

ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ПРЕССАМИ С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯМИ

И.Ш. Кадыров, д.т.н, Г.А. Полянинов, к.т.н, Г.Д. Матекова
Филиал Балтийского государственного университета «ВОЕНМЕХ»

Введение. Термин эффективное управление гидропрессовым оборудованием включает в себя такие понятия как:

- повышение производительности гидропрессов;
- снижение расходов на эксплуатацию;
- расширение технологических возможностей;
- облегчение условий труда рабочих и повышение безопасности работы.

При создании систем управления, отвечающим выше перечисленным условиям необходимо учитывать, что управление гидропрессовым оборудованием производится в ручную за счет непосредственного участия оператора. Поэтому первостепенное значение имеет механизация процесса управления, что избавляет оператора от утомительного труда и позволяет управление всеми механизмами пресса производить с пульта.

Производительность гидропресса можно повысить за счет выбора больших скоростей движения ползуна в режиме холостого хода как вниз, так и при обратном ходе, а также мерами, направленными на увеличение скоростей в режиме рабочего хода.

Облегчение условий труда достигается дистанционным управлением гидропрессовым оборудованием за счет сокращения до минимума органов управления.

Постановка задачи. В некоторых отраслях промышленности, особенно в металлообрабатывающей, химической, деревообрабатывающей, наряду с современными гидропрессами эксплуатируются давно устаревшие. В этих условиях повышение эксплуатационных показателей действующего парка гидропрессов путем их модернизации явиться эффективным средством восполнения недостатка новых машин современных конструкций.

Алгоритм функционирования и принципы формирования управляющих напряжений позиционного электропривода гидропресса. В функциональной схеме управления следящим электроприводом гидрораспределителя по системе «Непосредственный преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (НПЧ-АД) (рис.1) формирование управляющих напряжений, обеспечивающих различные режимы работы гидропресса в технологическом процессе изготовления детали, осуществляется блоком задания угловых положений вала распределителя и ползуна. Схема управления гидропрессом содержит два элемента памяти: ЭП1, запоминающего очередной угол поворота вала распределителя относительно углового положения, соответствующей предыдущей позиции ползуна и позволяющей вернуть вал в дальнейшем в исходное положение, ЭП2 с помощью которого запоминается начальное положение рукоятки $\varphi_{нач}$ перед началом очередной фазы движения ползуна.

Наличие двух элементов памяти продиктованы соображениями специфики управления работой гидропресса [1]. Когда рукоятка управления из неподвижного состояния поворачивается в ту или другую сторону, то вал главного распределителя начинает вращаться из исходного положения, при котором его рычаги горизонтальны, в том же направлении до тех пор, пока ползун не разгонится до скорости v_i , определяемой разностью положений рукоятки $\Delta\varphi_i = \varphi_{нач} - \varphi_{кон}$, где $\varphi_{кон}$ – конечное положение рукоятки до начала новой фазы движения

В этих условиях на выходах фазочувствительных выпрямителей (ФЧВ) датчиков угловых положений распределителя и ползуна появляются напряжения, которые поступают на входы устройств выделения абсолютной величины сигнала (УВАВ) и выделяются в виде их абсолютных значений. Реакцией компаратора К1 на суммарный выходной сигнал УВАВ1

и U_{BAB2} будет изменение его выходного напряжения скачком с $-U_{\text{ВЫХ}}$ на $+U_{\text{ВЫХ}}$. Дифференциальная RC цепочка, подключенная на выход $K1$, на этот перепад напряжения

