

Библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

621.90

Б51

В. С. БЕРНШТЕЙН - КОГАН

Л. В. ДРАНИЦКИЙ, Т. А. КУЗНЕЦОВА

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
КООРДИНАТНО-
РАСТОЧНЫХ
И РЕЗЬБО-
ШЛИФОВАЛЬНЫХ
СТАНКОВ**



621.90

Выпуск 289

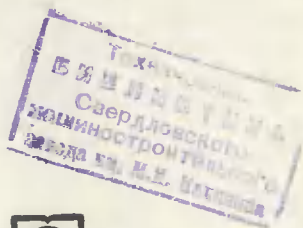
651

В. С. БЕРНШТЕЙН-КОГАН, Л. В. ДРАНИЦКИЙ,
Т. А. КУЗНЕЦОВА

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ
И РЕЗЬБОШЛИФОВАЛЬНЫХ
СТАНКОВ

817.18

885.18



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1969

DJVV

Scan

AAW

6П2

Б 51

УДК 62—83:(621.952.5.002.52+621.924.6.002.52)

621.90:621.313

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большаков Я. М., Долгов А. Н., Ежков В. В., Мандрыкин С. А.,
Каминский Е. А., Синьчугов Ф. И., Смирнов А. Д., Устинов П. И.

Бернштейн-Коган В. С., Драницкий Л. В.,
Кузнецова Т. А.

Б 51. Электрооборудование координатно-расточных и
резьбошлифовальных станков, М., «Энергия», 1969.
80 с. с илл. (Б-ка электромонтера вып. 289).

В брошюре описаны схемы, особенности обслуживания и ре-
монта электрооборудования координатно-расточных и резьбошлифо-
вальных станков, выпускаемых Московским заводом координатно-рас-
точных станков

Особое внимание уделено станкам, выпускаемым крупными се-
рнями. Приводятся схемы характерных электроприводов и систем
управления станков. Указываются наиболее часто встречающиеся
неисправности, методы их обнаружения и устранения.

Брошюра предназначена для электромонтеров, бригадиров и
наладчиков, обслуживающих прецизионные станки.

3-3-10

96-69

6П2

1. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ И РЕЗЬБОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Электрооборудование координатно-расточных (к. р. с.) и резьбошлифовальных (р. ш. с.) станков обладает некоторыми специфическими чертами, которые определяются назначением, технологическими особенностями, высокой стоимостью самих станков и выполняемых на них работ. Из этих условий вытекают следующие требования к электрооборудованию.

1. Электрооборудование не должно ухудшать точностные характеристики станков за счет нагрева их частей и создания вибрации. С этой целью часто электрооборудование выносятся из корпусных деталей, на время пауз отключаются обмотки возбуждения двигателей постоянного тока или в них уменьшается величина тока, лампы в оптических устройствах включаются кратковременно и т. д. Основные электродвигатели, установленные непосредственно на станке, либо должны поставаться электропромышленностью по специальным техническим требованиям в части вибрации, либо дообрабатываться на станкостроительном заводе, т. е. должна производиться динамическая балансировка, иногда замена подшипников, дообработка отдельных деталей, переборка.

2. Необходимо обеспечивать большое разнообразие режимов обработки, некоторые параметры должны подбираться в процессе обработки. Поэтому на к. р. с. предусматриваются большие диапазоны регулирования скоростей вращения шпинделя и подачи, желательна возможность их изменения без остановки; приводы стола и салазок должны обеспечивать не только установочные перемещения, но и подачи при фрезеровании и т. д. На р. ш. с. приводы вращения изделия имеют широкий диапазон регулирования (до 1 : 330) и могут регулироваться

во время шлифования (при подборе режима), предусматриваются разнообразные циклы шлифования.

3. Чтобы максимально облегчить работу расточника или шлифовщика, уменьшить его утомление, органы управления располагаются как можно ближе к нему, требуют приложения небольших рабочих усилий. Иногда применяются специальные комбинированные аппараты управления (рукоятки управления на р. ш. с., регуляторы-переключатели стола и салазок на к. р. с.).

На универсальных станках вводится частичная автоматизация: включение вращения изделия и подачи охлаждающей жидкости при подводе круга на р. ш. с.; предварительный набор координат на к. р. с. и т. п.

Предъявляются повышенные требования к бесшумности работы двигателей.

4. Поскольку стоимость механических узлов станка и заработная плата работающего на нем рабочего высоки, является экономически оправданным применение весьма сложных регулируемых приводов, облегчающих наладку станка на необходимый режим, применение более дорогих статических преобразователей вместо машинных (они не требуют остановок станка для ремонта не создают заметного шума). Чтобы повысить надежность и долговечность электрооборудования, уменьшить время ремонтов, многие элементы электрооборудования: ЭМУ, двигатели, пускатели, сопротивления и т. п. недогружаются.

Конкретные особенности применяемых на к. р. с. и р. ш. с. электроприводов и схем управления, их обслуживания и ремонта приводятся ниже. При этом необходимо учесть что описания работы схем приводов и управления являются весьма краткими и предназначены для предварительного ознакомления перед изучением материалов руководств к станкам или как дополнения к ним.

2. ГЛАВНЫЕ ПРИВОДЫ И ПРИВОДЫ ОСНОВНЫХ ПОДАЧ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ РЕЗЬБОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Главные приводы — приводы вращения шлифовального круга. Приводы вращения шлифовального круга р. ш. с. имеют мощность от 1 до 5,5 квт, причем для шлифования «на проход» однониточным или многониточным

кругом требуется не выше 2,8 квт, бóльшая мощность требуется только при врезном шлифовании.

В процессе шлифования требуется изменение скорости вращения круга в диапазоне 1:2 с целью компенсации его износа; кроме того, изменение скорости может отчасти компенсировать отсутствие кругов с нужными характеристиками: более быстрое вращение делает круг как бы «более твердым».

На снятых с производства станках моделей ММ582, 5Б82, первых выпусках полуавтоматов модели МВ13 и некоторых других станках привод круга осуществляется двигателем постоянного тока, питающимся от мотор-генератора и регулируемым реостатом в цели возбуждения (регулятором возбуждения). В цепи обмотки возбуждения генератора включено так называемое юстировочное сопротивление, с помощью которого устанавливается необходимое напряжение генератора и соответственно нижняя скорость двигателя (равная номинальной). Верхняя скорость двигателя определяется специальными упорами на регуляторе возбуждения или подбором его сопротивления.

Необходимо отметить, что напряжение возбуждения генератора должно быть намного ниже номинального (иногда ниже 50%). Это вызвано тем, что генератор и двигатель рассчитаны так, чтобы номинальные значения их напряжения и скорости обеспечивались при номинальном возбуждении и нагрузке. Поскольку нагрузка на станке ниже номинальной, необходимо снижать напряжение и ток возбуждения генератора (и напряжение на якоре) на значительную величину, так как магнитная система насыщена, магнитный поток снижается непропорционально току.

Применение привода постоянного тока на универсальных р. ш. с. и полуавтоматах не оправдало себя, так как двигатель при этом имеет большие размеры, вибрации, его коллектор, как и коллектор генератора, необходимо периодически зачищать, шлифовать, в результате чего машины постоянного тока быстрее выходят из строя.

Чтобы обеспечить достаточно низкие величины вибрации и шума на станках моделей ММ582, 5Б82 двигателя ПН-45 подвергались на Московском заводе координатно-расточных станков (МЗКРС) специальной доработке: заменялся вентилятор, устанавливались подшипники класса «П» в специальные стаканы, якорь

проходил тщательную динамическую балансировку. Ремонт или замена такого двигателя в условиях эксплуатации крайне затруднены.

На большинстве выпускаемых сейчас р. ш. с. главным приводом служит асинхронный двигатель, изменение скорости круга производится двухручьевыми сменными шкивами. На некоторых станках — моделей 5820, 5821 и других применяется двухскоростной двигатель с выбором скорости барабанным переключателем.

Перед установкой двигателей переменного тока на станки производится тщательная динамическая балансировка ротора, однако многие двигатели, изготовленные электропромышленностью как «прецизионные» или по I классу нормали ОАА 692000-62 (исполнение С1), вообще не требуют дополнительной балансировки при существующих требованиях к чистоте поверхности.

Приводы вращения изделия и перемещения стола.

а) *Привод с широким диапазоном регулирования.* На большинстве универсальных и специальных р. ш. с. (моделей 5820, 5821, 5822, МВ16, МВ20 и др.) используется привод постоянного тока, общая схема которого приведена на рис. 1, а схема электронного усилителя на рис. 2. В отличие от полученных со станками рабочих схем, на рис. 1, 2 и других опущены некоторые второстепенные элементы, применены обозначения согласно действующему сейчас ГОСТ и руководящим материалам.

Работа электромашинного усилителя ЭМУ, балансно-го электронного усилителя ЭУ, систем привода с автоматическим регулированием достаточно подробно освещена в [Л. 1—4], поэтому здесь приводятся только краткое описание и особенности схемы привода.

Якорь электродвигателя постоянного тока D питается от электромашинного усилителя (генератора) с поперечным возбуждением ЭМУ, который вращается асинхронным электродвигателем, питающимся от сети, и встроенным, как правило, в общем корпусе с генератором (типы ЭМУ-5А, ЭМУ-12А, ЭМУ-25Аз). На одном валу с двигателем D находится тахогенератор постоянного тока $TГ$, напряжение которого, пропорциональное скорости вращения двигателя, используется как обратная связь по скорости. В качестве тахогенератора используется малогабаритный двигатель типа СЛ-221.

Обмотки возбуждения двигателя $ОВД$ и тахогенератора $ОВТГ$, а также регулятор скорости (задающий по-

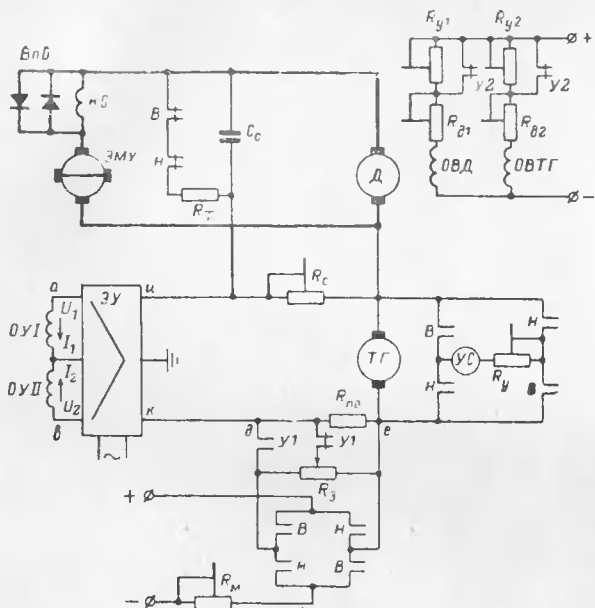


Рис. 1. Схема привода с ЭМУ и электронным усилителем.

тенциометр) R_3 питаются от отдельного источника, состоящего из стабилизатора напряжения, трансформатора, селенового выпрямителя и конденсаторов фильтра, которые уменьшают пульсации тока. Сопротивления $R_{д1}$ $R_{д2}$ служат для получения на $ОВД$ и $ОВТГ$ напряжения, равного номинальному, т. е. 110 в. Поскольку привод

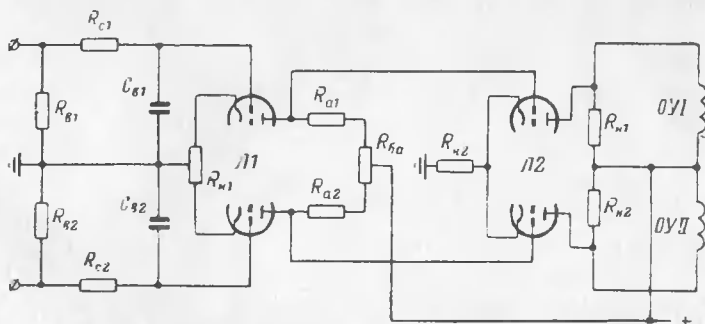


Рис. 2. Схема электронного усилителя.

имеет широкий диапазон регулирования (до 1:150), в качестве задающего потенциометра R_3 используется регулятор типа Р-1, применявшийся раньше в приводе ЭЛИР-25А. Регулятор имеет нелинейную зависимость сопротивления от угла поворота за счет близкой к треугольной формы каркаса, на который намотана проволока. Такая характеристика позволяет легко установить необходимую скорость в любой части диапазона; при линейной зависимости малые скорости вращения двигателя (примерно до 50 об/мин) устанавливать трудно. Необходимо подчеркнуть, что на резьбошлифовальных станках регулятор скорости вращения R_3 предназначен только для выставления скорости изделия, необходимой при обработке одной или партии деталей. Нельзя использовать регулятор для пуска и останова изделия, так как это приведет к быстрому износу аппарата.

