

621.398
С 59

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ
ОРДЕНА ЛЕНИНА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени В. И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)

Г.Г.Соколовский

ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ
СПЕЦИАЛЬНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

РАЗДЕЛ II

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
СТДЕЛОЧНЫХ СТАНКОВ ДЛЯ БУМАГИ

Конспект лекций для студентов

специальности

0629

Книги ФБ СПб ГЭТУ



U2063I

Ленинград

1971

ГЛАВА I. ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОПРИВОДУ. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИЛОВОЙ ЧАСТИ ПРИВОДА

1. Конструкция современных отделочных станков и технологический процесс

Бумага, изготавливаемая на бумагоделательной машине (БМ) и сматываемая на накате машины в первичный рулон, должна быть перемотана. В процессе перемотки удаляются бракованные участки полотна, производится продольная резка на полосы стандартной ширины. После этого полотно сматывается в рулоны определенного диаметра, отправляемые заказчику. Такая обработка проводится на продольно-резательных станках (ПРС). Ряд сортов высококачественных бумаг после машины проходит дополнительную отделку на суперкаландре (СК), в которых бумага проходит между валами, подобно тому, как это происходит в каландре бумагоделательной машины. В процессе такой отделки полотно бумаги уплотняется, выравнивается его толщина по ширине, бумага приобретает дополнительную поверхностную гладкость. К отделочным станкам относят и так называемые саморезки, на которых бумага режется на листы.

Кинематическая схема ПРС в наиболее распространенном ис-

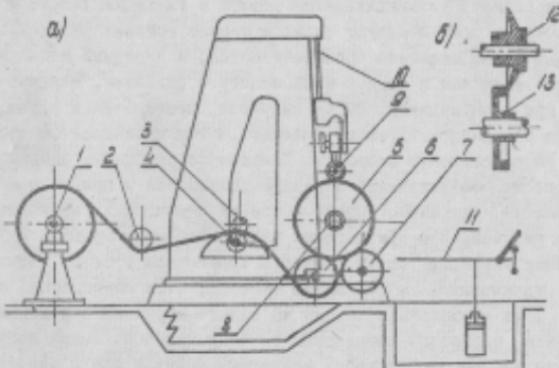


Рис. II-1

полнении представлена на рис. II-1,а. Первичный рулон устанавливается в подшипниках раската I. В процессе резки и перемотки полотно бумаги проходит через бумаговедущий валик 2, ножевой блок 3 и 4, огибает один из несущих валов 6 и, уже разрезанное, наматывается в готовые рулоны 5 на картонных гильзах 8. Рулоны 5 лежат на несущих валах 6 и 7, которые являются приводными. Более плотной намотке способствует давление на рулоны со стороны прижимного вала 9. Трос 10 связывает каретку прижимного вала с гидравлическим цилиндром, давление в котором автоматически меняется так, что давление между рулоном и несущими вальми остается примерно постоянным вне зависимости от радиуса рулона.

Ножевой блок показан на рис. II-1,б, где 12 - дисковый нож, 13 - чашечный нож. Скорость ножей должна быть на 10-20% выше скорости полотна. Это обеспечивает чистый рез. Ножи могут иметь индивидуальный привод (часто от асинхронных двигателей с частотным регулированием). Натяжение полотна создается путем создания тормозного момента на раскате с помощью специального тормозного устройства.

Цикл работы на станке состоит из следующих операций. Первичный рулон устанавливается в подшипниках раската. На несущие валы (накат) устанавливается штанга с гильзами, число и длина которых соответствуют числу и ширине готовых рулонов. Первичный рулон медленно проворачивается, и передний конец полотна заправляется в станок и на штангу с гильзами. Верхние ножи 3 при этом подняты. После заправки, проворачивая рулон в обратную сторону, натягивают полотно. Затем производится пуск стакана на заправочную скорость. В процессе работы на заправочной скорости обслуживающий персонал убеждается в правильном ходе полотна, опускаются ножи, после чего скорость увеличивается до рабочей. При приближении радиуса готовых рулонов к требуемому значению осуществляется торможение станка. Готовые рулоны ставятся на подъемный стол II, стол опускается, и рулоны идут в упаковку. Обычно из одного первичного рулона получается несколько комплектов готовых рулонов. Тогда перед следующим циклом производится установка новых гильз и заправка. При обрыве полотна бумаги на станке или подходе бракован-

ного участка бумаги в первичном рулоне станок останавливается, бракованный участок удаляется, края бумаги обрезаются и склеиваются, затем следует пуск на заправочную скорость и разгон.

ПРС является станком, обслуживающим определенную бумагоделательную машину. В то время как ЕМ - агрегат непрерывного действия, станок работает циклически. Чтобы он успел переработать всю бумагу, вырабатываемую машиной, его рабочая скорость должна быть в 2-3 раза выше скорости ЕМ. В современных скоростных станках она достигает 2000 м/мин и более.

Отличие процесса отделки бумаги на СК от отделки на машинном каландре состоит в первую очередь в том, что полотно проходит между металлическими и так называемыми набивными валами. Набивные валы изготавливаются обычно из различных сортов бумаги: хлопковой, шерстяной, асBESTОВОЙ и т.п., в зависимости от требований к упругости валов.

На стальной вал - сердечник - надеваются листы бумаги, специально изготовленные для набивки валов и имеющие в центре отверстие, диаметр которого соответствует диаметру сердечника. Эта бумажная набивка прессуется в осевом направлении и захватывается на сердечнике между двумя массивными шайбами. После этого вал протачивается и шлифуется. Применение таких валов способствует лучшему контакту бумаги сошлифованным металлическим валом и ее проскальзыванию по нему. Кроме того, в результате деформации набивных валов выделяется тепло, которое, действуя на увлажненную перед каландрированием бумагу, способствует приданию ей поверхностного лоска за счет контакта с металлическим валом.

В суперкаландрах для придания бумаге двухсторонней гладкости, к которым относится и СК, кинематическая схема которого приведена на рис. II-2, валы 3 и 6 - металлические. Затем металлические и набивные валы чередуются и, наконец, 4-й и 5-й валы снизу - оба набивные (набивные валы застрихованы).

Бумага сматывается с первичного рулона, установленного на раскате I. Она проходит между всеми валами суперкаландра через бумаговедущие валики 2, 4. Отделанная бумага сматывается в рулон на периферическом накате такой же конструкции, как

и в БМ. Вращение валам суперкаландря сообщается от нижнего приводного вала 6. Давление между валами создается не только за счет веса валов, но и гидравлическими прижимами, действующими на подшипники верхнего вала 3. При заправке, которая осуществляется на заправочной скорости, дополнительное давление снижается. Барабан периферического наката 7 имеет свой электропривод.

Раскат оборудуется тормозным устройством. Цикл работы СК близок к циклу ПРС. В отличие от последнего обычно один рулон 8 перематывается вся бумага с первичного рулона. Затем этот отделанный рулон идет на продольную резку или режется на листы. Поэтому время работы СК, отнесенное к времени перезаправки, больше, чем на ПРС, и требуется несколько меньшее превышение скорости суперкаландря над скоростью бумагиной, которую он обслуживает.

2. Требования к электроприводам отделочных станков

Основные требования к электроприводам отделочных станков можно разделить на требования к управлению двигателями главного привода и к регулированию и поддержанию натяжения полотна бумаги.

Управление главными двигателями. Главными двигателями, которые приводят в движение станок, являются двигатели несущих валов наката ПРС и двигатели приводного вала (вал 6 на рис. П-2) и наката СК. Главный привод должен работать в широком диапазоне скоростей от заправочной (15-35 м/мин) до рабочей.

К точности поддержания заправочной скорости не предъяв-

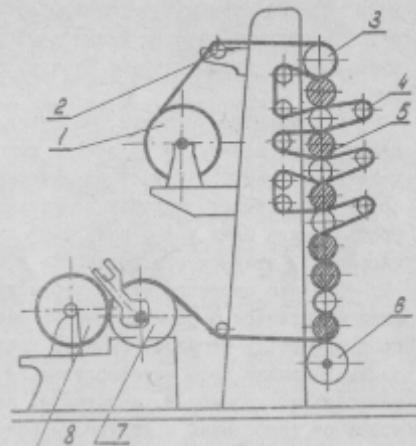


Рис. II-2

ляется высоких требований, но она должна обеспечиваться устойчиво при значительных колебаниях нагрузки. Обычно длительность работы на заправочной скорости не превышает 10-15 мин в час.

Переход от заправочной к рабочей скорости должен осуществляться с максимально возможным ускорением. Величина ускорения должна поддерживаться постоянной в процессе разгона и торможения станка. Тенденция к увеличению рабочих скоростей приводит к необходимости увеличения и ускорений. Повышение скорости без соответствующего увеличения ускорения вело бы к тому, что верхняя скорость не использовалась бы. На наиболее высокоскоростных ПРС величина ускорения по данным [2] достигает для газетных бумаг $16-20 \frac{\text{м/мин}}{\text{сек}}$, а для более прочных сортов бумаг — в 2-3 раза больше. Установленная рабочая скорость должна поддерживаться с точностью порядка $\pm (1+3)\%$. Особенно важно это на суперкаландрах, где нужно изменять давление на валы без изменения скорости.

Торможение обычно осуществляется более интенсивно, чем разгон. По данным той же книги [2], на ПРС для газетной бумаги замедление составляет $36-46 \frac{\text{м/мин}}{\text{сек}}$. Кроме нормального торможения, в процессе которого осуществляется поддержание натяжения бумаги, должно быть предусмотрено экстренное торможение при обрыве. Обычно оно осуществляется как электрическое с последующим наложением механического тормоза.

Когда накат представляет собой два несущих вала, на которых лежат готовые рулоны (рис. П-1), должна быть предусмотрена возможность перераспределения нагрузки между ними. Благодаря этому оказывается возможным в известной степени влиять на плотность намотки рулона.

Поддержание натяжения бумажного полотна между накатом и раскатом ПРС, между накатом и валами и между валами и раскатом СК является обязательным условием качественной резки и отделки бумаги. За счет регулировки и поддержания натяжения в большой степени обеспечивается требуемая плотность намотки готового рулона. Значительная часть бумаги, особенно на высокоскоростных продольно-резательных станках и суперкаландрах,

обрабатывается в процессе разгона и торможения станка. Как качество реза, так и плотность намотки готового рулона не должны зависеть от того, работает станок на установившейся скорости или ускоряется.

Точность поддержания натяжения должна быть не ниже $\pm 10\%$. Иногда считают возможным несколько снизить требования на время разгона и торможения станка и допускают в этот период уменьшение точности до $\pm 15\text{--}20\%$.

Должна быть предусмотрена возможность изменять установленную величину натяжений в диапазоне 2-4. Требуемая величина натяжения должна создаваться и примерно поддерживаться при работе отделочного станка на заправочной скорости. Для того, чтобы в момент пуска станка на заправочную скорость полотно было уже натянуто, нужно, чтобы тормозное устройство позволяло создать натяжение бумаги и из неподвижном станке.

К числу других требований относятся:

- Возможность разворота первичного рулона в процессе заправки. Пока производится заправка, рулон должен с низкой скоростью вращаться в сторону разматывания. По окончании заправки его надо повернуть в обратную сторону до выбора слабины.
- Создание главным двигателем пускового момента, достаточного для того, чтобы тронуть станок с места. Особое внимание на это должно быть обращено в электроприводе СК, где коэффициент трогания при применении подшипников качения составляет 1,5-2, а при использовании подшипников скольжения возрастает до 5-6.
- Осуществление реверса главного привода СК из заправочной скорости.

3. Системы электропривода отделочных станков

Необходимость в плавном регулировании скорости станка в широких пределах обусловила выполнение привода отделочных станков, как привода постоянного тока. Главные двигатели получают питание от рабочих преобразователей в виде генераторов постоянного тока или тиристорных преобразователей. Одним из рабочих режимов является режим замедления станка. Когда осуществляется рекуперативное торможение главного двигателя, тиристорный преобразователь выполняется по реверсивной схеме.

Тормозной момент на раскате создается либо с помощью ме-

ханического, пневматического, поршневого или какого-либо другого тормоза, либо с помощью электрической машины постоянного тока в тормозном режиме.

Зависимости скорости вращения вала раската и тормозного момента от радиуса остаются теми же, что и в осевых накатах (п.5 гл. IV раздела I [8]). Полезная мощность натяжения при постоянных скорости станка и натяжении остается постоянной независимо от радиуса.

