

Тема 9. РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

1. Способы регулирования работы насосных установок
2. Регулирование насосных установок при работе насосов с постоянной частотой вращения
3. Регулирование насосных установок при работе насосов с переменной частотой вращения
4. Особенности регулирования электропривода
5. Частотно-регулируемый электропривод
6. Станции группового управления регулируемым электроприводом

1. СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

При правильном выборе насоса рабочая точка на совмещенном графике водопроводной системы будет расположена в зоне максимального КПД. На рис. 3.3 приведены характеристики насоса и водопроводной сети.

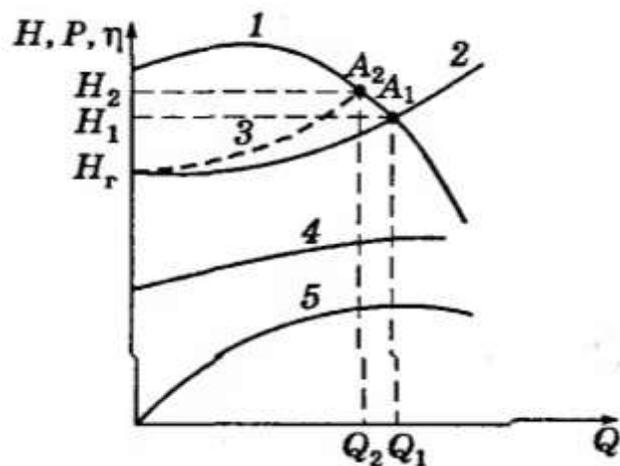


Рис. 3.3. Характеристики насоса и водопроводной сети:
1 — характеристика насоса $Q-H$; 2 — характеристика трубопроводной сети при полностью открытой задвижке; 3 — при частично закрытой задвижке; 4 — зависимость мощности P насоса от подачи; 5 — кривая КПД насоса

Кривая 2 представляет собой характеристику трубопроводной сети. Точка ее пересечения с осью ординат соответствует напору H_r , необходимому для подъема воды на геодезический уровень (расстояние по вертикали от динамического уровня погружного насоса до соединения напорного трубопровода с распределительным).

Зависимость 5 показывает изменение потребляемой мощности насосного агрегата при увеличении подачи.

В связи с тем что рабочая точка системы определяется характеристиками как насоса, так и сети, регулировать подачу можно за счет изменения параметров сети или насоса. Существуют также комбинированные способы регулирования, при которых изменения характеристик сети и насоса происходят взаимосвязанно и одновременно.

Регулирование режимов работы насосных установок может осуществляться:

- изменением количества работающих агрегатов,
- изменением гидравлической схемы насосной установки,
- дросселированием напорных линий,
- изменением частоты вращения рабочих колёс всех или отдельных насосов,
- сбросом части воды из напорных коммуникаций во всасывающие.

Зачастую регулирование режимов работы насосных установок осуществляется сочетанием упомянутых выше способов регулирования.

Насосные установки могут состоять из нескольких насосных агрегатов, соединенных между собой параллельно, последовательно или смешанным образом.

Комбинируя различные способы соединения нескольких насосов, и изменяя число работающих насосов, можно изменять суммарную напорную характеристику насосной установки.

Включение насосов в различных комбинациях позволяет получить довольно большое число рабочих точек, каждой из которых соответствуют свои значения подачи и напора.

При разнотипных насосных агрегатах следует правильно распределить нагрузку между ними и выявить границы их выгодного использования во всем диапазоне изменения подач насосной установки.

При выборе насоса или группы насосов, включаемых в работу, принимается во внимание:

- характер изменения подачи;
- продолжительность работы установки с той или иной подачей для обеспечения минимального числа включений или отключений насосных агрегатов.

Для обеспечения экономичной работы насосной установки рекомендуется использовать в работе те агрегаты, которые имеют более высокий КПД.

Критерием правильного распределения нагрузок между насосами является минимум суммарных затрат энергии параллельно работающих насосных агрегатов.

Количество включений крупных насосных агрегатов, не оборудованных устройствами плавного пуска, ограничивается 50-150 включениями в год. Поэтому, при кратковременном снижении производительности насосной установки приходится воздерживаться от уменьшения количества работающих агрегатов.

При необходимости прибегают к дросселированию напорных линий насосов, но дросселирование всасывающих линий насосов не рекомендуется во избежание кавитации.

Дросселирование - гашение части напора, создаваемого насосом, с помощью искусственно вводимого в напорную или всасывающую линию гидравлического сопротивления. Обычно дросселирование достигается частичным закрытием задвижки на напорном трубопроводе насоса.

Дросселирование центробежного насоса возможно только в том случае, если насос имеет некоторое превышение напора по сравнению с требуемым значением. В пределах этого превышения осуществляется его дросселирование, но из-за этого возникают дополнительные потери энергии. Поэтому, правильный подбор состава работающих насосных агрегатов ещё не обеспечивает минимальных расходов электроэнергии на перекачку жидкости.

Изложенные принципы регулирования насосных установок обеспечивают до 10% экономии электроэнергии.

В насосных установках, оборудованных осевыми насосами, регулирование режима работы установок осуществляется обычно изменением угла поворота лопастей рабочего колеса.

Промышленность изготавливает насосы, оснащенные поворотными лопастями и рассчитанные на подачу до $40 \text{ м}^3/\text{с}$ и напор до 27 м. В

большинстве случаев насосы этого типа ограничены по напорам до 15...18 м.