Напряжение на R_3 подается через дополнительное сопротивление R_m , которым устанавливается напряжение на регуляторе и соответственно наибольшая скорость вращения двигателя, до которой он может регулироваться. На некоторых специальных станках вместо одного сопротивления R_m имеется несколько. Сопротивления переключаются контактами реле или переключателя, при этом меняется наибольшая скорость двигателя в зависимости от шага шлифуемого изделия с тем, чтобы скорость вращения ходового винта не превышала допустимую.

С помощью контактов B и H изменяется полярность напряжения на потенциометре R_3 и на входе ЭУ, результирующего напряжения на обмотках управления ЭМУ ОУ1 и ОУ2 и напряжения, питающего двигатель Д, т. е. осуществляется его реверсирование. Из напряжения, снимаемого с потенциометра R_3 при установившейся скорости, вычитается напряжение тахогенератора ТГ и падение напряжения на сопротивлении стабилизации R_c и разность подается на вход электронного усилителя ЭУ. Эта разность (входной сигнал) усиливается по напряжению и току и питает обмотки управления ОУ1 и ОУ2.

Токи I_1 , I_2 и соответственно магнитные потоки этих обмоток направлены встречно, возбуждение ЭМУ осуществляется за счет разности этих магнитных потоков. ЭМУ дополнительно усиливает выходной сигнал ЭУ по напряжению и току, питая двигатель Д напряжением,

пропорциональным задающему сигналу. Коэффициент усиления усилителя ЭУ зависит от величины входного сигнала: при малых его значениях (примерно до 0,1 в) он достигает 100—150, а затем уменьшается; наибольшее напряжение на выходе ЭУ между точками *a* и *b* достигает 30—40 в (напряжение насыщения).

При входном сигнале одной полярности ток I_1 и напряжение U_1 превышают ток I_2 и напряжение U_2 , при другой полярности входного сигнала — наоборот. Напряжение между точками *ab* равно разности U_1 и U_2 , и полярность его определяется соотношением их величин, т. е. полярностью входного сигнала. Включение напряжения тахогенератора встречно напряжению, снимаемому с R_3 (задающему сигналу), позволяет автоматически поддерживать скорость вращения двигателя примерно постоянной при изменениях нагрузки и других внешних факторов.

Например, если скорость снижается ниже заданной, то напряжение ТГ также уменьшается, сигнал на входе ЭУ увеличивается; напряжение на двигателе и его скорость возрастают примерно до первоначального значения.

Необходимо отметить, что за счет достаточно большого коэффициента усиления ЭУ разность напряжений задающего сигнала и ТГ в несколько десятков раз меньше этих величин; поэтому изменение скорости даже на несколько процентов вызывает значительное изменение напряжений на входе ЭУ, на его выходе и на двигателе.

Лучше всего это видно из следующего несложного расчета (который является весьма приблизительным, так как параметры всех элементов схемы могут значительно отличаться от приведенных и мы принимаем ряд допущений).

Предположим, в приводе двигатель МИ-32Г с номинальной скоростью 1500 об/мин и напряжением 110 в должен вращаться со скоростью 12 об/мин на холостом ходу (падением напряжения в его якорной цепи мы пренебрегаем). При такой скорости на якорь двигателя должно быть подано напряжение $110 \cdot \frac{12}{1500} \approx 1$ в. Если напряжению на якоре двигателя 110 в соответствует напряжение между точками *a* и *b* на обмотках ЭМУ, равное 30 в, то при напряжении на якоре 1 в напряжение $U_{ab} = 30 \cdot \frac{1}{110} \approx 0,3$ в (здесь мы не учитываем насыщение ЭМУ, т. е. считаем зависимость между напряжениями на якоре и обмотках возбуждения пропорциональной). При

коэффициенте усиления ЭУ по напряжению, равном 100, сигнал на его входе составит $\frac{0,3}{100} = 0,003$ в.

Предположим, что резистор R_c выставлен таким образом, что его сопротивление равно 8 ком, т. е. вдвое превышает входное сопротивление ЭУ. Отсюда разность напряжений задающего и тахогенератора равна $0,003 \frac{4+8}{4} = 0,009$ в $\approx 0,01$ в. Тахогенератор СЛ-221 в среднем дает напряжение (точнее э. д. с.) 0,025 в на 1 об/мин, поэтому при скорости вращения 12 об/мин его напряжение равно $0,025 \cdot 12 = 0,3$ в (падением напряжения на его якоре можно пренебречь). Отсюда напряжение задающего сигнала, снимаемого с R_c , должно составить $0,3 + 0,01 = 0,31$ в.

Предположим, что на двигателе толчком появилась нагрузка и его скорость вращения упала до 10 об/мин, т. е. на 17%. При этом напряжение на ТГ уменьшается до 0,25 в, разность между задающим сигналом и напряжением тахогенератора возрастает с 0,01 до $0,31 - 0,25 = 0,06$ в, т. е. в 6 раз. Соответственно возрастет в 6 раз напряжение на входе и выходе ЭУ, начнут быстро расти напряжение на якоре ЭМУ и скорость двигателя, при этом напряжение на входе ЭУ начнет снижаться. Процесс установится тогда, когда напряжение на якоре ЭМУ возрастет настолько, чтобы скомпенсировать появившееся при нагрузке падение напряжения в якорной цепи двигателя (с учетом нечувствительности и ошибок системы автоматического регулирования). Величина тока во входной цепи ЭУ до нагружения двигателя составляет $\frac{0,003}{4} \approx 0,001$ ма = 1 мка. При-

веденный расчет показывает порядок величин напряжений в системе привода и упрощенно показывает принцип автоматического регулирования скорости двигателя.

Во время вращения двигателя процесс автоматического регулирования идет постоянно, так как нагрузка, сопротивление якорной цепи и тому подобные факторы, влияющие на скорость двигателя, непрерывно изменяются.

Из приведенного выше расчета видно, насколько резко привод реагирует на отклонение скорости от заданной. Если не принять специальных мер, то двигатель будет находиться всегда в колебательном режиме: после снижения скорости произойдет ее резкое увеличение, снова снижение (вплоть до реверса) и т. д. Для стабилизации (устранения колебаний) служат емкость C_c и сопротивление R_c , включенные на напряжение двигателя. При изменениях напряжения на якоре и скорости вращения двигателя происходит заряд или разряд конденсатора C_c , ток заряда или разряда проходит через сопротивление R_c . При возрастании напряжения на якоре проходит ток заряда, направленный встречно току входного контура ЭУ, и напряжение на входе снижается, процесс повышения напряжения на двигателе замедля-

ется. При уменьшении напряжения на якоре проходит ток разряда, направленный согласно с током входной цепи, снижение последнего и скорости двигателя задерживается. Таким образом, стабилизирующая цепочка $R_c - C_c$ замедляет процессы автоматического регулирования, пуска, останова и реверса, исключая колебания скорости. Стабилизация усиливается при увеличении емкости C_c и сопротивления R_c , в то же время излишняя стабилизация вредна, так как привод может сделаться слишком инерционным и будет недопустимо медленно реагировать на изменения нагрузки и других факторов. Поскольку в ЭМУ усиливается незначительный магнитный поток, создаваемый обмотками OUI и $OUII$, остаточный магнетизм полюсов также может создать значительное напряжение на якоре и соответственно неуправляемую «ползучую» скорость. В значительной степени остаточный магнетизм при снижении скорости двигателя или останове устраняется действием тахогенератора. Например, при останове задающее напряжение снимается, а при замедлении оно делается меньше напряжения $TГ$, на вход ЭУ подается сигнал обратной полярности, меняется направление магнитного потока OUI и $OUII$, полюса перемагничиваются. Вообще действие $TГ$ направлено всегда встречно действию остаточного магнетизма, однако при останове его не всегда хватает. Поэтому в схеме имеется сопротивление R_T , которое при останове контактами B и H включается параллельно емкости C_c . При этом к сопротивлению R_c прикладывается часть напряжения ЭМУ, и на вход ЭУ подается дополнительный сигнал, направленный на уничтожение остаточного магнетизма. Неуправляемая ползучая скорость могла бы появиться от остаточного магнетизма или разбалансировки ЭУ при разрыве его входной цепи за счет нарушения контакта на движке регулятора R_3 ; чтобы это исключить, параллельно R_3 цепь замыкает резистор $R_{по}$. Чтобы исключить перегрузки двигателя и ЭМУ при резких изменениях нагрузки, а также при пуске, торможении, реверсе (сопровождающиеся, кроме того, неприятным «писком» ЭМУ), в приводе используется устройство, ограничивающее пики тока величиной 2—2,5 от номинального тока двигателя, представляющее собой селеновые выпрямители VnO , включенные параллельно компенсационной обмотке ЭМУ— KO . Как известно, компенсационная обмотка ЭМУ слу-

жит для компенсации реакции якоря — магнитного потока, создаваемого токами нагрузки, поскольку без этого был бы полностью уничтожен слабый магнитный поток обмоток управления. Даже небольшое уменьшение потока KO ведет к тому, что поток реакции якоря ЭМУ частично или полностью подавляет действие ОУІ и ОУІІ. Селеновые выпрямители обладают так называемой нелинейной характеристикой сопротивления в прямом направлении, т. е. в направлении прохождения выпрямленного тока. Если к выпрямителю приложено напряжение ниже определенной величины (примерно до 0,4 в на один элемент), то сопротивление в прямом направлении очень велико и ток мал; если напряжение превышает эту величину, сопротивление уменьшается в сотни и тысячи раз, соответственно возрастает ток. Напряжение на выпрямителях BnO равно падению напряжения на KO от тока нагрузки. Если ток нагрузки и падение напряжения не превышают заданной величины, ток через BnO крайне мал; при превышении — ток в одном из плеч BnO резко увеличивается, соответственно уменьшается ток в KO , реакция якоря размагничивает ЭМУ настолько, чтобы задержать ток нагрузки на определенном уровне. Каждое плечо BnO действует при одной полярности ЭМУ.

В качестве указателя скорости вращения изделия УС используется вольтметр с неравномерной шкалой, включенный на напряжение тахогенератора ТГ. Поскольку полярность напряжения ТГ изменяется при реверсе, а прибор имеет односторонний отсчет, для сохранения на нем постоянной полярности он включается через контакты В и Н. Тахогенераторы и указатели скорости имеют значительный разброс соотношений скорости и напряжения; с целью наладки УС на каждом приводе последовательно с ним включается регулируемый набор резисторов R_y . На всех р. ш. с. при одностороннем шлифовании, кроме регулируемой рабочей скорости, требуется быстрое перемещение (ускоренный ход) для возврата изделия в исходное положение. Величина скорости ускоренного хода может быть равна максимальной рабочей или превышать ее за счет ослабления потока возбуждения двигателя. В первом случае ускоренный ход достигается переключением контактов УІ, которые обеспечивают получение с потенциометра R_3 наибольшего напряжения. Во втором случае, кроме контактов УІ, действуют кон-

такты $У2$, которые вводят сопротивления R_{y1} и R_{y2} в цепь обмоток возбуждения двигателя $ОВД$ и тахогенератора $ОВТГ$.

Назначение сопротивления R_{y1} , ослабляющего возбуждение двигателя, достаточно известно, действие сопротивления R_{y2} следует несколько пояснить. Дело в том, что при увеличении скорости двигателя за счет снижения возбуждения задающее напряжение не увеличивается, а напряжение тахогенератора $ТГ$ возрастает и напряжение на якоре $ЭМУ$ должно понизиться настолько, чтобы скорость сохранилась. Чтобы исключить снижение напряжения на якоре, необходимо обеспечить при ускоренном ходе такое же напряжение $ТГ$, какое он имеет при максимальной рабочей скорости; это достигается ослаблением его возбуждения сопротивлением R_{y2} . Поскольку тахогенератор работает в режиме насыщения, т. е. его магнитный поток не пропорционален напряжению возбуждения, напряжение на $ОВТГ$ нужно снижать значительно больше, чем повышается скорость вращения.