Если тормозное устройство соединено с валом раската через редуктор Р с передаточным числом $i_p = \frac{\omega_r}{\omega_p}$ (рис. II-3), то в установившемся процессе перемотки создаваемый им момент должен изменяться по закону

$$M_p = \frac{M}{i_p} - \Delta M, \quad (\text{II-1})$$

где $M = F_{p_0} \gamma_p$ — полезный момент на валу раската;

F_{p_0} — требуемая величина натяжения полотна бумаги на раскате;

γ_p — текущее значение радиуса рулона раската;
 ΔM — момент потерь в передачах от рулона раската к тормозному устройству, приведенный к валу тормоза.

Если в первом приближении пренебречь потерями, положив $\Delta M=0$, то можно считать, что при данном натяжении тормозное устройство должно работать с моментом, пропорциональным радиусу рулона. Величина момента при данном радиусе рулона не зависит от скорости перемотки V .

Тормозной момент поршневого тормоза (ПТ на рис. II-3) регулируется путем изменения тока в обмотке возбуждения. Это позволяет создать систему автоматического регулирования, которая будет создавать требуемый закон изменения момента на валу раската в зависимости от радиуса рулона.

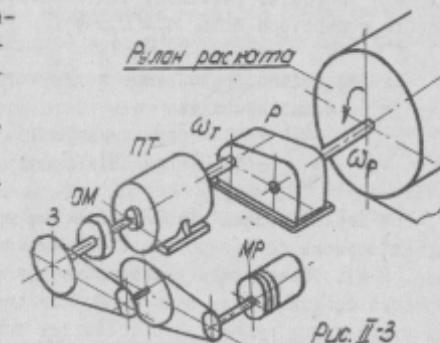


Рис. II-3

Недостатком такого способа торможения является потеря мощности натяжения. Кроме того, необходимо предусмотреть специальное устройство для разворота рулона в процессе заправки. На рис. П-3 предусмотрен мотор-редуктор *) МР, соединенный с валом раската через цепные передачи. Обгонная муфта ОМ расцепляет вал ПТ и выходную звездочку З цепной передачи, когда заправка произведена, и скорость вала станет выше скорости звездочки З.

В большинстве случаев для создания тормозного момента на раскате современного ПРС или СК применяют тормозные генераторы постоянного тока, включаемые в САР регулирования натяжения. На время заправки тормозной генератор переводится в двигательный режим. В большинстве случаев соединение тормозного генератора с валом раската осуществляется без редуктора. Поэтому в дальнейшем будем считать $I_p = I_r$.

Пренебрегая потерями в подшипниках раската и потерями вращения тормозного генератора, можно на основании (П-1) при $\Delta M = 0$ написать, учитывая, что электромагнитный момент тормозного генератора есть $M_r = C_{nr} \Phi_r I_r$,

$$C_n \Phi_r I_r = F_p \gamma_p. \quad (\text{П-2})$$

Следовательно, если нужно поддержать постоянство натяжения F_p , можно изменять

$$\Phi_r = \gamma_p \quad \text{при} \quad I_r = \text{Const}; \quad (\text{П-3})$$

$$I_r = \gamma_p \quad \text{при} \quad \Phi_r = \text{Const}; \quad (\text{П-4})$$

$$\Phi_r I_r = \gamma_p. \quad (\text{П-5})$$

На первый взгляд наиболее простым решением является нагрузка тормозного генератора Т на симметрическое сопротивление R_h (рис. П-4). Назначением вольтодобавочного преобразователя ВДП является создание тока в якорной цепи тормозного генератора при неподвижном рулоне, что позволяет создать начальное натяжение полотна, а также обеспечивает наличие натяжения при ма-

*) Мотор-редуктор — асинхронный двигатель, выполненный в одном корпусе с понижающим редуктором.

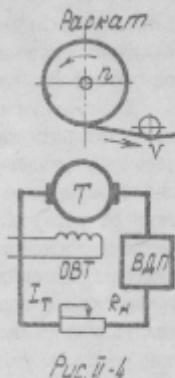


Рис. П-4

лых скоростях вращения тормозного генератора, когда его эдс мала. При изменении радиуса рулона наиболее удобно воздействовать на поток возбуждения тормозного генератора. Тогда на основании (П-2) получим

$$\frac{\Phi_r}{\gamma_p} = \frac{F_p}{C_{nr} I_r}. \quad (\text{П-6})$$

При поддержании постоянства натяжения надо менять поток пропорционально радиусу, а ток тормозного генератора I_r должен быть постоянным. Величина тока должна быть пропорциональна величине натяжения. Если бы эдс ВДП была равна нулю, то

$$I_r = \frac{E_r}{R_z} = \frac{C_{er} \Phi_r N_r}{R_z} = \frac{C_{er} \Phi_r}{R_z} \cdot \frac{V \cdot 60}{2 \pi \gamma_p},$$

где E_r — эдс тормозного генератора;

Φ_r, N_r — поток тормозного генератора в вб и его скорость в об/мин;

R_z — суммарное сопротивление якорной цепи;

C_{er} — конструктивная постоянная тормозного генератора в $\frac{\text{в}}{\text{вб} \cdot \text{об/мин}}$.

Скорость станка, т.е. линейная скорость полотна здесь и далее измеряется в м/сек, т.к. в дальнейшем нам придется иметь дело с ускорениями, которые при измерении скорости в м/мин пришлось бы отсчитывать в $\frac{\text{м/мин}}{\text{сек}}$, что неудобно.

Очевидно, что для поддержания тока при соблюдении условия $\frac{\Phi_r}{\gamma_p} = \text{Const}$, необходимо поддерживать еще постоянство соотношения $\frac{V}{R_z} = \text{Const}$ при любых, в том числе и весьма малых, скоростях станка. Однако сопротивление якорной цепи R_z никогда не может стать меньше сопротивления якорной цепи тормозного генератора и внутреннего сопротивления ВДП R_h . Поэтому необходимо выбрать величину эдс ВДП такой величине падения напряжения в тормозном генераторе и ВДП от требуемого тока I_r :

$$E_{\text{вдп}} = I_r R_h. \quad (\text{П-7})$$

Тогда $E_{\text{вдп}} + E_r = I_r (R_h + R_s)$, откуда $E_r = I_r R_h$ и

$$I_r = \frac{C_{er} \Phi_r}{R_h} \cdot \frac{V \cdot 60}{2 \pi \gamma_p}. \quad (\text{П-8})$$

В качестве тормозного генератора могут быть выбраны либо обычный генератор постоянного тока с независимым возбуждением, либо машина, рассчитанная на широкие пределы регулирова-

ния потока возбуждения,—обычно двигатель с регулированием скорости вращения изменением поля главных полюсов, работающий в режиме динамического торможения.

Одним из недостатков такой схемы наряду с тем, что вся мощность натяжения теряется, является известное техническое неудобство, связанное с необходимостью менять пропорционально скорости перемотки полотна V . В отчете НИИ АЭО "Электросила" № 2506I "Изыскание и исследование систем электропривода продольно-резательных станков" показано, что необходимость в этом отпадает, если применена система регулирования тока тормозного генератора, эталонное напряжение на выходе которой пропорционально произведению $\sqrt{m} \cdot V$.

Действительно, если по-прежнему пренебречь потерями, то есть разницей между электромагнитным моментом тормозного генератора и полезным моментом, для схемы рис. II-4 напряжение потока будет

$$F_p = \frac{M_T}{\chi_0} = \frac{C_{MF} \Phi_I I_I}{\chi_0}$$

Если соблюдается условие (II-7), то

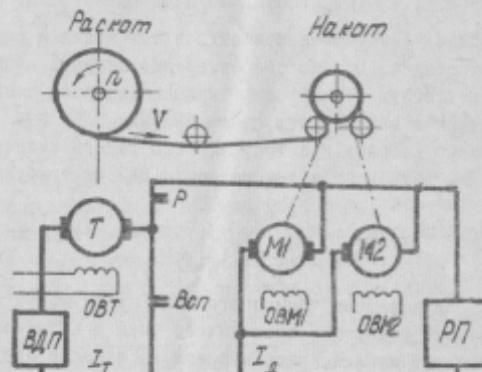
$$I_r = \frac{C_{er} \Phi_r R_r}{R_H} = \frac{C_{er} \Phi_r V_{BD}}{2\pi \gamma_p R_H}$$

Выразив отсюда Φ_t и подставляя его в выражение для напряжения, получим

$$F_p = \frac{2\bar{\lambda}}{6D} \cdot \frac{C_{nr}}{C_{er}} \cdot \frac{R_n}{V} I_r^2. \quad (II-9)$$

Отсюда очевидно, что, если $R = V$, то ток тормозного генератора должен быть пропорционален $\sqrt{F_p}$, а если $R = \text{const}$,

то $-\sqrt{F_p} \sqrt{V}$.
Однако можно по-
казать, что
для реализации
такого управле-
ния пришлось бы



= 12 = Puc. II-5

значительно повысить установленную мощность тормозного генератора.

Наиболее экономичными являются системы, в которых тормозная машина в режиме рекуперативного торможения работает на встречную эдс. Эта эдс может быть постоянной при данной скорости перемотки во всем диапазоне изменения радиуса рулона либо изменяться с изменением радиуса. В первом случае встречной эдс является противоэдс двигателя, который сообщает движение полотну, врачаая несущие валы периферического наката ПРС или валы СК, и на который работает тормозной генератор. Будем называть такую схему схемой с общими шинами. Для ПРС она показана на рис. II-5. Потери мощности в системе возмещаются рабочим преобразователем РП. Для того, чтобы обеспечить начальное натяжение при неподвижном станке в якорной цепи тормозного генератора, также нужно иметь вольтодобавочный преобразователь ВДП, эдс которого должна покрывать падение напряжения в якорной цепи тормозного генератора и внутреннем сопротивлении ВДП от требуемого тормозного тока I_g , а также в якорной цепи двигателя от тока двигателя I_d . Тормозной генератор при отключенном рабочем контакте Р и включенном Всп может работать в двигательном режиме на размотку полотна в процессе заправки, получая питание от ВДП.

$$I_t = \frac{E_t + E_{\text{бат}} - U_d}{R}, \quad (II-10)$$

где $\frac{U_d}{R_t}$ — напряжение на зажимах двигателя;
 R_t — сопротивление якорной цепи тормозного генератора и БИ.

Выражая U_A через эдс двигателя E_d и его ток I_d , можно написать, что

$$I_T \left(I + \frac{I_A}{I_T} \cdot \frac{R_A}{R_T} \right) = \frac{E_T + E_{BEN} - E_A}{R_T}$$

где R_A — сопротивление якорной цепи двигателя.

В рассматриваемой схеме ток тормозного генератора в процессе перемотки остается постоянным. Приблизительно постоянным можно считать и ток I_A , если момент статических сопротивлений станка не зависит от скорости. Обозначив $\frac{I_A}{I_I} = \alpha$, получим

$$I_r = \frac{E_r + E_{\text{бал}} - E_d}{R_x}, \quad (\text{II-10}')$$

где $R_x = R_t + dR_A$.

Наиболее удобным способом регулирования является такой, когда в процессе перемотки поддерживается равенство эдс тормозного генератора и противодействующего двигателя:

$$E_r = E_d.$$

При каждой данной скорости перемотки эдс постоянна, а следовательно, постоянна и эдс тормозного генератора. Поскольку

$$E_r = C_{er} \Phi_r \frac{V \cdot 60}{2 \pi \gamma_p};$$

$$E_d = C_{ed} n = C_{ed} K_d V \cdot 60,$$

где K_d — постоянный коэффициент пропорциональности между скоростью вращения двигателя и линейной скоростью полотна в м/мин,

то, приравнивая правые части, получим, что поток тормозного генератора должен быть пропорционален радиусу рулона

$$\Phi_r = K \gamma_p, \quad (\text{II-II})$$

$$\text{где } K = K_d \frac{C_{ed} \cdot 2 \pi}{C_{er}}, \frac{60}{n}.$$

При постоянном токе тормозного генератора в процессе перемотки на данной скорости должна оставаться постоянной и эдс вольтодобавочного преобразователя

$$E_{\text{бал}} = I_r R_x.$$

Удобство такого способа регулирования состоит в том, что требуемая величина тормозного момента может быть создана на любой скорости вращения тормозного генератора и даже при неподвижном рулоне, если какой-то регулятор, воздействуя на цепь возбуждения, создает поток тормозного генератора, пропорциональный радиусу рулона, а ВДП обеспечивает протекание якорного тока, соответствующего заданной величине натяжения. Эдс тормозного генератора должна быть равна эдс двигателя при любом, в том числе и при максимальном, значении радиуса рулона, когда его скорость вращения при данной скорости станка мала. Машинка, работающая в качестве тормозного генератора, должна быть поэтому рассчитана на широкие пределы регулирования потока, чтобы создать требуемую эдс при пониженной скорости

вращения.

