

ВЫБОР И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

Асланова Г.Н.

Бухарский инженерно-технологический институт

Мақолада ҳар хил иш режаимларида ишлайдиган аўтоматлаштирилган энергия тежамкор асинхрон электр юритмали насос қурилмаларининг тизимини ишлаб чиқиш ва танлаш усуллари ёритилган.

Таянч сўзлар: насос қурилмаси, асинхрон двигатель, бошқариш сигнали, электр энергия исрофи, кучланиш датчиги, қувват датчиги, тезлик датчиги, тиристорли кучланиш ростлагичи.

Статья посвящена разработке систем автоматизированного энергосберегающего асинхронного электропривода насосных установок при различных режимах работы и выбору системы асинхронного электропривода насосной установки.

Ключевые слова: насосный агрегат, асинхронный двигатель, сигнал управления, потери электроэнергии, датчик напряжения, датчик скорости, датчик мощности, тиристорный регулятор напряжения

The article is devoted to the development of systems of automated energy-saving asynchronous electric drive of pumping units at different operating modes and the choice of asynchronous electric drive system of the pumping unit.

Key words: pump unit, asynchronous motor, control signal, power loss, voltage sensor, speed sensor, power sensor, thyristor voltage regulator.

Рассмотрим вопросы использования специальных технических средств, для обеспечения минимизации потерь энергии в асинхронном электроприводе. Так как значительная часть асинхронных электроприводов насосных агрегатов работают в условиях медленно изменяющейся нагрузки, то отклонение нагрузки электропривода от номинальной ухудшает энергетические параметры электроприводов. В настоящее время к таким средствам можно отнести устройства регулирования напряжения на асинхронном двигателе в соответствии с уровнем его нагрузки. Как правило, это либо специальные регуляторы напряжения на основе тиристорного регулятора напряжения – ТРН, включаемые между сетью и статором асинхронного двигателя, либо преобразователи частоты, в которых предусмотрен так называемый режим энергосбережения. В первом случае ТРН выполняет кроме функции энергосбережения не менее важные функции управления режимами пуска и торможения, иногда регулирует скорость или момент, осуществляет защиту, диагностику, т. е. повышает технический уровень электропривода в целом. Во втором случае режим энергосбережения рассматривается как дополнительная опция преобразователя частоты и имеется лишь в некоторых выпускаемых типах преобразователей. С учетом многофункциональности применения такие устройства оказываются экономически целесообразными для приводов с изменяющейся нагрузкой даже при их относительно высокой стоимости.

На рис. 1 представлена функциональная схема автоматизированного энергосберегающего нерегулируемого асинхронного электропривода насосного агрегата с ТРН.

Предлагаемая схема энергосберегающего автоматизированного асинхронного электропривода, позволяет реальными значениями механической мощности на валу асинхронного двигателя оптимально управлять энергетическим параметром асинхронного

двигателя – суммарными потерями мощности с регулированием напряжения обмотки статора и тем самым обеспечивается режим работы электропривода по минимуму потерь мощности.