Применяемый в приводе балансный электронный усилитель постоянного тока достаточно подробно описан в [Л. 1, 2], поэтому ограничимся пояснением назначения некоторых его элементов и описанием некоторых особенностей. Величина входных сопротивлений $R_{в1}$ и $R_{в2}$ выбрана такой, чтобы, с одной стороны, элементы входной цепи R_3 , $ТГ$, R_c могли быть достаточно маломощными, с другой стороны, чтобы усилитель не боялся наводок от находящихся рядом аппаратов и машин, а также сильноточных проводов (опасность наводок увеличивается при больших значениях входных сопротивлений $R_{в1}$ и $R_{в2}$). Чтобы уменьшить проникновение в усилитель переменных токов, которые имеются во входной цепи, используются конденсаторы $C_{в1}$ и $C_{в2}$. Без них величина переменного тока на выходе достигает нескольких десятков или сотен вольт и коэффициент усиления $ЭУ$ по постоянному току резко снижается. При наличии конденсаторов переменный ток на выходе имеется, однако, в допустимых пределах.

При переходных процессах положительные потенциалы на входе усилителя могут достигать нескольких десятков вольт. Чтобы избежать при этом разрушающих лампы $Л1$ сеточных токов (между сеткой и катодом), в $ЭУ$ используются сопротивления $R_{с1}$ и $R_{с2}$. Резистор $R_{ба}$ служит для выравнивания анодных сопротивлений

лампы $L1$, поскольку сопротивления R_{a1} и R_{a2} могут отличаться от номинальных до $\pm 10\%$. Сопротивление $R_{к1}$ служит для общей «балансировки» усилителя, т. е. для компенсации неравенства величин всех остальных парных элементов: сопротивлений $R_{в1}$ и $R_{в2}$, параметров «половинок» ламп $L1$ и $L2$ и т. д.

Обмотки $OУI$ и $OУII$ являются анодными нагрузками лампы $L2$. Параллельно им включены разрядные сопротивления $R_{н1}$ и $R_{н2}$, которые защищают обмотки от перенапряжений при резких изменениях в них тока.

Электронный усилитель обладает свойством «дрейфа нуля», т. е. даже при отсутствии напряжения на входе, на выходе может быть напряжение за счет изменения со временем параметров элементов усилителя (в основном сопротивлений).

Дрейф нуля может вызывать ползучую скорость двигателя при отсутствии входного сигнала, неравенство скорости при реверсе, несоответствие величины скорости положению регулятора и т. п. До определенной величины дрейф нуля практически незаметен, так как его действие уменьшается обратными связями — напряжением тахогенератора и напряжением, снимаемым с сопротивления R_T (при выключенных B и H). В разных случаях в зависимости от требований к приводу допускается различная величина «напряжения небаланса» (напряжение на выходе усилителя при отсутствии сигнала на входе). Практически всегда допустимы напряжения до 1—2 в, во многих случаях можно допустить небаланс до 6—8 в. Недопустимый дрейф нуля устраняется балансировкой ЭУ (регулировкой сопротивления $R_{к1}$). Для защиты от действия внешних магнитных полей (наводок) в течение нескольких лет входные цепи ЭУ монтировались экранированным проводом. Однако тщательные лабораторные исследования и испытания опытных станков показали, что экранирование для привода практически является излишним и оно было аннулировано на станках моделей 5821, 5822, 5822Б, 2А450 и др. Это изменение может быть учтено в случае замены проводки при капитальном ремонте станков, имеющих экранирование.

б) Привод с асинхронным трехскоростным двигателем. На резьбошлифовальных полуавтоматах для метчиков модели МВ13 привод изделия осуществляется асинхронным трехскоростным двигателем, у которого используются только две скорости, получаемые включе-

нием двух разных обмоток (число полюсов 2 и 6). Нижняя скорость предназначена для попадания в нитку, верхняя — рабочая. Переключение скоростей производится магнитными пускателями автоматически при включении цикла. Реверсирование изделия происходит за счет переключения электромагнитных муфт в редукторе. Питание муфт осуществляется постоянным током при напряжении 24 в, получаемым от выпрямителя, состоящего из понижающего трансформатора со вторичным напряжением 36 в и селенового столба, собранного по однофазной мостовой схеме. Напряжение на выходе выпрямителя равно 26—28 в. К каждой муфте через специальную щетку подводится только один полюс от источника, второй конец катушки муфты соединен с корпусом; соответственно заземлен на станке и один полюс селенового столба, т. е. вторым проводом питания являются детали станка и муфты. Необходимо отметить, что в выпрямителе используется трансформатор, получаемый с завода-изготовителя с одним заземленным выводом вторичной обмотки. При монтаже трансформатора перемычка заземления должна быть снята, в противном случае получается короткое замыкание, так как заземлен один из полюсов селенового столба; об этом не надо забывать, если возникнет необходимость замены трансформатора в процессе эксплуатации.

в) *Привод с магнитными усилителями ПМУ.* Полуавтоматы для метчиков моделей МВ13 первых выпусков, а также автоматы моделей МВ13В, МВ13В1 и другие оснащены приводами с магнитными усилителями серий ПМУ и ПМУМ. Применение этих приводов позволяет получить регулируемые скорости попадания в нитку и рабочую, а на автоматах — пониженную скорость фиксации метчика при установке в центрах. Однако одновременно увеличивается объем ремонтных работ (в основном за счет двигателя постоянного тока) и несколько понижается надежность электрооборудования.

Краткое описание привода ПМУ приводится в § 3 (более подробно см. [Л. 6]).

3. ГЛАВНЫЕ ПРИВОДЫ И ПРИВОДЫ ПОДАЧ КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ

Главные приводы. Работы, выполняемые на координатно-расточном станке, требуют в зависимости от материала обрабатываемого изделия, размера отверстия,

типа инструмента и других факторов самых различных скоростей вращения шпинделя.

При черновой обработке отверстий (особенно сверлении) большего диаметра требуются меньшие скорости и большая мощность двигателя; при обработке изделий из легких сплавов и при малых диаметрах отверстий нужны высокие скорости вращения шпинделя. Наиболее подходящим для таких режимов является двигатель постоянного тока, если его скорость регулируется путем ослабления потока возбуждения, а между ним и шпинделем установлена двух- или трехскоростная коробка передач.

При этих условиях можно обеспечить плавное регулирование скорости вращения шпинделя от 50 до 2 000 об/мин при значительной мощности на шпинделе, а также мощности источника питания, не намного превышающей полезную мощность.

В некоторых случаях используется и регулирование скорости вращения двигателя путем уменьшения напряжения на якоре. При этом минимальная скорость вращения шпинделя уменьшается до 25 об/мин.

Недостаток этого способа регулирования заключается в том, что допустимая мощность двигателя падает пропорционально уменьшению напряжения на якоре, в то

Таблица 1

Степень скорости	Скорость вращения шпинделя, об/мин	Ток двигателя шпинделя, а
А	50	0,6
	100	1,1
	200	3,2
В	250	0,7
	500	1,3
С	600	0,8
	1 200	1,7
	2 000	5,0

время как на нижней скорости вращения двигатель может быть сильно загружен.

Большое значение для координатно-расточного станка имеют потери на холостом ходу: при этом мощность, расходуемая на преодоление трения, нагревает станок, что сильно снижает его точность.

В табл. 1 приведен ток (потери) на холостом ходу в главном приводе станка модели 2А450 при нормальной работе коробки передач и шпиндельной группы.

Мощность, расходуемая на холостом ходу при скорости вращения шпинделя 2 000 об/мин, не должна превышать 1 квт (все числа ориентировочные).

В зависимости от вида выполняемых работ число включений шпинделя колеблется в широких пределах. Как показало обследование, в некоторых случаях оно достигает 50 включений в час. Среднее число включений (для нескольких станков) составило 26 в час. Частые пуски требуют уменьшения времени разгона и торможения для сокращения непроизводительных затрат времени. С другой стороны, частые пуски ухудшают условия работы двигателя и других элементов привода.

Наиболее тяжелый режим — это разгон и торможение при максимальной скорости вращения двигателя.

При сверлении отверстий большого диаметра и получистовом фрезеровании, когда нагрузка на двигатель значительно возрастает, скорость вращения его не должна существенно снижаться. Это требует достаточной жесткости механических характеристик двигателя, что, помимо его конструкции, зависит от источника питания и схемы привода.

Кроме рабочего диапазона скоростей, на станке желательно иметь медленную скорость вращения шпинделя, на которой можно производить переключения в коробке передач или пользоваться центроискателем.

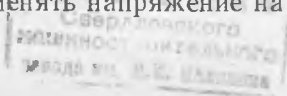
Таковы основные требования, предъявляемые к приводу шпинделя координатно-расточного станка.

81788
Первоначально на станках МЗКРС для привода шпинделя использовались двигатели постоянного тока, параллельного возбуждения с легкой последовательной обмоткой типа ПНФ-85. Их сменили двигатели ПНФ-45/150, а в настоящее время применяются двигатели П42/160 (другое обозначение двигателя ПС4/160).

Технические данные этих двигателей приведены в табл. 2.

Источником питания привода шпинделя первоначально служил генератор постоянного тока, приводимый во вращение асинхронным электродвигателем. Некоторые особенности такого привода отмечены в § 2. В дальнейшем генератор был заменен приводом с магнитным усилителем.

В приводе с магнитным усилителем переменный ток питающей сети преобразуется в постоянный с помощью трехфазного выпрямителя, в котором последовательно с вентильями (селеновыми столбами) включены дроссели, индуктивное сопротивление которых можно регулировать. Это позволяет плавно менять напряжение на якоре



Технические данные электродвигателей главного привода к. р. с.

Данные двигателя	Тип двигателя		
	ПНФ-85	ПНФ-15/150	П12/150
Мощность, <i>квт</i>	2	2	2
Номинальное напряжение, <i>в</i>	220	220	220
Пределы регулирования скорости, <i>об/мин</i>	700—2 800	700—2 800	700—2 800
Номинальный ток возбуждения, <i>а</i>	0,7	0,9	0,85
Сопrotивление обмотки, <i>ом</i> :			
параллельного возбуждения	314	236	260
якорной	0,715	1,1	1,38
последовательной	0,07	0,07	0,02
добавочных полюсов	0,37	0,54	0,59
Суммарное сопротивление цепи якоря, <i>ом</i>	1,15	1,71	1,99

Примечание. Сопrotивление обмоток указано в холодном состоянии.

двигателя или увеличивать его при изменении нагрузки с целью уменьшения падения скорости.

Изменение индуктивности дросселей осуществляется регулированием тока в обмотках управления, расположенных на тех же сердечниках, что и силовые обмотки.

Ток, проходящий в обмотках управления, определяется следующими величинами:

1) напряжением задающего сигнала, получаемым от отдельного маломощного выпрямителя;

2) напряжением на выходе силовой цепи магнитного усилителя, т. е. на двигателе (обратная связь по напряжению);

3) напряжением, величина которого пропорциональна току двигателя (обратная связь по току).

Для получения этого напряжения служит трансформатор тока, первичная обмотка которого включена последовательно в силовую цепь до выпрямителей.

Напряжение, снимаемое со вторичной обмотки трансформатора тока после выпрямления, поступает в цепь обмоток управления и служит для уменьшения падения скорости двигателя под нагрузкой.

При увеличении нагрузки двигателя растет напряжение на вторичной обмотке трансформатора тока и ток в обмотках управления магнитного усилителя. Это вы-

зывает уменьшение индуктивного сопротивления дросселей и увеличение напряжения на выходе магнитного усилителя.

Введение в цепь обмоток управления напряжения, снимаемого с выхода магнитного усилителя и направленного встречно задающему сигналу, необходимо для предотвращения автоколебаний, стабилизации скорости в статических режимах и фосирования возрастания скорости (за счет инерционности нарастания напряжения).

Если уменьшить задающий сигнал, управляющий током в обмотках магнитного усилителя, индуктивность дросселей будет возрастать и напряжение на выходе магнитного усилителя снизится. Так как от величины этого напряжения зависит скорость вращения двигателя, можно управлять его скоростью, меняя задающий сигнал.

Магнитный усилитель обладает рядом преимуществ по сравнению с генератором: он обеспечивает большую жесткость механических характеристик двигателя, не создает шума и вибраций, не потребляет электроэнергию в то время, когда шпиндель выключен. Он значительно проще в обслуживании и имеет меньшие размеры. Благодаря отсутствию вращающихся частей он не требует, как генератор, периодических осмотров, замены щеток, подшипников и смазки. При нормальных условиях эксплуатации станка он может работать длительное время без ремонта.

Пуск двигателя во избежание чрезмерных перегрузок осуществляется в две ступени: сначала с полным потоком возбуждения, а после того, как будет достигнута номинальная скорость вращения двигателя — с ослабленным потоком.