Возможна работа тормозного генератора на встречную эдс отдельного преобразователя П1 (рис. II-6). При использовании машинных преобразователей П1-

это двигатель постоянного тока, который отдает мощность на приводной вал двигателя переменного тока, вращающего рабочий генератор. В схеме со статическими преобразователями это — тиристорный пре-

образователь, работающий в инверторном режиме. эдс преобразователя П1 может не зависеть от радиуса рулона и изменяться только со скоростью станка. В этом случае сказанное выше о схеме рис. II-5 остается справедливым. ВДП не требуется, т.к. эдс, равная $I_r R_x$, при неподвижном станке может быть создана преобразователем П1.

Другим возможным режимом работы схемы с отдельными преобразователями является такой, при котором поток возбуждения тормозного генератора остается все время неизменным.

Тогда по мере размотки рулона эдс тормозного генератора увеличивается за счет увеличения скорости вращения тормозного генератора. Система автоматического регулирования натяжения должна так воздействовать на эдс преобразователя П1, чтобы, в соответствии с требованием (II-4), ток тормозного генератора изменялся пропорционально радиусу рулона.

В отличие от предыдущей схемы, в которой мощность торможения за вычетом потерь возвращалась в цепь постоянного тока, в рассматриваемой схеме эта мощность возвращается либо на вал рабочего генератора, либо через тиристорный преобразователь

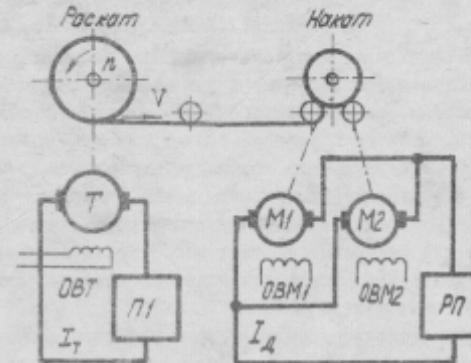


Рис. II-6

в сеть переменного тока.

ГЛАВА II. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ЧАСТИ. СХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОТДЕЛОЧНЫХ СТАНКОВ.

I. Уравнения моментов привода

На отделочных станках нормальным рабочим режимом является размотка полотна бумаги с рулона на раскате. На продольно-резательных станках и суперкаландрах полотно после обработки снова сматывается в рулоны. Поэтому даже при работе станка на установленвшейся скорости возникают динамические усилия, связанные с изменением радиусов рулонов на накате и раскате. В процессе разгона и торможения к ним добавляются усилия, необходимые для ускорения маховых масс. При изменении скорости станка часть этих усилий передается через полотно бумаги, влияя на величину натяжения.

Рассмотрим процесс перемотки на ПРС. Упрощенная кинематическая схема приведена на рис. II-7. Несущие валы периферийского наката врачаются через редукторы Р1 и Р2 двигателями наката М2 и М1. Благодаря этому вращается рулон наката. Через полотно бумаги усилие передается на раскат, на валу которого тормозным устройством Т создается тормозной момент. Таким образом, через полотно бумаги, кроме усилий, необходимых для преодоления момента, создаваемого тормозным устройством на раскате, и момента потерь в раскате, передаются усилия динамические, связанные с изменением угловой скорости раската

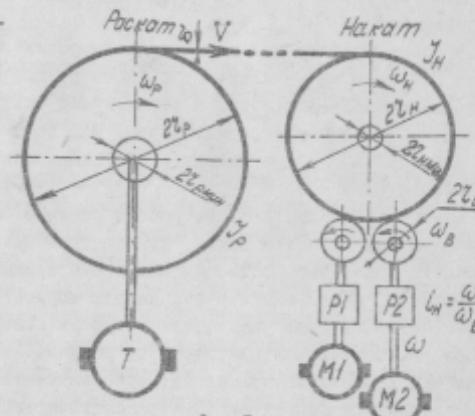


Рис. II-7

для преодоления момента, создаваемого тормозным устройством на раскате, и момента потерь в раскате, передаются усилия динамические, связанные с изменением угловой скорости раската

в процессе разгона станка и при изменении радиуса рулона. Момент инерции рулона в процессе размотки тоже изменяется. Однако это изменение связано с реальным изменением массы рулона, а следовательно, и изменением запасенной в нем кинетической энергии.

Будем при определении динамических моментов в соответствии с [3, § 3-8] исходить из дифференциального уравнения теоремы количества движения, которое для случая вращательного движения записывается в виде

$$M_{dp} dt = J_p d\omega_p + (\omega_p - \omega_n) dJ_p, \quad (II-12)$$

где J_p — момент инерции раската, изменяющийся в связи с изменением массы рулона;

ω_p — угловая скорость рулона раската;

ω_n — угловая скорость частиц бумаги, уходящих с рулона.

Поскольку, конечно, $\omega_n = \omega_f$, второе слагаемое в выражении (II-12) равно нулю. Тогда "динамический" момент раската отделочного станка с учетом того, что $V = \omega_p J_p$, а следовательно,

$$\frac{d\omega_p}{dt} = \frac{1}{J_p} \frac{dV}{dt} - \frac{\omega_p}{J_p} \frac{dJ_p}{dt}, \quad (II-13)$$

можно записать в виде:

$$\left. \begin{aligned} M_{dp} &= M_{d1} + M_{d2}, \text{ где} \\ M_{d1} &= \frac{J_p}{J_p} \frac{dV}{dt}; \\ M_{d2} &= \frac{J_p \omega_p}{J_p} \frac{dJ_p}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (II-14)$$

Составляющая M_{d1} определяется необходимостью создать ускорение $\frac{dV}{dt}$ при данном радиусе рулона, а M_{d2} — необходимостью увеличивать скорость вращения рулона при данной скорости полотна по мере уменьшения радиуса рулона.

Момент инерции раската включает в себя момент инерции собственно рулона бумаги J_b и тамбурного вала вместе с тормозным устройством J_t .

$$J_t = m \rho^2, \quad (II-15)$$

где $m = \gamma \cdot 10^3 \pi (r_p^2 - r_{pmax}^2) B$ — масса бумаги в кг;

γ — плотность в $\text{г}/\text{м}^3$;

B — ширина полотна в м.

Остальные обозначения ясны из рис. II-7.

Радиус инерции определяется выражением

$$\beta^2 = \frac{\gamma_p^2 + \gamma_{\rho \min}^2}{2}$$

Тогда выражение для момента инерции раската записывается в виде

$$J_p = J_s + J_r = J_{\rho p} + \frac{\gamma \cdot 10^3 \mathcal{K} B}{2} \gamma_p^4, \quad (\text{II-16})$$

где через $J_{\rho p}$ обозначена постоянная величина

$$J_{\rho p} = J_s - \frac{\gamma \cdot 10^3 \mathcal{K} B}{2} \gamma_{\rho \min}^4.$$

Тогда

$$M_{d2} = -\left(\frac{\gamma \cdot 10^3 \mathcal{K} B}{2} \gamma_p^2 V + \frac{J_{\rho p} V}{\gamma_p^2}\right) \frac{d\gamma_p}{dt}. \quad (\text{II-17})$$

Связь между радиусом рулона γ_p и скоростью полотна V может быть установлена, если записать выражения для изменения объема рулона раската ΔQ_p за время t , когда радиус меняется от $\gamma_{\rho \max}$ до γ_p :

$$\Delta Q_p = \mathcal{K}(\gamma_{\rho \max}^2 - \gamma_p^2)B;$$

$$\Delta Q_p = \ell B \delta,$$

где $\ell = \int_0^t V dt$ — длина полотна, размотанного за время t ;
 δ — толщина полотна.

Тогда радиус рулона есть

$$\gamma_p = \sqrt{\gamma_{\rho \max}^2 - \frac{\delta}{\mathcal{K}} \int_0^t V dt}, \quad (\text{II-18})$$

а его производная

$$\frac{d\gamma_p}{dt} = -\frac{\delta V}{2\mathcal{K}\sqrt{\gamma_{\rho \max}^2 - \frac{\delta}{\mathcal{K}} \int_0^t V dt}} = \frac{\delta V}{2\mathcal{K}\gamma_p}. \quad (\text{II-19})$$

Подставляя в формулу (II-17) последнее выражение, а также имея в виду, что на основании (II-16)

$$\frac{\gamma \cdot 10^3 \mathcal{K} B}{2} = \frac{J_p - J_{\rho p}}{\gamma_p^2},$$

можно написать, что

$$M_{d2} = \frac{J_p \delta}{2\mathcal{K}} \cdot \frac{V^2}{\gamma_p^3}. \quad (\text{II-20})$$

Весь динамический момент раската на основании (II-14) будет:

$$M_{dp} = M_{d1} + M_{d2} = \frac{J_p}{\gamma_p} \frac{dV}{dt} + \frac{J_p \delta}{2\mathcal{K}} \cdot \frac{V^2}{\gamma_p^3}. \quad (\text{II-21})$$

В этой формуле $[J_p] = \mathcal{K}^2 M^2$; $[V] = \frac{M}{\text{сек}}$; $[\frac{dV}{dt}] = \frac{M}{\text{сек}^2}$; $[\delta] = M$.

Характер изменения основных величин в процессе перемотки для цикла, в течение которого наматывается комплект готовых рулонов, показан на рис. II-8. В момент времени t_1 после окончания заправки и работы в течение времени t_{30} на заправочной скорости V_{30} станок начинает разгоняться с постоянным ускорением и в момент времени t_2 достигает установленной скорости V_g . После работы в течение времени t_y на рабочей скорости в момент времени t_3 начинается торможение, и в момент t_4 станок останавливается.

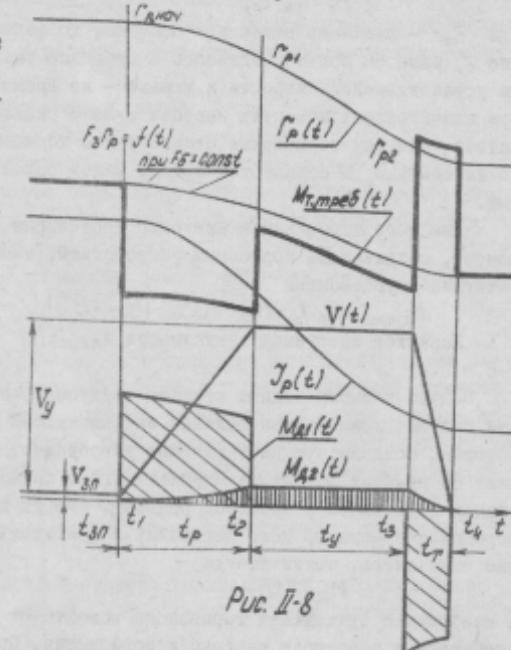


Рис. II-8

Для раската можно записать уравнение моментов

$$F_p \gamma_p = M_T + M_{dp}.$$

Здесь $F_p \gamma_p$ является движущим моментом, т.к. именно за счет того, что на периферии рулона приложено передаваемое через полотно усилие F_p , происходит вращение раската. M_T — тормозной момент, создаваемый тормозным устройством на валу раската.

Составляющие момента M_{dp} показаны на рисунке. Как видно из рисунка и формулы (II-21), составляющая M_{d1} положительна в процессе разгона и отрицательна при торможении станка, составляющая же M_{d2} всегда положительна. Поскольку практически всегда $M_{d2} \ll M_{d1}$, полный динамический момент раската положи-

муда П-19), можно показать, что $\frac{d\gamma_n}{dt} = \frac{\delta V}{2\pi \gamma_n}$. Подставив это в (П-25) и поделив результат на $i_n \frac{\gamma_n}{\gamma_b}$ для приведения к валам двигателей наката, получим

$$M_{dn} = \frac{\gamma_b}{i_n \gamma_n} \cdot \left(\frac{\gamma_n}{\gamma_b} \frac{dV}{dt} - \frac{\gamma_b \delta}{2\pi} - \frac{V^2}{\gamma_n^2} \right), \quad (\text{П-26})$$

где, если пренебречь ничтожно малым моментом инерции гильз, на которые наматываются рулоны, а также считать $\gamma_{min} = 0$, момент инерции рулонов наката есть

$$\gamma_b = \frac{1 \cdot 10^3 \cdot K_B}{2} \gamma_n^4. \quad (\text{П-27})$$

Если бы устройство компенсации влияния инерционных масс раската осуществляло точную компенсацию динамического момента раската M_{dp} , то есть соблюдалось бы равенство (П-22) и $M_t = M_{t, треб}$, то, в силу равенства $M_t + M_{dp} = F_{sp} \gamma_p$, момент двигателей наката был бы

$$M_{nk} = M_{cm} + F_{sp} \frac{\gamma_b}{\gamma_n} + M_{dn}, \quad (\text{П-28})$$

где $M_{dn} = M_{dn} + M_{dc}$.

