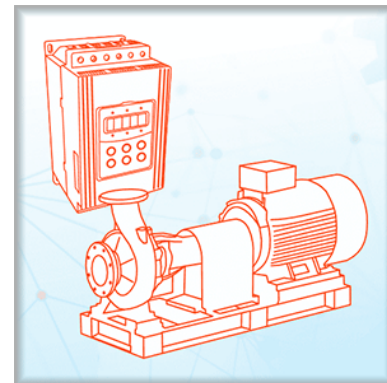


Для чего необходимо частотное регулирование насосов

Если нет частотного управления, то остается прямой пуск, где есть только состояния «включен» и «выключен». Для поддержания параметров системы, таких как давление или температура жидкости, этого недостаточно. Возможны гидравлические удары из-за резкого нарастания давления. Это ведет к последующему разрушению оборудования в системе водоснабжения. Главным недостатком такого управления будет постоянное использование полной мощности насоса, при условии, что системе большую часть времени эксплуатации требуется только часть возможностей последнего. Это приводит к более быстрому износу оборудования и перерасходу электроэнергии.



Связь расхода, напора и мощности в системах с ПЧ

Основные параметры системы, в которой работает насос – расход Q и напор H . Расход – это объем жидкости, которую насос перекачивает за единицу времени. Измеряется в кубических метрах в час ($\text{м}^3/\text{ч}$). Он пропорционален скорости вращения вала насоса, ведь чем быстрее вращается крыльчатка, тем больше жидкости проходит по трубе, и расход становится выше:

$$Q_1/Q_2 = n_1/n_2 = f_1/f_2,$$

где f – частота тока статора, а n – скорость вращения крыльчатки.

Напор (H) – это способность насоса «продавить» жидкость через систему труб, арматуры, фильтров и поднять ее на определенную высоту. Он измеряется в метрах (м) столба перекачиваемой жидкости и напрямую связан с давлением (P). Поскольку напор создается центробежной силой вращения крыльчатки, а она прямо пропорциональна квадрату скорости, то:

$$H_1/H_2 = f_1^2 / f_2^2$$

Еще один важный параметр насоса – его мощность. Она прямо пропорциональна расходу и напору, поэтому $P \sim Q \cdot H$, следовательно:

$$P_1/P_2 = f_1^3 / f_2^3$$

Преобразователь частоты работает с помощью закона частотного управления – это изменение частоты и напряжения с сохранением отношения между ними:

$$U/f$$

Из уравнений получается, что снижение скорости на 10% ведет к сокращению потребления электроэнергии на 30%.



Каскадное управление

Порой вместо одного большого двигателя можно поставить несколько (два или больше) с меньшими мощностью и размерами. Это позволяет реализовать каскадное управление. Сначала [преобразователь частоты](#) разгоняет до номинальных характеристик первый [двигатель](#). Последний с помощью системы контакторов переключается на питание от сети. ПЧ переходит к разгону второго двигателя.

Преимущества каскадного управления:

- пусковые токи и нагрев становятся меньше, а значит, снижается износ оборудования;
- при необходимости замены одного из этих двигателей появляется возможность временно продолжить работу хотя бы на половине от максимальной мощности насосной системы, таким образом, исключаются простои;
- постепенное обновление системы с несколькими небольшими моторами более экономичное по сравнению с приобретением одного большого двигателя;
- возможность попеременного включения насосов: при каждом запуске меняется двигатель, начинающий работать первым. Это продлевает срок службы каждого из моторов;
- двигатель меньших размеров более маневренный и быстрее реагирует на изменение нагрузки.

Роль ПИД-регулятора преобразователя частоты

Сферы применения насосов различны, и для эффективной работы оборудования в каждой из них необходим контроль ключевых параметров системы.

Наиболее распространенным является давление. Если насос участвует в циркуляции теплоносителя, также важно контролировать и поддерживать температуру жидкости. Кроме того, важными могут быть уровень воды в резервуаре и ее расход. Для всех этих целей используется ПИД-регулятор в преобразователе частоты. Он принимает сигнал с датчика, отвечающего за определенный параметр и сравнивает его с требуемым (значением). В зависимости от коэффициентов меняет выходной сигнал, в нашем случае – это частота, которая влияет на скорость насоса.

