

Рисунок 2

Таким образом, расчет параметров ПИ-регуляторов в многоконтурной системе должен начинаться от внешнего контура и основываться на технологических требованиях.

Следующим шагом является формулирование требований к электроприводу, в том числе по динамическим показателям и точности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фираго, Б. И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б. И. Фираго, Л.Б. Павлячик. - Мн. : Техноперспектива. 2006. - 363 с.
2. Опейко, О.Ф. Подчиненное управление объектом с параметрической неопределенностью / Системный анализ и прикладная информатика, №3, 2015. – с.21-24.
3. Jury, E.I. Inners and Stability of Dynamic Systems. /A Wiley-Interscience Publications, John Wiley & Sons. New York-London-Sydney-Toronto, 1974.

Ошейчик Н.И., Матвейчук Н.М. к. ф.-м. н.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ВОДЫ ДВУМЯ НАСОСАМИ С ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ

Ключевые слова: насосная станция, насосный агрегат, регулирование, преобразователь частоты, двигатель.

Аннотация: В работе приведено обоснование применения преобразователя частоты при работе насосных станций и рассмотрен способ регулирования подачи воды путем каскадного включения двух насосных агрегатов с переключаемым между ними преобразователем частоты в зависимости от уровня воды в приемнике.

Введение. Насосные станции обычно работают в режимах, которые отличаются от режимов, первоначально заложенных в проект. Насосные агрегаты установлены с учётом максимального расхода, который возникает как при пиковых значениях потребления воды в утренние и вечерние часы, так и в экстремальной ситуации (например, пожар).

Если регулирование производительности насосных агрегатов не производится, при минимальном расходе в напорном трубопроводе возникает избыточное давление. Это вызывает:

- непроизводительные потери электроэнергии на создание избыточного давления;
- потери воды за счет избыточного расхода, утечек на негерметичных стыках;
- большие затраты на ремонт и замену электродвигателей, насосов и контактной аппаратуры в связи с необходимостью прямых пусков;
- затраты на устранение аварий трубопроводов в связи с избыточными напорами и гидроударами;
- низкое качество водоснабжения, которое выражается в неравномерном давлении и высокой вероятности отсутствия воды;
- избыточный расход воды населением за счет создания запаса на случай отключения подачи воды.

Эффективность насосного агрегата в рабочем диапазоне в основном определяется способом регулирования и характеристиками системы. При этом требуется, чтобы в рабочей точке достигался максимальный КПД агрегата. Если изменяется, например, расход или давление, тогда необходимо скорректировать механическую характеристику насоса или характеристики системы в целом. Рассмотрим с энергетической точки зрения те методы регулирования, которые чаще всего встречаются на практике.

Способы регулирования подачи воды:

1. Регулирование потока с помощью вихревых клапанов. Данные клапаны изменяют параметры потока жидкости на всасывающей стороне насосов. Благодаря результирующему изменению характеристики аппарата устанавливаются новые рабочие точки на характеристике системы (меньшие значения напора H и расхода Q). Однако при этом происходит снижение КПД установки.

2. Центробежные насосы регулируются изменением степени открытия задвижки (затвора) на напорной линии или изменением частоты вращения рабочих колёс. Этот способ регулирования, именуемый дросселированием, считается неэкономичным, так как на преодоление дополнительного гидравлического сопротивления в затворе требуются дополнительные затраты энергии.

3. Регулирование байпасом. С помощью байпаса отводится часть потока и возвращается на всасывающую сторону насоса. Этот способ регулирования подходит исключительно для осевых насосов и вентиляторов с повышающим количеством транспортируемой жидкости или воздуха.

4. Регулирование путем включения/ выключения (прерывистое регулирование). При таком регулировании изменение расхода обеспечивается коммутацией в гидросистему различного количества насосов. Недостатком такого регулирования является именно его прерывистость. Качество такого регулирования нельзя назвать удовлетворительным за счет его слишком грубой дискретности, а это потери энергии и перекачиваемой жидкости.