При компенсации только составляющей M_{dp} сюда добавится еще приведенная к валам двигателей наката составляющая M_{dc} (Формула П-20). Как правило, составляющая, не зависящая от $\frac{dV}{dt}$, невелика, и можно в первом приближении считать, что динамический момент двигателя наката существует только в периоды разгона и торможения станка.

Различие от ПРС в суперкаландре существуют двигатель, который приводит во вращение валы суперкаландра, и двигатель наката. Для главного двигателя суперкаландра уравнение моментов может быть записано следующим образом:

$$M_{ck} = M_{cm} + \frac{\gamma_{sp}}{i_s \gamma_p} (M_t + M_{dp}) + M_{dc} - F_{sp} \gamma_{sp}, \quad (\text{П-29})$$

где M_{cm} – приведенный момент статических сопротивлений станка без наката;

γ_{sp} – радиус ведущего вала суперкаландра (вал 6 на рис. П-2);

i_s – передаточное число редуктора между ведущим валом и главным двигателем;

$M_{dc} = \frac{i_s}{\gamma_b} \gamma_c \frac{dV}{dt}$ – динамический момент, необходимый для ускорения станка;

- 22 -

F_n – натяжение полотна между накатом и суперкаландром.

При полной компенсации динамического момента раската

$$\frac{\gamma_{sp}}{i_s \gamma_b} (M_t + M_{dp}) = F_{sp} \frac{\gamma_{sp}}{\gamma_p}$$

и динамический момент, который должен создавать двигатель валов, определяется только необходимостью обеспечить ускорение валов суперкаландра.

Момент, который должен развивать двигатель наката, состоит из момента потерь в элементах наката M_{cm} , момента, необходимого для создания натяжения полотна F_n в промежутке между накатом и суперкаландром, и динамического момента M_{dn} . Он, определяется выражением (П-26), где под γ_b понимается диаметр барабана наката (7 – на рис. П-2), а под i_n – передаточное число редуктора между ним и двигателем наката:

$$M_{nk} = M_{cm} + F_n \frac{\gamma_b}{\gamma_n} + M_{dn}. \quad (\text{П-30})$$

2. Определение установленной мощности и выбор элементов силовой части схемы привода отделочных станков

По характеру работы отделочные станки относятся к циклически работающим машинам. Каждый цикл включает в себя режимы разгона и торможения, поэтому двигатели, преобразователи и тормозные устройства должны выбираться с учетом динамических токов. Вместе с тем длительность цикла может быть различной и составлять величину от нескольких минут на быстроходных ПРС, особенно при переработке толстой бумаги или картона и сматывании их в рулоны небольшого диаметра, до десятков минут и даже нескольких часов на саморезках, где скорость невелика и продолжительность цикла определяется временем сматывания бумаги с первичного рулона.

Выбор тормозных устройств. Если в качестве тормозного устройства используется порошковый тормоз, то его выбор производится по максимальному требуемому моменту. Он проверяется по среднеквадратичной мощности. Построение графика мощности, рассеиваемой тормозом, не составляет труда, если известны графики тормозного момента и скорости вращения. Полученная среднеквадратичная мощность не должна превышать мощность, допустимую для тормоза.

Как уже упоминалось выше, большинство отделочных стакнов оборудуется тормозными генераторами. Нагрузка тормозного генератора зависит не только от режима работы станка, но и от схемы силовой части привода.

Если тормозной генератор работает на активное сопротивление или на общие шины параллельно с преобразователем РП (рис. П-4 и П-5), то поток тормозного генератора изменяется пропорционально радиусу разматываемого рулона в соответствии с выражением (П-11). Если, например, речь идет о НРС, то коэффициент пропорциональности между скоростью станка и скоростью вращения двигателя есть

$$K_d = \frac{f}{V_{60}} = \frac{f}{V_{60} \cdot \frac{2\pi}{L_p} \gamma_s} = \frac{i_n}{\Phi T_s}$$

Поэтому коэффициент пропорциональности между потоком возбуждения и радиусом рулона раската будет

$$K = \frac{C_{st}}{C_{er}} \cdot \frac{i_n}{L_p \gamma_s} \quad (\text{П-31})$$

Предполагая, что система компенсации влияния инерционных масс раската компенсирует только составляющую M_{d1} и можно по-прежнему пренебречь разницей между электромагнитным моментом тормозного генератора и полезным моментом, ток тормозного генератора получим в виде

$$I_t = \frac{M_t}{C_{st} \Phi_t} = \frac{F_{sp} \gamma_p - M_{d1}}{C_{st} K} \cdot \frac{f}{\gamma_p} = \frac{F_{sp}}{C_{st} K} - \frac{M_{d1}}{C_{st} K} \cdot \frac{f}{\gamma_p} \quad (\text{П-32})$$

Первое слагаемое есть установленный ток, который зависит лишь от величины заданного натяжения, второе – динамическая составляющая тока. Поскольку $M_{d1} = \frac{\gamma_p}{\gamma_p} \cdot \frac{dV}{dt}$, а γ_p определяется выражением (П-16), второе слагаемое при данном значении $\frac{dV}{dt}$ является функцией радиуса рулона.

При работе тормозного генератора на отдельный преобразователь ПИ (рис. П-6) и воздействии на напряжение последнего поток тормозного генератора будет неизменным. Если режимы работы машин выбраны так, что он равен номинальному значению

$$\Phi_{th} = \text{Const}, \text{ то } I_t = \frac{f_{sp} \gamma_p}{C_{st} \Phi_{th}} - \frac{M_{d1}}{C_{st} \Phi_{th}} \quad (\text{П-33})$$

В этом случае как первая составляющая тока, соответствующая режиму перемотки с постоянной скоростью, так и вторая ди-

намическая составляющая являются функциями радиуса рулона. Вид графиком токов для первого и последнего цикла перемотки на НРС приведен на рис. П-9. График 1 относится к работе тормозного генератора на общие шины, график 2 – на отдельный преобразователь при постоянном потоке Φ_t .

Расчет нагрузки тормозного генератора должен производиться по среднеквадратичному току. Расчет носит поверочный характер, поэтому предварительно следует

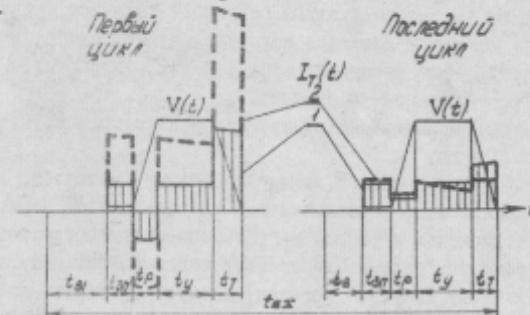


Рис. П-9

тормозной генератор по максимальному моменту, соответствующему максимальному натяжению полотна, либо по опыту проектирования такого рода приводов. Полный цикл работы станка, в течение которого перематывается весь первый рулон, состоит обычно из ряда частных циклов. Особенно это характерно для НРС, где частным циклом является показанный на рис. П-8 цикл намотки одного комплекта готовых рулонов. В зависимости от продолжительности частного цикла режим работы привода станка можно считать повторно-кратковременным или длительным с переменной нагрузкой. Как известно [3], ГОСТ относит к повторно-кратковременному такой циклический режим, в котором продолжительность цикла не превышает 10 мин. В соответствии с этим, если время одного частного цикла, состоящего из времени работы на заправочной скорости, намотки одного комплекта готовых рулонов и пауз, во время которой снимаются готовые рулоны и производится заправка, не превышает 10 мин, то за цикл для расчета среднеквадратичного тока следует принять полный цикл размотки первого рулона. В противном случае за эквивалентный ток следует принять среднеквадратичный ток за наиболее тяже-

лый частный цикл.

Одно из затруднений, которое встречается при выборе тормозного генератора так же, как и остальных машин привода станка, состоит в том, что каждый станок рассчитывается на работу в различных режимах:

- a) может задаваться различная величина натяжения полотна;
- б) может меняться величина рабочей скорости и ускорения;
- в) может меняться сорт, а следовательно, и толщина обрабатываемой бумаги;
- г) может меняться требуемый диаметр наматываемых рулонов и др.

Это вызывает изменение величин моментов, длительности циклов и соотношения между длительностями периодов разгона, торможения и работы на установившейся скорости. Выбор в таких условиях режима, соответствующего наибольшему среднеквадратичному току, по которому следует проверить выбранную машину, оказывается обычно достаточно сложным. Для определения его приходится производить ряд прикидочных расчетов.

Выбранная машина должна быть проверена на перегрузочную способность по максимальному току.

Интересно сравнить между собой, с точки зрения габарита устанавливаемого тормозного генератора, системы с работой тормозного генератора на обеих шинах при изменяющемся потоке возбуждения и на отдельный преобразователь при постоянном потоке. Произвести такое сравнение в общем виде затруднительно, т.к. для этого надо сравнивать величины среднеквадратичных токов, что удобно делать лишь для конкретного случая. Поэтому рассмотрим гипотетический случай перемотки очень тонкой бумаги на низкой скорости. В этом случае радиус рулона меняется очень медленно, а время частного цикла настолько велико, что тормозной генератор успевает нагреться до установившейся температуры за время, пока радиус рулона раската почти не изменился. Выбор тормозного генератора тогда следует проводить по тому, соответствующему установленному режиму перемотки с максимальным натяжением без учета динамических режимов, продолжительность которых мала по сравнению с временем установленного режима.

Будем считать, что при работе тормозного генератора на отдельный преобразователь поток тормозного генератора равен номинальному значению Φ_{th} . Тогда максимальный якорный ток будет определяться максимальным заданным натяжением $F_{y, \text{ макс}}$ и максимальным радиусом рулона раската:

$$I_{\text{тот, макс}} = \frac{M_t}{l_p C_{th} \Phi_{th}} = \frac{F_{y, \text{ макс}} \cdot \gamma_{\text{дмакс}}}{l_p C_{th} \Phi_{th}} \quad (\text{II-34})$$

В то же время скорость тормозного генератора близка к номинальной при самой высокой скорости вращения рулона, т.е. при максимальной скорости станка $V_{\text{макс}}$ и минимальном радиусе рулона $\gamma_{r, \text{мин}}$. Если это условие выполняется точно, то номинальная эдс тормозного генератора

$$E_{th} = C_{et} \Phi_{th} \cdot I_{th} = C_{et} \Phi_{th} \cdot \frac{V_{th} \cdot 60}{2 \pi \gamma_{\text{дмакс}}} \quad (\text{II-35})$$

Тогда электромагнитная мощность, характеризующая требуемую установленную мощность тормозного генератора в вт, с учетом (II-34) и (II-35) будет

$$P_{\text{тот, th}} = E_{th} I_{\text{тот, макс}} V_{th} \frac{\gamma_{\text{дмакс}}}{\gamma_{\text{дмин}}} \quad (\text{II-36})$$

В схеме с общими шинами тормозной генератор должен быть рассчитан на широкие пределы регулирования потока. Поскольку поток возбуждения должен меняться пропорционально радиусу рулона, то в идеальном случае эти пределы должны быть

$$\frac{\Phi_{th, \text{ макс}}}{\Phi_{th, \text{ мин}}} = \frac{\gamma_{\text{дмакс}}}{\gamma_{\text{дмин}}} \quad (\text{II-37})$$

Тогда номинальная эдс получается при нижней номинальной скорости $P_{th, \text{ мин}}$ и потоке $\Phi_{th, \text{ макс}}$ и при верхней номинальной скорости $P_{th, \text{ берх}}$ и потоке $\Phi_{th, \text{ мин}}$:

$$E_{th} = C_{et} \Phi_{th, \text{ макс}} P_{th, \text{ мин}} = C_{et} \Phi_{th, \text{ макс}} \cdot P_{th, \text{ берх}}$$

Если при минимальном радиусе рулона на верхней скорости скорость вращения тормозного генератора равна $P_{th, \text{ берх}}$, то

$$E_{th} = C_{et} \Phi_{th, \text{ макс}} \frac{V_{th} \cdot 60}{2 \pi \gamma_{r, \text{ мин}}}$$

Максимальный ток тормозного генератора

$$I_{\text{тот, макс}} = \frac{F_{y, \text{ макс}} \cdot \gamma_{\text{дмакс}}}{l_p \cdot C_{th} \Phi_{th, \text{ макс}}} \cdot$$

Тогда с учетом этих выражений

$$P_{\text{тот, макс}} = E_{th} \cdot I_{\text{тот, макс}} = F_{y, \text{ макс}} \frac{\Phi_{th, \text{ макс}}}{\Phi_{th, \text{ мин}}} \cdot \frac{\gamma_{\text{дмакс}}}{\gamma_{\text{дмин}}} \cdot$$

Учитывая (П-37), получим

$$P_{\text{одн}} = F_{\text{зрмаке}} V_{\text{паке}}, \quad (\text{П-38})$$

то есть в пренебрежении потерями установленная мощность тормозного генератора в схеме с отдельным преобразователем в нашем идеализированном случае в $\frac{\zeta_{\text{д, макс}}}{\zeta_{\text{д, низ}}}$ раз больше полезной мощности натяжения, а в схеме с общими шинами равна ей.