ПИД-регулятор состоит из 3 составляющих:

- **пропорциональной.** Реагирует на текущую ошибку линейно. Чем больше коэффициент, тем сильнее реакция. Соответственно, при большем отклонении – более сильное воздействие. Однако использование только этой составляющей ведет к эффекту статической ошибки, при которой регулируемый параметр будет чуть ниже заданного;
- **интегральной.** Суммирует статическую ошибку во времени чтобы добиться точного соответствия заданного значения, но при этом скорость реагирования замедляется, и возможны колебания в скорости;
- **дифференциальной.** Реагирует на скорость изменения статической ошибки, то есть позволяет более плавно реагировать на резкие изменения контролируемого параметра и заранее увеличивать ответную реакцию на них.



Ключевая задача настройки коэффициентов ПИД-регулятора – достижение баланса между всеми составляющими таким образом, чтобы реакция была не слишком стремительной (что может вызвать дальнейшие колебания), но и не слишком медленной. В то же время технические задания бывают разными, и может потребоваться медленное реагирование или высокое быстродействие.

Последствия отсутствия контроля за параметрами системы с помощью ПЧ

Без ПИД-регулятора может произойти ситуация, когда насос вращается без жидкости или с критическим малым ее количеством – это «сухой ход». Он опасен тем, что вращение происходит без охлаждения. Нагревание и трение могут вызвать поломки.

Возможно обратное вращение насоса. Оно может произойти из-за обратного потока жидкости, неконтролируемого пуска двигателя или неправильного подключения. Особенно важно избегать обратного вращения в системах отопления, на линиях высокого давления и с содержанием агрессивных жидкостей.

Существуют системы, в которых недопустимо нахождение воздуха, это приводит, например, к падению давления.

Защитить насос можно механически (с помощью обратного клапана) или электронно – через преобразователь частоты.

Памятка по подбору частотного преобразователя

Преобразователь частоты выбирается исходя из следующих условий:

- его входное напряжение должно соответствовать параметрам питающей сети;
- мощность ПЧ не должна быть меньше, чем у двигателя, а лучше иметь запас в 10-15%;
- выходной ток должен быть также равен параметрам двигателя или быть выше. Весомая проблема подбора частотного преобразователя – ситуация, когда он уступает двигателю по току, при этом мощности у них равные. Формально здесь соблюдено условие, когда мощность мотора не превышает характеристик ПЧ. Однако ток является приоритетным параметром подбора. Поскольку он ниже, рассматриваемая модель не подойдет. Придется выбрать устройство с более высокими параметрами, даже если это означает, что больше будут и его мощность, а, следовательно, и стоимость;
- перегрузочная способность – это возможность поддерживать ток на выходе выше номинального в течение некоторого времени. Для насосов достаточно 120% на протяжении 60 секунд;
- функциональные возможности. Важно определить, достаточно ли дискретных и аналоговых входов/выходов для управления процессом и индикации его состояния. Кроме того, нужно знать требуемое количество релейных выходных сигналов для реализации каскадного управления;
- поддержка цифровых протоколов для возможной интеграции в АСУ ТП, контроля и отслеживания параметрами преобразователя частоты;
- преобразователь частоты должен соответствовать условиям эксплуатации: иметь соответствующую степень защиты корпуса и подходить по материалам.



Подводим итоги: почему с ПЧ управление насосами эффективнее

[Преобразователи частоты для управления насосами](#) играют ключевую роль в обеспечении эффективной и экономичной работы насосных установок. Они позволяют значительно снизить энергозатраты, увеличить срок службы оборудования и улучшить точность регулирования. Это происходит благодаря возможности перехода на каскадное управление моторами и наличия в преобразователе ПИД-регулятора, способного влиять на скорость вращения насосов с учетом изменений параметров в технологических процессах. Правильная настройка ПЧ является залогом успешной эксплуатации насосных систем в различных отраслях, от водоснабжения до химической промышленности.

