

Брусиловская Зинаида Евгеньевна,

*магистрант по направлению «Автоматизация управления
в финансовых, коммерческих и административных сферах»,
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
г. Оренбург, Россия*

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИЕЙ ПЕРЕКАЧКИ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕХОДА ОТ НЕРЕГУЛИРУЕМОГО К РЕГУЛИРУЕМОМУ ЭЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСНОГО АГРЕГАТА

В статье рассматриваются возможности сокращения энергозатрат в ходе технологического процесса при участии насосных станций путем перехода электропривода от нерегулируемого к регулируемому. Приводятся математические описания гидравлических и напорных характеристик, изменения характеристик насосного агрегата при регулировании расхода дросселированием.

Ключевые слова: насосная станция, электропривод, запорная арматура, дросселирование, напорная характеристика, гидравлическая характеристика.

Brusilovskaya Zinaida Evgenjevna,

*Magistrant,
Orenburg State University,
Orenburg, Russia*

IMPROVEMENT OF PUMPING STATION CONTROL BY TRANSFERRING FROM AN UNCONTROLLED PUMPING UNIT TO A REGULATED ELECTRIC DRIVE

The article considers the possibilities of reducing energy costs in the course of the technological process with the participation of pumping stations by switching the electric drive from unregulated to regulated. The mathematical descriptions of hydraulic and pressure characteristics, changes in the characteristics of the pump unit are given in the case of flow control by throttling

Key words: pumping station, electric drive, stop valves, throttling, pressure characteristic, hydraulic characteristic.

При осуществлении технологического процесса по перекачке какого-либо продукта, будь то вода или нефтепродукт, фиксируются существенные энергозатраты (примерно до 90%). Целью введения оптимального управления электроприводами технологического оборудования является сокращение потребляемой энергии. В процессе перекачки жидкости, в том числе конденсата, участвуют центробежные насосы, вентиляторы, воздуходувки, запорная арматура и др. оборудование, на долю которого приходится 20-35% потребляемой электроэнергии, в связи с этим усовершенствование систем управления насосных агрегатов является важным направлением в рамках энергосбережения.

Особое значение этот фактор приобретает для приводов большой мощности с продолжительным характером работы - насосных и компрессорных станций, насосов водоводов, нефте- и газоперекачивающих станций. Основным режимом работы насосных агрегатов является перекачка продукта, в том числе конденсата с установленными параметрами давления и расхода.

Для изменения или поддержания их используется регулировка режима работы насосного агрегата. Осуществляется это с помощью изменения характеристик трубопровода или насоса. Наиболее часто прибегают к дросселированию, т.е. использованию регулирующей и запорной арматуры при постоянной скорости приводного двигателя, что несет за собой гидравлические потери. Так же разновидностью регулирования насосных агрегатов является изменение частоты вращения рабочего колеса насоса посредством регулируемого электрического привода. В этом случае задвижка на трубе остается полностью открытой, гидравлическая же мощность насоса используется на перемещение жидкости по трубе, т.к. дополнительные потери при гидравлическом сопротивлении задвижки отсутствуют.

Далее будет рассмотрен каждый из указанных методов управления давлением и расходом насосов и принято решение, какой является оптимальным. Гидравлическая характеристика трубопровода описывается уравнением:

$$H = H_c + ZQ^2, \quad (1)$$

где H_c – статический напор, зависящий от разности уровня начала и конца трубопровода;

Z – гидравлическое сопротивление трубопровода;

Q – расход продукта (воды, воздуха, конденсата и т.д.).

Напорную характеристику центробежного насоса (ЦН) можно представить в виде:

$$H_{ЦН} = H_0 - kHQ, \quad (2)$$

где H_0 – напор насоса при состоянии задвижки «закрыто» ($Q = 0$);

k – коэффициент, определяемый по паспортной характеристике насоса.

В случае работы непосредственно на трубопровод («на открытую задвижку»), гидравлические параметры системы можно определить в стационарном режиме по точке пересечения напорных характеристик ЦН 1 и трубопровода 2.

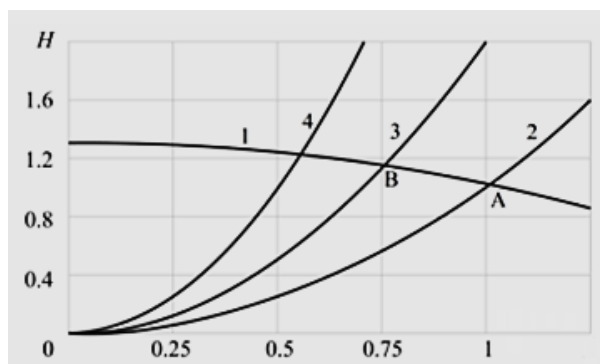


Рисунок 1 – Регулирование подачи ЦН дросселированием

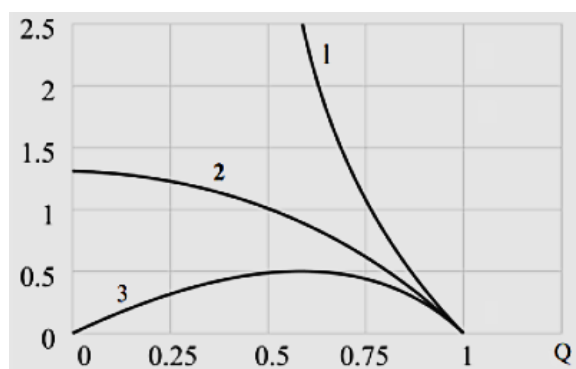


Рисунок 2 – Изменение основных характеристик насосного агрегата при регулировании расхода дросселированием

В общем, чтобы обеспечить заданные значения напора и расхода, на выходе насоса устанавливается гидравлический регулятор, где происходит потеря мощности:

$$\Delta P_{\text{гр}} = \Delta H_{\text{гр}} * Q, \quad (3)$$

где $\Delta H_{\text{гр}}$ – изменение напора на регуляторе.