Следует, однако, отметить, что это не означает, что габариты тормозного генератора во втором случае будут меньше, чем в первом, т.к. машина, рассчитанная на широкие пределы регулирования потока, при данной мощности выполняется в значительно большем габарите, чем машина той же мощности без широкого регулирования поляем. На графике рис. П-10, построенным на основании каталоговых данных для машин серии II общепромышленной серии, график I относится к генераторам на 115, 230 и 460 в сnominal'noj скоростью вращения 1450 об/мин, а график 2 - к двигателям с широкими пределами регулирования скорости вращения, изменением поля главных полюсов на 220 в, 250/1500 об/мин, используемым обычно в качестве тормозных генераторов. Если, например, генератор общепромышленного исполнения с nominal'noj скоростью вращения 1450 об/мин габарита П91 имеет nominal'ную мощность 50 квт, то двигатель такого габарита, рассчитанный на регулирование скорости в диапазоне 250-1500 об/мин изменением поля полюсов, имеет мощность всего 5 квт.

Выбор двигателей главного привода

Момент, который должны развивать главные двигатели станков, определяются формулами (П-28) и (П-29). Зная составляющие моментов $M_{\text{нк}}$ и $M_{\text{ск}}$, можно построить графики их изменения во времени для

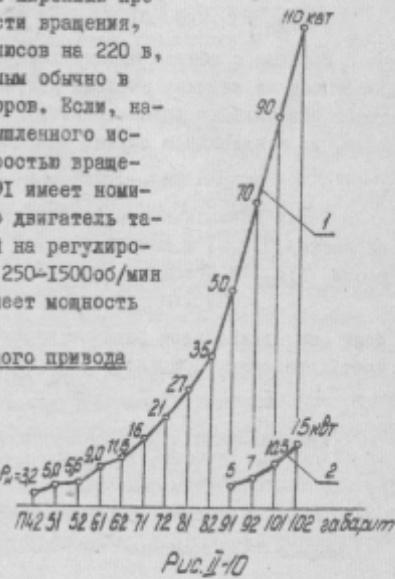


Рис. П-10

- 28 -

заданных режимов, рассчитать среднеквадратичные моменты и, т.к.

двигатель работает с постоянным потоком возбуждения, произвести его проверку по условию

$$M_{\text{срдк}} < M_{\text{нк}},$$

а также по условию

$$M_{\text{нк}} < M_{\text{нк}} \lambda_f,$$

где λ_f - коэффициент, характеризующий перегрузочную способность двигателя ^{*)}.

Определение составляющей $F_{\text{тр}} \frac{\zeta_b}{\zeta_n}$ очевидно. Составляющая $M_{\text{днк}}$ определяется, как было описано выше. Определение же момента статических сопротивлений станка связано со значительными трудностями из-за сложной кинематики станка, влияния качества смазки, величины натяжения, скорости и т.д. В отчете кафедры ЭАП ЛЭТИ по научно-исследовательской работе "Выбор систем автоматизированных электроприводов отделочного оборудования...", выполненной под руководством д.т.н., проф. Барышникова В.Д., приводятся заимствованные из работы треста "Севаэапромонтаж" опытные кривые, показывающие зависимость отношения полезной мощности натяжения $P_{\text{натж}}$ к полной мощности P_x , необходимой для работы станка, от удельного натяжения полотна бумаги f для станков, перерабатывающих тяжелые сорта бумаг и картонов. Эта кривая воспроизведена на

рис. П-11. Поскольку предполагается, что $\frac{P_{\text{натж}}}{P_x}$ не зависит от скорости, эту кривую можно использовать и для определения $M_{\text{сп}}$ при

^{*)} Следует иметь в виду, что режим работы, оказавшийся наиболее тяжелым для тормозного генератора, совсем не обязательно будет самым тяжелым для других машин и, в частности, для двигателя несущих валов.

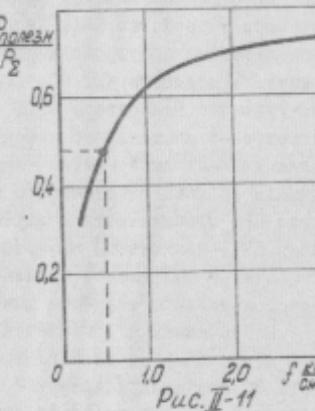


Рис. П-11

- 29 -

известном F_{3p} . Так, например, если $f = 0,5 \text{ кг/см}$, то мощность натяжения составляет около 48% всей мощности привода станка в установленном режиме. Поэтому

$$M_{\text{нат}} = F_{3p} \frac{\gamma_a}{L_n} \left[\frac{f}{0,48} - f \right] = 1,1 F_{3p} \frac{\gamma_a}{L_n} .$$

Тогда можно построить график тока якоря двигателей наката ПРС. График тока рабочего преобразователя в схеме с общимишинами определяется как разность графиков тока двигателей и тормозного генератора. В схеме с отдельными преобразователями преобразователи П1 и П2 должны быть рассчитаны соответственно на токи тормозного генератора и двигателей. Преобразователь ВДИ в схеме с общими шинами выбирается по графику тока тормозного генератора. Его напряжение должно быть достаточно для покрытия падения напряжения в якорной цепи.

Следует помнить, что при применении тиристорных преобразователей их надо выбирать по максимальному значению тока.

3. Системы автоматического регулирования двигателей наката продольно-резательных станков

На рис. II-12 показана схема автоматизированного электропривода, разработанная НИИ ЛЭО "Электросила" для ряда продольно-резательных станков. Силовая часть схемы выполнена в виде системы с общими шинами. Регулятор скорости включает в себя цифровое устройство ЦУ1, выполняющее роль задатчика ускорения, промежуточный полупроводниковый усилитель ПУ1 и магнитный усилитель мощности МУ1. Он воздействует на обмотку возбуждения главного генератора ОВГ1. Вторая обмотка возбуждения ОВГ2 питается от постоянного напряжения возбудителя и создает размагничивающие ампер-витки, компенсирующие ампер-витки ОВГ1 от начального тока одновтактного магнитного усилителя МУ1. На входе ПУ1 сравниваются между собой напряжение задатчика ускорения ЦУ1, являющееся эталонным для системы регулирования скорости, и напряжение, снимаемое с тахометрического моста и пропорционально скорости двигателей несущих валов.

Назначением ЦУ1 является формирование линейно нарастающего напряжения на выходе. Когда на вход ЦУ1 с задатчика скорости ЗС подается напряжение, величина которого соответствует выбранной рабочей скорости станка, напряжение на выходе начи-

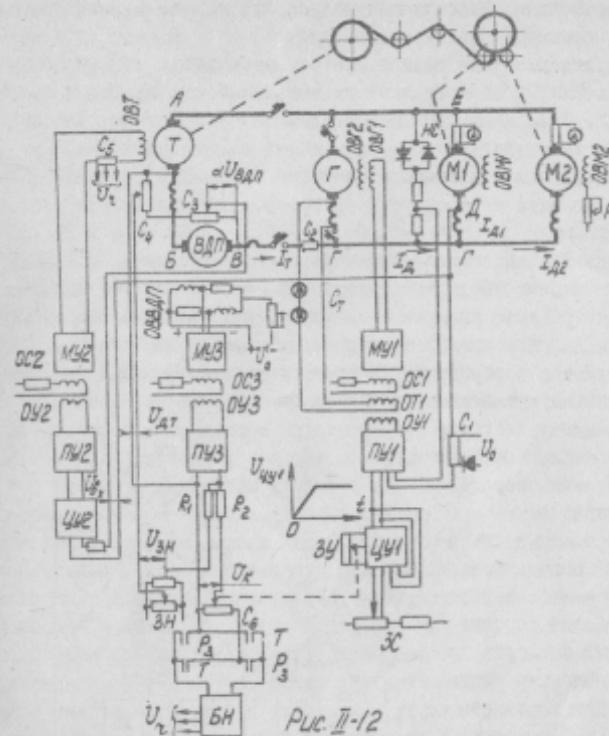


Рис. II-12

нает возрастать. Оно растет до тех пор, пока входное и выходное напряжения не сравняются с точностью до напряжения нечувствительности ЦУ1. Темп нарастания выходного напряжения, т.е. величина ускорения станка, может регулироваться с помощью датчика напряжения ЗУ. Замкнутая система регулирования скорости отрабатывает входной сигнал, разгоняя станок с постоянным ускорением. Для остановки станка движок ЗС устанавливается в правое крайнее положение, и станок тормозится с постоянной величиной ускорения. В установленном режиме САР скорости будет поддерживать установленную скорость.

Заправочная скорость получается при подаче на сопротивление С₁ вспомогательного напряжения U_0 .

Ограничение тока генератора осуществляется за счет токовой отсечки, воздействующей на магнитный усилитель через обмотку ОТИ. Эталонным напряжением для нее является напряжение стабилизации стабилитронов Ст, каждый из которых работает при определенном направлении якорного тока. ОС1 - обмотка смещения, с помощью которой устанавливается начальная рабочая точка МУ1.

Диоды НС, являющиеся нелинейным сопротивлением в плече тахометрического моста, подобраны так, чтобы падение напряжения в них примерно равнялось падению напряжения под щетками двигателя Д. Это повышает точность измерения скорости.

Регулятор возбуждения РВ позволяет производить перераспределение нагрузки между двигателями М1 и М2.

По такому же принципу строятся в системы регулирования скорости суперкаландр.

Благодаря достоинствам САР с подчиненными контурами — они находят все более широкое применение и в приводе станков. Блоковая схема системы регулирования скорости ПРС с подчиненным контуром регулирования тока генератора приведена на рис. II-13. Она включает в себя тиристорный усилитель мощности УМ1 с системой управления тиристорами СУ1 и регуляторы тока и скорости РТ1 и РС. Сигнал, пропорциональный

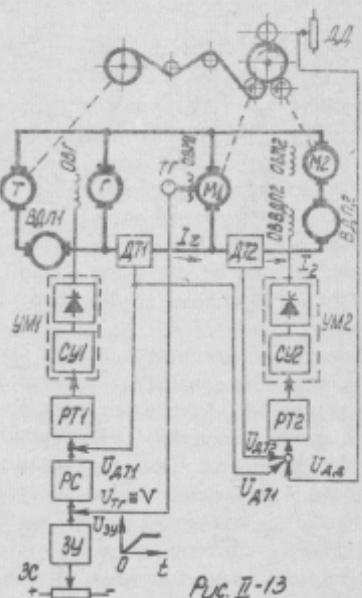


Рис. II-13

величине тока двигателей несущих валов, получается с датчика тока ДТИ. Система с подчиненным контуром регулирования тока была подробно рассмотрена в [8] применительно к приводу бумаги. В нормальном режиме разгона и торможения РС не заходит в ограничение, и увеличение скорости по линейному закону происходит за счет того, что замкнутая система заставляет следовать скорость двигателя за линейно меняющимся эталонным напряжением задатчика ускорения ЗУ.

Если в качестве главного преобразователя применен генератор, как это показано на рис. II-13, может оказаться целесообразным придать регулятору тока свойства ПИД-регулятора. При применении тиристорного преобразователя все сказанное в главе VI раздела I о принципах настройки токового контура остается справедливым и в рассматриваемой системе.

Система регулирования натяжения полотна на раскате, рассматриваемая в следующем параграфе, на рис. II-13 не показана. Поэтому не показаны и обмотки возбуждения Т и БДШ.

Важным показателем качества работы ПРС является плотность намотки готового рулона. Неплотно намотанный рулон при хранении деформируется, что ведет к порче бумаги. В слишком плотно намотанном рулоне наблюдается деформация внутренних слоев бумаги под действием упругих сил, возникающих во внешних слоях. Наиболее желательно, чтобы плотность намотки по диаметру рулона оставалась постоянной или даже немного уменьшалась от внутренних слоев к внешним. Между тем увеличение веса рулона по мере намотки приводит к некоторому увеличению плотности намотки от слоя к слою даже при поддержании постоянства натяжения полотна на раскате.

