

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРУЕМЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ НА ВЫХОДНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПОВЫСИТЕЛЬНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Милютин А.В., магистрант; Суков С.Ф., проф., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Около 60% затрат электроэнергии в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ) приходится на долю электродвигателей. При этом большая часть этого энергопотребления приходится на приводные системы вентиляторов, компрессоров, насосов и других установок с циклическим режимом нагрузки.

Электропривод является энергосиловой основой современного производства и, в свою очередь, среди промышленных электроприводов преобладают электроприводы с асинхронными короткозамкнутыми двигателями, потребляющими до 50% энергии, потребляемой электроприводом. Эти электроприводы, благодаря своей простоте и относительно невысокой стоимости, нашли широкое применение в различных механизмах. Общеизвестны и их недостатки — тяжёлый пуск при прямом подключении к сети, сопровождающийся шести–семикратными токами, и, как следствие, невысокая эксплуатационная надёжность, трудность регулирования скорости.

Характерным примером использования асинхронных двигателей являются насосные станции холодного и горячего водоснабжения, канализационные насосные станции и системы отопления. Этот тип механизмов потребляет не менее 20–25% всей вырабатываемой электроэнергии [3].

Повысительная/Подкачивающая Насосная Станция (ПНС) предназначена для перекачивания и повышения давления чистой воды в системе водоснабжения (рис. 1). Установка данного оборудования — ПНС — обеспечивает решение задач хозяйственно-бытового и противопожарного водоснабжения не только одного или нескольких зданий промышленного, административного или жилого назначения (в том числе, повышенной этажности), но и целых населённых пунктов и предприятий [1].

Завышенный уровень потребления электроэнергии является следствием низкого КПД насосных установок и систем водоснабжения в целом.

В подавляющем большинстве случаев, электроприводы указанных механизмов являются нерегулируемыми, что не позволяет обеспечить режим рационального энергопотребления и расхода при изменении технологических потребностей в широких пределах.

Для меньшего энергопотребления используется метод управления, ориентированный не только на поддержание заданного давления, но и на контроль эффективности работы насосной станции. В качестве критерия эффективности работы насосной станции используется её гидравлический КПД, который определяется по формуле [2]:

$$\eta_{\text{гидр}} = \frac{P_{\text{гидр}}}{P_{\text{эл}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{гидр}}$ — гидравлическая мощность, развиваемая насосной станцией, т.е. мощность, передаваемая жидкости насосом;

$P_{\text{эл}}$ — суммарная электрическая мощность, потребляемая приводами регулируемых насосных агрегатов и приводами насосов, работающих от сети. Электрическая мощность является измеряемым параметром, гидравлическая (полезная мощность) определяется формулой:

$$P_{\text{гидр}} = Q\rho gH, \quad (2)$$

где Q — подача насосной станции, м³/с;

ρ — плотность жидкости кг/м³;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 ;
 H – полный напор насоса, м.