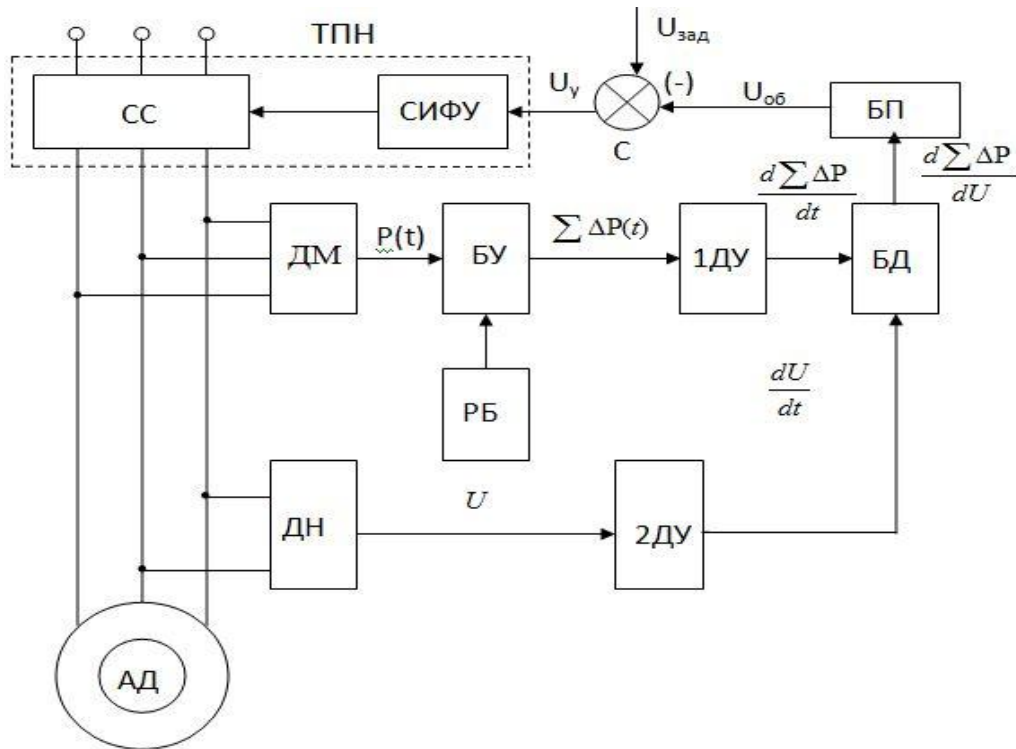


Рис. 1. Функциональная схема энергосберегающего нерегулируемого автоматизированного асинхронного электропривода насосного агрегата работающего в режиме минимума суммарных потерь мощности

Энергосберегающий автоматизированный асинхронный электропривод состоит из следующих основных силовых элементов: асинхронного двигателя (АД), тиристорного регулятора напряжения (ТРН), состоящего из силовой схемы СС и системы импульсно-фазового управления СИФУ. Статорная обмотка АД в сеть включается через СС, состоящую из параллельно - встречно соединенных по паре тиристоров в каждой фазе, при этом регулирование угла управления осуществляется с помощью СИФУ. Напряжение управления U_y формируется в сумматоре С из сигналов задания $U_{зад}$ и сигнала отрицательной обратной связи $U_{об}$. Сигнал $U_{об}$, получаемый из блока памяти БП, в свою очередь формируется в блоке деления БД из сигналов **Ошибка! Закладка не определена.** и $\frac{dU}{dt}$. Поступающий на вход БД сигнал получим по цепи датчика активной мощности (ДМ) – блок умножения (БУ) – первое дифференцирующее устройство (1ДУ), то есть сигнал, пропорциональный активной мощности АД $P(t)$, передается на первый вход БУ, а на второй вход подается сигнал из расчетного блока (РБ). В РБ выполняется математическая операция $(1 - \eta_H)$, где значения η_H определяются из номинальных значений АД. В БУ выполняется операция умножения этих величин, и на выходе получим сигнал, пропорциональный суммарной потери мощности $\sum \Delta P(t) = P(t)[1 - \eta_H]$. (Примечание: после датчика активной мощности ДМ и датчика напряжения ДН установлены гармонические фильтры, которые пропускают только первые гармоники этих физических величин.) Сигнал на выходе БУ $\sum \Delta P(t)$ дифференцируется по времени и подаётся на первый вход БУ, а на второй вход БУ подается дифференцируемое

по времени линейное напряжение $\frac{dU}{dt}$ и в блоке выполняется операция деления и

получим сигнал: $U_{об} = \frac{d\sum \Delta P}{dU}$ равен нулю, когда суммарные потери мощности будут

самыми минимальными, а при остальных случаях не равен нулю. Если АД работает при значении механической нагрузки меньше его номинального значения, то знак сигнала будет «+» и если механическая мощность на валу выше номинального значения то тогда

соответственно знак будет «-». Когда соблюдается условие $U_{об} = \frac{d\sum \Delta P}{dU} \neq 0$, тогда

этот сигнал будет участвовать при формировании сигнала управления СИФУ $U_y = U_{зад} \pm U_{об}$ и это способствует регулированию угла управления тиристоров в СС

ТПН. Подаваемый в СИФУ $U_{об}$, сначала в блоке памяти БП сравнивается с предыдущим

сигналом $U_{об}$, установленной в таймере, если значения их совпадают, то тогда продлевается срок пребывания предыдущего сигнала обратной связи, а если нет, тогда в

СИФУ передается новое значение $U_{об}$. Новое значение $U_y = U_{зад} \pm U_{об}$ способствует изменению напряжения на выходе СС ТПН и соответственно на статорной

обмотке АД и будет соблюдаться условие $U_{об} = \frac{d\sum \Delta P}{dU} \neq 0$, что позволяет работать АД

в режиме минимума суммарной потери мощности.

Поскольку насосный агрегат предназначен для транспортировки воды для технологических нужд металлургического производства, соответственно, к электроприводу будут предъявляться особые требования: двигатель работает с медленно меняющейся нагрузкой, скорость его не регулируется, и он должен иметь плавный пуск и плавное торможение.

На этом основании из основных требований, предъявляемых к электроприводу насосного агрегата, выбираем асинхронный электропривод с тиристорным преобразователем напряжения (ТПН), функциональная схема которого представлена на рис. 2.