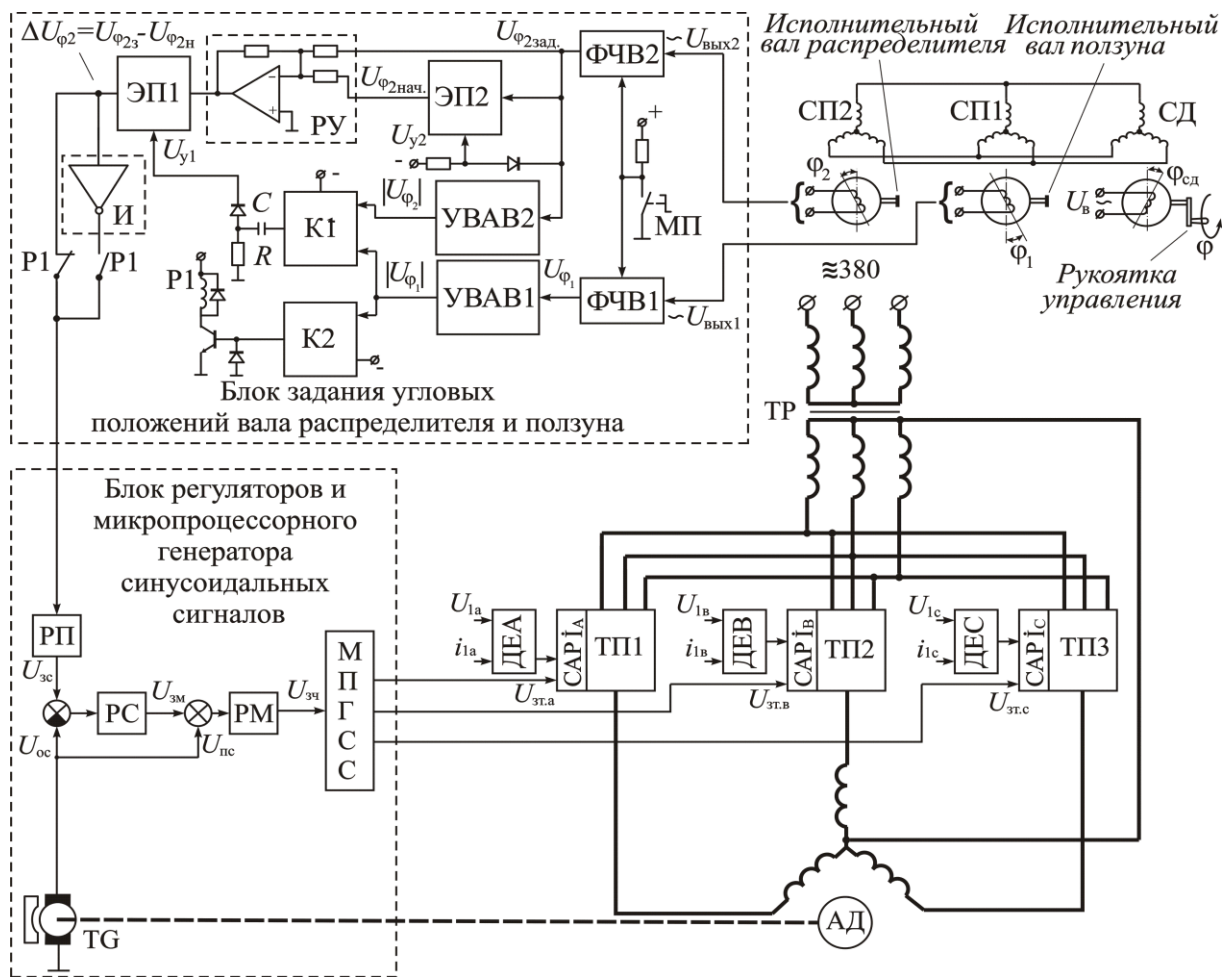


Рис. 1. Функциональная схема управления следящим электроприводом гидрораспределителя прессы.

сформирует короткий сигнал для управления элементом памяти $ЭП1$ и он запомнит сигнал пропорциональный отклонению вала распределителя относительно горизонтали, установив в ячейке памяти информацию с выхода решающего устройства ($РУ$) в виде разности сигналов с уровнем напряжения $\Delta U_{\phi 2} = U_{\phi 23} - U_{\phi 2T}$. С этого момента вал, повернувшийся уже на определенный угол от горизонтали, будет оставаться неподвижным в этом положении даже при напряжении $\Phi ЧВ2$ равным нулю ($U_{\phi 2} = 0$), но ползун будет продолжать своё равномерное движение с заданной скоростью v_1 . В рассматриваемой структуре следящего электропривода с автоматизированным циклом работы точная остановка рабочего органа обеспечивается за счет срабатывания компаратора $K2$ и включения реле $P1$, при достижении выходного напряжения $\Phi ЧВ1$ $U_{\phi 1} = 0$. При этом происходит считывание с ячейки памяти информации о разности сигналов $\Delta U_{\phi 2} = U_{\phi 23} - U_{\phi 2T}$, которая с выхода инвертора I с обратным знаком подается на вход регулятора положения ($РП$) для того, чтобы остановить движение ползуна, возвращением вала распределителя после очередной фиксации рукоятки, в горизонтальное положение. При каждом изменении равномерности движения рукоятки управления, то есть замедлении или ускорении ее движения, вал главного распределителя будет соответственно отклоняться от своего положения и тем самым или еще больше откроет клапаны, или начнет их перекрывать; соответственно будет изменяться и скорость ползуна. Таким образом наличие элемента памяти $ЭП2$ позволяет получить в режиме рабочего хода низкие скорости движения ползуна для более качественной обработки детали.

