

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА КОНТУРА ПОЛОЖЕНИЯ СЛЕДЯЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ

Кадыров И.Ш., Полянинов Г.А., Матекова Г.Д.
Филиал БГТУ «ВОЕНМЕХ», E-mail: bgtu_kg@mail.ru

Разработке следящего электропривода гидрораспределителя по системе «Непосредственный преобразователь – асинхронный двигатель» (*НПЧ-АД*) предшествовало проведение исследовательских работ по внедрению этой системы для основных механизмов шагающего экскаватора, поэтому привязка этих схемных решений для получения механических характеристик, обеспечивающих нормальные условия работы рабочего органа пресса, не вызывает особой трудности [1]. В то же время внедрение комплектного электропривода по системе *НПЧ-АД* в электромеханический распределитель гидропресса существенно расширяет область его применения. Предварительные экспериментальные исследования в этом направлении были проведены ранее по просьбе Новокраматорского машиностроительного завода в процессе замены традиционно применяемого электропривода постоянного тока по системе *ТП-Д* на комплектный электропривод переменного тока по системе *НПЧ-АД* для клапана гидрораспределителя мощного пресса. Замена электропривода постоянного тока диктовалась необходимостью исключения возможности возникновения тяжелых режимов опрокидывания инвертора, приводящих, как правило, к поломке высокопроизводительного оборудования.

По своему функциональному назначению электропривод гидрораспределителя должен обеспечивать отработку заданного перемещения исполнительного органа с требуемой точностью и быстродействием при надежном ограничении максимального момента двигателя. Это определяет необходимость использования систем с высокими статическими и динамическими характеристиками. Конкретно для пресса 30000 тонн при наличии редуктора с передаточным отношением $i = 51$, электропривод должен обрабатывать максимальный угол рассогласования $\Delta = 300^\circ$ за время $t_{\text{д}}$, не превышающее 3 с, с ошибкой не более 3° .

Одновременно электропривод гидрораспределителя должен быть прост и надежен в эксплуатации и не вызывать длительных простоев уникального технологического оборудования при отказах.

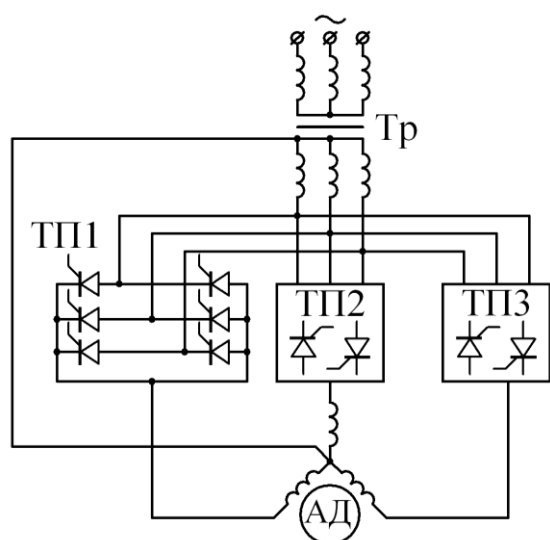


Рис. 1. Принципиальная схема системы *НПЧ-АД* с трехпульсным преобразователем частоты.

Указанным требованиям в полной мере удовлетворяет электропривод по системе *НПЧ-АД* с частотно-токовым управлением, комплектуемый из реверсивных тиристорных модулей, причем требуемые скорости вращения *АД* можно обеспечить трехпульсными схемами *НПЧ* при использовании асинхронных двигателей общепромышленного назначения (рис.1).

Поскольку электроприводы гидрораспределителей являются маломощными, требования к их энергетическим показателям соответственно невысоки и основным критерием рациональной компоновки силовых схем системы становится ее надежность. При этом низкие энергетические показатели симметричных трехпульсных схем *НПЧ* не служат препятствием для их использования при компоновке электроприводов гидрораспределителей.