Осевые насосы используются в крупных низконапорных насосных установках систем орошения, шлюзов, водопроводных станций первого подъёма, а также на водозаборах тепловых и атомных электростанций.

Рабочее колесо осевого насоса состоит из втулки обтекаемой формы, на которой укреплены поворотные лопасти. Расчётному положению лопастей соответствует угол их установки $\varphi = 0$. Угол φ может быть уменьшен или увеличен.

Механизм поворота лопастей может быть с ручным, электрическим или гидравлическим приводом.

При ручном приводе угол поворота изменяется только при неработающем двигателе.

Наличие электрического или гидравлического привода позволяет регулировать подачу во время работы насоса.

Диапазон изменения угла установки лопастей относительно широк от $- (4...10)^\circ$ до $+ (2...6)^\circ$.

Возможность изменения угла установки лопастей позволяет изменять крутизну напорной характеристики насоса и, следовательно, регулировать его подачу и напор. При этом сохраняются сравнительно высокие значения КПД насоса.

Рассмотренные способы регулирования, хотя и снижают расход электроэнергии, но не обеспечивают минимально возможного её потребления и имеют ограниченную область применения.

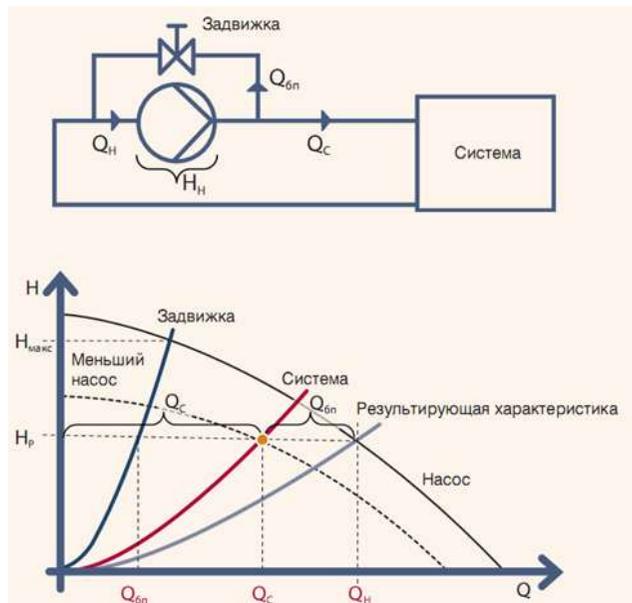
Более высокую эффективность обеспечивают способы регулирования, основанные на изменении частоты вращения рабочих колёс центробежных насосов.

2. РЕГУЛИРОВАНИЕ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК ПРИ РАБОТЕ НАСОСОВ С ПОСТОЯННОЙ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ

Рассмотрим способы регулирования подачи и напора насосного агрегата.

Байпасирование осуществляется перепуском перекачиваемой жидкости из напорного трубопровода во всасывающий по спиральному трубопроводу с задвижкой, манипулирование которой позволяет менять

подачу насоса. При этом режим работы и параметры насоса не изменяются. Недостатки данного способа — потеря энергии на перепуск по байпасу «оборотной» жидкости и сложности при обслуживании насосной установки.



Байпасирование насоса

Регулирование основной (запорной) задвижки осуществляется на выходе из насоса. При полностью закрытой задвижке может осуществляться пуск насосной установки в работу, причем задвижка может использоваться как регулирующая для изменения подачи и напора в процессе эксплуатации.

При закрытии задвижки ухудшается гидравлический рабочий процесс самого насоса, в нем появляются (при малых расходах) обратные токи жидкости, вибрация и шум, происходит нагрев всего агрегата.

Естественно, все эти отклонения, вызванные дросселированием выходной задвижки, влекут за собой потери энергии.

Как видно из рис. 3.3, установка требуемой подачи Q насоса производится путем изменения характеристик трубопровода при неизменной характеристике насоса.

Рабочая точка с параметрами Q_1 и H_1 смещается в положение A_2 с параметрами Q_2 и H_2 . В результате между насосом и задвижкой

создается избыточный напор $H_2 - H_1$ на преодоление которого расходуется энергия:

$$W = Q_1 (H_2 - H_1).$$

Таким образом, способ регулирования подачи с помощью задвижки относительно прост, но неэкономичен, так как часть энергии, потребляемой насосом, гасится в задвижке сразу же на выходе жидкой среды из насоса. Поэтому его рекомендуется использовать для регулирования подачи насосов малой и средней мощности.

3. РЕГУЛИРОВАНИЕ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК ПРИ РАБОТЕ НАСОСОВ С ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТой ВРАЩЕНИЯ

При регулировании насоса изменением частоты вращения обеспечивается минимально возможное энергопотребление насоса.

Кроме того, регулирование частоты вращения насосов даёт возможность оптимально распределить нагрузки между совместно работающими агрегатами, обеспечивает равенство их КПД или удельных затрат энергии, удерживает рабочие точки насосных агрегатов в зоне оптимальных КПД, а удельные затраты энергии в зоне минимальных значений.

При регулировании частоты вращения снижение энергопотребления равно потерям, обусловленным превышением напоров, которые имеют место при работе насосов с постоянной частотой вращения.