Наиболее тяжелый пусковой режим имеет место при переходе двигателя с номинальной скорости вращения 700 об/мин на максимальную 2800 об/мин. Для уменьшения пусковых токов служит последовательная обмотка: создаваемый ею поток подмагничивает двигатель, благодаря чему суммарный магнитный поток при пуске превышает номинальный и уменьшается постепенно, по мере снижения тока якоря. Отсутствие или неправильное включение этой обмотки приводит к чрезмерно быстрому пуску, сопровождающемуся сильным искрением на коллекторе машины.

В схеме с генератором для ограничения токов на первой ступени пуска дополнительно использовалось сопротивление, включавшееся последовательно с якорем. Поскольку внутреннее сопротивление, ограничивающее величину пускового тока, у магнитного усилителя больше, чем у генератора, в настоящее время надобность в таком сопротивлении отпала.

При торможении, как и при пуске, наиболее тяжелый режим соответствует максимальной скорости вращения двигателя.

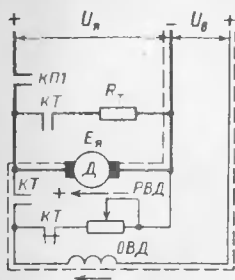


Рис. 3. Схема торможения двигателя шпинделя.

В станках модели 2450, выпущенных до 1958 г., при максимальной скорости вращения шпинделя из-за чрезмерно резкого торможения наблюдалось соскакивание со шкивов плоского ремня, связывающего двигатель со шпиндельной коробкой. Резкое торможение было обусловлено тем, что на двигатель, вращающийся со скоростью 2 800 об/мин, подавалось полное возбуждение и одновременно он переводился в тормозной режим. При этом напряжение на якоре в несколько раз превосходило номинальное и возникали большие тормозные токи.

В дальнейшем схема была изменена: теперь при торможении последовательно с параллельной обмоткой возбуждения и ее источником питания включается якорь двигателя таким образом, что его противо-э. д. с. направлена встречно напряжению питания (рис. 3). При этом ток возбуждения возрастает лишь по мере снижения скорости двигателя и, следовательно, снижения его противо-э. д. с. Напряжение на двигателе не превышает допустимого, а тормозной ток во время торможения остается почти неизменным.

Время торможения в зависимости от начальной скорости двигателя колеблется от 0,5 до 3 сек. Изменение скорости двигателя осуществляется дистанционным регулятором, поскольку установка на станке регулятора возбуждения, выделяющего значительное количество тепла, нежелательна. Кроме того, изменение скорости (т. е. возбуждения двигателя) должно происходить плавно. В противном случае возможны перенапряжения на его якоре.

Время торможения в зависимости от начальной скорости двигателя колеблется от 0,5 до 3 сек.

Изменение скорости двигателя осуществляется дистанционным регулятором, поскольку установка на станке регулятора возбуждения, выделяющего значительное количество тепла, нежелательна. Кроме того, изменение скорости (т. е. возбуждения двигателя) должно происходить плавно. В противном случае возможны перенапряжения на его якоре.

Изменение сопротивления регулятора возбуждения осуществляется двигателем приводного механизма, включение которого в нужном направлении производится с помощью кнопок.

Контроль скорости вращения шпинделя ведется по тахометру. Использувавшиеся ранее в регуляторах возбуждения типа РВД-1 двигатели приводного механизма типов УМТ-12, а затем СРД-2 в настоящее время заменены, а номинальная мощность регулятора увеличена.

Новые регуляторы типа РВД-4 снабжены двигателем со встроенным редуктором типа РД-09. Номинальная скорость вращения этого двигателя и, следовательно, время установки скорости шпинделя почти не зависят, как это имело место для УМТ-12, от колебаний напряжения питающей сети и изменения нагрузки. При номинальном напряжении питающей сети 127 в время полного хода ползушки регулятора составляет 22—23 сек, при 110 в — 24 ÷ 26 сек, а при 90 в — 27 ÷ 30 сек.

Увеличение мощности регулятора РВД-4 по сравнению с выпускавшимися ранее обусловлено тем, что двигатели ПНФ-45/150 (П 42/160), сменившие ПНФ-85 в приводе шпинделя, имеют больший номинальный ток возбуждения.

До того, как был освоен выпуск регуляторов РВД-4, ток возбуждения ограничивался специальной регулировкой сопротивлений ПМУ и переключением вывода трансформатора возбуждения.

Наиболее неблагоприятным, с точки зрения нагрева регулятора возбуждения, является такое положение ползушки, когда в цепь включена небольшая часть обмотки и величина тока определяется не сопротивлением регулятора, а параметрами внешней цепи: напряжением питания и сопротивлением шунтовой обмотки двигателя.

Ограничение хода ползушки регулятора для нижних оборотов двигателя обеспечивается жестким упором, а для верхних — путевым выключателем, укрепленным на подвижном кронштейне. Он устанавливается таким образом, чтобы обороты шпинделя в крайнем положении ползушки не превышали 2 000 об/мин (на ступени С). При этом необходимо учесть, что если плавной регулировкой установлено 1 800—1 900 об/мин, после останова и повторного пуска скорость возрастает до 1 900—2 000 об/мин.

Для получения медленного вращения шпинделя нуж-

но значительно снизить напряжение на якоре при полном возбуждении двигателя.

В схеме с магнитным усилителем это достигается переключением обмоток управления усилителя на меньшее задающее напряжение, снимаемое с делителя, а в схеме с генератором — уменьшением его возбуждения.

Скорость медленного вращения не является рабочей и к ней не предъявляется жестких требований в отношении стабильности: считается допустимым изменение скорости двигателя от 50 до 100 *об/мин*. Падение скорости при возрастании нагрузки в этом случае также не регламентируется.

Для того чтобы предотвратить появление автоколебаний (периодических изменений скорости), магнитный усилитель в режиме медленного вращения двигателя искусственно подгружается: параллельно якору двигателя включается дополнительное сопротивление. Оно же используется и при снижении скорости шпинделя, так как в отличие от генератора, магнитный усилитель не может служить нагрузкой двигателя в процессе снижения его оборотов (при увеличении возбуждения противо-э. д. с. двигателя оказывается больше подводимого к нему напряжения питания). Если источником питания служит генератор, то при снижении скорости направление тока в якорной цепи меняется, двигатель работает в генераторном режиме, быстро отдает свою энергию и затормаживается до тех пор, пока его противо-э. д. с. не станет меньше напряжения источника питания.

В магнитном усилителе ток благодаря наличию вентиля может проходить только в одном направлении. Если при увеличении возбуждения не дать двигателю искусственную нагрузку, его скорость вращения будет уменьшаться очень медленно из-за отсутствия тормозного тока. В качестве такой нагрузки служит сопротивление, включаемое одновременно с сервоприводом регулирования скорости при его работе на снижение скорости вращения. Номинальное значение этого сопротивления 39 *ом*. Торможение двигателя при его останове должно быть значительно более эффективным, чем при снижении скорости: в этом случае тормозное сопротивление должно быть значительно меньше. При частых пусках и остановках шпинделя этот резистор сильно нагружен и его температура доходит до 160° С. Допускаемая температура

нагрева трубки резистора 300°C . Однако при температуре свыше 200°C возможно отпаивание проводов и потемнение краски на панели.

Приводы подачи к. р. с. обеспечивают перемещения стола, салазок и шпинделя. Первые два используются для установки изделия при сверлении и расточке отверстий, а также при фрезеровании, а осевая подача шпинделя — в процессе обработки отверстий.

Почти во всех станках, выпущенных МЗКРС, вращение и подача шпинделя осуществляются одним двигателем. Изменение величины подачи при постоянной скорости вращения достигается регулированием фрикционного устройства. При этом величина осевой подачи, приходящаяся на один оборот шпинделя, может составлять от 0,03 до 0,16 мм. При изменении скорости вращения пропорционально меняется и величина подачи.

Приводы перемещения стола и салазок усложнялись и совершенствовались по мере появления новых моделей станков.

В к. р. с. старых моделей 2450, 2450М эти приводы были достаточно просты: асинхронный двигатель с помощью фрикционных муфт обеспечивал перемещения стола и салазок со скоростью 36 или 1 000 мм/мин. Одновременное перемещение по двум координатам могло осуществляться только в согласованных направлениях: стол — вправо, салазки — вперед или стол — влево, салазки — назад.

Для управления перемещениями служили кнопки и рычажки, включавшие фрикционные муфты. В станках моделей 2Б440 и 2В440 для перемещения стола и салазок используются двигатели постоянного тока. Их скорость плавно регулируется в диапазоне 90—1 800 об/мин; максимальная скорость 4 500 об/мин. Питаются двигатели от общего электромашинного усилителя ЭМУ, что исключает возможность одновременного перемещения стола и салазок.

В некоторых станках имеется одновременное перемещение стола и салазок с максимальной скоростью за счет питания двигателей от генератора привода шпинделя.

Для управления перемещениями разработан специальный регулятор-переключатель: смещение его рукоятки с нейтрального положения в ту или другую сторону

определяет направление перемещения, а угол поворота — величину скорости. Сначала скорость увеличивается плавно, а в крайнем положении возрастает скачком до максимальной.

Плавное регулирование позволяет выбрать скорость, нужную для фрезерования. При этом отсчет величины скорости ведется по вольтметру, включенному на напряжение якоря двигателя. Поскольку число оборотов двигателя примерно пропорционально этому напряжению, вольтметры градуируются непосредственно в скоростях перемещения стола и салазков. Отсчет скорости по вольтметрам позволяет избежать ошибки, связанной с влиянием остаточного намагничивания ЭМУ: поскольку ток, проходящий в якорной цепи ЭМУ и обмотках управления, намагничивает его статор и в дальнейшем железо статора полностью не размагничивается, то напряжение ЭМУ определяется не только задающим сигналом, но и

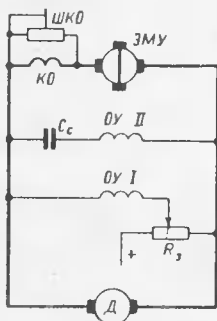


Рис. 4. Упрощенная схема привода стола станка модели 2Б440.

величиной остаточного намагничивания. При этом одному и тому же углу поворота регулятора скорости, управляющего задающим сигналом, могут соответствовать разные значения скорости перемещения. Это препятствует использованию регуляторов с градуированными лимбами.

Упрощенная схема привода подач станков 2Б440 и 2В440 приведена на рис. 4.

Одна из обмоток управления ЭМУ включена на разность напряжений задающего сигнала и якоря ЭМУ, а вторая через конденсатор на напряжение якоря.

Первая обмотка используется для регулирования напряжения ЭМУ, снижения действия остаточного магнетизма и поддержания постоянства напряжения на двигателе при изменении режима его работы. С ростом нагрузки увеличивается падение напряжения на якоре ЭМУ и напряжение на двигателе уменьшается. Поскольку напряжение ЭМУ действует встречно задающему сигналу, при его уменьшении ток в обмотке управления возрастает, что частично компенсирует уменьшение напряжения на якоре ЭМУ.

При быстром уменьшении задающего сигнала он может стать меньше напряжения ЭМУ и полярность на обмотке управления изменится. Этим устраняется остаточный магнетизм и обеспечивается резкое замедление.

Последовательно с сопротивлением, шунтирующим компенсационную обмотку ЭМУ, включено добавочное сопротивление, которое делает магнитный поток этой обмотки больше, чем магнитный поток якоря, для компенсации которого она служит. Избыточный магнитный поток компенсационной обмотки поднимает напряжение ЭМУ при увеличении нагрузки.

Вторая обмотка управления ЭМУ, включенная последовательно с конденсатором, служит для устранения колебаний и улучшения переходных процессов; во время снижения напряжения на якоре эта обмотка подмагничивает, а при возрастании напряжения — размагничивает ЭМУ.

Для получения ускоренного хода задающий сигнал резко увеличивается. Для этого в цепи питания обмотки управления ЭМУ закорачивается дополнительное сопротивление. Диапазон регулирования скорости двигателей 1:40 вниз (90—3 600 об/мин) и 1:1,25 вверх (3 600—4 500 об/мин) от номинальной скорости вращения. Форсированная скорость достигается за счет увеличения напряжения на якоре до 130—140 в.

В станках моделей 2А450 и 2Д450 (1-я серия) приводы стола и салазок выполнены по схеме ЭМУ-Д с промежуточным электронным усилителем, подробно рассмотренной в § 2.