5. Регулирование путем изменения числа оборотов вала электропривода. Данное регулирование обеспечивает требуемую величину напора в системе без какого-либо снижения КПД электропривода. Это единственный способ, обеспечивающий минимально необходимый расход при оптимальном КПД привода.

Регулирование путем изменения числа оборотов вала электропривода. У преобразователей частоты есть два свойства, которые определяют преимущества их использования: возможность регулирования в широких пределах скорости двигателя и снижение пускового тока практически до номинального.

Применение регулируемого электропривода позволяет получить экономию энергии от 35 до 65%. Одновременно экономится вода до 15%. Сбережение энергии происходит путем устранения непро-

изводительных затрат в заслонах, дросселях и других регулирующих устройствах. При замене нерегулируемого привода, работающего в режиме периодических пусков/остановов, на регулируемый, исключаются потери на высокие пусковые токи за счет плавного пуска электродвигателя. Обороты электродвигателя могут плавно изменяться для обеспечения поддержания производительности насосного агрегата, требуемой в данный момент.

Использование регулируемого электропривода в системах водоснабжения позволяет изменять производительность насосов в соответствии с графиком водоразбора, что в свою очередь позволяет получить значительную экономию электроэнергии и воды, уменьшить количество аварий из-за разрывов трубопровода.

Применение в насосных агрегатах частотно-регулируемого электропривода даёт возможность использовать крупные насосные агрегаты в режиме малых подач и, следовательно, уменьшить их общее количество.

Сейчас широко распространен упрощенный способ каскадно-частотного регулирования, при котором преобразователь частоты управляет только одним насосом, а остальным по мере необходимости подает команды на пуск и останов. При пуске дополнительных насосов, их электродвигатели подключаются напрямую к сети.

Достоинствами такого способа являются – простота и надежность, а также минимальное количество оборудования для создания автоматизированной насосной станции.

Вместе с тем данному способу присущи весьма серьезные недостатки, такие как:

- появление гидроударов при пуске/останове дополнительных насосов;
- появление в электросети бросков напряжения, связанных с переходными процессами при пуске двигателей;
- невозможность поддержания точного давления в системе, флуктуации давления при включении или выключении дополнительных насосов.

Конечно, влияние описанных недостатков можно снизить. Во избежание гидроударов и бросков напряжения, можно применять устройства плавного пуска, однако это экономически целесообразно лишь при относительно больших мощностях двигателей. Качество регулирования давления также можно улучшить за счет усложнения алгоритма управления, реализуемого вычислителем данной системы. Однако все эти мероприятия связаны с дополни-

тельными финансовыми затратами, что приводит к потере привлекательности самой идеи.

Данных недостатков лишен такой способ управления, когда при невозможности обеспечить требуемую в данный момент производительность насосной станции одним насосом, в работу включается следующий, при этом первый насосный двигатель переключается напрямую на сеть, а вступающий в работу – выводится на рабочую частоту под управлением преобразователя частоты, по заданной пользователем кривой разгона.

Сказанное иллюстрируется упрощенным рисунком (рис. 1), на котором показаны – преобразователь частоты, устанавливаемая в него (при необходимости) дополнительная плата релейных выходов, и два двигателя, каждый из которых может в любой момент времени быть переключен на работу как от питающей сети, так и от частотного преобразователя.

Кроме того, использование в данной схеме специализированного преобразователя частоты, реализующий дополнительные сервисные функции – защиты, регулирование подачи по графику или по заданному расходу, позволяет существенно снизить затраты на модернизацию существующих насосных станций, а также упрощает и удешевляет сервисное обслуживание уже работающей насосной станции.

Также возможен способ управления, при котором все насосы снабжены своим собственным преобразователем частоты – это обеспечивает абсолютное отсутствие указанных выше недостатков, но требует существенных материальных затрат.