За последние годы разработке непосредственного преобразователя частоты уделяется большое внимание в связи с преимуществами, характерными для этого преобразователя (удобством компоновки, естественной коммутацией силовых тиристоров), и сопровождается ростом разновидностей силовых схем [1]. Электропривод по системе *НПЧ-АД* применительно к требованиям, предъявляемым к электроприводам гидропресса, обладает наиболее благоприятными возможностями для экономичного регулирования скорости в широком диапазоне. Формирование токов и напряжений формы, требуемой для плавного управления моментом и скоростью двигателя, этим преобразователем обеспечивается тем эффективнее, чем ниже скорость электропривода [2]. При этом в отличие от системы *ТП-Д*, в системе *НПЧ-АД* добавляется в качестве дополнительного элемента лишь задающий генератор, который воздействует на входы отдельных тиристорных преобразователей каждой фазы.

Таким образом, наиболее приемлемой схемой силовых цепей электропривода в этом случае является симметричная трехпульсная схема *НПЧ* с трехфазным двигателем (рис. 1). Действительно, вероятность отказа сразу двух тиристорных комплектов *НПЧ* мала, а при выходе из строя одного модуля электропривода сохраняет управляемость, что подтверждается результатами исследований неполнофазных схем.

Основной функцией электропривода гидрораспределителя является точная отработка дозированных перемещений, что и обуславливает наличие контура положения электропривода. Структурная схема контура регулирования положения приведена на рис. 2. Передаточная функция объекта регулирования этого контура описывается выражением:

$$W_{\text{опп}}(p) = \frac{k_c \cdot k_{\text{п}}}{[1 + (T_{\text{мс}} + T_{\text{дп}})p]p}, \quad (1)$$

где $T_{\text{мс}} = 1/\Omega_{\text{ср}}$ - некомпенсируемая постоянная контура скорости; $T_{\text{дп}}$ - постоянная времени датчика положения.

При настройке на технический оптимум, желаемая передаточная функция контура положения должна соответствовать выражению:

$$W_{\text{ж.п}}(p) = \frac{1/k_{\text{дп}} k_c \cdot}{2T_{\text{уп}} \cdot p(1 + T_{\text{уп}} \cdot p)}. \quad (2)$$

и тогда регулятор положения является пропорциональным:

$$W_{\text{рп}}(p) = \frac{1}{2T_{\text{уп}} \cdot k_c \cdot k_{\text{п}} k_{\text{дп}}}, \quad (3)$$

где $k_{\text{дп}}$ - коэффициент передачи датчика положения; $T_{\text{уп}}$ - некомпенсируемая постоянная времени контура положения.

Позиционный электропривод с рассмотренной системой автоматического регулирования координат был разработан для гидрораспределителя пресса 30000 тонн.

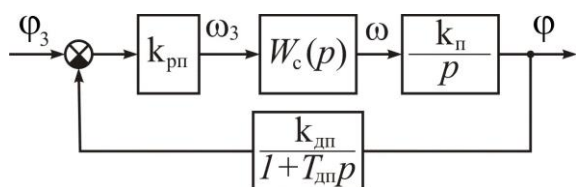


Рис. 2. Структурная схема контура положения позиционного электропривода.

Позиционный электропривод работает только при рассогласованиях $\Delta\varphi_2 = \varphi_{23} - \varphi_{2т} \leq 25^\circ$, определяется выражением:

$$f_{\text{вых.н}} = \frac{\varphi_{\text{max}} i p_{\text{п}}}{2\pi 60 t_{\text{ц. max}}} d, \quad (4)$$

При выборе схемы силовых цепей электропривода гидрораспределителя по системе *НПЧ-АД* отмечалось, что симметричная трехпульсная схема *НПЧ* с трехфазным *АД* наиболее полно отвечает всем требованиям, сформулированным заказчиком. Номинальная выходная частота *НПЧ* с учетом того, что контур положения

где d - коэффициент учитывающий снижение скорости электропривода в зоне позиционирования.