Способ регулирования подачи насоса изменением частоты вращения рабочего колеса более экономичен по сравнению со способом дросселирования. При этом отсутствуют потери на дросселирование потока жидкости и экономится электрическая энергия.

Так как для привода погружных насосов применяются в основном АД, то плавно изменять скорость вращения рабочего колеса можно следующими способами:

- изменением подводимого напряжения с помощью автотрансформаторов, дополнительных резисторов, тиристорных устройств - при этом обеспечивается небольшой диапазон регулирования, низкая экономичность, низкая стабильность характеристик, возможность регулирования скорости только в сторону снижения;

- изменением частоты питающего напряжения - при этом обеспечивается большой диапазон регулирования, высокая экономичность, сохраняется стабильность характеристик, регулирование скорости возможно как вниз, так и вверх от номинальной.

Регулирования параметров насосного агрегата путем *изменения частоты вращения насоса* достигается путем применения регулируемого электропривода. Этот способ удорожает и усложняет обслуживание установки, но позволяет при изменении частоты вращения рабочего колеса насоса сохранять подобие насосных характеристик и снижать потребление электрической энергии.

Достижение потребляемого расхода регулированием частоты вращения двигателя приводит к изменению характеристик насоса при неизменной характеристике трубопровода. Рабочая точка A_1 смещается в положение A_2 по характеристике сети, обеспечивая требуемый расход Q_2 при напоре H_2 . Частота вращения рабочего колеса в точке A_1 больше, чем в точке A_2 (рис. 3.4).

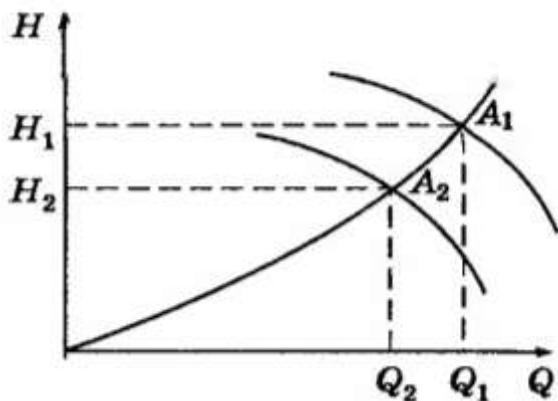


Рис. 3.4. Регулирование подачи насоса изменением частоты вращения

При регулировании частоты вращения рабочего колеса центробежного насоса выполняются следующие соотношения:

$$Q_1/Q_2 = n_1/n_2; \quad (3.1)$$

$$H_1/H_2 = (n_1/n_2)^2; \quad (3.2)$$

$$P_1/P_2 = (n_1/n_2)^3, \quad (3.3)$$

где n_2 — новая частота вращения рабочего колеса;

P_1, P_2 — мощности насоса.

Из анализа соотношений (3.1-3.3) следует, что зависимость напора H от подачи Q имеет параболический характер:

$$H = kQ^2, \quad (3.4)$$

где $k = H_1/Q_1^2 = H_2/Q_2^2 = \dots = H_n/Q_n^2 = \text{const.}$

Из выражения (3.4) следует, что переходная кривая при пересчете параметров Q и H на другую частоту вращения является квадратичной параболой с вершиной в начале координат. Эта парабола одновременно является кривой одинаковых значений КПД.

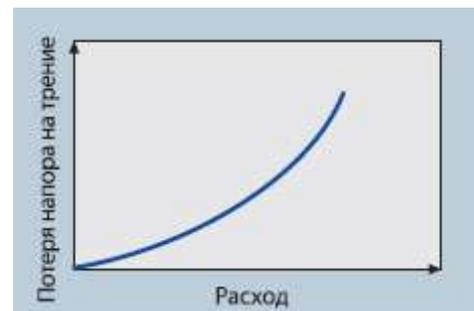
Таким образом, при непрерывном изменении частоты вращения напорная характеристика $Q-H$ будет перемещаться практически параллельно самой себе (при увеличении частоты вращения — вверх, а при уменьшении — вниз).

Характеристика $Q-\eta$ будет перемещаться при уменьшении частоты вращения влево, а при увеличении — вправо.

Если насос преодолевает только динамический напор, то потребляемая им при *регуливании частоты* вращения *мощность* пропорциональна кубу расхода:

$$P = k \cdot Q^3$$

Потери напора на трении (иногда называемые **потери динамического напора**) возникают во время прохождения перекачиваемой жидкостью труб, клапанов и другого оборудования системы.



Рассмотренные зависимости применяют в расчетах при регулировании подачи насоса изменением частоты вращения рабочего колеса.

4. ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Как было сказано ранее центробежные насосы наиболее эффективно регулируются изменением частоты вращения их рабочих колёс.

Изменение частоты вращения рабочих колёс насосов осуществляется с помощью регулируемого электропривода РЭП.

Электроприводом называют устройство, преобразующее электрическую энергию в механическую, РЭП — это привод, работающий с переменной частотой вращения.

РЭП состоит из электродвигателя, передаточного механизма (трансмиссии, муфты, редуктора) и системы управления.

В РЭП кроме того, входят устройства, обеспечивающие изменение частоты вращения насосного агрегата в целом или только насоса при постоянной частоте вращения электродвигателя.

Эти устройства выполняют обычно две функции:

- являются силовыми преобразователями энергии;
- в то же время являются элементами системы управления.

РЭП подразделяется на две основные группы: постоянного и переменного тока. В насосных установках используется преимущественно РЭП переменного тока.