Функциональная схема следящего электропривода по системе *НПЧ – АД*, соответствующая выравниванию положения вала распределителя содержит регуляторы (*РП* – регулятор положения; *РС* – регулятор скорости; *РМ* – регулятор момента) и является типовой трехконтурной структурой с подчиненным регулированием момента, скорости и положения, оптимизированной методом последовательной коррекции. В составе блока регуляторов имеется микропроцессорный генератор синусоидальных сигналов (*МП ГСС*), с помощью которого на вход системы автоматического регулирования (*САР*) каждого тиристорного преобразователя в составе *НПЧ* подается напряжение задания на ток. Выходные сигналы *МП ГСС* образуют симметричную систему трехфазного напряжения, сдвинутых относительно друг друга на угол 120°

Для формирования токов фаз асинхронного двигателя неискаженной формы необходимо принимать меры для компенсации влияния противо-ЭДС двигателя [2]. Компенсация внутренней связи по ЭДС двигателя может быть осуществлена с помощью положительной обратной связи по ЭДС двигателя, подаваемой на вход (*САР*) каждого тиристорного преобразователя. При разработке узла компенсации ЭДС двигателя необходимо иметь ввиду, что наибольший эффект компенсации может быть достигнут, когда выделяемый сигнал не имеет фазового сдвига. Это предъявляет определенные требования к датчикам ЭДС (*ДЕ*) каждой фазы асинхронного двигателя. Тахогенератор (*ТГ*) в составе блока регуляторов является датчик скорости, с помощью которого на входы *РС* и *РМ* подается сигнал обратной связи по скорости.

Силовая часть электропривода состоит из силового трансформатора (*ТР*), предназначенного для согласования напряжения сети с напряжением питания *АД* и реверсивных тиристорных преобразователей (*ТП*), формирующих токи фаз *АД*.

Формирование статических и динамических механических характеристик при частотном управлении асинхронным двигателем, удовлетворяющем требованиям обеспечения большого диапазона регулирования скорости при удовлетворительном быстродействии, может быть достигнуто созданием полностью управляемого электропривода, работающего с постоянством потока. Необходимость поддержания постоянства потока вытекает из условия обеспечения быстродействия системы, так как изменение потока в переходных процессах сильно сказывается на быстродействии из-за инерционности контура намагничивания.

При выборе закона управления, обеспечивающего постоянство потокосцепления (или статора ψ_1 , или ротора ψ_2 , или в воздушном зазоре ψ_μ), динамика системы будет определяться только незначительной инерционностью, обусловленной потоками рассеяния. В частности, при обеспечении постоянства потокосцепления ротора ψ_2 электромагнитная постоянная времени $T_s = L_2'/R_2'$ принимает минимальное значение, при котором в системе может быть обеспечено максимальное быстродействие.

В функциональной схеме на рис. 1 стабилизация магнитного потока осуществлена за счет использования частотно-токового управления асинхронным двигателем, так как имеются благоприятные условия для достижения удовлетворительных статических и динамических свойств электропривода, основные показатели которых и методы расчета параметров системы управления известны еще со времен проектирования экскаваторных электроприводов по системе *НПЧ – АД* [2].

В основу построения системы частотно-токового управления асинхронного двигателя положен закон поддержания постоянства потокосцеплением ротора ψ_2 . Векторная диаграмма на рис. 2 показывает, что для поддержания потока $\psi_2 = const$ в динамике необходимо, как и во всяком векторном управлении, изменять не только амплитуду I_{1max} , но и фазу φ_1 вектора тока статора \dot{I}_1 , используя соотношения:

$$I_{1max} = \frac{\psi_{2max}}{L_{12}} \sqrt{1 + \frac{L_2^2}{R_2'^2} \omega_{0эл.н}^2 s_a^2}; \quad (1)$$

$$\varphi_1 = \arctg L_2 \omega_{0эл.н} s_a / R_2', \quad (2)$$

где $s_a = (\omega_{0\text{эл.ном}} - \omega_{\text{эл}}) / \omega_{0\text{эл.ном}} = (\omega_0 - \omega) / \omega_{0\text{ном}}$ – абсолютное скольжение, равное отношению отклонения скорости двигателя ω от скорости идеального холостого хода ω_0 при любой частоте f_1 к скорости поля $\omega_{0\text{ном}}$ при частоте $f_{1\text{ном}}$.