Используя двухполюсную машину ($p_n = 1$) и принимая с запасом $d = 1,2$, получим расчетное номинальное значение частоты выходного тока НПЧ $f_{\text{вых.н}} = 16,3 \text{ Гц}$. Для привода гидро-распределителя была принята за номинальную выходную частоту НПЧ частота $f_{\text{вых.н}} = 17,5 \text{ Гц}$. В функциональной схеме комплектного позиционного электропривода прессы, приведенной на рис. 2 регулятор положения выполнен с насыщением таким образом, чтобы при больших рассогласованиях $\Delta\varphi_2 = \varphi_{23} - \varphi_{21} > 25^\circ$ привод работал с максимальной установившейся скоростью. Силовая часть позиционного электропривода, разработанная для прессы 30000 т, имеет следующие параметры: асинхронный двигатель типа 4А 132 со следующими паспортными данными $P_n = 11 \text{ кВт}$, $U_n = 220/380 \text{ В}$, $I_n = 36/21 \text{ А}$, $n_n = 2950 \text{ об/мин}$, $\cos\varphi_n = 0,9$, $\eta = 0,88$; тахогенератор типа ТМГ-30 с паспортными данными $P_n = 20 \text{ Вт}$, $k_{\text{тг}} = 57,5 \text{ мВ/об/мин}$; редуктор с параметрами $i = 51$ и $J_\Sigma = 0,0288 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; датчик положения с параметрами $k_{\text{дп}} = 19,1$, $T_{\text{дп}} = 0,01 \text{ с}$.

На основании этих данных, приняв в качестве критерия удовлетворительного качества переходного процесса с показателем колебательности $M = 1,1$ и положив $\Omega_{\text{cp}} = 25 \text{ 1/с}$, рассчитаем параметры САР электропривода: $\Omega_0 = 10,7 \text{ 1/с}$; $T_2 = 0,44 \text{ с}$; $k_\Sigma = 173$; $T_3 = 0,008 \text{ с}$; $k_{\text{pc}} = 0,47$; $k_c = 12,6$; $k_n = 0,0196$; $T_{\text{м.п}} = 0,03 \text{ с}$; $k_{\text{рп}} = 2,12$.

При проведении промышленных испытаний на макетном образце гидрораспределителя прессы 30000 т решалась задача оценки статических и динамических показателей синтезированной системы, а также точности позиционирования в системе автоматического регулирования положения электропривода.

Механические характеристики системы приведены на рис. 3. Как и проектировалось, статическая ошибка по скорости равна нулю, а максимальный момент двигателя надежно ограничен стопорным значением как в двигательном, так и в генераторном режимах работы электропривода.

Динамические показатели контура скорости электропривода характеризуются осциллограммой на рис. 4, где отражены процессы при реверсе электропривода в холостую на максимальных скоростях. Реверс электропривода происходит за время $0,2 \text{ с}$, а перерегулирование не превышает 5%, что свидетельствует о высоких динамических свойствах системы.

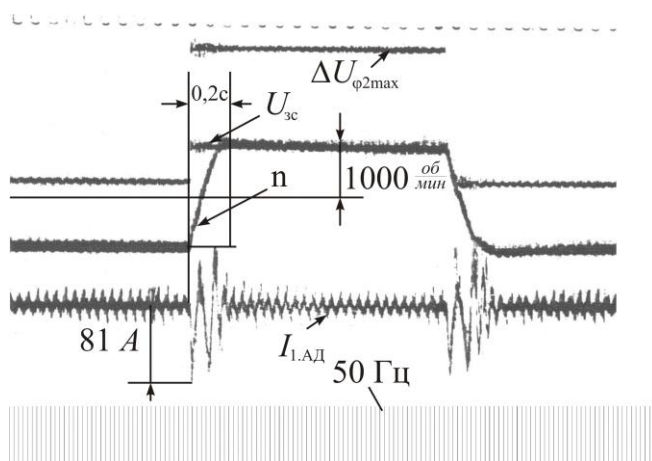


Рис. 4. Осциллограмма, характеризующая динамические свойства контура регулирования скорости.