Основой РЭП переменного тока являются асинхронные и синхронные электродвигатели переменного тока.

Частота вращения асинхронного двигателя, мин⁻¹:

$$n = \left(60 \frac{f}{p}\right)(1-s), \quad (2.1)$$

где f — частота тока питающей сети (в СНГ и Европе $f = 50$ Гц; в США и Японии $f = 60$ Гц);

p — число пар полюсов электродвигателя ($p = 1, 2, 3, \dots$);

$s = (0,02 \dots 0,04)$ — скольжение.

Синхронные двигатели работают без скольжения. Ротор двигателя вращается с такой же частотой вращения, с какой вращается электромагнитное поле статора:

$$n = 60 \frac{f}{p}. \quad (2.2)$$

Из (2.1) и (2.2) следует, что частота вращения электродвигателя переменного тока зависит от частоты питающего тока f , числа пар полюсов p и скольжения s . Изменяя один или несколько параметров, входящих в (2.1) и (2.2), можно изменить частоту вращения электродвигателя и сочленённого с ним насоса.

Соответственно, РЭП переменного тока подразделяется на три вида:

1) частотный привод, имеющий в своём составе преобразователь, изменяющий постоянную частоту питающей электрической сети ($f = \text{const}$) в переменную ($f = \text{var}$). Он обеспечивает плавное изменение частоты вращения насосного агрегата.

2) многоскоростной привод, имеющий в своём составе устройство, изменяющее схему статорной обмотки электродвигателя, позволяющее изменять число пар полюсов ($p = 1, 2, 3$ и т.д.). Привод обеспечивает ступенчатое изменение частоты вращения насосного агрегата (обычно 2-4 ступени).

3) имеющий в своём составе устройство, изменяющее скольжение электродвигателя или вариатора, встроенного между выходным валом двигателя и входным валом насоса (реостат в роторной цепи двигателя, преобразователь асинхронного вентильного каскада, механический вариатор, электромагнитная или гидравлическая муфта скольжения).

В современных насосных установках наибольшее распространение получил частотный РЭП.

Процесс регулирования частоты вращения любого механизма анализируется с помощью механических характеристик агрегата.

Рассмотрим механические характеристики электродвигателей, которые сопоставляются с механическими характеристиками насосов.

Механической характеристикой электродвигателя (рис. 2.1, а) называется зависимость его частоты вращения от вращающего момента.

Механические характеристики подразделяются на три основных вида:

- абсолютно жёсткие (кривая 1 на рис. 2.1, а) — свойственны синхронным электродвигателям, работающим непосредственно от

питающей электрической сети, частота вращения которых остаётся постоянной при изменении вращающего момента;

- жёсткие (кривая 2) свойственны асинхронным двигателям (в рабочей части характеристики), частота которых незначительно меняется при изменении вращающего момента;

- мягкие (кривая 3) свойственны двигателям постоянного тока последовательного возбуждения, частота которых существенно меняется при изменении вращающего момента.

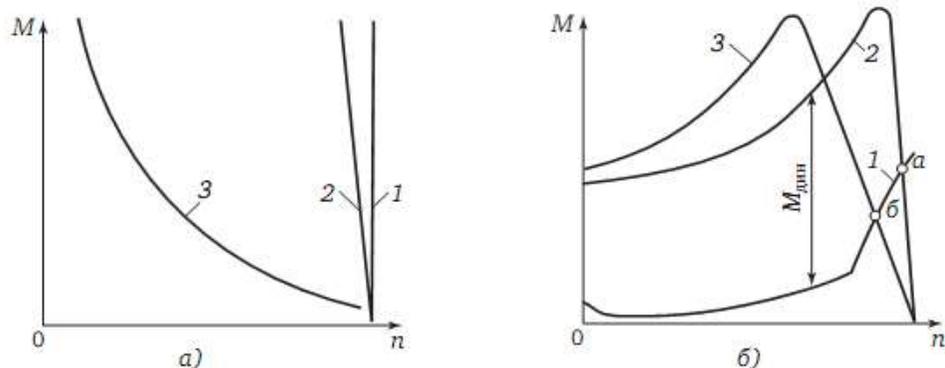


Рис. 2.1. Механические характеристики электродвигателей (а) и насосного агрегата (б)

Существуют и другие разновидности механических характеристик. Например, механическая характеристика асинхронного электродвигателя с сопротивлением, введенным в роторную цепь, мягче характеристики короткозамкнутого электродвигателя.

Механические характеристики РЭП принципиально отличаются от характеристик нерегулируемых приводов тем, что в процессе регулирования они изменяют свое положение, или свою форму, или то и другое одновременно.

Механической характеристикой механизма, в том числе насоса, называется зависимость его момента сопротивления от частоты вращения.

На рис. 2.1, б представлены механические характеристики насосного агрегата, состоящего из центробежного насоса и асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором:

1 — механическая характеристика насоса, оборудованного обратным клапаном;

2, 3 — механические характеристики электродвигателя.

Разница значений вращающего момента электродвигателя и момента сопротивления насоса называется **динамическим моментом** $M_{дин}$.

Если вращающий момент двигателя больше момента сопротивления насоса, $M_{дин}$ считается положительным, если меньше — отрицательным.

Под воздействием положительного динамического момента насосный агрегат начинает работать с ускорением, т.е. разгоняется.