В накате с двумя несущими валами существует возможность влиять на плотность намотки за счет перераспределения нагрузки между двигателями несущих валов. Чем больше момент, который двигатель М2 передает на рулон, стремясь быстрее вращать его, тем больше будет напряжение в верхнем слое бумаги, который как бы удерживается стремящимся вращаться медленнее валом, связанным с двигателем М1. Следовательно, распределение нагрузки между двигателями так, что большой в начале намотки момент двигателя М2 уменьшается по мере роста диаметра рулона, можно добиться более или менее полной компенсации влияния увеличения

веса рулона или, при желании, получить даже падающую зависимость плотности от диаметра.

Этой цели служит система распределения нагрузки на рис. II-13, включающая в себя усилитель мощности УМ2 и регулятор тока РТ2. На входе РТ2 сравниваются разность напряжений, пропорциональных суммарному току обоих двигателей I_x (U_{d11}) и току двигателя М2 I_2 (U_{d12}), с эталонным напряжением, снимаемым с делителя напряжения ДД. Последнее задает величину этой разности. Движок ДД связан с прижимным валом, лежащим на рулоне, благодаря чему его перемещение пропорционально диаметру рулона. С увеличением диаметра эталонный сигнал растет, и система увеличивает разность $I_x - I_2$, за счет уменьшения тока I_x . Двигатель М1 при этом берет на себя большую нагрузку. Поскольку вес рулона растет пропорционально квадрату диаметра, развязка сопротивления ДД выполнена по квадратичному закону. Чтобы система распределения нагрузки работала достаточно эффективно и при никаком напряжении на двигателях, она воздействует не на поток возбуждения двигателей, а на напряжение вольтодобавочного преобразователя ВДП2, предусмотренного специально с этой целью.

Для разворота рулона и подтягивания полотна перед началом работы тормозной генератор переводится в двигательный режим при питании от вольтодобавочного преобразователя.

4. Системы поддержания натяжения полотна бумаги на раскате.

Важнейшим требованием к электроприводу отделочных станков является осуществление постоянства натяжения полотна бумаги.

Широкое распространение в отделочных станках получили косвенные методы поддержания натяжения, при которых измеряется и поддерживается не собственно натяжение полотна, а электрическая величина, с той или иной степенью точности пропорциональная ему. Такой величиной может быть, в частности, электромагнитная мощность тормозного генератора, которая измеряется так же, как в схеме электромагната (рис. I-29). Однако наибольшее распространение получили схемы, в которых осуществляется поддержание постоянства тока якоря тормозного генератора при изменении его потока возбуждения пропорционально радиусу

разматываемого рулона.

Простейшая схема, построенная по такому принципу, приведена на рис. II-14. Роль регулятора выполняет трехобмоточный генератор РВ (регулирующий возбудитель). Его токовая обмотка ОТ обтекается якорным током тормозного генератора Т, и представляет собой главную обратную связь. Система с точностью до статической ошибки поддерживает постоянство якорного тока, величина которого задается задатчиком натяжения ЗН. По мере уменьшения диаметра рулона, связанного с тормозным генератором Т, скорость последнего растет, эдс стремится возрастать, что приводит к росту тока якоря. Увеличение размагничивающих ампер-витков обмотки ОТ приводит к уменьшению потока возбуждения Т. Обмотка возбуждения ВДП обтекается тем же током, что и обмотка независимого возбуждения РВ, чтобы эдс его примерно покрывала падение напряжения в якорной цепи Т-М. Это условие выполняется постолку, поскольку справедливо предположение, что ток тормозного генератора соответствует значению, заданному током обмотки ОН.

Эта система не обеспечивает высокой точности поддержания натяжения в статике и особенно в динамике, т.к. не предусматривается компенсация влияния на натяжение маховых масс раската в процессе разгона и торможения. Это ограничивает область ее применения сравнительно небольшими тихоходными станками.

На большинстве современных быстроходных станков системы косвенного регулирования натяжения имеют два разделных контура регулирования. Один регулятор поддерживает равенство эдс тормозного генератора и эдс двигателя несущих валов, воздействуя на поток возбуждения Т. Второй – поддерживает постоянство тока тормозного генератора в установленном режиме перемотки и обеспечивает изменение его по определенному закону при разгоне и торможении.

Этот закон может быть определен, если известно, как меня-

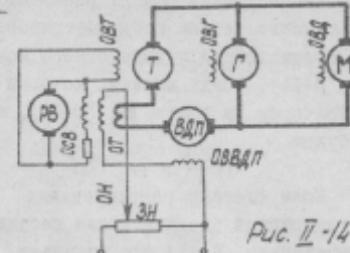


Рис. II-14

ется динамический момент раската. Как уже говорилось выше, в большинстве систем предусматривается компенсация только большей составляющей динамического момента раската M_{d1} (см. модуль II-14). Тогда момент, который должен быть создан тормозным генератором на основании (II-22), при пренебрежении величиной M_{d2} будет

$$M_T = F_{3p} \tau_p - M_{d1}. \quad (\text{II-39})$$

Если система регулирования эдс Ет поддерживает ее всегда равной эдс двигателя несущих валов, то в соответствии с выражением (II-III) это означает, что поток возбуждения тормозного генератора пропорционален радиусу рулона раската, что можно записать в виде

$$\Phi_r = \Phi_{r\max} \frac{\tau_p}{\tau_{dmax}}, \quad (\text{II-40})$$

где $\Phi_{r\max}$ — поток возбуждения тормозного генератора, соответствующий максимальному радиусу рулона τ_{dmax} .

Тогда первому слагаемому в формуле (II-39) соответствует постоянный при данном F_{3p} ток I_r , а второму — динамический ток

$$I_{dav} \frac{M_{d1}}{C_{nr} \Phi_r} = \frac{M_{d1}}{\tau_p} \cdot \frac{\tau_{dmax}}{C_{nr} \Phi_{r\max}}.$$

Подставляя сюда выражение для M_{d1} из (II-14), с учетом (II-16) получим

$$I_{dav} \left(\frac{J_r - \frac{\gamma \cdot 10^5 \pi B}{2} \tau_{dmax}^2}{\tau_p^2} + \frac{\gamma \cdot 10^5 \pi B}{2} \tau_p^2 \right) \frac{\tau_{dmax}}{C_{nr} \Phi_{r\max}} \frac{dV}{dt}. \quad (\text{II-41})$$

На такую величину должен отличаться полный ток тормозного генератора в режиме разгона ($\frac{dV}{dt} > 0$) и торможения ($\frac{dV}{dt} < 0$) от тока в установившемся режиме, соответствующего заданному значению эдс F_{3p} . При каждом данном значении

τ_p — I_{dav} прямо пропорционален ускорению. При данном ускорении величина I_{dav} зависит от радиуса.

Задача НИИ ЛЭО "Электрессида" регулятор эдс тормозного генератора включает в себя цифровое устройство ЦУ2, такое же, как ЦУ1, полупроводниковый усилитель ПУ2 и выходной усилитель МУ2 (рис. II-12).

На входе ЦУ2 действует напряжение, снимаемое с движка делителя напряжения С₃ и зажима Д якоря двигателя М1. Это напряжение будет

$$U_{dx} = \alpha U_{BdP} - I_r R' - I_d R'', \quad (\text{II-42})$$

где α — коэффициент, характеризующий положение движка С₃;

U_{BdP} — напряжение БДП;

R' — сопротивление участка якорной цепи между БДП и М1, обтекаемого током I_r ;

R'' — сопротивление участка цепи ГД, обтекаемого током I_d .

С другой стороны, для контура АББГДЕ можно написать

$$E_d + E_{BdP} - E_1 = I_r (R_r + R_{BdP} + R') + I_d R_M,$$

где R_{BdP} — сопротивление якори БДП;

R_r ; R_M — суммарные сопротивления якорных цепей тормозного генератора и двигателя М1.

Тогда

$$U_{BdP} - I_r R_{BdP} = E_d - I_r (R_r + R') + I_d R_M. \quad (\text{II-43})$$

Подставив это в (II-42), получим

$$U_{dx} = \alpha (E_d - E_1) + I_r [\alpha R_r - R' (1-\alpha)] + I_d (\alpha R_M - R'').$$

Параметры схемы выбраны так, что

$$\alpha R_r = R' (1-\alpha);$$

$$\alpha R_M = R'',$$

благодаря чему $U_{dx} = \alpha (E_d - E_1)$. (II-44)

При подаче на вход цифрового устройства ЦУ2 напряжения, большего напряжения нечувствительности, оно работает, как интегратор. Поэтому цифровое устройство вместе с усилителями ПУ2 и МУ2 представляет собой астатический регулятор, который, воздействуя на поток возбуждения тормозного генератора, стремится все время поддерживать входное напряжение U_{dx} разным нулю за счет равенства $E_d = E_1$. Соблюдение этого равенства означает, что поток возбуждения тормозного генератора устанавливается всегда пропорциональным радиусу рулона раската. По окончании частного цикла намотки готового комплекта рулонов, когда станок остановлен и $E_d = E_1 = 0$, на выходе ЦУ2 фиксируется величина напряжения, обеспечивающая поток, соответствующий радиусу рулона в конце цикла. Это позволяет приступить к намотке следующего комплекта из данного первичного рулона без перенастройки системы. При установке нового рулона на раскат релейно-контакторная схема, включаемая с помощью контакта конечного выключателя вилки тамбурного вала (на схеме не показана), приведет ЦУ2 в состояние, соответствующее диаметру полно-го рулона раската.

Поддержание тока тормозного генератора осуществляется с помощью регулятора тока, включающего в себя усилители ПУЗ и МУЗ и воздействующего на поток возбуждения вольтодобавочного преобразователя БДП. Обмотка возбуждения БДП разделена на две части и включена по мостовой схеме так, что контурный ток от напряжения U_e' направлен навстречу току от МУЗ. Это позволяет компенсировать влияние начального тока однотактного магнитного усилителя. Уставка тока, а следовательно, натяжение полотна, задается эталонным напряжением с задатчика натяжения ЗН.

Блок нелинейности БН служит для выработки дополнительного эталонного напряжения на входе системы регулирования тока тормозного генератора, которое должно задавать требуемую величину динамического тока I_{dt} в соответствии с выражением (II-41). Для входных цепей усилителя ПУЗ, в предположении, что коэффициент усиления регулятора тока велик, можно написать

$$\frac{U_{3H} - U_{dt}}{R_1} - \frac{U_k}{R_2} \approx 0.$$

Знак минус перед U_{dt} показывает, что при разгоне U_k должно действовать навстречу U_{3H} . Напряжение U_{dt} пропорционально току тормозного генератора, состоящему из статического и динамического токов:

$$U_{dt} = K_{dt}(I_t - I_{dnn}).$$

Тогда $\frac{U_{3H} - K_{dt}I_t}{R_1} + \frac{K_{dt}I_{dnn}}{R_1} - \frac{U_k}{R_2} \approx 0$.

При большом коэффициенте усиления контура регулирования тока в статике U_{dt} и U_{3H} примерно равны между собой, т.е.

$U_{3H} \approx K_{dt}I_t$. Поэтому с учетом выражения (II-41) можно написать, что напряжение, снимаемое с делителя напряжения C_6 на выходе БН, должно быть

$$U_k = \frac{R_2}{R_1} K_{dt} I_{dnn} - \frac{R_2}{R_1} K_{dt} \left[\frac{K}{T_p} + N T_p^2 \right] \frac{dV}{dt}, \quad (\text{II-45})$$

где обозначено:

$$K = \frac{U_{r0} \cdot 10^5 \pi B}{2} \frac{\chi_{r\min}^2}{\chi_{r\max}^2};$$

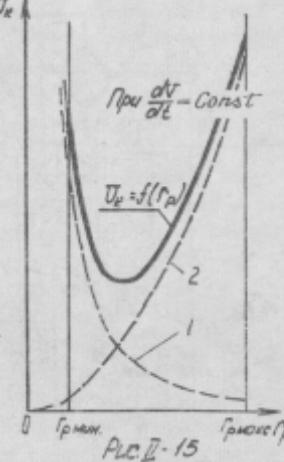
$$N = \frac{U_{r0} \cdot 10^5 \pi B}{2} \frac{\chi_{r\max}^2}{\chi_{r\min}^2}.$$

Отсюда следует, что напряжение U_k должно определенным

образом зависеть от радиуса рулона раската χ_r и быть пропорциональным ускорению. Характер требуемой зависимости U_k от радиуса и ее составляющие (кривые 1 и 2) при данном значении $\frac{dV}{dt}$ показаны на рис. II-15. Блок нелинейности БН воспроизводит эту зависимость из входе делителя C_6 при аппроксимации ее отрезками прямых. БН построен по принципу функционального преобразователя, аналогично блоку нелинейности аналоговых вычислительных машин. Напряжение U_k снимается с сопротивления C_5 в цепи возбуждения тормозного генератора и пропорционально радиусу рулона постолыку, поскольку $\Phi_r \equiv \chi_r$, а характеристика намагничивания линейна. Если последнее условие не соблюдается, то, зная характеристику намагничивания, нетрудно построить требуемую зависимость $U_k = f(U_z)$ и настроить БН на ее воспроизведение.

