

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В БЕСЧЕЛНОЧНОМ ТКАЦКОМ СТАНКЕ С АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Э.Ф. ШАДРИН, ЛИ ХУНЦЗЮАНЬ, Л.В. ЛИНЬКОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

В современных высокопроизводительных ткацких станках зарубежных фирм – Picanol (Нидерланды), Tsudakoma (Япония), Dichl (Австрия) – используется инерционный электропривод, укомплектованный электродвигателями с повышенным моментом инерции ротора. Частота вращения главного вала станков с таким электроприводом находится в пределах $600 \div 1000$ об/мин.

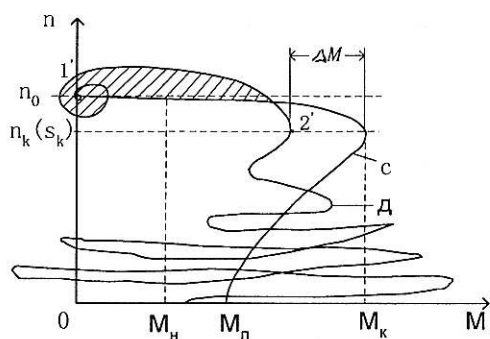


Рис. 1

Использование указанного электропривода вызвано тем, что при подключении асинхронного электродвигателя станка к сети возникает колебательный электромагнитный момент (рис.1) со значительными амплитудами на начальном участке переходного процесса. Электромагнитные переходные процессы практически полностью затухают до частоты вращения n_k , соответствующей критическому скольже-

нию s_k на статической характеристике C электродвигателя. При скольжении, меньшем критического, токи в электродвигателе резко изменяются по величине с изменением частоты вращения. При этом вследствие влияния индуктивностей обмоток изменение токов отстает от изменения частоты вращения [1].

Указанный электромагнитный момент приводит к повышению нагрузок на кинематические звенья станка и электропривода, а также создает трудности при регулировании частоты вращения. Улучшение динамики возможно при определенных соотношениях электромагнитных постоянных времени обмоток и момента инерции ротора электродвигателя. При этом увеличение постоянных времени и снижение момента инерции ротора приводит к тому, что при синхронной частоте вращения токи ротора, как и момент двигателя, могут быть не равны нулю. Это приводит к увеличению его частоты вращения до значения, выше синхронной (рис.1, т.1) и генераторному режиму работы.

Таким образом, основными требованиями к асинхронному электродвигателю в составе инерционного электропривода является малое значение потери момента ΔM (рис.1) при набросе и сбросе нагрузки [2], линейность рабочей части как динамической D , так и статической C механической характеристики без перевода элек-

тродвигателя в генераторный режим, максимальное значение расстройки ω/k [3] и, как следствие, уменьшение коэффициента динамичности k_d системы ткацкий станок – электродвигатель, а также равенство частот вращения главного вала станка при пуске и в установившемся режиме.

Общим недостатком станков с инерционным электроприводом, ограничивающим их надежность и производительность, является износ кинематических узлов и особенно звена упругой связи [3], значительные массогабаритные показатели приводной части и отсутствие плавного регулирования частоты вращения в ходе технологического процесса.

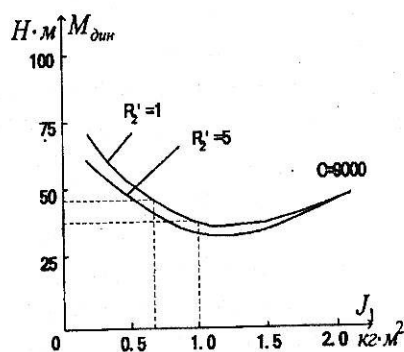


Рис. 2

На рис.2 и 3 представлены зависимости, рассчитанные в соответствии с упомянутыми уравнениями для разных соотношений $M_{дин}$ и $M_{упр}$. Здесь J_1 – момент инерции ротора, $кг·м^2$; c – жесткость передачи, $Н·м/рад$; R_2 – приведенное сопротивление ротора, $Ом$.

Из графиков следует, что снижение момента инерции ротора от экстремального значения с 1,0 до 0,7 $кг·м^2$ увеличивает динамический момент на 10 $Н·м$, но уменьшает нагрузку в упругой передаче на $6 \div 12 Н·м$.