Если $M_{дин}$ отрицательный, насосный агрегат работает с замедлением, т.е. тормозится.

При равенстве этих моментов имеет место установившийся режим работы, т.е. насосный агрегат работает с постоянной частотой вращения. Эта частота вращения и соответствующий ей момент определяются пересечением механических характеристик электродвигателя и насоса (точка а на рис. 2.1, б).

Если тем или иным способом изменить механическую характеристику, например, сделать её более мягкой за счёт введения дополнительного сопротивления в роторную цепь электродвигателя (кривая 3 на рис. 2.1, б), момент вращения электродвигателя станет меньше момента сопротивления.

Таким образом, под воздействием отрицательного динамического момента насосный агрегат начинает работать с замедлением, т.е. тормозится до тех пор, пока вращающий момент и момент сопротивления опять не уравновесятся (точка б на рис. 2.1, б). Этой точке соответствует своя частота вращения и своё значение момента.

Таким образом, процесс регулирования частоты вращения насосного агрегата непрерывно сопровождается изменениями вращающего момента электродвигателя и момента сопротивления насоса.

На рис. 2.2. представлены принципиальные схемы основных видов РЭП, используемые в насосных установках.

5. ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

Схема частотно-регулируемого электропривода показана на рис. 2.2, а.

Основным элементом частотного РЭП является частотный преобразователь, посредством которого практически неизменные сетевые параметры напряжения U_1 и частота f_1 преобразуются в изменяемые параметры U_2 и f_2 , требуемые для системы управления насосного агрегата. Пропорционально частоте f_2 изменяется частота вращения электродвигателя, подключённого к выходу преобразователя.

Основными элементами частотного РЭП являются:

- асинхронный электродвигатель переменного тока;
- управляемый выпрямитель частотного преобразователя;
- управляемый инвертор частотного преобразователя;
- центробежный насос.

Кроме того, в состав привода входят дроссели, конденсаторы и т.д., не показанные на схеме.

Для обеспечения устойчивой работы электродвигателя, ограничения его перегрузки по току и магнитному потоку, поддержания высоких энергетических показателей в частотном преобразователе должно поддерживаться определенное соотношение между его входными и выходными параметрами, зависящее от вида механической характеристики насоса. Эти соотношения вытекают из уравнения закона частотного регулирования Костенко:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{f_1}{f_2} \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}, \quad (2.3)$$

где f_1, f_2 — частоты;

M_1, M_2 — моменты времени.

Для насосов, работающих без статического напора, чья механическая характеристика описывается уравнением квадратичной параболы, должно соблюдаться соотношение:

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \frac{U_2}{f_2^2} = \text{const.} \quad (2.4)$$

