителей из-за высокого содержания кислорода в воде. Наиболее оправданным является применение поворотных затворов с воротниковыми фланцами или задвижками с прорезиненным клином.

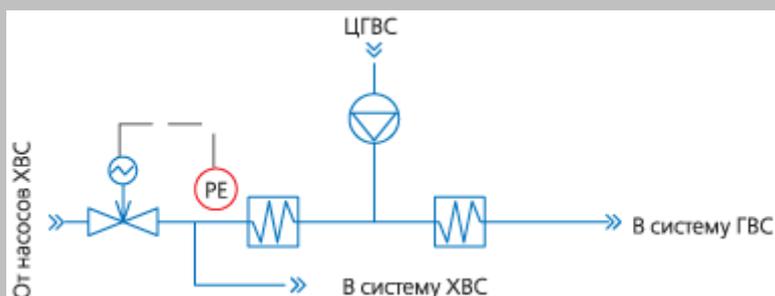


Рисунок 5

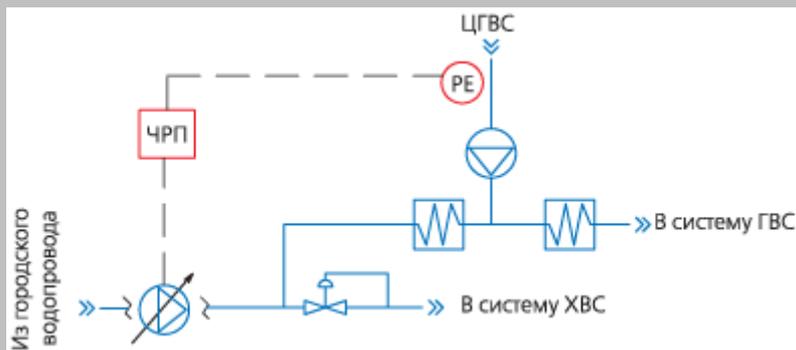


Рисунок 6

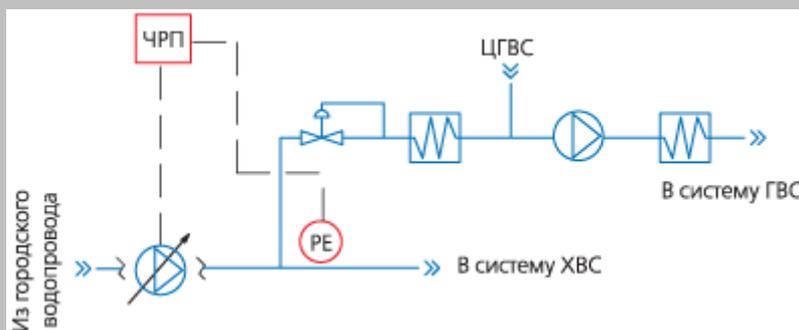


Рисунок 7

При выборе насосов возникают следующие трудности с подбором насосов российского производства серии **КМ** (консольные моноблочные):

а) в номенклатуре насосов отсутствуют насосы с рабочими параметрами 25 м³/ч и 50 м вод. ст., 75 м³/ч и 50 м вод. ст. и др.;

б) насосы серии **КМ** имеют более пологую Н-*Q* характеристику по сравнению с импортными. Увеличение крутизны данной характеристики способствовало бы заметному снижению оборотов насоса при работе с **ЧРП** в области небольшой производительности;

в) по мнению эксплуатационников, в настоящее время насосы серии **КМ** нередко отличаются относительно невысоким качеством торцевых уплотнений в условиях недостаточно развитого ремонтного сервиса. При заказе насосов целесообразно включать в поставку комплект торцевых уплотнений.

Указанных недостатков лишены более дорогие насосы серии **КМЛ** (консольные моноблочные линейные), производимые ЗАО «Помпа», и насосы типа **АЦМЛ**, выпускаемые фирмой «Линас».

Оценку экономического эффекта (срока окупаемости) от внедрения **ЧРП** следует производить по формуле:

$$T_{\text{ок}} = K / (П_{\text{Г}} + И_{\text{А}}),$$

где **К** – объем капитальных затрат;

П_Г – годовая прибыль от внедрения **ЧРП**;

И_А – амортизационные отчисления на реновацию.

При расчете срока окупаемости необходимо учитывать две составляющие годовой прибыли – экономию электроэнергии при снижении количества оборотов электродвигателя (развиваемый насосом напор соответствует расчетному) и экономию воды из-за отсутствия избытков напора по сравнению со значением уставки, причем доля годовой прибыли от экономии воды превышает долю от экономии электроэнергии, как правило, в 3-5 раз.