При заданных характеристиках насоса и трубопровода подачу и напор можно регулировать путем изменения гидравлического сопротивления на входе магистрали Z или частоты вращения рабочего колеса насоса ω . В первом случае $\omega=1$, а на выходе насоса вводится дополнительное гидравлическое сопротивление регулятора $Z_{\text{гр}}$, за счет чего изменяется характеристика трубопровода, и система работает в точке В с новыми значениями H и Q .

Результаты расчетов, которые представлены на рисунке 2, отражают изменение сопротивления гидрорегулятора $Z_{\text{гр}}$ в зависимости от расхода Q и соответствующее им изменение напора $\Delta H_{\text{гр}}$ и потери мощности $\Delta P_{\text{гр}}$. Потери мощности в насосе объясняются различного характера утечками продукта, преодолением гидравлических сопротивлений при поступлении конденсата в насос, трениях в подшипниках, трением диска колеса насоса о продукт перекачки и т.п. Преимущество применения регулируемого привода – в возможности напрямую плавно управлять скоростью вращения рабочего колеса ЦН, и тем самым обеспечивать требуемые значения расхода и напора, не используя при этом дросселирующую арматуру. Последняя устанавливается только для выполнения вспомогательных целей и в процессе перекачки остается полностью в открытом состоянии, что снижает гидравлическое сопротивление сети, изменяя частоту вращения и полностью открытой задвижке на выходе. В случае изменения частоты вращения и задвижки, находящейся в открытом положении все время, снижение расхода происходит за счет уменьшения напора, создаваемого насосом, при этом исключаются дополнительные потери мощности в гидрорегуляторе и при любом значении подачи $P_{\text{ЦН}} = P_{\text{маг}}$.

При регулировании частоты вращения рабочего колеса насоса ω и пренебрежении величиной статического подпора H_c указанные параметры изменяются согласно законам гидравлического подобия, известным из литературы: $Q = \omega$, $H = \omega$, $P = \omega$.

Так же необходимо отметить, что КПД насоса при увеличении ω несколько возрастает, так как пропорционально мощности изменяются только гидравлические потери в насосе и потери на дисковое трение. Составляющие потерь на трение в подшипниках, в сальниках не приводят к увеличению пропорционально мощности насоса.

Также существенным преимуществом регулируемого привода насосов является следующий фактор: электропривода ЦН выбираются с целью сохранить необходимый напор системы и при этом обеспечить максимально возможный расход. На выходе установки создается давление (иногда значительно превышающее номинальное для системы), которое затем снижается оперативной арматурой до требуемого значения. За счет снижения давления насоса путем изменения частоты вращения рабочего колеса удается снизить нагрузки и продлить срок службы деталей агрегата, сократить частоту утечек в нем. Современный автоматизированный электропривод ЦН без принципиальных сложностей может быть включен в систему автоматического управления процессом любой сложности.

Анализируя данные о значениях мощности, которая потребляется насосом с вала двигателя, можно проследить значительное экономическое воздействие от перевода ЦН на регулируемый привод.

Основной вектор развития насосных агрегатов заключается в переходе от нерегулируемого электропривода с использованием регулирующей запорной арматуры к регулируемому приводу, в результате чего можно сделать прогноз на повышение качества технологических процессов и экономию электроэнергии до 30%.

Требования, предъявляемые к управлению потоками в трубопроводных системах, с течением времени становятся многообразными, ввиду того, что

трубопроводные системы автоматизируются и усложняются. Ввод автоматизированного электропривода ЦН в общую систему автоматического управления технологическим процессом осуществить гораздо проще, чем включение дроссельных систем. Это свидетельствует о том, что перевод насосных агрегатов на регулируемый автоматизированный электропривод является важной экономической задачей, позволяющей достичь существенного положительного экономического эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карелин В.Я., Минаев А.В. *Насосы и насосные станции: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 320с.: ил.*
2. Лобачев П.В. *Насосы и насосные станции. – М.: Стройиздат. 1990.*
3. Бородацкий Е.Г. *Разработка системы управления взаимосвязанным электроприводом центробежных турбомеханизмов станции перекачки жидкости: Автореф. дис... канд. техн. наук. – Омск. 1999.*
4. Ковалев В.З., Бородацкий Е.Г. *Эффективное использование энергии в насосных установках нефтеперекачивающих станций // Промышленная энергетика. – 2000. – №1.*
5. <http://kniga.seluk.ru/k-energetika/460290-1-kafedra-inzhernaya-kibernetika-specialnost-6m070200-avtomatizaciya-upravlenie-dopuschen-zaschite-zav-kafedroyumuha.php>