Ограничить рост динамического момента на главном валу станка возможно регулированием напряжения питания на зажимах приводного электродвигателя, работая на линейной части его механической характеристики и увеличивая кинетическую энергию вращающихся масс при пуске, что приводит к устранению несоот-

Ограничить износ кинематики инерционного электропривода возможно, изменяя соотношение динамических $M_{дин}$ и упругих $M_{упр}$ моментов, распределяя их на другие узлы и звенья станка.

Используя систему дифференциальных уравнений асинхронного электродвигателя [(1)...(7), 3], уравнения для механической части станка при пуске [(8)...(10), 3] и в установившемся режиме [(11)...(12), 3], определим значения приведенных к валу электродвигателя динамических $M_{дин}$ и упругих $M_{упр}$ моментов в кинематических звеньях станка.

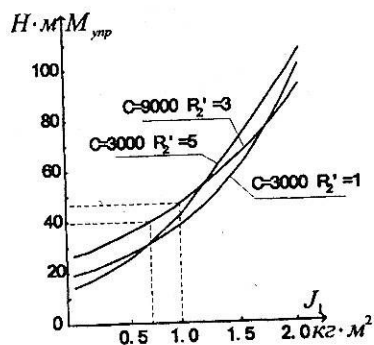


Рис. 3

ветствия в параметрах настройки нитепрокладывающего механизма и повышению надежности инерционного электропривода. При этом линейная скорость нитепрокладчика тем больше, чем больше частота вращения вала двигателя и чем меньше величина параметра настройки h [4], а также нагрузка на главный вал станка.

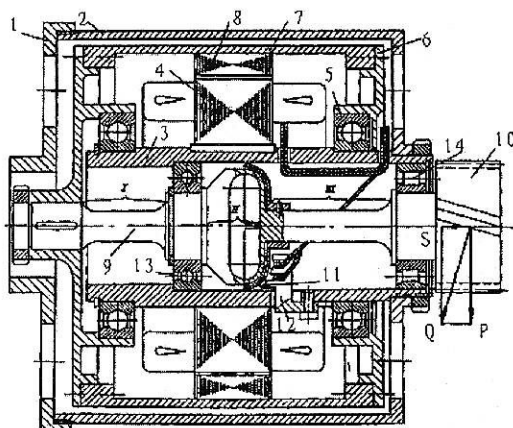


Рис.4

На рис.4 приведен эскиз конструкции разработанного авторами электродвигателя с внешним ротором. Электродвигатель имеет основание 1, соединенное с кожухом 2, внешний ротор 7 и торсионный упругий вал 9 с полым цилиндрическим каркасом 3, на котором расположен статор 4. Наружные кольца подшипников 5, на которых установлен каркас, закреплены в подшипниковых щитах 6, соединенных с корпусом 7, в который запрессовано железо 8 ротора.

В каркасе 3 размещен торсионный вал 9, одним концом связанный с корпусом 7, а другим – с косозубой шестерней 10. В средней части вала 9 закреплен сферообразный якорь 11 индуктивного преобразователя 12. При нагружении вала 9 переменной результирующей силой Q (рис.4) участки вала I и III под действием радиальной силы P работают на кручение, а под действием осевой силы S средняя кольцеобразная часть II работает на сжатие и растяжение.

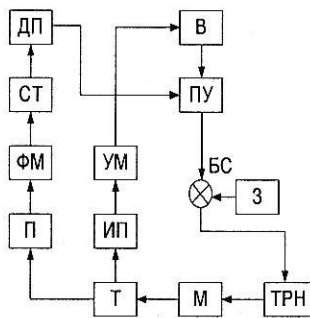


Рис.5

Блок-схема системы управления (рис.5) инерционным электроприводом включает индуктивный преобразователь ИП, подключенный через уравновешенный мост УМ, выпрямитель В, пороговое запоминающее устройство ПУ и сумматор БС к регулятору напряжения ТРН, питающему трехфазную обмотку электродвигателя М, приводящего в движение посредством торсионного вала Т (рис.4), косозубой передачи П с пониженным передаточным отношением и фрикционной муфты ФМ ткацкий станок СТ, на главном валу которого закреплен датчик угла поворота ДП.