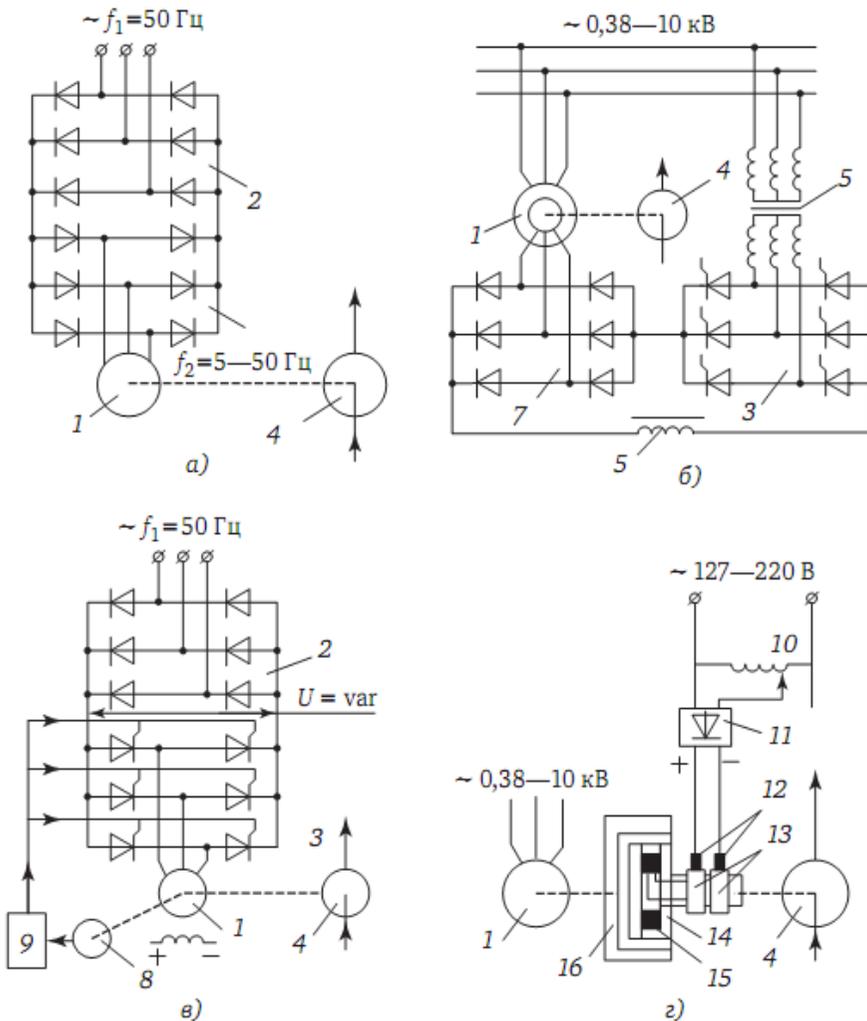


Рис. 2.2. Основные виды РЭП, используемые в насосных установках:
 а — частотный; б — асинхронно-вентильный каскад; в — на базе вентильного электродвигателя; г — с электромагнитной муфтой скольжения (1 — асинхронный электродвигатель; 2 — управляемый выпрямитель частотного преобразователя; 3 — инвертор; 4 — центробежный насос; 5 — согласующий трансформатор; 6 — сглаживающий дроссель; 7 — неуправляемый выпрямитель; 8 — датчик положения ротора в пространстве; 9 — система импульсно-фазового управления инвертора (СИФУ); 10 — управляемый реостат; 11 — однофазное выпрямительное устройство; 12 — щетки; 13 — контактные кольца; 14 — индуктор; 15 — обмотка возбуждения ЭМС; 16 — якорь ЭМС)

Для насосов, работающих со статическим напором, должно соблюдаться более сложное соотношение:

$$\frac{U_1}{f_1^{1+\frac{k}{2}}} = \frac{U_2}{f_2^{1+\frac{k}{2}}}, \quad (2.5)$$

где k — показатель степени в уравнении механической характеристики насоса.

Статический напор — это разница высот между всасывающим и напорными резервуарами:



На практике в большинстве случаев в насосных установках используются преобразователи общепромышленного исполнения, обеспечивающие соотношение:

$$\frac{U_1}{f_1} = \frac{U_2}{f_2} = \text{const.} \quad (2.6)$$

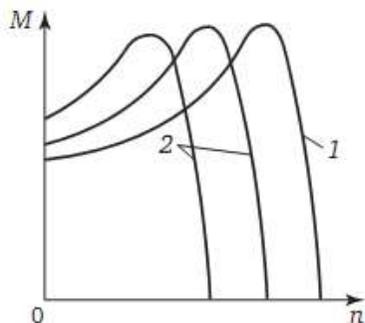


Рис. 2.3. Механические характеристики частотного РЭП при максимальных (1) и пониженных (2) частотах

На рис. 2.3 представлены механические характеристики асинхронного электродвигателя при частотном регулировании и соблюдении соотношения (2.6). При уменьшении частоты f_2 механическая характеристика не только меняет своё положение в координатах n - M , но несколько изменяет свою форму. В частности, снижается максимальный момент электродвигателя.

В последнее время наибольшее распространение получили частотные РЭП на IGBT-модулях (биполярных транзисторах с изолированным затвором).

IGBT-модуль является высокоэффективным ключевым элементом. Он обладает малым падением напряжения, высокой скоростью и малой мощностью переключения.

Преобразователь частоты на базе автономного инвертора напряжения на IGBT-модулях с широтно-импульсной модуляцией и векторным алгоритмом управления асинхронным электродвигателем имеет преимущества по сравнению с другими типами преобразователей. Он характеризуется высоким значением коэффициента мощности во всём диапазоне изменения выходной частоты. Некоторые производители частотных преобразователей, в том числе «Дanfосс», сами изготавливают IGBT-модули, что обеспечивает полный контроль качества преобразователей. Схема преобразователя на IGBT-модулях представлена на рис. 2.4.

В настоящее время отечественная и зарубежная промышленность выпускает ряд частотных преобразователей мощностью до 400 кВт при напряжении до 380 В и до 1600 кВт при напряжении 660 В.

Особенностью применения частотного РЭП является возможность использования одного частотного преобразователя для привода нескольких агрегатов. От одного преобразователя достаточно большой мощности могут получать питание одновременно несколько одинаковых агрегатов. Возможно также поочередное подключение к одному частотному преобразователю агрегатов, соизмеримых по мощности.

Так, например, частотные РЭП фирмы «Дanfосс» имеют встроенные контроллеры, обеспечивающие функции поочередного управления до трех насосных агрегатов. Количество управляемых агрегатов может быть увеличено до восьми с помощью опции расширения каскадного контроллера.

Частотный РЭП удобен в монтаже и эксплуатации. Он может быть использован как индивидуальный, так и групповой привод. Преобразователь РЭП может быть установлен вне машинного зала, что

удобно, если в машинном зале неблагоприятная среда (повышенная влажность, наличие агрессивных веществ и т.д.).