Приводы стола и салазок работают независимо друг от друга и перемещения по двум координатам могут происходить одновременно. Ниже рассматриваются только особенности этих приводов, связанные с их использованием на к. р. с.

В приводе с электронным усилителем напряжение задающего сигнала должно быть несколько больше напряжения тахогенератора. Поскольку напряжение сельсина, используемое в качестве задающего сигнала, на некоторых скоростях ниже напряжения тахогенератора, нужное соотношение напряжений достигается уменьшением возбуждения тахогенератора. Тем же способом устанавливается скорость быстрых перемещений. Только в режиме ручного управления при скоростях до

300 мм/мин тахогенератор работает при полном возбуждении.

Точная установка координат производится вручную с помощью маховичков, находящихся на валу двигателей перемещения стола и салазок. Поворачивая маховичок, оператор вращает тахогенератор, находящийся на том же валу. Возникающая при этом э. д. с. поступает на вход электронного усилителя и, если ЭМУ вращается, на двигателе возникнет момент, противодействующий повороту маховичка. Во избежание этого после отключения механических перемещений якорь тахогенератора закорачивается контактами реле подготовки движения.

Поскольку перемещения стола и салазок занимают незначительную часть времени работы станка, целесообразно включать питающие ЭМУ только на время перемещения. Это уменьшает шум, расход электроэнергии и увеличивает срок их службы. Время разгона ЭМУ незначительно (менее 1 сек) и практически не увеличивает затрат времени на установочные перемещения.

Одновременно с отключением вращения ЭМУ в цепь возбуждения двигателей и тахогенераторов вводится дополнительное сопротивление, уменьшающее их нагрев.

Для управления перемещениями в станках модели 2А450 используются такие же регуляторы-переключатели, как и в станках модели 2В440.

В станках последних моделей (2Д450 и других) для подач используются приводы с магнитными усилителями. Обеспечивая достаточный диапазон регулирования скорости, они значительно проще, чем приводы с ЭМУ и промежуточным электронным усилителем, что позволяет упростить обслуживание и повысить надежность электрооборудования станка. Однако эти приводы более чувствительны к качеству сборки, так как из-за меньшего быстродействия на них более заметны толчки скорости при резких изменениях нагрузки.

Работа схемы привода с магнитными усилителями была рассмотрена выше.

4. ПРИВОДЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ И РЕЗЬБОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Приводы вспомогательных механизмов — устройств для правки круга, подвода и отвода шлифовальной бабки, насосов смазки на р. ш. с., зажимных устройств на

к. р. с. и т. п. — в подавляющем большинстве случаев осуществляются трехфазными асинхронными двигателями малой мощности до 1 квт, в отдельных случаях — однофазными. Работа этих двигателей, их пуск и останов достаточно широко известны, поэтому ниже рассматриваются лишь некоторые специфические черты этих приводов.

1. Асинхронные трехфазные двигатели небольшой мощности (примерно до 1 квт, а особенно до 100—200 вт) имеют значения токов холостого хода (идущих в основном на создание магнитного поля), составляющие значительную часть величины номинального тока. Могут быть случаи, когда плохо спроектированные или изготовленные двигатели (с увеличенным воздушным зазором и т. п.) имеют ток холостого хода выше номинального, т. е. перегреваются, и не могут длительно работать вхолостую или при пониженной нагрузке. Ток холостого хода малых двигателей примерно пропорционален питающему напряжению, поэтому их рабочий ток, значительную долю которого составляет ток холостого хода при повышении напряжения сети увеличивается, а при снижении — уменьшается (на крупных двигателях зависимость обратная). Отсюда вытекает большая чувствительность малых асинхронных двигателей к повышению напряжения сети выше номинального значения. В этих случаях машины перегреваются, срабатывает их тепловая защита. Для обеспечения надежной длительной работы таких двигателей напряжение сети не должно превышать 105% номинального.

Второй особенностью малых двигателей является то, что они имеют тонкостенные корпуса, сделанные, как правило, из алюминия. В результате температура на поверхности корпуса близка к температуре обмотки, а поскольку для обмотки допускается высокий нагрев, на поверхности может быть до 80—90° С. Поэтому высокая температура корпуса (в указанных пределах) не является показателем неисправности двигателя, а необходимо замерить его ток или температуру обмотки (методом сопротивления).

Необходимо отметить, что нагрев малых двигателей сильно зависит от качества их изготовления: величины воздушного зазора, сопротивления изоляции, качества железа, сборки и т. д. Конструктивной особенностью малых двигателей являются небольшие размеры вводных

коробок, что нередко приводит к замыканию подводных проводов между собой и на корпус. В связи с этим необходимо при осмотрах и ремонтах следить, чтобы не было оголенных участков проводов, чтобы они не приближались друг к другу, к корпусу коробки и крышке, учитывать возможность сдвига проводов при закрывании крышки и перемещении механизма.

2. На некоторых станках МВ13В, МВ13В1, 2В44ОП и других применяются однофазные асинхронные двигатели малой мощности с пристроенным редуктором типа РД-09 или без него — АДП-262 и др. У этих двигателей ротор может быть аналогичен ротору обычных асинхронных двигателей либо представлять собой алюминиевый стаканчик. На статоре такого двигателя располагаются две однофазные обмотки. Одна из них подключается к сети последовательно с конденсатором, который служит для сдвига по фазе ее тока и магнитного потока, в результате чего создается вращающий момент двигателя. Поскольку в этой цепи имеет место резонанс напряжений, величины напряжений на обмотке и конденсаторе значительно превышают питающее напряжение. Величина тока однофазных двигателей практически не зависит от их нагрузки, поэтому в ряде случаев схемами не предусматривается их немедленное отключение при останове от перегрузки (в крайнем положении перемещаемого механизма).

3. На ряде моделей р. ш. с. — МВ16, 5823 и других на приводе подвода и отвода шлифовальной бабки и в некоторых других случаях применяется электрическое торможение двигателя. На станках более ранних выпусков используется динамическое торможение путем питания двух обмоток статора постоянным током. Постоянный ток получается от выпрямителя, состоящего из понижающего трансформатора со вторичным напряжением 127 в и селеновых столбов, собранных по однофазной мостовой схеме. Длительность включения постоянного тока определяется выдержкой реле времени, которое надо регулярно проверять, настраивать и ремонтировать. В случае уменьшения выдержки времени может нарушиться работа механизма, в случае значительного увеличения (примерно больше 5—10 сек) возможно перегревание и быстрый выход из строя двигателя.

Поскольку линейный и тормозной контакторы имеют электрическую блокировку от одновременного включе-

ния, то в этих схемах недопустимо применение аппаратов с неправильной последовательностью работы замыкающих (нормально—открытых) и размыкающих (нормально—закрытых) контактов (при включении катушки сначала замыкаются замыкающие, а потом открываются размыкающие; при отключении катушки — сначала замыкаются размыкающие контакты, а потом размыкаются замыкающие).

На многих р. ш. с. взамен динамического применяется предложенное Л. П. Петровым конденсаторное торможение с закорачиванием статора [Л. 5], которое не требует реле времени и исключает возможность выхода из строя двигателя при нарушении работы аппаратов управления. Однако такое торможение эффективно лишь при небольших маховых массах на валу двигателя.

Торможение происходит в два этапа. При отключении питания происходит конденсаторное торможение, которое интенсивно уменьшает скорость вращения на 40—60%, после чего оно становится не эффективным. Торможение до полного останова производится за счет закорачивания обмотки статора контактами тормозного контактора. С целью исключения возможности одновременного замыкания контактов линейного и тормозного контакторов, что приводит к короткому замыканию, в схеме применяется дополнительный, промежуточный контактор; однако и при этом не допускается упомянутая выше неправильная последовательность работы замыкающих и размыкающих контактов.

5. РЕЖИМЫ РАБОТЫ И СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ

Управление приводом шпинделя. Схема управления приводом шпинделя на всех координатно-расточных станках МЗКРС почти одинакова.

Ниже дано описание схемы наиболее распространенного станка модели 2А450 (рис. 5). Пуск, останов, ускорение, замедление и включение медленного вращения шпинделя осуществляется с помощью кнопок. Пуск происходит в две ступени: сначала включается пускатель *КП1*, а по окончании выдержки времени реле *РВП* — пускатель *КП2*. Это же реле используется для получения

выдержки времени при торможении шпинделя. При воздействии на кнопку «стоп» или конечный выключатель *ВК*, ограничивающий ход гильзы, пускатели *КП1*, *КП2* и реле времени *РВП* теряют питание, включается пускатель торможения *КТ*.

Поскольку реле *РВП* после этого должно включиться повторно, необходимо проконтролировать, что оно действительно

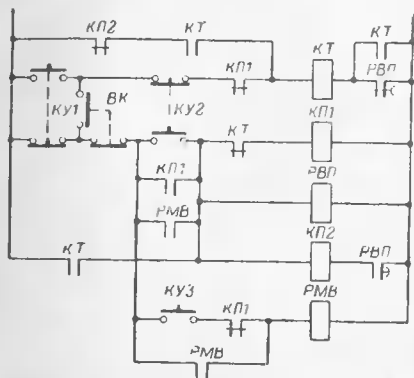


Рис. 5. Схема управления приводом шпинделя

КУ1 — кнопка останова шпинделя; *КУ2* — кнопка пуска шпинделя; *КУ3* — кнопка медленного вращения.

действительно успело отключиться — иначе не будет выдержки времени и торможения не произойдет.

Для контроля отключения *РВП* его размыкающий контакт включен в цепь катушки пускателя торможения. После включения *КТ* и окончания выдержки времени включается *КП2*, *КТ* теряет питание и торможение заканчивается.

Необходимо следить за выдержкой реле

времени: ее уменьшение ведет к тому, что торможение происходит только частично и резко усиливается износ контактов; при увеличении—после торможения шпиндель начинает медленно вращаться в обратную сторону (так как якорь включен при этом последовательно с обмоткой возбуждения и питается вместе с ней).

В станках старых моделей торможение осуществлялось только во время нажатия кнопки «стоп», поскольку пускатель торможения не имел самопитания. В случае кратковременного нажатия на кнопку торможение прекращалось, когда в силовой цепи проходил еще большой тормозной ток, что ухудшало условия работы контактов и ускоряло их износ.

Медленное вращение шпинделя может быть включено только после отключения рабочей скорости, так как при этом требуется полное возбуждение двигателя, которое опасно включать, когда скорость вращения значительно превышает номинальную. Подобное включение

ведет к возникновению перенапряжений в якорной цепи.

При включении реле медленного вращения *РМВ* получают питание пускатели *КП1*, *КП2* и реле *РВП*, но вторая ступень пуска не работает, так как регулятор возбуждения шунтируется замыкающим контактом реле *РМВ*.

Отключение медленного вращения осуществляется той же кнопкой, что и при рабочих скоростях шпинделя.

В схеме управления приводом шпинделя сейчас используются магнитные пускатели типа ПМЕ-211 (в станках прежних выпусков МПК-1 и ПМИ-2). Проведенные испытания показали, что их контакты выдерживают не менее 100 000 циклов включения и торможения шпинделя.

Кнопки ускорения и замедления воздействуют на двигатель приводного механизма регулятора возбуждения. Его реверс осуществляется изменением направления тока в одной из обмоток.

Применяемые в настоящее время двигатели приводного механизма типа РД-09 имеют две обмотки. Одна из них служит для управления двигателем, а вторая, находящаяся постоянно под напряжением, обеспечивает быстрый останов после отключения первой. Это повышает точность установки скорости, так как за счет выбега двигателя приводного механизма скорость шпинделя продолжает изменяться после того, как оператор прекратил воздействие на кнопку. В тех станках, где применяется привод с магнитными усилителями, при включении двигателя приводного механизма на замедление включается специальный пускатель, с помощью которого обеспечивается более быстрое снижение скорости вращения.

Контакты этого пускателя включают параллельно якорю двигателя дополнительное сопротивление, через которое проходит тормозной ток.

Максимальная скорость двигателя регулируется смещением путевого выключателя, установленного на регуляторе возбуждения и ограничивающего ход его ползушки.

В станках новых моделей 2В440П, 2Д440 и других диапазон регулирования скорости двигателя шпинделя расширен за счет регулирования напряжения на якоре. В этом случае регулятор возбуждения имеет более сложную конструкцию: на валу двигателя приводного механизма РД-09 укреплен зубчатый сектор, сцепляющийся

поочередно с шестернями, связанными с двумя регуляторами. Один из них регулирует напряжение на якоре, второй — ток в параллельной обмотке возбуждения двигателя.