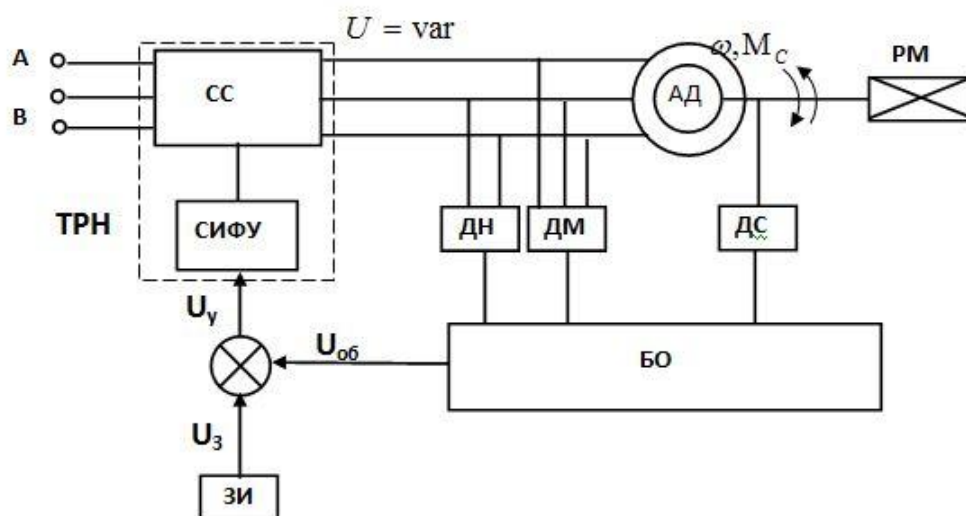


Рис.2. Функциональная схема автоматизированного асинхронного электропривода насосного агрегата

На рис. 2. приняты следующие условные обозначения: ТРН – тиристорный регулятор напряжения, состоящий из СС – силовая схема и СИФУ – система импульсно – фазового управления; АД – асинхронный двигатель; РМ – рабочий механизм – насосный агрегат; ДН – датчик напряжения; ДС – датчик скорости; ДМ – датчик мощности; БО – блок оптимизации; ЗИ – задатчик интенсивности; U_y - сигнал управления СИФУ; U_3 – сигнал задания; $U_{об}$ – корректирующее значение U_y .

Автоматизированный асинхронный электропривод работает следующим образом. Пуск асинхронного двигателя осуществляется регулированием значения (заданием) сигнала управления получаемого от задатчика интенсивности ЗИ с контролем скорости от датчика скорости ДС блока оптимизации БО. Когда двигатель достигает номинального значения скорости, начинают действовать датчики мощности и напряжения, а также датчик скорости. Изменение этих параметров и момента сопротивления на валу АД обрабатываются в БО и вырабатывается сигнал коррекции управления $U_{об}$ и это изменение сопровождается коррекцией значения напряжения в СИФУ.

За основу ТРН в функциональной схеме автоматизированного асинхронного электропривода (рис. 2.4) выбираем тиристорный регулятор напряжения ТРН – 3, оптимизированный регулятор напряжения 3- фазной сети 0,4 кВ, 50Гц с высоким КПД.

Функции регулятора напряжения ТРН-3:

Регулятор напряжения ТРН – 3 предназначен для плавного регулирования действующего напряжения на нагрузке вручную или дистанционно в трехфазной стандартной сети 380В, 50Гц во всех фазах одновременно или на каждой фазе независимо. Регулятор напряжения применяется для управления технологическими процессами в промышленности, сельском, коммунальном и других отраслях народного хозяйства.

Общие сведения о регуляторе напряжения ТРН-3:

Регулятор напряжения ТРН – 3 допускает регулирование выходного напряжения с шагом 0,5% от номинального входного напряжения – кнопки «+» и «-» на панели управления

Регулирование выходного напряжения осуществляется переменным резистором на панели управления.

Регулирование напряжения – внешним сигналом 4-20 мА.

Регулятор напряжения ТРН – 3-С имеет функцию стабилизации напряжения с точностью 2% .

Регулятор напряжения сохраняет в памяти последнее значение установленного напряжения.

Известно, что из-за электромагнитных переходных процессов динамические механические и скоростные характеристики АД существенно отличаются от статических и зависят от параметров асинхронного электропривода (значений активных и индукционных сопротивлений, M_c , J и т.д.), начальных условий, вида и закона изменения во времени приложенного к статору питающего напряжения, в связи с чем теоретически может существовать бесконечное множество динамических и электромеханических характеристик.

Прямой пуск двигателя, когда к АД сразу прикладывается номинальное напряжение, характеризуется значительными ударными или динамическими моментами в начальной стадии переходного процесса, которые существенно превышают критический момент статической характеристики; обычно этот момент является знакопеременным, принимая на отдельных участках отрицательные значения. Эти факторы отрицательно влияют на механическую часть электропривода, приводя к возникновению ударов в кинематической передаче, особенно при наличии люфтов и зазоров, существенных динамических моментов в технологических системах, например в системах транспортировки жидкости, что приводит к возникновению аварийных ситуаций, снижает надежность и срок службы насосного агрегата.