Необходимо учитывать также потери электроэнергии в самом преобразователе частоты, которые достигают 4-7 % от передаваемой мощности. При расчете экономии воды можно пользоваться имеющимися экспериментальными данными, в соответствии с которыми снижение утечек воды на 5% происходит от уменьшения напора на каждые 10 м вод. ст. Дополнительным эффектом от установки **ЧРП** является продление ресурса насосных агрегатов (ориентировочно на 10-20 % при снижении частоты вращения на каждые 500 об/мин).

Наряду со сроком окупаемости, для оценки эффекта установки **ЧРП** и инвестиций рассчитывается чистый дисконтированный доход (**ЧДД**) и значение внутренней нормы доходности (**Е_{ВН}**), который сравнивается со ставкой дисконтирования. Более подробно методика расчета **ЧДД** и **Е_{ВН}** содержится в Рекомендациях по расчету экономической эффективности применения частотно-регулируемого привода на **ЦТП**, разработанных кафедрой АСУ ТП МЭИ.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- установка **ЧРП** на насосах **ХВС** требует комплексного подхода к замене насосов, арматуры, выбору схемы включения и способу размещения датчиков давления;
- существует необходимость в постановке требований перед заводами-производителями насосного оборудования серии **КМ** к повышению надежности и увеличению номенклатуры;
- при оценке срока окупаемости от внедрения **ЧРП**, наряду с экономией электроэнергии, необходимо учитывать снижение расхода воды при уменьшении напора. Такой подход еще раз показывает необходимость оплаты за пользование энергоресурсами потребителями одному юридическому лицу, в то время как в настоящее время учет воды заняты службы Мосводоканала, учет расхода электроэнергии на **ЦТП** – поставщики тепловой энергии.

КОММЕНТАРИИ К СТАТЬЕ

В. И. Ливчак, начальник отдела энергоэффективности строительства Мосгосэкспертизы, вице-президент НП «АВОК»

Поддерживая актуальность поднятой в статье темы, считаю необходимым высказать следующие соображения.

Очень важно правильно выбрать место установки датчика давления, по сигналу которого осуществляется изменение числа оборотов двигателя насоса управляемого частотно-регулируемым приводом. При установке датчика сразу после насосов (рис. 1-4) выполняется функция поддержания постоянного заданного давления в течение всего времени работы насосов. Уровень его выбирается в условиях пикового водоразбора при максимальных потерях давления в разводящих сетях водопровода, чтобы обеспечить расчетное давление на изливе водоразборного крана, расположенного на верхнем этаже.

Но при меньшем уровне водоразбора потери давления в водоразборных сетях сократятся (а они уменьшаются в квадратичной зависимости от степени снижения водоразбора), и поддерживаемое **ЧРП** давление будет избыточно даже для самого последнего водоразборного крана, что приведет к увеличению потерь воды. Поэтому правильно говорится в статье, что оптимальным было бы поддержание постоянного давления воды перед наиболее удаленным водоразборным краном, но реализация такого решения сопряжена с дополнительными кабельными проводками.

В книге «Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения» (М., Стройиздат, 1988) показано, что аналогом изменения потерь давления от уровня водозабора могут служить водонагреватели 1-ой ступени горячего водоснабжения. Поддерживая постоянным давление воды после этого водонагревателя, мы обеспечиваем оптимальный уровень давлений перед водоразборными приборами независимо от изменения уровня водоразбора. Поэтому на рис. 6, 7 целесообразней датчик давления, управляющий **ЧРП**, перенести после 1-ой ступени водонагревателя.

В этом случае можно отказаться от регулятора давления прямого действия для выравнивания давлений в системах **ХВС** и **ГВС**, особенно если будет принята повысительная схема установки циркуляционных насосов, т. к. в ней напор этих насосов подбирается на преодоление сопротивления в обеих ступенях водонагревателей и соответственно уровень давлений в системах **ХВС** и **ГВС** будет одинаковым. Вызывает сомнение и установка регулятора давления в схеме рис. 5 на период пусконаладочных работ, а в остальное время при задействовании **ЧРП** он не нужен.

Не уделено внимание в статье вопросу отключения дополнительного насоса. Понятно, что включаться он будет при снижении давления в месте установки датчика ниже заданного, а выключаться? В той же книге, когда не было частотно-регулируемых приводов, а регулирование давления осуществлялось регулирующим клапаном, установленным за группой подкачивающих насосов, предлагалось при последовательной схеме их установки замерять перепад давлений после клапана и дополнительным насосом. При снижении этого перепада давлений ниже нуля, т. е. когда потери давления в клапане превышали напор, создаваемый насосом, насос выключается. А как происходит выключение дополнительного насоса с **ЧРП**?