Поскольку величина ускорения задается задатчиком ускорения ЗУ в цифровом устройстве ЦУИ, то, связав движки ЗУ и C_6 , получают U_k пропорциональным ускорению. Знак ускорения учитывается включением контактов R_8 при разгоне или T – при торможении. U_k В установившемся режиме, когда компенсация осуществляется не должна, и та и другая пара контактов разомкнуты.

Подобные системы находят сейчас широкое применение. Однако при больших значениях ускорений динамическая составляющая тока в 3–4 и более раз превышает статическую составляющую. Следовательно, если ошибка воспроизведения требуемого динамического тока составляет, например, 10%, то погрешность в поддержании натяжения будет составлять 30–40%. Такие отклонения натяжения недопустимы. Это доказывает необходимость по мере повышения скорости и ускорений станков переходить



к системам с непосредственным измерением натяжения полотна.

Одна из таких схем показана на рис. II-16. Силовая часть схемы выполнена с отдельными преобразователями МЗ и Г. Система управления двигателями несущих валов, не показанная на рисунке, имеет подчиненный контур регулирования тока подобно рис. II-15. Так же, как в предыдущей схеме, имеются контуры регулирования эдс и тока тормозного генератора. Первый включает в себя подчиненный контур регулирования тока возбуждения с регулятором РТВ и регулятором эдс РЭ. На входе регулятора РЭ сравниваются между собой величина U_{n1} , задающая эдс тормозного генератора, пропорциональную скорости станка, и истинное значение эдс. Последнее получается в результате алгебраического суммирования в соответствующем масштабе напряжений датчиков напряжения тор-

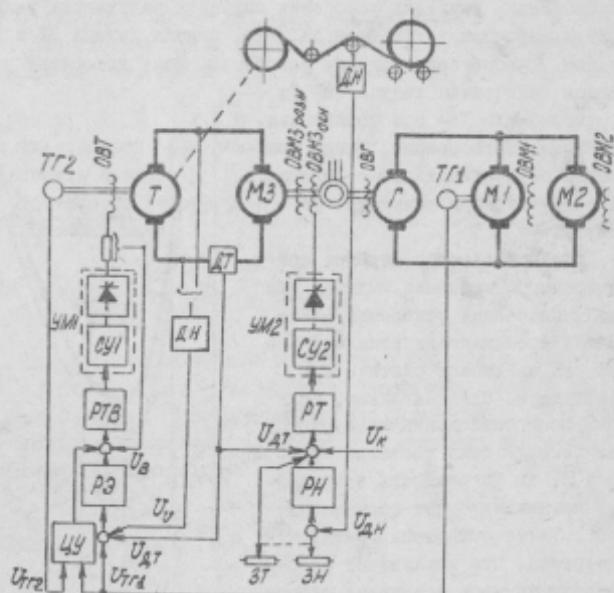


Рис. II-16

- 40 -

мозного генератора ДН и тока ДТ. Масштаб суммирования определяется величинами сопротивлений на входе РЭ. Но, если бы система состояла только из перечисленных элементов, невозможно было бы установить поток Т, пропорциональный радиусу рулонса при неподвижном станке. Поэтому на вход регулятора РТВ подается напряжение с цифрового устройства ЦУ, на выходе которого получается напряжение, пропорциональное радиусу рулонса, как результат деления

$$\frac{U_{n1}}{U_{n2}} = \frac{V}{n} = Z_p. \quad (\text{II-46})$$

ЦУ "запоминает" значение Z_p и, при неподвижном станке, задает ток возбуждения Т в зависимости от радиуса. Напряжение на выходе РЭ в работающем станке таково, что суммарное входное воздействие на РТВ обеспечивает заданную значением U_{n2} эдс тормозного генератора.

Регулирование тока тормозного генератора осуществляется регулятором тока РТ за счет воздействия на машину МЗ. Величина тока задается задатчиком тока ЗТ. Истинное значение натяжения измеряется прессодатчиком ДН подобно тому, как это делалось в бумагарии, и сравнивается на входе регулятора натяжения РН с эталонным значением, снимаемым с задатчика натяжения ЗН. Двигок ЗН механически связан с ЗТ. Таким образом, здесь, как и в приводе БМ, регулятор натяжения исполняет функции корректора.

Несмотря на достоинства прямого измерения натяжения полотна, существуют определенные технические трудности для осуществления системы, построенной по принципу поддержания натяжения. Во-первых, первичный рулон может быть не идеально круглым. Это значит, что радиус в процессе намотки меняется не монотонно. На его изменение накладывается переменная составляющая с частотой, зависящей от скорости вращения рулонса. Это приводит к колебаниям натяжения. Чтобы система не реагировала на эти колебания, на выходе датчика устанавливают фильтр с достаточно большой постоянной времени. Это ухудшает быстродействие контура натяжения. Во-вторых, сложно выполнить датчик натяжения для станка, работающего при больших диапазонах уставок натяжения. Так, если датчик при верхней уставке натяжения име-

ет погрешность $\pm 5\%$, то при уменьшении в 10 раз установки и сохранении прежней абсолютной погрешности относительная погрешность составит уже $\pm 50\%$, что недопустимо.

Поэтому часто на станках, рассчитанных на переработку различных сортов бумаг, сохраняют системы с косвенным измерением напряжения.

5. Автоматизированный электропривод продольно-резательного станка с использованием элементов УБСР

В качестве примера выполнения схемы автоматизированного электропривода продольно-резательного станка с использованием тиристорных преобразователей и элементов универсальной блочной системы регуляторов (УБСР) рассмотрим схему, разработанную ВНИИЭЛЕКТРОПРИВОДом [9]. Станок предназначен для переработки картона весом 120–400 г/м² при ширине 4200 мм с максимальной скоростью 900 м/мин. Время ускорения и замедления станка 60 сек. Диаметр первичного рулона в процессе перемотки меняется от 2000 до 452 мм.

Схема электропривода выполнена с отдельными тиристорными преобразователями (аналогично схеме рис. II-6).

Двигатель обоих несущих валов М1 мощностью 125 квт, 440 в (рис. II-17) получает питание от тиристорного преобразователя ТП1 через сглаживающий дроссель Др1. Заданная величина замедления ПРС такова, что переход двигателя М1 в режим рекуперативного торможения не требуется. Это позволило выполнить ТП1 по нереверсивной схеме. Он питается от сети 380 в через трехфазный сухой трансформатор ТСН 200/0,7; 380/400 в. Система управления тиристорного преобразователя (входные зажимы А6; В6; С6) включена через трансформатор Тр1.

При обрыве осуществляется экстренное динамическое торможение на сопротивление R1.

Система регулирования скорости с подчиненным токовым контуром. Регулятор скорости У1 и тока У2 представляют собой усилители УНТ-3 в режиме ПИ-регуляторов^{*)}. Питание их постоян-

^{*)} Маркировка зажимов элементов УБСР соответствует принятой ВНИИЭЛЕКТРОПРИВОДом [7] и воспроизведенной в [8]. К сожалению, в [8, рис. I-21] зажим 3 (+24 в) замаркирован(I).

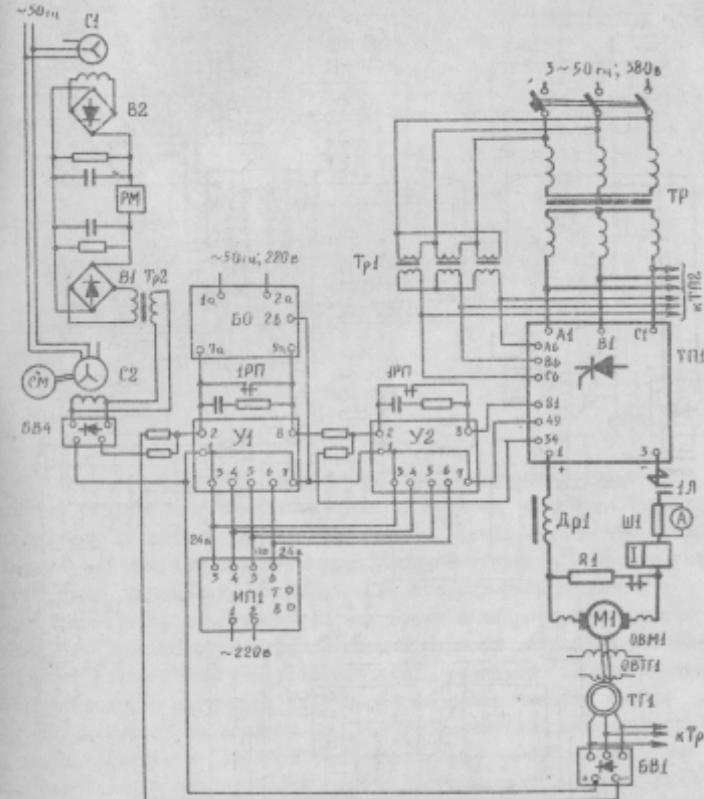
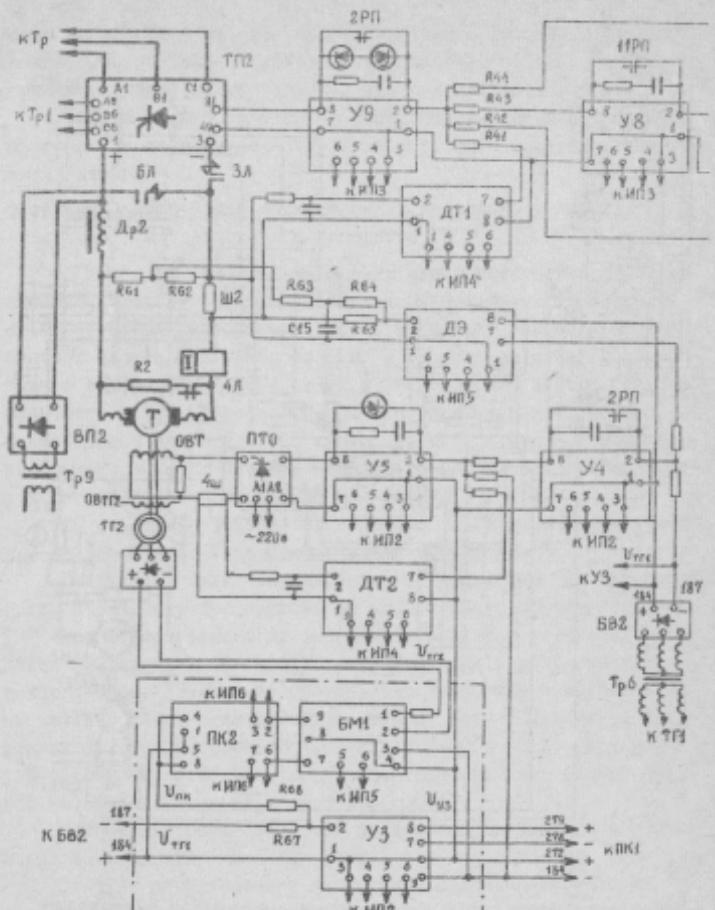


Рис. II-17.

ним напряжением 24 в и подача коммутирующего напряжения осуществляются от источника питания ИП1 типа ИП-6 [7]. В качестве датчика тока использован датчик, имеющийся в преобразователе (выходные зажимы 49 и 34). Ограничение тока якоря достигается ограничением максимального напряжения У1 с помощью блока ограничения БО (его упрощенная схема приведена на рис. I-32 [8]).



- 44 -

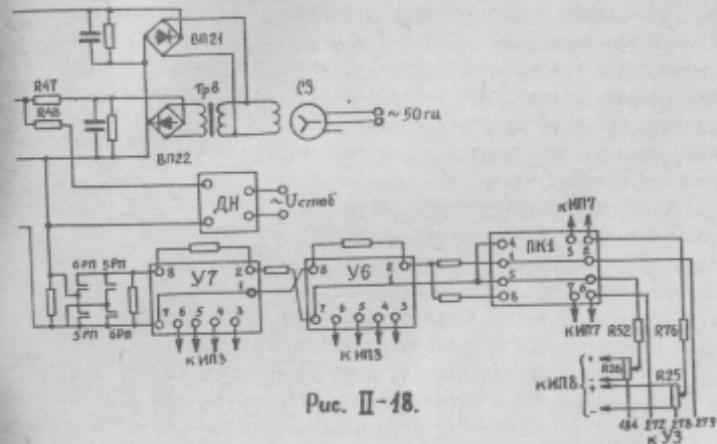


Рис. II-18.