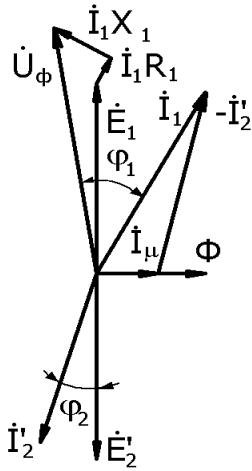


Рис. 2. Векторная диаграмма асинхронного двигателя.

При таком способе система управления преобразователем частоты обеспечивает возможность формирования первой гармоники тока статора, изменяющейся по закону, описываемому уравнением (1). При этом для формирования заданного момента двигателя представляется рациональным применение компенсационного принципа управления с использованием формирующей положительной обратной связи по скорости, подаваемой на вход регулятора момента *PM*. Необходимость такого подхода продиктована трудностью измерения электромагнитного момента из-за отсутствия простых и надежных датчиков и точных способов косвенного измерения момента двигателя, что не позволяет применить управление по отклонению.

Результаты исследований и заключение.

Изложенные выше алгоритмы функционирования прошли предварительные экспериментальные испытания ранее в Новокраматорском машиностроительном заводе, где было произведено замена традиционно применяемого

электропривода постоянного тока по системе *ТП-Д* на комплектный электропривод переменного тока по системе *НПЧ-АД* для клапана гидрораспределителя мощного прессы. Замена электропривода постоянного тока диктовалась необходимостью исключения возможности возникновения тяжелых режимов опрокидывания инвертора, приводящих, как правило, к поломке высокопроизводительного оборудования. Результаты

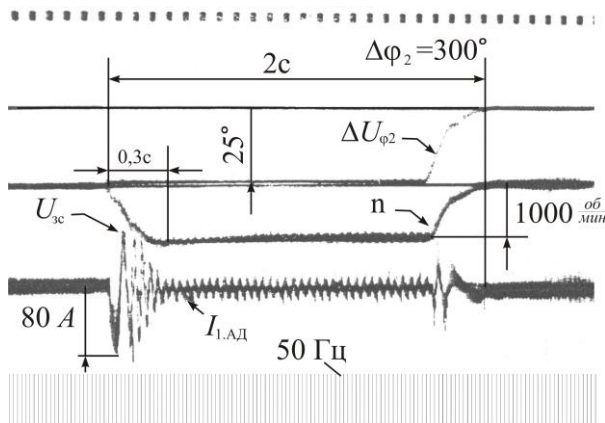


Рис. 3. Отработка электроприводом максимального угла рассогласования.

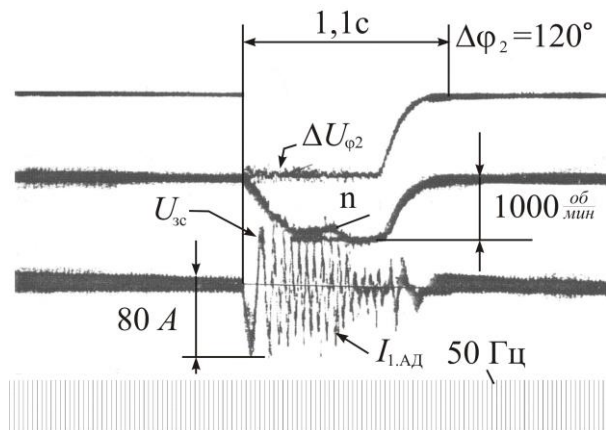


Рис. 4. Отработка рассогласования при пиковом характере нагрузки.

экспериментальных исследований, проведенные на физической модели (рис.3 и рис. 4) подтвердили, что разработанный следящий позиционный электропривод по системе *НПЧ-АД* полностью отвечает требованиям эффективности управления гидравлическими прессами сверхвысоких давлений.

Литература

1. Михеев В.А., Ям В.М., Поляков Б.И. Модернизация гидропрессового оборудования. – М.: Машгиз, 1951 – 251 с.
2. Кадыров И.Ш. Проектирование электромеханических систем для машин автоматического действия. – Бишкек: ИЦ «Текник», 2006. – 211 с.