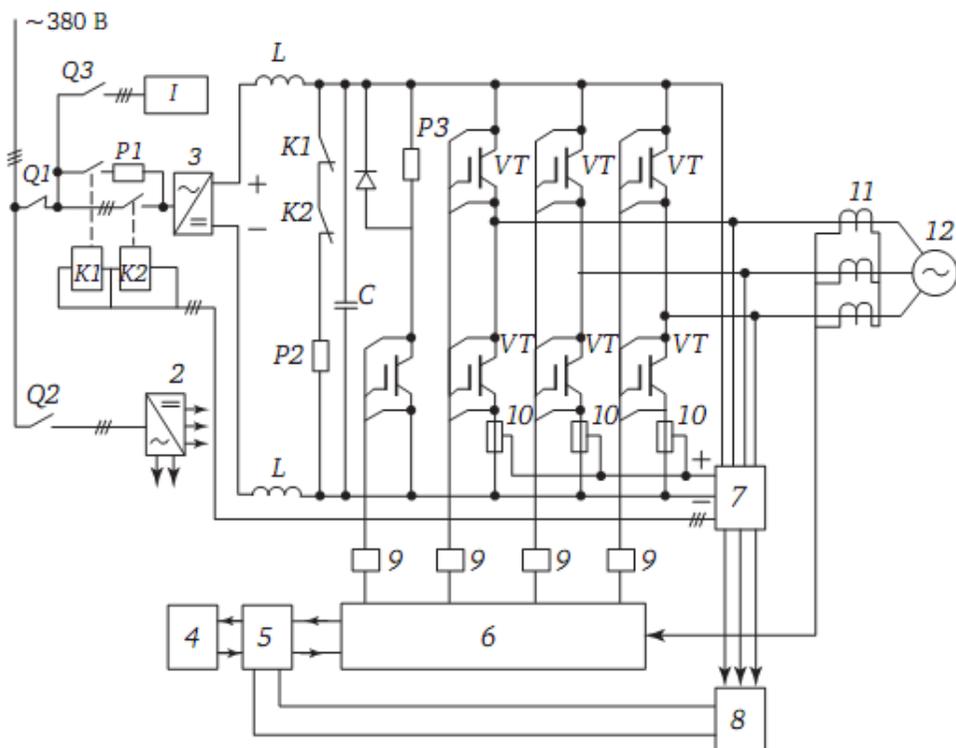


Рис. 2.4. Схема частотного РЭП на IGBT-модулях:

1 — блок вентиляторов; 2 — источник питания; 3 — выпрямитель неуправляемый; 4 — панель управления; 5 — плата пульта управления; 6 — ШИМ; 7 — блок преобразования напряжения; 8 — плата системы регулирования; 9 — драйверы; 10 — предохранители блока инвертора; 11 — датчики тока; 12 — асинхронный короткозамкнутый двигатель; Q1—Q3 — выключатели силовой цепи, цепи управления и блока вентиляторов; K1, K2 — контакторы заряда конденсаторов и силовой цепи; C — блок конденсаторов; R1—R3 — резисторы ограничения тока заряда конденсаторов, разряда конденсаторов и узла слива; VT — силовые ключи инвертора (IGBT-модули); L — дроссель

6. СТАНЦИИ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Станции группового управления (СГУ). Обычно низковольтные станции управления предназначены для управления двумя-тремя агрегатами.

Автоматизированные станции группового управления и регулирования обеспечивают:

- поддержание заданного значения технологического параметра (давления, уровня, температуры и др.);
- контроль режимов работы электродвигателей регулируемых и нерегулируемых агрегатов (потребляемый ток, мощность) и их защит);
- автоматическое включение в работу резервного агрегата при аварии основного;
- переключение агрегатов непосредственно на сеть при выходе из строя частотного преобразователя;
- автоматическое включение резервного (АВР) электрического ввода;
- автоматическое повторное включение (АПВ) станции после пропажи и глубоких посадок напряжения в питающей электрической сети;
- автоматическое изменение режима работы станции с остановкой и запуском агрегатов в работу в заданное время;
- автоматическое включение в работу дополнительно нерегулируемого агрегата, если регулируемый агрегат, выйдя на номинальную частоту вращения, не обеспечивает требуемой подачи воды;
- автоматическое чередование работающих агрегатов через заданные промежутки времени для обеспечения равномерного расходования моторесурса;
- оперативное управление режимом работы насосной установки с панели управления или с диспетчерского пульта.

В состав низковольтных станций управления входят:

- автоматические выключатели, обеспечивающие защиту от межфазных коротких замыканий и замыканий на землю;
- тепловые реле для защиты агрегатов от перегрузки;
- также аппаратура управления (ключи, кнопочные посты и пр.).

Схема коммутации станции управления содержит в своём составе необходимые блокировки, позволяющие произвести подключение преобразователя частоты к любому выбранному агрегату и осуществить замену работающих агрегатов без нарушения технологического режима работы насосной или воздухоудвнющей установки.

Станции управления, как правило, наряду с электросиловыми элементами (автоматами, контакторами и т.п.) содержат в своём составе

управляющие и регулирующие устройства (микропроцессорные контроллеры и проч.).

Обычно станции комплектуются устройствами автоматического включения резервного питания (АВР), коммерческого учёта потребляемой электроэнергии, управления запорной аппаратурой.

При необходимости в состав станции управления вводятся дополнительные аппараты, обеспечивающие использование, наряду с частотным преобразователем, устройства плавного пуска агрегатов.

Для примера на рис. 2.5 представлена однолинейная схема станции группового управления типа АСУР («Данфосс»). В состав станции входит преобразователь частоты VLT® Automation Drive FC-302. Станция предназначена для управления штанговыми глубинными насосами, а также электрическими центробежными погружными насосами. Станция изготовлена в виде шкафа, который крепится в вертикальном положении на стене. Станция может использоваться в широком диапазоне изменения температур (от -60 до +50 °С).

Станция обеспечивает автоматическое регулирование частоты вращения насоса, необходимой для поддержания требуемого динамического уровня жидкости в скважине, выравнивая подачу насоса с притоком жидкости в скважину, а также плавный пуск насоса в работу.

Поскольку в состав станции входит частотный преобразователь серии VLT® Automation Drive FC-302 (компания «Данфосс»), она обладает всеми защитами и блокировками, свойственными этому приводу, в том числе защитой от перегрузки по току, защитой от утечки тока на землю, от неравномерной нагрузки фаз и др.