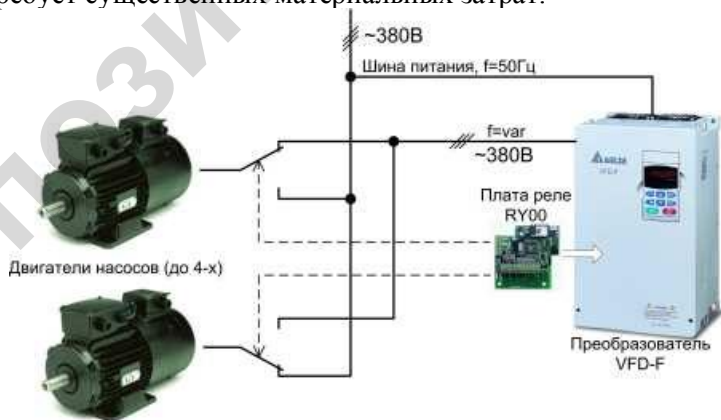


Рисунок 1 – Управление с помощью двух двигателей

Автоматизация насосной станции. Для исключения пуска насосного оборудования без воды, насосные комплексы оснащаются баками-накопителями и вакуум-насосами, которые заполняются жидкостью до пуска агрегатов. Возможен и вариант, когда насосное оборудование устанавливается ниже уреза воды, а всасывающая труба – выше агрегата.

Запуск насоса происходит при закрытой задвижке. При этом сопротивление жидкости незначительно. Когда механизм выходит в рабочий диапазон, задвижка открывается и обеспечивает необходимый уровень подачи воды. Отключение насоса влечет за собой закрытие задвижки.

В работе рассмотрим вариант насосного комплекса из двух агрегатов, регулировка которого осуществляется в зависимости от уровня воды в приемнике, а запуск агрегата происходит после его заполнения водой. Работа комплекса может осуществляться в ручном варианте при помощи управляющих кнопок. В автоматическом варианте активация системы происходит при понижении уровня жидкости в приемнике до минимального уровня. Электромагнитный клапан заливной линии срабатывает, и агрегат заполняется водой. После этого запускается электродвигатель, создающий давление в напорном патрубке. Благодаря созданному давлению открываются задвижки напорного трубопровода, приводимые в движение другим электродвигателем. Как только задвижки открыты, двигатель останавливается.

Основной агрегат продолжает работать и прогонять жидкость по системе. При малых расходах уровень поддерживает один насос, управляемый преобразователем частоты. Частотный преобразователь в зависимости от ошибки между заданным и реальным давлением в трубопроводе изменяет скорость вращения основного насоса в соответствии с ПИД-законом регулирования, тем самым косвенно влияя на давление в напорном трубопроводе. Если этого недостаточно, в поддержку основному насосу подключается дополнительный насос. При этом происходит переключение преобразователя частоты на электропривод второго насоса, в то время как двигатель первого насоса включается напрямую в сеть. При падении расхода дополнительный насос отключается от сети и в контуре регулирования остается только основной насос, управляемый от частотного преобразователя.

Они работают до момента достижения верхнего предела уровня и отключаются. Далее запускается двигатель, закрывающий задвижку напорного трубопровода. Как только задвижка вернулась в исходное состояние, переключатели занимают первоначальное положение. Система готова к запуску при следующем снижении уровня жидкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лезнов Б. С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. — М.: Машиностроение, 2013. — 176с.
2. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск: БГАТУ, 2007. — 592 с.
3. Якубовская, Е.С. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пособие / Е.С. Якубовская, С.Н. Фурсенко. — Минск: ИВЦ Минфина, 2016. — 312 с.
4. <http://www.rts.ua/rus/articles/619/0/42/>
5. http://www.privod.ru/products/pumps/pump_polezn4.htm

Павловский В.А.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Ключевые слова: Автоматизация, животноводство, нагрузка, асинхронные электродвигатели, вентиляторы, преобразователь частоты, энергосбережение

Аннотация. Загрузка до номинальных режимов работы электродвигателей приводов давно известный приём для сокращения потребления электроэнергии. Оказывается, этот приём актуален и в эпоху активного использования частотно-регулируемого электропривода. Рассматриваемый метод позволяет сократить потребление электроэнергии, капитальные вложения, при качественном выполнении технологического процесса.