Задание величины рабочей скорости осуществляется с помощью сельсинного командоаппарата. Задающий сельсин С1 расположается на пульте управления станком. Предположим, что станок стоит. С1 находится в положении, соответствующем скорости, равной нулю, равно нулю напряжение на его роторной обмотке, а следовательно, и на выходе В2, а также и на роторной обмотке С2. Для разгона станка до некоторой скорости оператор поворачивает ротор С1 на определенный угол, на выходе В2 появляется напряжение, и магнитное реле Р1 через релейно-контакторную схему включает сервомотор СМ. Ротор С2 начинает поворачиваться, напряжение на его роторной обмотке и на выходе блока выпрямителя БВ4 нарастает, и станок разгоняется. Величина ускорения постоянна и задается скоростью вращения С1. Когда напряжение из выхода В1 станет близким к напряжению на В2, Р1 отпустит и процесс разгона прекратится. При нормальном разгоне регулятор скорости У1 в ограничение не заходит.

Тормозной генератор Т (рис. II-18) работает на тиристорный преобразователь Тр2 в инверторном режиме. При данных параметрах станка динамическая составляющая тока тормозного генерато-

ра, вычисляемая в соответствии с формулой (П-41), меньшие тока в установленном режиме, т.е. Т в процессе разгона не должен переходить в двигательный режим. Поэтому и преобразователь ТИ2 - нереверсивный. Для осуществления разворота первичного рулона в процессе заправки тормозной генератор контактором 6Л включается на низкое напряжение выпрямителя ВИ2 (контакт 3Л при этом разомкнут).

Система автоматического регулирования тормозного генератора включает в себя систему регулирования зда (ДЗ и У4) с подчиненным контуром регулирования тока возбуждения тормозного генератора (ДТ2 и У5) и двухконтурную систему регулирования тока якоря (ДТ1 и У9) с внешним контуром регулирования собственно напряжения (У8 и прессодиодорный датчик напряжения ДН).

Для получения напряжения, пропорционального радиусу рулона на раскате, применена схема деления [7], включающая в себя усилитель У3 типа УПТ-4*, блок модуляторов типа БМ-2 (БМ) и квадратичный преобразователь типа ПК. На первый вход делителя напряжения (зажимы 184; 187) подано выпрямленное с помощью

*Усилитель УПТ-4 отличается от УПТ-3 наличием на выходе двух демодуляторов, благодаря чему кроме выхода I(3)-9, гальванически связанныого с входом, имеется независимый выход 7-8. Напряжения на обоих выходах одинаковы.

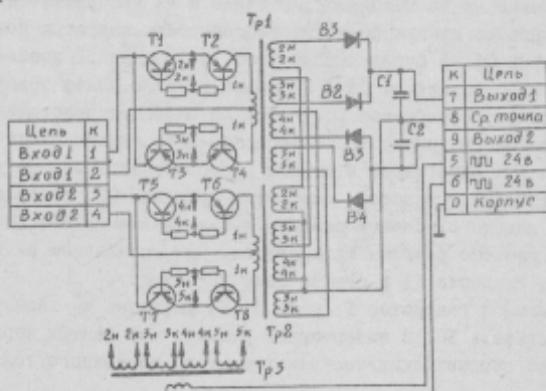


Рис. II-19.

- 46 -

блока выпрямителей БВ2 напряжение тахогенератора ТГ1 $U_{\text{П1}}$ (рис. II-17), пропорциональное скорости стапка. На второй вход (зажимы 1 и 2 БМ1) вводится напряжение $U_{\text{П2}}$.

Блок модуляторов представлен на рис. II-19. Он предназначен для алгебраического суммирования и перемены знака входных величин X и Y ($U_{\text{ДХ1}}$ и $U_{\text{ДХ2}}$) так, чтобы на выходе 7-9 действовали напряжения, пропорциональные $X+Y$ и $X-Y$. С помощью двух модуляторов на транзисторах Т1-Т4 и Т5-Т8 входные сигналы $U_{\text{ДХ1}}$ и $U_{\text{ДХ2}}$, подаваемые на зажимы 1-2 и 3-4, преобразуются в прямоугольные импульсы, которые подаются потом на трансформаторы Тр1 и Тр2 так, что на обмотках 2н-2к и 3н-3к получается сумма входных сигналов, а на обмотках 4н-4к и 5н-5к их разность. Таким образом, после выпрямления вентилями В1, В2 и В3, В4 на зажимах 7-8 действует напряжение, пропорциональное $X+Y$, а на зажимах 8-9 — пропорциональное ($X-Y$).

Принцип действия функционального квадратичного преобразователя поясняет рис. II-20. На зажимы 2-3 (так же, как и 6-7) подается опорное напряжение указанного знака, под действием которого через сопротивление $R_{3,5...17}$ протекает ток I_o .

При подаче на вход 1-2 входного напряжения через $R1$ и $R2$ начинает протекать ток, а на выходных зажимах 1-4 появляется напряжение. Когда в процессе роста

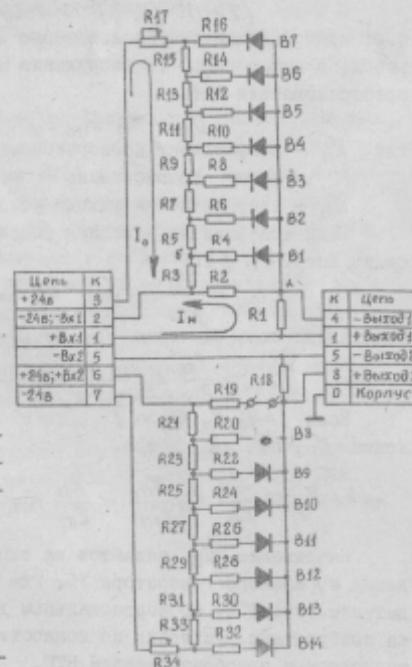


Рис. II-20

- 47 -

входного напряжения потенциал точки α станет выше потенциала точки δ , откроется вентиль В1 и сопротивление $R2$ окажется замкнутым сопротивлениями $R3$ и $R4$. После этого тому же приращению входного сигнала будет соответствовать большее приращение напряжения на выходе, т.е. характеристика "вход - выход" пойдет круче. При дальнейшем повышении входного напряжения будут открываться последовательно В2, В3 ... В7. Параметры схемы подобраны так, что характеристика "вход-выход" оказывается близкой к квадратичной. Вторая половина схемы аналогично работает при сигнале другого знака.

При показанном на рис. II-18 включении ПК2 на выходе его действует напряжение, пропорциональное величине

$$(X+Y)^2 - (X-Y)^2 = 4XY,$$

т.е. пропорциональное произведению входных величин. Таким образом, в схеме рис. II-18 напряжение на выходе квадратичного преобразователя есть

$$U_{\text{ак}} = K_H U_{T1} U_{y3}, \quad (\text{II-47})$$

где K_H - коэффициент пропорциональности, характеризующий схему перемножения;

U_{y3} - напряжение на выходе усилителя $Y3$.

Если коэффициент усиления усилителя $Y3$ по каналу обратной связи есть K_{y3} , то

$$U_{y3} = \frac{R_{61}}{R_{62}} K_{y3} U_{T1} - K_{y3} U_{\text{ак}}.$$

Подставляя сюда значение $U_{\text{ак}}$ из (II-47), получим

$$U_{y3} = \frac{R_{61}}{R_{62}} K_{y3} \frac{U_{T1}}{1 + K_{y3} K_H U_{T2}}. \quad (\text{II-48})$$

Если $K_{y3} K_H U_{T2} \gg 1$, то схема выполняет операцию деления U_{T1} на U_{T2} , т.е.

$$U_{y3} \cong \frac{R_{61}}{R_{62}} K_{y3} \frac{U_{T1}}{U_{T2}} = \frac{R_{61}}{R_{62}} K_{y3} \frac{K_{T1} K_A 60 V}{K_{T2} \frac{60 V}{2 Z_p}} = K_x Z_p.$$

Напряжение U_{y3} подается на вход регулятора тока возбуждения тормозного генератора $Y5$, где сравнивается с напряжением датчика тока ДТ2, пропорциональным действительной величине тока возбуждения. Усиление по мощности осуществляется однофазным тиристорным преобразователем ПТО.

На входе усилителя $Y4$ сравнивается задающее значение напряжения для контура регулирования эдс U_{T1} , пропорциональное эдс двигателя, и значение эдс тормозного генератора, снимаемое

с датчика эдс ДЭ.

Датчик эдс [7] строится на базе датчика тока типа ДТ-2, на входе которого алгебраически суммируются величины $\frac{U_g}{T_{4x}\rho+1}$ и $-I_T R_{4x}$, где R_{4x} - сопротивление якорной цепи тормозного генератора; T_{4x} - электромагнитная постоянная времени его якорной цепи.

В результате на выходе действует напряжение

$$K \left(\frac{U_g}{T_{4x}\rho+1} - I_T R_{4x} \right) = K \frac{E_f}{T_{4x}\rho+1}. \quad (\text{II-49})$$

Как видно, выходное напряжение ДЭ пропорционально эдс тормозного генератора, но запаздывает по отношению к ней.

Таким образом, контур регулирования тока возбуждения заставляет ток возбуждения изменяться пропорционально радиусу, а внешний контур выступает как корректор, обеспечивая пропорциональность между эдс тормозного генератора и двигателя несущих валов.

Задание величины натяжения осуществляется сельсинным зондом. Он включает в себя сельсин СЗ, установленный на пульте управления, выпрямители БП21 и БП22 с фильтрами и трансформатор Тр8, с помощью которого осуществляется разделение входных цепей усилителей $Y8$ и $Y9$. Устройство компенсации влияния инерционности раската включает в себя квадратичный преобразователь ПК1, суммирующий усилитель $Y6$ и усилитель $Y7$. На два входа ПК подаются напряжения, пропорциональные радиусу рулона, а напряжения, снимаемые с делителей $R25$ и $R26$, создают такие смещения, что зависимости выходных напряжений на зажимах 1-4 и 5-8 соответствуют составляющим 1 и 2 кривой $U_k = f(Z_p)$ на рис. II-15.

Режим разгона или торможения контролируется включением контактов 5РП или 6РП. В установленемся режиме ё 5РП и 6РП разомкнуты. Ускорение не регулируется, поэтому требуемая зависимость $U_k = f(Z_p)$ однозначна.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кулаковский П.К., Чустов А.Д. Электропривод машин целлюлозно-бумажной промышленности. ГЭИ, 1962.
2. Барыников В.Д. Автоматизированные электроприводы современных высокопроизводительных продольно-резательных станков для бумаги и картона. Изд-во ЛДНТИ, 1964.
3. Андреев В.П., Сабинин Ю.А. Основы электропривода. ГЭИ, 1963
4. Волынский Е.И. Устойчивость статической системы регулирования натяжения продольно-резательного станка. Сб. "Бумагоделательное машиностроение", вып. XIV. "Машиностроение".
5. Волынский Е.И. Погрешность натяжения при перемотке рулонных материалов. Там же.
6. Лебедев Е.Д., Неймарк В.Е., Пистрак М.Я., Слемановский О.В. Управление вентильными электроприводами постоянного тока. "Энергия", 1970.
7. Соколовский Г.Г. Электропривод и автоматизация специальных отраслей промышленности. Раздел I. Конспект лекций для студентов специальности 0628. Изд. ЛЭТИ.
8. ВНИИЭЛЕКТРОПРИВОД. Технический проект № ОДА.083.8II на электроприводы продольно-резательных станков. 1969.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ГЛАВА I. ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОПРИВОДУ. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИЛОВОЙ ЧАСТИ ПРИВОДА	
1. Конструкция современных отделочных станков и технологический процесс	2
2. Требования к электроприводам отделочных станков	5
3. Системы электропривода отделочных станков	7
ГЛАВА II. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ЧАСТИ. СХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОТДЕЛОЧНЫХ СТАНКОВ	
1. Уравнения моментов привода	15
2. Определение установленной мощности и выбор элементов силовой части схемы привода отделочных станков	22
3. Системы автоматического регулирования двигателей наката продольно-резательных станков	29
4. Системы поддержания натяжения полотна бумаги на раскате	33
5. Автоматизированный электропривод продольно-резательного станка с использованием элементов УБСР	41
ЛИТЕРАТУРА	48

Георгий Георгиевич Соколовский
ЭЛЕКТРОПРИВОД и АВТОМАТИЗАЦИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОТРАСЛЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Раздел II. Автоматизированный электропривод
отделочных станков для бумаги. Конспект лекций для студентов
специальности 0628

Редактор Л.Н.Мудролюбова

под. к печ. 20.09.71г. Тираж 500 экз. Объем 2,25 печ.л.
Уч.-изд.л. 2,5. Цена 50 коп. Ротапринт ЛЭТИ
М-22835 Заказ 49.