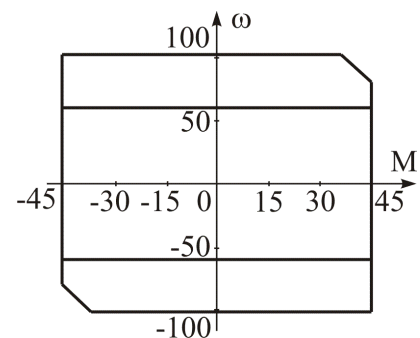


Рис. 3. Механические характеристики электропривода

Результаты промышленных испытаний позиционного электропривода гидрораспределителя при обработке заданных перемещений иллюстрируются осциллограммами на рис. 5. На рис. 5 показаны наиболее тяжелые режимы работы электропривода при открытии клапана гидрораспределителя. При полностью закрытом клапане, момент нагрузки электропривода максимален и уменьшается по мере открытия клапана. Полученные результаты

свидетельствуют о том, что переходные процессы в рабочих циклах протекают плавно и практически без перерегулирования и, в то же время с высоким быстродействием. Время отработки максимального рассогласования не превышает 2 с, а ошибка позиционирования, как показали измерения на установке, составляет не более 2°.

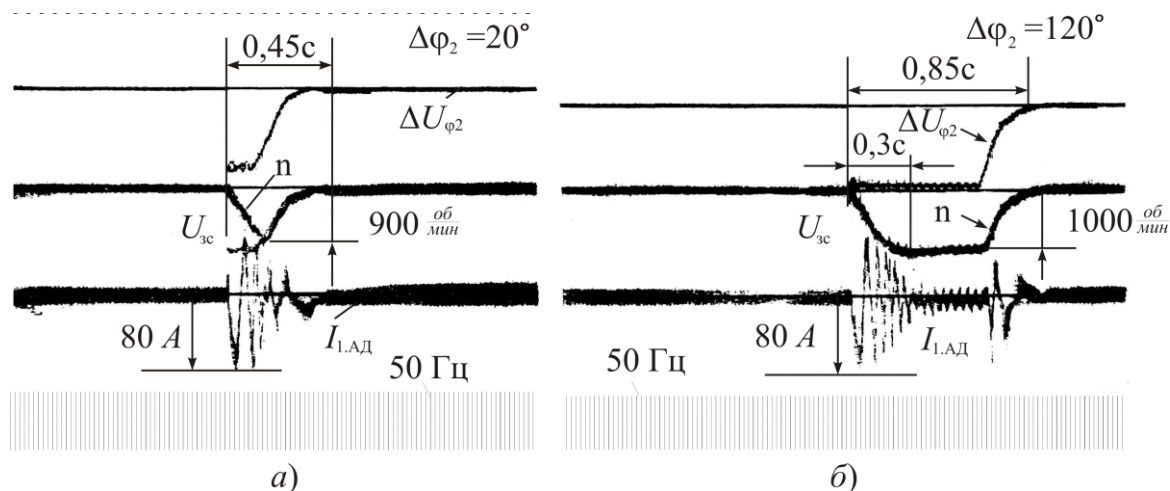


Рис. 5. Отработка электроприводом гидрораспределителя заданных рассогласований: а) $\Delta\varphi_2 = 20^\circ$, б) $\Delta\varphi_2 = 120^\circ$.

Промышленные испытания подтверждают, что статические и динамические характеристики разработанного позиционного электропривода по системе *НПЧ-АД* полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к следящему электроприводу гидрораспределителя прессы 30000 т.

Литература

1. Кадыров И.Ш. Проектирование электромеханических систем для машин автоматического действия. – Бишкек: ИЦ «Текник», 2006. – 211 с.
2. Ключев В.И., Кадыров И.Ш., Частотно-токовое управление экскаваторами электроприводами по системе ПЧНС-АД // Тр. Моск. Энерг. ин-т, Вып.570, 1982.- С. 69- 76.