На регуляторе имеется микропереключатель, нажатый в той части угла поворота сектора, в которой изменяется напряжение на якоре: этим сигнализируется снижение допустимой мощности двигателя.

Управление приводами стола и салазок. Схемы ручного управления приводами координатных перемещений весьма просты: почти на всех станках, за исключением модели 2450 и некоторых других, включение перемещения в том или ином направлении и регулирование скорости осуществляются комбинированным регулятором-переключателем.

В станках моделей 2Б440, 2В440, имеющих ручное управление зажимом стола и салазок, имеется блокировка, предотвращающая включение перемещения в случае, если предварительно не был произведен отжим.

В станках моделей 2А450, 2Д440, 2Д450 с механизированным зажимом при установке регулятора в рабочее положение отжим включается автоматически, если он не был произведен оператором, а движение начинается только после его окончания.

Для предотвращения неожиданного включения перемещения в случае, если регулятор был поставлен в рабочее положение до включения напряжения сети, имеется специальный пускатель и кнопка подготовки станка к работе. Этот пускатель может быть включен только тогда, когда регуляторы скорости стола и салазок находятся в нейтральном положении. После включения пускатель становится на самопитание. Он отключается при исчезновении напряжения в питающей сети или отключении станка.

Наряду с ручным управлением в станках моделей 2А450, 2Д440 и 2Д450 имеются устройства для предварительного набора координат (ПНК), позволяющие частично автоматизировать эту операцию.

За то время, пока происходит обработка отверстия, рабочий может, пользуясь лимбами механизма ПНК, установить координаты следующего отверстия. После окончания обработки нажимом кнопки включаются перемещения стола и салазок, которые останавливаются, не доходя 0,2—0,5 мм до заданного положения.

Выбор направления перемещения, снижение скорости в конце пути и останов происходят автоматически. Точная установка координат, как и при ручном управлении, осуществляется с помощью маховичков.

В качестве задатчиков координат в устройстве ПНК используются бесконтактные сельсины типа БД-404А. Такие же сельсины служат для контроля положения стола и салазок. Бесконтактный сельсин представляет собой небольшую электрическую машину, на статоре которой имеются две обмотки — однофазная и трехфазная. Если соединить между собой трехфазные обмотки двух сельсинов, а на однофазную обмотку одного из них подать переменное напряжение, то на однофазной обмотке второго сельсина появится напряжение рассогласования, зависящее от положения роторов сельсинов относительно их статоров.

Положение роторов, при котором это напряжение равно нулю, называется положением согласования. Если ротор одного из сельсинов неподвижен, а ротор второго отклоняется от положения согласования, напряжение рассогласования пропорционально синусу угла поворота. В зависимости от того, в каком направлении повернут сельсин, изменяется фаза этого напряжения: при переходе через положение согласования фаза изменяется скачком на 180° . С работой сельсинов можно подробно познакомиться в [Л. 7].

В устройстве ПНК один из сельсинов — задающий — связан с лимбом, по которому устанавливается требуемое перемещение, а второй — следящий — с помощью рейки и реечной шестерни соединен со столом станка. Их напряжение рассогласования, после того, как подана команда на включение перемещения, используется для управления приводом.

При углах рассогласования менее 1° сельсины не могут обеспечить надежного управления и для обеспечения точности установки в несколько десятых долей миллиметра (при максимальном перемещении до 1 м) требуются две пары сельсинов. Одна из них — сельсины грубого отсчета — управляет при перемещениях, превышающих 20—30 мм; другая — сельсины точного отсчета — обеспечивает точность установки координат.

Один оборот сельсина точного отсчета соответствует перемещению на 73,3 мм (на станке модели 2А450). Этот сельсин связан непосредственно с реечной шестер-

ней, а «грубый» сельсин — через понижающий редуктор. Максимальное перемещение — 1 000 мм соответствует повороту грубого сельсина на угол около 180° . Изменение напряжения на сельсинах в зависимости от удаления из точки согласования показано на рис. 7.

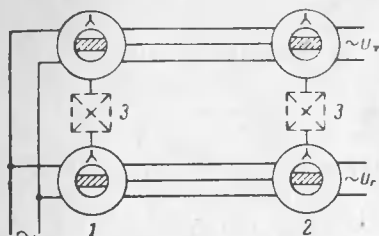


Рис. 6. Схема соединения сельсинов.

1 — задающие сельсины; 2 — следящие сельсины; 3 — редукторы.

Поворачивая задающие сельсины, рабочий смещает положение согласования таким образом, чтобы оно совпало с требуемым положением стола.

Так как перемещение может быть задано из любой точки и его величина может соответствовать полному ходу стола,

сельсин грубого отсчета должен обеспечивать перемещение в обе стороны на 1 000 мм.

Для управления перемещениями необходимо устройство, преобразующее напряжение сельсинов таким об-

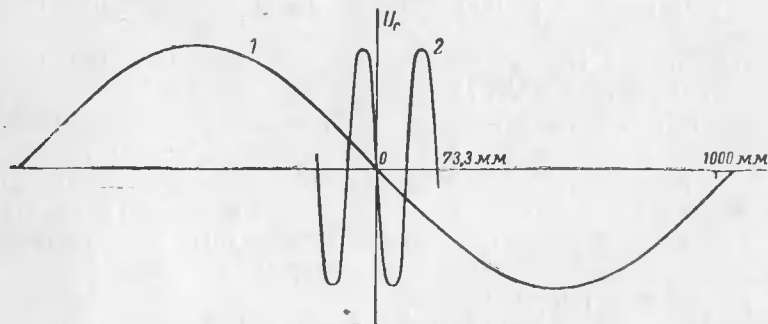


Рис. 7. Изменение напряжения сельсинов в зависимости от положения стола.

0 — точка согласования сельсинов; 1 — напряжение сельсина грубого отсчета; 2 — напряжение сельсина точного отсчета.

разом, чтобы оно могло быть использовано в приводах стола и салазок. Для этой цели служит фазочувствительный блок, выполняющий следующие функции: выбор направления перемещения, выбор для управления в зависимости от величины рассогласования сигнала сельсина грубого или точного отсчета, снижение ско-

рости при подходе к положению согласования, отключение движения в точке согласования.

Схема фазочувствительного блока приведена на рис. 8.

Напряжение, снимаемое с сельсина грубого отсчета, после выпрямления подается на обмотку чувствительного реле *РП*. Если рассогласование меньше примерно 20 мм, напряжение таково, что реле отключено и на вход фазо-

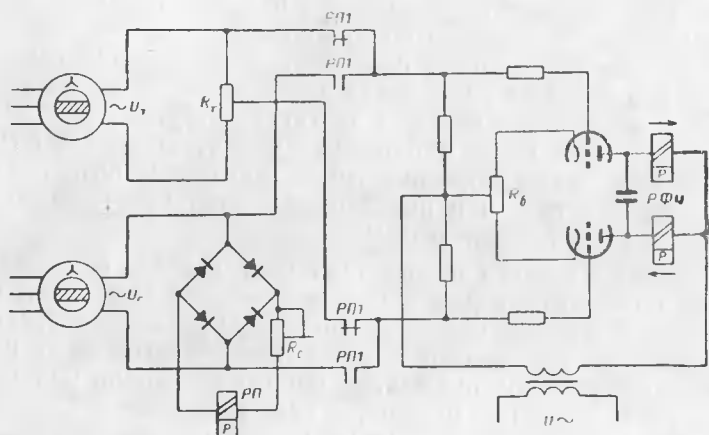


Рис. 8. Схема фазочувствительного блока с электронной лампой.

РП — реле переключения сельсинов (селектор); *РФУ* — фазочувствительное реле.

чувствительного усилителя через размыкающие контакты *РП1* поступает напряжение сельсина точного отсчета. При возрастании напряжения грубого отсчета, т. е. при больших значениях рассогласования грубых сельсинов, оно включает реле *РП* и проходит на вход фазочувствительного усилителя, а напряжение сельсина точного отсчета отключается.

Реле *РП* имеет высокий коэффициент возврата, т. е. напряжения срабатывания и отпускания *РП* мало отличаются. Уровень сигнала, при котором включается реле, регулируется переменным сопротивлением, включенным в цепь его катушки. Поскольку *РП* имеет только один контакт, в схеме используется реле — повторитель *РП1*.

В фазочувствительном усилителе используется электронная лампа — двойной триод. Аноды лампы питаются

переменным напряжением, снимаемым со вторичной обмотки разделительного трансформатора. Оба анода подключены к одному выводу трансформатора, чтобы напряжения на них совпадали по фазе. Между анодами и обмоткой трансформатора находятся катушки реле РФЧ.

Напряжение сельсина подается на управляющие сетки лампы. Так как выходящая обмотка сельсина включена между сетками, напряжения на них в каждый момент времени имеют разную полярность.

Анодный ток может проходить через лампу только в ту половину периода, когда напряжение на анодах положительно. Если сигналы на сетках отсутствуют, токи, проходящие в цепях анодов, равны. Катушки реле РФЧ включены таким образом, что их магнитные потоки направлены встречно и при этом взаимно уничтожаются. Реле остается выключенным.

Когда на сетки лампы поступает сигнал, совпадающий по частоте и фазе с напряжением на ее анодах, то в те промежутки времени, когда лампа проводит, потенциал одной из сеток будет выше, а другой ниже нулевого. При этом ток в цепи одного из анодов больше, а в цепи другого — меньше, и реле включено.

Если фаза напряжения на сетках изменится на обратную, соответственно изменят свое значение анодные токи и результирующий магнитный поток катушек реле РФЧ. Это реле обладает высокой чувствительностью и имеет переключающий контакт, замыкание которого в том или другом направлении определяется направлением результирующего магнитного потока катушек.

Таким образом, контакты этого реле выполняют основные функции фазочувствительного блока: выбор направления движения — включением в том или ином направлении и отключение после исчезновения сигнала рассогласования сельсинов.

Снижение скорости при приближении к положению согласования производится при отключении реле РП, т. е. в момент перехода управления к сельсину точного отсчета. Скорость может быть снижена скачкообразно — переключением в цепях управления, либо плавно — путем использования напряжения сельсина в качестве задающего сигнала, определяющего скорость перемещения.

Последний способ используется в схеме станка модели 2А450: напряжение сельсина точного отсчета, после

выпрямления, поступает на вход электронного усилителя привода стола в качестве задающего сигнала. Оно уменьшается по мере приближения к положению согласования.

При управлении по сельсину грубого отсчета в большинстве случаев движение происходит с постоянной (максимальной) скоростью и для получения задающего сигнала используется независимый источник питания. На станках модели 2А450 первых выпусков для этой цели

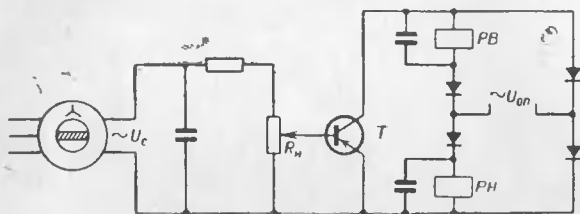


Рис. 9. Схема фазочувствительного блока на кремниевом триоде (для одного сельсина).

использовалось напряжение сельсина грубого отсчета, усиленное специальным усилителем.

В новых станках нашел применение фазочувствительный блок, в котором отсутствуют электронные лампы и поляризованные реле, являющиеся наименее надежными элементами устройства. Схема этого блока приведена на рис. 9.

Для усиления напряжения сельсина используется кремниевый триод. Усиленное напряжение сельсина и опорное напряжение от независимого источника поступают на фазочувствительный выпрямитель, в плечи которого включены два реле.

При появлении напряжения рассогласования в зависимости от его фазы одно из реле включается, определяя направление движения. Для сельсинов грубого и точного отсчета усиление и выпрямление сигналов осуществляется отдельно. Контакты реле, управляемых сельсином точного отсчета, вступают в работу после того, как выключается реле, управляемое сельсином грубого отсчета.

Реле фазочувствительных блоков включают сигнальные лампочки, указывающие наличие рассогласования сельсинов и направление предполагаемого перемещения.

Перемещения по обеим координатам включаются общей кнопкой и происходят одновременно (если оба перемещения заданы). Если стол или салазки были зажаты, то до начала движения происходит отжим, а в момент перехода управления к сельсинам точного отсчета

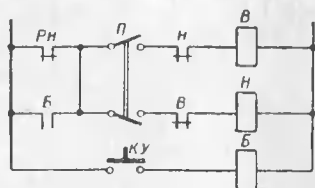
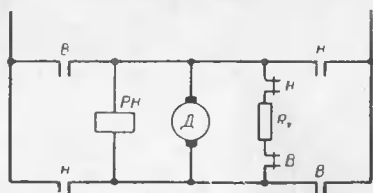


Рис. 10. Схема притормаживания двигателя при переходе на малую скорость.