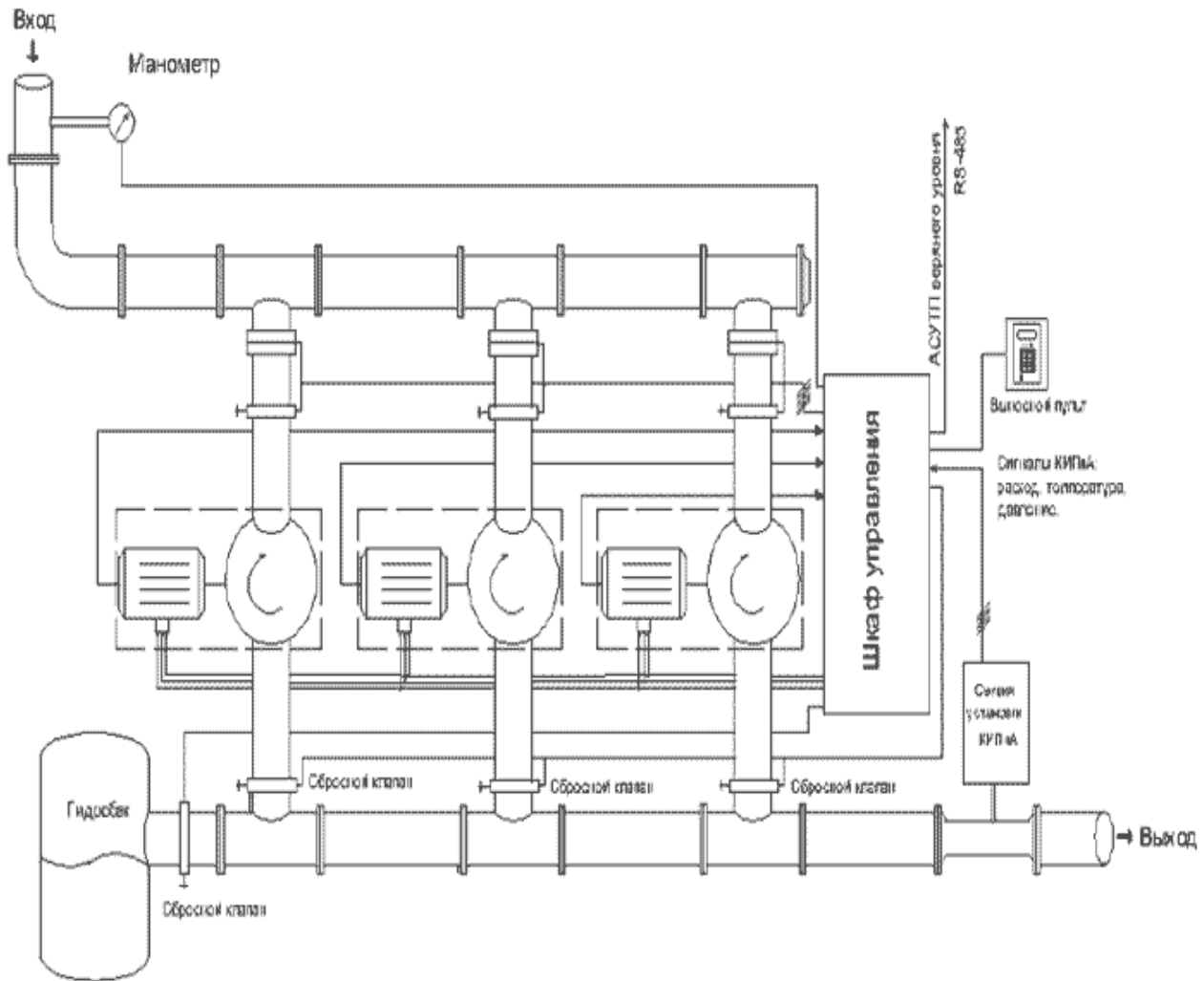


Рисунок 1 – Схема подкачивающей насосной станции

Полный напор насоса:

$$H = Z_2 - Z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}, \quad (3)$$

где Z – высота центра поперечного сечения трубопровода над эталонной плоскостью; p – манометрическое давление, отнесённое к центру поперечного сечения; u – средняя осевая скорость, определяемая отношением объёмной подачи к площади поперечного сечения трубы. Поскольку сечение трубопроводов на повысительных насосных станциях на входе и выходе насосного агрегата одинаковое, динамической составляющей напора пренебрегают.

Изменение напора и мощности при регулировании частоты вращения рабочего колеса для центробежных насосных агрегатов описывается уравнениями, приведенными ниже. Напорная характеристика насоса:

$$H = A_2 n^2 + B_2 Q n + C_2 Q^2, \quad (4)$$

где A_2, B_2, C_2 – коэффициенты, определяемые характеристиками насосного агрегата; n – частота вращения рабочего колеса; Q – расход, развиваемый насосным агрегатом. Подставив уравнение (4) в (2), определяется полезная мощность насосного агрегата:

$$P_{\text{гидр}} = \rho g (A_2 n^2 Q + B_2 Q^2 n + C_2 Q^3). \quad (5)$$

При этом на затрачиваемую насосом механическую мощность при изменении скорости

вращения существенное влияние оказывают циркуляционные и механические потери в насосе. В общем виде уравнение механической мощности выглядит следующим образом:

$$P_{\text{мех}} = An^2Q - BQ^2n + Dn^3, \quad (6)$$

где A, B, D – коэффициенты, определяемые характеристиками насосного агрегата. Для регулируемого насоса потребляемая энергия будет определяться формулой:

$$P_{\text{эл}} = \frac{P_{\text{мех}}}{\eta_{\text{дв}}\eta_{\text{пч}}}, \quad (7)$$

где $\eta_{\text{дв}}, \eta_{\text{пч}}$ – КПД электродвигателя и преобразователя частоты. Подставив уравнения (5)–(7) в (1), получаем аналитическую зависимость изменения КПД насоса от частоты вращения [2]:

$$\eta_{\text{гидр}} = \frac{(\rho g(A_2n^2Q + B_2Q^2n + C_2Q^3))\eta_{\text{дв}}\eta_{\text{пч}}}{An^2Q - BQ^2n + Dn^3} \quad (8)$$

Влияние регулируемых насосов, находящихся в неэффективном режиме, на выходное давление станции незначительно. Для исключения неэффективной работы регулируемых насосных агрегатов предлагается определять мгновенную эффективность каждого из них, а затем отключать насосный агрегат в случае снижения его эффективности ниже заданного порога. Мгновенная эффективность оценивается, исходя из мощности, потребляемой каждым из насосов, а также из его развиваемых напора и расхода. При этом расход оценивается, исходя из паспортной напорной характеристики насоса и текущей частоты вращения его рабочего колеса.

Таким образом, было выяснено, что КПД работы повысительной насосной станции, оснащённой группой насосных агрегатов, изменяется в зависимости от режима водопотребления и может быть значительно меньше паспортных значений. Это вызвано тем, что регулируемые насосные агрегаты выходят за пределы своей рабочей области и работают с крайне малыми расходами.

В ходе исследования выявлено, что, если насосный агрегат работает с низким КПД, его влияние на уровень выходного давления станции минимально. При его отключении нагрузка перераспределяется между оставшимися насосными агрегатами и существенного падения давления на выходе насосной станции не происходит.

При исключении неэффективных режимов работы насосных агрегатов с использованием автоматизированных систем управления общее энергопотребление насосной станции снижается в среднем на 8–10%. В процессе управления можно производить анализ правильности подбора насосных агрегатов под фактические режимы работы насосной станции, а также оценивать целесообразность замены насосных агрегатов на новые.

Перечень ссылок

1. Карелин, В. Я. Насосы и насосные станции / В. Я. Карелин, А. В. Минаев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1986. 320 с
2. Здор, Г. Н. Автоматическое управление группой насосных агрегатов с целью снижения затрат электроэнергии / Г. Н. Здор, А. В. Сеницын, О. А. Аврутин.
3. Управление насосами, компрессорами и вентиляторами [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.svaltera.ua/solutions/typical/water_supply/6728.php