Привод работает следующим образом. После включения электродвигателя М с

передачей П и ведущей половиной муфты ФМ задатчиком 3 устанавливают требуемое значение частоты вращения ведущей половины муфты ФМ. Пуск станка осуществляют включением муфты ФМ. В период нагружения электродвигателя при разгоне станка момент нагрузки на торсионном валу Т возрастает, упругий момент частей I и III и упругая сила средней части II вала ограничивают амплитуду динамического момента. Одновременно деформация части II приводит к перемещению якоря и изменению индуктивного сопротивления преобразователя ИП.

В момент разгона станка, когда использование энергии вращающихся масс становится неэффективным, а сигнал преобразователя ИП достаточным для срабатывания устройства ПУ, напряжение на обмотке двигателя мгновенно возрастает до сетевого. Это способствует быстрому нарастанию частоты вращения главного вала к началу первой прокладки уточной нити до значения установившегося режима.

Дальнейшее нарастание частоты вращения замедляется подачей на вход устройства ПУ запирающего импульса от датчика ДП. Станок СТ с момента первой прокладки уточной нити начинает работать в установившемся режиме со средней скоростью, установленной задатчиком 3.

Элементы электропривода ткацкого станка (ИП, УМ, В и ПУ) не участвуют в регулировании скорости в установившемся режиме, так как момент нагрузки на торсионном валу, на который настроено пороговое устройство ПУ, имеет место только в процессе разгона, а торсионный вал Т продолжает ограничивать амплитуду динамического момента, создаваемого механизмами ткацкого станка.

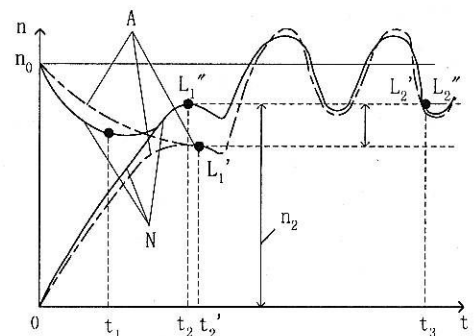


Рис. 6

На рис.6 представлены типовые характеристики разгона станка на проектную скорость, полученные по методике расчета [4]. Здесь А – кривая изменения частоты вращения электропривода и главного вала станка в период пуска и в установившемся режиме со штатным электродвигателем; N – то же с инерционным электродвигателем; p_0 – частота вращения ведущей половины муфты ФМ, установленная задатчиком З; $t=0$ – момент включения муфты ФМ; t_1 – момент включения электродвигателя М на напряжение, соответствующее рабочей частоте вращения станка; t_2 – момент включения электродвигателя М на напряжение, ранее заданное (начало первой прокладки уточной нити); t_2 – момент начала первой прокладки уточной нити в станке со штатным электродвигателем; t_3 – момент начала прокладки второй уточной нити; Δn_1 – разность частот вращения перед началом первой прокладки уточной нити и в работе, со штатным электродвигателем (точки L_1 и L_2 на кривой А); n_2 – частота вращения главного вала станка перед началом первой прокладки уточной нити и в работе с инерционным электроприводом (точки L_1 и L_2 на кривой N).

Из рис.6 следует, что частоты вращения главного вала в существующих ткацких станках перед началом первой и второй прокладок уточной нити (кривые А) не равны (Δn_1 , точки L_1 и L_2). Это приводит к дополнительным нагрузкам на нитепрокладывающий механизм при работе станка. Указанные частоты вращения главного вала ткацкого станка с инерционным элект-

троприводом перед первой прокладкой равны (точки L_1 и L_2 на кривой N имеют одинаковую ординату n_2).

Следовательно, скорости подачи уточной нити из одной рапиры в другую как в период пуска, так и в установившемся режиме будут также равны. Это позволяет уменьшить амплитуды динамического момента в кинематических звеньях ткацкого станка, упростить конструкцию передачи и сократить ее габариты.

ВЫВОДЫ

Снижение динамических нагрузок на механизмы ткацкого станка и ограничение момента в передаче с упругим торсионным валом достигаются уменьшением момента инерции ротора электродвигателя и регулированием питающего его напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов М.М. и др. Электромагнитные переходные процессы в асинхронном электроприводе. – М.: Энергия, 1967.
2. Иванов-Смоленский А.В. Влияние скорости изменения скольжения на момент асинхронной машины // Электричество. – 1950, № 6.
3. Шадрин Э.Ф. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, № 6.
4. Горьков В.К. Динамика процессов пуска и останова ткацкого станка. – М.: Легкая индустрия. 1974.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 20.04.05.