РН — реле напряжения; *П* — переключатель направления движения; *КУ* — кнопка быстрого перемещения.

включается освещение экранов оптической отсчетной системы. В положении согласования движение прекращается и сигнальные лампочки гаснут. Зажим включается оператором после того, как будет закончена точная установка координат, осуществляемая вручную.

Конденсаторы, шунтирующие вход фазочувствительного блока, служат для уменьшения напряжения высших гармоник, затрудняющего отключение в точке согласования. Экранирование входных цепей блоков, применявшееся ранее, в дальнейшем признано излишним.

В тех станках, где для перемещения стола и салазок используются приводы с магнитными усилителями серии ПМУМ, для снижения скорости двигателя при переходе от быстрого перемещения на рабочую скорость служит специальная схема (рис. 10). Как указывалось в § 3, приводы с магнитными усилителями не обеспечивают торможения двигателя при уменьшении напряжения на его якоре. Торможение в этом случае достигается следующим образом: параллельно якору двигателя включается реле *РН*, напряжение срабатывания которого немного ниже номинального напряжения двигателя. Оно включается только при быстрых перемещениях, т. е. одновременно с реле *Б*. При этом напряжение на двигателе и его скорость вращения максимальны. Когда быстрое перемещение должно быть прекращено, реле *Б* отключается, но реле *РН* остается включенным до тех пор, пока напряжение на якоре не снизится. В это вре-

параллельно его катушке. При отключении реле *PВВ* через его размыкающий контакт, замыкающий контакт *КЗ* и катушку *РО* проходит ток, отключающий *РО*. Затем отключается *КЗ*, зажим заканчивается, а контакты *РО* и *РО1* остаются выключенными.

При следующем воздействии на кнопку «зажим—отжим» через размыкающий контакт *РО1* получит питание пускатель отжима *КО* и отключится реле *PВВ*.

В этом случае выдержка времени до его отключения меньше, чем при зажиме, так как один из конденсаторов, разряжающихся на его катушку, включается только через замыкающий контакт *РО1*.

В момент отключения *PВВ* получит питание включающая катушка *РО*, его контакт замкнется и схема вернется в исходное положение.

При подготовке станка к работе оба механизма переводятся в положение «зажато».

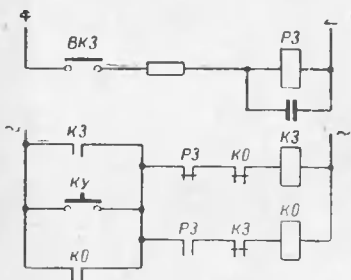


Рис. 12. Схема управления зажимом с контролем положения механизма.

КУ — кнопка включения зажима и отжима; *ВКЗ* — микропереключатель контроля зажима.

Основной недостаток этой схемы — отсутствие гарантии того, что положение реле *РО* соответствует положению механизма. Несоответствие может возникнуть, например, в случае, если по катушке *РО* проходит ток, значительно превышающий номинальный (см. § 9). Для ограничения тока катушек этих реле служат специальные сопротивления.

В дальнейшем для повышения надежности управления зажимом на станках были установлены микропереключатели, контролирующие положение механизмов. Схема управления работает в этом случае следующим образом.

В исходном положении механизм находится в положении «отжато» и реле зажима *PЗ* отключено (рис. 12). При воздействии на кнопку включается пускатель *КЗ* и начинается зажим. Во время работы механизма включается микропереключатель *ВКЗ* и начинает заряжаться конденсатор, шунтирующий катушку реле *PЗ*. Выдерж-

ка времени включения *РЗ* несколько больше времени, требующегося для окончания зажима, так что к моменту включения реле *РЗ*, отключающего пускатель *КЗ*, зажим заканчивается. Реле *РЗ* остается включенным до следующего воздействия на кнопку, а его контакт подготавливает цепь включения пускателя отжима *КО*.

При включении *КО* начинается отжим, микропереключатель *ВКЗ* освобождается и, по окончании разряда конденсатора, отключается реле *РЗ*. За это время отжим заканчивается и схема возвращается в исходное положение.

Нарушения нормальной работы зажима могут возникнуть в случае разрегулировки упоров, воздействующих на микропереключатели, или неправильного подключения двигателей (вращение в обратную сторону). Поскольку при зажиме механизм работает до жесткого упора и двигатель, остановившись под действием нагрузки, остается под напряжением, необходимо его своевременно отключить. Если по какой-либо причине реле *РЗ* не включится, двигатель должен быть отключен защитой.

Первоначально использовавшееся для этой цели тепловое реле оказалось недостаточно надежным. Значительно эффективнее работает реле времени, включаемое контактами пускателей *КЗ* и *КО*. Оно отключает двигатель в случае отказа в работе механизма или схемы управления.

Это же реле служит для ограничения времени горения ламп оптической отсчетной системы. Длительное включение этих ламп привело бы к прогреву и потере точности станка. Кроме того, оптические лампы имеют небольшой срок службы — 25 ч. Использование защитного реле при включении ламп позволяет постоянно контролировать его работоспособность.

На станках, имеющих зажимные устройства с пневматическим приводом при подаче сжатого воздуха, происходит отжим, а зажим осуществляется пружиной, освобождающейся при отключении сжатого воздуха.

Реле отжима включается кнопкой, становится на самопитание и включает клапан воздухораспределителя. Работа механизма контролируется микропереключателем. При отключении реле отжима, исчезновении напряжения в сети или давления воздуха происходит зажим.

6. РЕЖИМЫ РАБОТЫ И СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ РЕЗЬБОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Московским заводом координатно-расточных станков выпускаются универсальные резбошлифовальные станки, станки для обработки длинных резбовых деталей, станки с полуавтоматическим циклом работы, автоматы, станки, предназначенные для обработки резбовых отверстий, и специальные резбошлифовальные станки.

Наибольшее распространение получили универсальные резбошлифовальные станки моделей 5820, 5821, 5822. Эти станки обычно используют для обработки разнообразных резбовых деталей: шлифование резьбы на метчиках (с затылованием по профилю), калибрах и накатных многопрофильных роликах, шлифование резбовых и червячных фрез, точных червяков, винтов и т. д.

На современных резбошлифовальных станках имеются следующие основные режимы.

Шлифование в одну сторону. Шлифование резьбы в одну сторону применяется на окончательных операциях для получения высокоточных изделий и при обработке деталей небольшими партиями. В одну сторону обрабатываются детали как с правой, так и с левой резьбой, односторонними и многосторонними кругами. Односторонним кругом резьбу обрабатывают на проход глубинным и скоростным методами. При глубинном методе шлифование резьбы производится с большой глубиной и малой окружной скоростью изделия. При скоростном методе шлифование резьбы производится с малой глубиной и большой окружной скоростью изделия. Полный съем припуска осуществляется за несколько проходов. Перед каждым проходом (кроме выхаживания) производится подача круга на изделие маховиком механизма подачи. Скорость вращения изделия и перемещения стола при этом довольно высокая.

Шлифование резьбы многосторонним кругом производится как на проход, когда длина шлифуемой резьбы больше ширины круга, так и на врезание, когда длина шлифуемой резьбы меньше ширины круга. Шлифование на проход многосторонним кругом ведется так же, как и односторонним.

Шлифование в одну сторону производится при ручном и автоматизированном управлении. Под автоматизированным управлением подразумевается автоматизация отдельных операций (включение изделия и стола при подводе и отводе круга, автоматизация работы правильного прибора и т. п.). При ручном управлении все механизмы включаются независимо друг от друга своими кнопками и переключателями.

В начале работы станка включаются ЭМУ с вентилатором и смазка шпинделя круга. Когда система смазки шпинделя заполняется, срабатывает реле контроля уровня смазки, замыкается контакт и на пульте управления загорается лампа «смазка» — разрешается включение шлифовального круга. В схеме предусмотрен контроль исправности реле уровня с помощью размыкающего контакта промежуточного реле в цепи кнопки смазки. Если реле уровня испорчено и постоянно находится в положении «смазка есть», то размыкающий контакт открыт и пустить насос смазки невозможно, а значит нельзя включить и двигатель шлифовального круга. Двигатель круга включается вторым нажатием той же кнопки, что и смазка. Перед началом шлифования необходимо произвести смазку направляющих и некоторых других частей станка. Это осуществляется нажатием механической кнопки, расположенной слева на станине, которая одновременно делает необходимые переключения в маслопроводе и нажимает микропереключатель, включающий двигатель насоса смазки на время нажатия. Рукояткой быстрого подвода подводится круг к изделию и включается вращение изделия и перемещение стола.

Если шлифуется изделие с предварительно нарезанной резьбой, то обработке предшествует попадание в нитку. Переключателем «охлаждение» может вручную включаться насос подачи охлаждающей жидкости, а в положении «автомат» пуск двигателя осуществляется автоматически на время рабочего хода стола и при правке круга. На станках первых выпусков имелся еще один выключатель охлаждения на пульте правки, который только включал и отключал насос охлаждения.

Время от включения двигателя насоса до начала поступления охлаждающей жидкости из сопла нормально не превышает 2—3 сек, превышение этой величины свидетельствует о засорении системы.

Регулятором оборотов во время перемещения стола устанавливается скорость рабочего хода. Величина оборотов показывается указателем оборотов. Обороты ускоренного хода не контролируются, при нем стрелка указателя скорости показывает примерно 30—45 об/мин. Управление изделием и столом осуществляется с помощью панели управления. Рукоятка реверса панели управления имеет два положения: «вправо» и «влево». Перед началом движения задается направление хода стола с помощью рукоятки реверса, переключающей конечный выключатель без самовозврата (пружина возврата снимается), встроенный в механизм панели. Пуск двигателя изделия осуществляется кнопкой, встроенной в рукоятку.

Перед началом шлифования подготавливается обработка правой или левой резьбы с помощью переключателя «резьба». Дело в том, что одному и тому же направлению вращения изделия в зависимости от вида резьбы соответствует различное направление линейного движения изделия (стола), что определяется наличием или отсутствием паразитной шестерни в гитаре шага.

Большинством специалистов признается наиболее выгодным так называемое встречное шлифование, при котором в точке касания направления движения круга и изделия противоположны. В связи с этим при одностороннем шлифовании правой резьбы стол должен двигаться вправо, а при шлифовании левой — влево.

Направление вращения изделия определяется направлением вращения двигателя, т. е. включением того или другого из реверсирующих его пускателей (реле), а контакты конечного выключателя рукоятки реверса связаны с направлением ее поворота и движения стола. Поэтому, чтобы иметь различные направления движения стола при одном и том же направлении вращения изделия, требуется менять местами контакты конечного выключателя (или выключателей в других станках) в цепях реверсирующих пускателей (реле) в зависимости от вида резьбы.

Стол перемещается до тех пор, пока вручную или кулачком стола не будет повернута рукоятка в сторону, противоположную направлению движения. Если из-за неисправности конечного выключателя реверса или неправильного положения переключателя «резьба» остановка стола при этом не происходит, то при дальнейшем

повороте рукоятки нажимается микропереключатель аварийного останова, разрывается цепь обоих пускателей (реле) реверса. После этого включение двигателя можно разрешить только освобождением рукоятки за счет сдвига кулачка стола или необходимо сместить стол вручную, перемещая в нужную сторону ремни от двигателя.

После останова изделия круг отводится от него и опять включается вращение изделия и перемещение стола — стол ускоренно возвращается в исходное положение.

При ручном управлении ускоренный ход включается нажатием кнопки и подачей рукоятки «на себя», при автоматизированном — без вмешательства человека. Если на станке включено затылование, рукояткой нажат микропереключатель и во время ускоренного хода стола его скорость снижается до максимальной рабочей. Это необходимо в связи с тем, что некоторые элементы кинематической цепи между передней бабкой и шлифовальной не допускают скорости, получающиеся при максимальном ускоренном ходе. То же происходит и при врезном шлифовании.

В исходном положении производится подача круга на величину съема и опять быстро подводится круг, включается вращение изделия и перемещение стола — идет шлифование с подачей. И так до тех пор, пока не будет снят весь припуск.