Столь неблагоприятные характеристики, соответствующие прямому пуску АД, обусловили поиск решений по реализации управляемого пуска, которые наилучшим

образом осуществляются при использовании тиристорных преобразователей напряжения (ТПН). В этом случае за счет изменения во времени угла открытия тиристора от некоторого максимального значения до значения $\alpha = \varphi$ 1-я гармоника напряжения, приложенного к статору, изменяется от некоторого начального значения (в пределе $U_{1нач} = 0$) до значения $U_1 = U_{1ном}$.

При таком подходе к управлению пуском вид динамических характеристик зависит от времени регулирования напряжения $t_{рег}$, в течение которого и происходит изменение статорного напряжения от значения $U_{1нач}$ до $U_{1ном}$. Как показывают исследования [7], для ограничения ударных моментов в начальном участке пуска до уровня $M_{кр}$ на статической характеристике достаточно обеспечить незначительное время регулирования $t_{рег}$, составляющее 0,02 – 0,06 с.

В связи с этим разными производителями освоен серийный выпуск устройств плавного пуска (системы Soft-Start) на основе ТПН. В настоящее время такие системы находят широкое применение для ограничения динамических моментов АД в переходных режимах, ликвидации ударов в технологической системе, ограничения ускорений и рывков до требуемых значений и т.д. К механизмам, для которых целесообразно использовать устройства плавного пуска, относятся насосы и другие турбомеханизмы.

Коэффициенты затухания, определяющие продолжительность электромагнитных переходных процессов, зависят от скорости и имеют минимальное значение в зоне низких скоростей. Максимумы ударных значений моментов и токов связаны с амплитудным значением переменного напряжения $U_{1ал}$, приложенного к статору двигателя, уменьшаясь при снижении $U_{1ал}$. По этим причинам возрастание статического и суммарного моментов инерции приведет к более длительному пребыванию электропривода в зоне низкой скорости и, следовательно, к наибольшему проявлению электромагнитных процессов, увеличивая число колебаний момента при пуске. С другой стороны, слишком большое время регулирования напряжения статора в переходном процессе приводит к затянутому пуску, возрастанию времени пребывания электропривода в зоне больших скольжений (малых скоростей) и увеличению потерь в меди статора и ротора АД, которые пропорциональны скольжению. Взаимодействие этих факторов, не всегда однозначно влияющих на переходный процесс и уровень энергопотребления, определяет потери энергии при управляемом пуске и их отличие от потерь энергии при прямом пуске.

ВЫВОДЫ:

1 Разработана функциональная схема автоматизированного асинхронного электропривода насосной установки с тиристорным регулятором напряжения, с реализацией закона управления минимума потерь и проанализированы изменения электрических, энергетических и механических параметров асинхронного двигателя.

2. Выявлена и обоснована необходимость использования данной разработанной системы асинхронного электропривода, способствующей улучшению энергетических параметров, как в статических, так и динамических режимах работы асинхронного двигателя насосного агрегата.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУР

1. Имамназаров А.Т. Экстремальный автоматизированный частотно-регулируемый асинхронный электропривод, работающий в режиме минимума тока статора.// Ташкент: Вестник ТашГТУ, 2006. №3. С. 56-59.

2. Имамназаров А.Т., Аъзамова Г.А. Асинхрон моторларнинг энергия тежамкор иш режимлари. Монография. – Тошкент: ТошДТУ, 2015. – 140 б.

3. Хашимов А.А. Электромеханические и тепловые процессы частотно – управляемого асинхронного электропривода. Ташкент: Фан, 1997. 104 с.

4. Булгаков А.А. Автоматическое управление частотно-регулируемыми электродвигателями. М.: Энергоатомиздат, 1983.

5. Вольфберг Д.Б., Макаров А.А. Рациональное использование и экономия топливно-энергетических ресурсов // Современные проблемы энергетики // Под ред. Д.Г. Жиимерина. М.: Энергоатомиздат, 1984.

Aslanova Gulnoz Nasriddinova - a senior teacher of the pulpit " Electroenergetics" of Bukhara engineering- technological institute.

Тел.: (+998 91) 407-85-06. E-mail: [Aslanova Gulnoz@mail.ru](mailto:AslanovaGulnoz@mail.ru).

Асланова Гулноз Насриддиновна – Бухоро муҳандислик-технология институти, “Электроэнергетика” кафедраси катта ўқитувчиси.

Тел.: (+998 91) 407-85-06. E-mail: AslanovaGulnoz@mail.ru.