В приводе штанговых насосов станция обеспечивает снижение механических нагрузок на стенки насоса-качалки, предотвращая повреждение штанг. Выбор и поддержание оптимальной частоты вращения насоса обеспечивает высокие энергетические показатели установки ($\cos \varphi = 0,98$, экономия энергии 22-30 %).

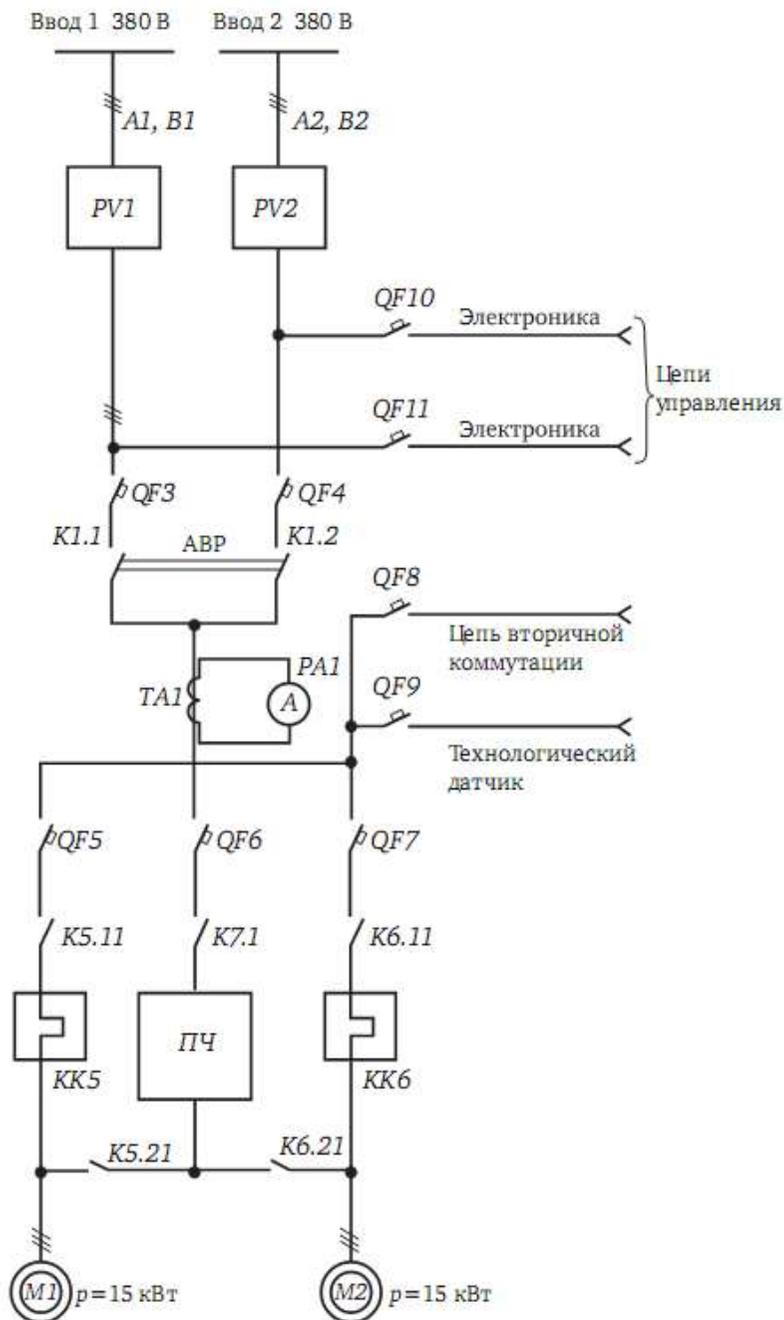
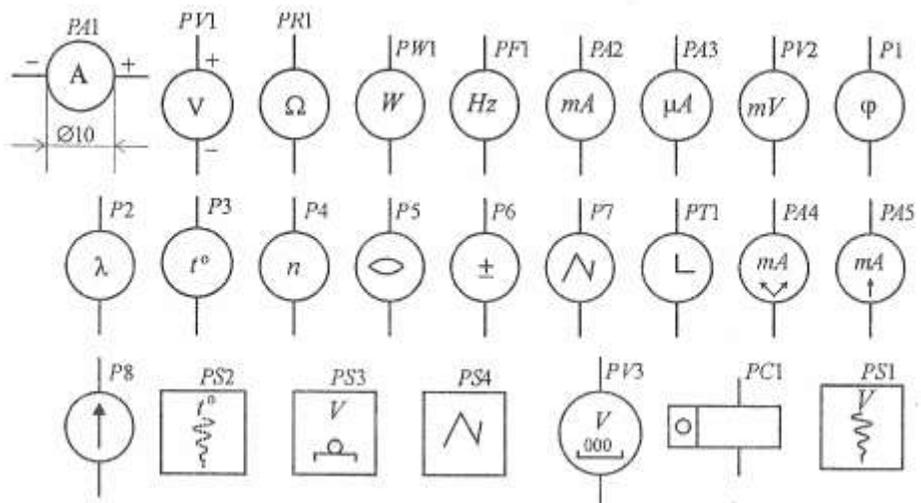


Рис. 2.5. Принципиальная схема станции группового управления низковольтными РЭП



Обозначение измерительных приборов на схемах