Специальные червячношлифовальные станки моделей МВ16, МВ106, МВ24 и другие имеют только однониточный круг и шлифование осуществляется только в одну сторону. Кроме того, на этих станках быстрый подвод и отвод шлифовальной бабки производится двигателем и на них осуществляется замкнутый автоматизированный цикл без участия рабочего: быстрый подвод круга, рабочий ход (шлифование), быстрый отвод круга, ускоренный ход (возврат в исходное положение) и т. д. Поддачи производятся вручную во время ускоренного хода.

В отличие от универсальных станков на червячношлифовальных станках переключателей «резьба — правая — левая» нет, так как нет надобности в реверсировании конечных выключателей ограничения хода стола; в этих станках передача от двигателя идет прямо к столу, а не к шпинделю изделия, и от стола через гитару шага к изделию. При установке паразитной шестерни

в гитаре шага изменяется направление вращения изделия относительно движения стола, а движение стола остается по-прежнему согласованным с двигателем.

Однако для автоматизированного цикла контактами реле, связанными с переключателем «рабочий ход — вправо — влево», делаются специальные переключения в схеме. Они обеспечивают то, что контакты микропереключателя, контролирующего подвод круга, в одном случае включают ход стола вправо, а в другом — влево. Соответственно контакты микропереключателя, контролирующего отвод круга, в одном случае включают ход стола влево, а в другом — вправо; одновременно может подключиться реле ускоренного хода. Эти же реле подготавливают включение отвода после заданного рабочего хода и подвода после ускоренного. На некоторых из этих станков гайка ходового винта может устанавливаться в разных положениях и, чтобы избежать столкновения с ней стола, внутрь встраиваются аварийные конечные выключатели. Наличие механического перемещения круга позволяет обеспечить следующее: если при нажмении на кнопку «общий стоп» круг находится в подведенном положении, то произойдет останов всех двигателей и включение отвода круга (на время нажатия). Это обеспечивает меньшие повреждения изделия при аварийном останове.

Врезное шлифование. При врезном шлифовании переключатель управления устанавливается в положение «врезное». При этом включается реле врезного шлифования, которое шунтирует контакты конечного выключателя реверса стола и изделия. Отключение двигателя передней бабки в ту или другую сторону осуществляется специальными микропереключателями, установленными на шлицевом валу стола.

Врезное шлифование совершается приблизительно за $1\frac{1}{2}$ оборота изделия. Вначале круг за $\frac{1}{2}$ оборота изделия равномерно врезается в него на всю высоту профиля резьбы. Затем следует полный оборот изделия и шлифование заканчивается. За это время шлицевый вал стола сделает около одного оборота и нажмет микропереключатель останова. Затем производится отвод круга и возврат стола в исходное положение. Шлицевый вал сделает около одного оборота в другую сторону и нажмет другой микропереключатель в исходном положении. Скорость вращения изделия и перемещения стола

при врезном шлифовании очень низкая (меньше 1 об/мин изделия). При такой скорости привод изделия должен быть хорошо налажен — не должно быть заметного небаланса электронного усилителя, толчков скорости (см. § 2).

Шлифование в две стороны. Шлифование в две стороны целесообразно применять при большом количестве деталей, когда не требуется высокая точность. При этом методе производительность значительно повышается. В две стороны шлифуются детали как с правой, так и с левой резьбой односторонним кругом на проход при ручном управлении.

Шлифование в две стороны начинается также с подвода круга, включения вращения изделия и перемещения стола и попадания в нитку (если изделие с предварительно нарезанной резьбой).

В отличие от одностороннего шлифования стол в крайних положениях не будет останавливаться, а будет реверсироваться, и такие движения продолжаются до тех пор, пока переключатель «шлифование» не будет переведен из положения «в две стороны» в положение «в одну сторону». Начавшееся движение будет продолжаться до тех пор, пока стол не придет в одно из крайних положений. Кроме того, изделие может быть остановлено немедленно нажатием на рукоятку реверса до срабатывания аварийного микропереключателя. Возобновление прерванного движения производится отпусканием рукоятки и нажатием кнопки на ней. Подача круга на величину съема производится в крайних положениях стола. При двустороннем шлифовании блокировочными контактами запрещается включение ускоренного хода.

В настоящее время на станках моделей 5822 и других подача охлаждающей жидкости при двустороннем шлифовании может включаться автоматически при подводе круга к изделию (рис. 13). На станках прежних выпусков охлаждение при таком режиме включалось вручную переключателем «охлаждение».

Внутреннее шлифование. На многих р. ш. с. можно шлифовать изделия с внутренней резьбой (гайки). Для этого предусматривается специальное внутришлифовальное приспособление. Привод осуществляется в большинстве случаев от того же двигателя шлифовального круга, управление которым производится аналогично режиму наружного шлифования. Однако при установке

внутришлифовального приспособления необходимо отключать двигатель смазки шпинделя круга, чтобы избежать расход энергии и нагрев шпинделя маслом. Это осуществляется микропереключателем, который нажимается при установке приспособления, запрещает вклю-

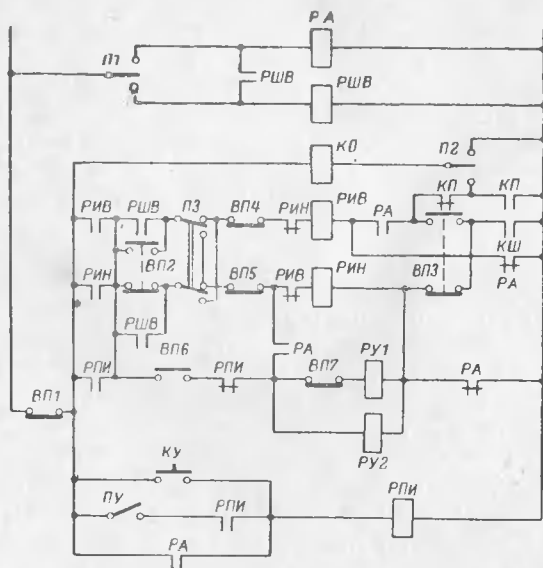


Рис. 13. Схема управления охлаждением и изде-
лением.

ВП2 — конечный выключатель реверса стола; *ВП3* — конечный выключатель положения шлифовальной бабки; *ВП6* — конечный выключатель ускоренного хода стола; *КО* — пускатель двигателя охлаждения; *РА* — реле автоматизированной работы; *РШВ* — реле врезного шлифования; *РИВ* и *РИН* — реле направления вращения изделия; *РУ1*, *РУ2* — реле ускоренного хода стола; *РПИ* — реле пуска изделия.

чение пускателя двигателя смазки и разрешает включение двигателя шлифовального круга при отсутствии смазки.

Правка однониточного шлифовального круга. Для правки однониточного шлифовального круга на станках имеется автоматический правильный прибор, который работает по заданному циклу от кнопок управления. Правильный прибор на ряде моделей станков имеет кнопку управления на главном пульте и на пульте, расположенном рядом с ним.

Правка круга состоит из двух частей: подачи правящего устройства и собственно правки, т. е. двойного хода алмазов.

На большинстве моделей механизм подачи правящих устройств и само правящее устройство являются кулисными механизмами. Они совершают по одному двойному ходу и отключаются автоматически микропереключателями, которые остаются (в исходном положении) нажатыми.

При нажиме на кнопки «правка» включается двигатель механизма подачи правящих устройств. В начале подачи прибора освобождается микропереключатель и своим контактом включает реле времени, подготавливающее включение механизма правки. В конце подачи вновь нажимается микропереключатель и отключает реле времени. Реле времени размыкает свой контакт с выдержкой времени, достаточной для включения двигателя правки и освобождения микропереключателя правки с тем, чтобы пускатель правки успел встать на самопитание. Контакт пускателя правки отключает пускатель двигателя подачи; этим исключается повторение подачи при длительном нажатии кнопки (на время, больше времени подачи, но не больше времени правки).

В конце двойного хода алмазов нажимается микропереключатель правки, который отключает пускатель правки и, следовательно, двигатель правки.

Во время правки горит сигнальная лампа «правка», автоматически включается подача охлаждающей жидкости.

На некоторых новых моделях станков 5822М и других применяется аналогичная схема правки, но без малонадежного реле времени (рис. 14). Однако при такой схеме необходимо вводить блокировку (перемычкой в штепсельном разъеме) от включения подачи при снятом правильном приборе, так как без этого от нажатия кнопки подача могла бы происходить без остановки до предельного положения.

На некоторых специализированных станках МВ16 и других применяются правильные приборы другой конструкции с иным циклом. Правка круга на них состоит из трех этапов и осуществляется тремя механизмами:

а) Подача правящих устройств на величину съема абразива. Этот механизм является кулисным механизмом, который совершает один двойной ход и автомати-

чески отключается микропереключателем, остающимся нажатым в исходном положении. Если механизм подачи правящих устройств не в исходном положении и его конечный выключатель не нажат, то при нажмении на кнопку «правка» включения правки не произойдет.

б) Компенсирующая подача износа круга. В этом механизме имеется храповик, с помощью которого при

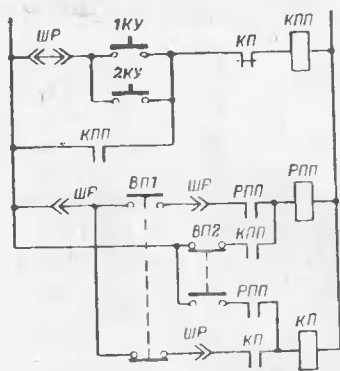


Рис. 14. Схема управления правкой.

ВП1 — микропереключатель окончания правки; *ВП2* — микропереключатель окончания подачи правильного прибора; *КПП* — пускатель двигателя подачи правильного прибора; *РПП* — реле подготовки правки; *КП* — пускатель двигателя правки.

включении двигателя «вперед» шлифовальная бабка подается на изделие на заданную величину. В конце подачи бабки нажимается микропереключатель, который реверсирует двигатель — происходит возврат храповика в исходное положение. В исходном положении нажимается другой микропереключатель и двигатель отключается. Последний микропереключатель остается нажатым. В этом механизме двигатель должен отключаться после того, как одно из конечных звеньев цепи останавливается жестким упором. Для этого между точкой останова и нажатия микропереключателя

имеется фрикционная муфта: после остановки одной части механизма упором, другая продолжает двигаться до срабатывания микропереключателя.

в) Собственно правка круга. Этот механизм является реечным механизмом, который при включении двигателя совершает один ход. В конце хода вперед нажимается микропереключатель, который реверсирует двигатель. В исходном положении нажимается другой микропереключатель и двигатель останавливается. Второй микропереключатель остается нажатым. На время правки может автоматически включаться подача охлаждающей жидкости.

Правка многониточного круга. Правка многониточных кругов может производиться либо накатными роликами («накатка»), либо алмазами. Правка автоматическими

алмазными приборами пока имеется на незначительном количестве р. ш. с. и мы на ней останавливаться не будем.

При накатке, применяемой на станках моделей 5821, 5822 и других, накатной ролик вручную подводится до соприкосновения с кругом и включается медленное вращение последнего. В результате их совместного вращения при ручной подаче на круге накатывается профиль резьбы.

Медленное вращение круга получается от специального двигателя, соединенного через червячный редуктор и муфту со вторым свободным концом вала основного двигателя.

При этом основной двигатель не должен включаться, для чего цепь его пускателя разрывается контактами выключателя накатки или специального блокировочного микропереключателя. Если двигатели соединяются через обгонную муфту (станки 5822 и др.), то при первоначальном пуске или после ремонта необходимо особенно тщательно проследить за правильным направлением вращения двигателя редуктора накатки, так как ошибка может привести к аварии.

Деление на заход. Для шлифования многозаходных винтов и червяков на отдельных станках имеются механизмы деления с автоматическими циклами работы. Циклы эти различны, однако отличия сравнительно незначительны; ниже приводится описание одного из них.

Деление начинается автоматически во время отвода круга от изделия. Вначале запрещается включение ускоренных оборотов изделия при обратном ходе. Затем в начале этого хода включается магнит механизма деления. Магнит толкает палец в паз шестерни, связанной с планшайбой передней бабки. В результате начинает вращаться кулачок, который через рычажную систему выжимает фиксатор из делительного диска — происходит расцепление стола со шпинделем изделия. Стол стоит на месте, а изделие вращается на рабочей скорости и поворачивается на угол, равный 360° , деленный на число заходов.

В конце деления нажимается микропереключатель, который отключает магнит — происходит сцепление изделия со столом, подает импульс на реле счета делений и с выдержкой времени подключает ускоренные обороты изделия. Стол быстро возвращается в исходное

положение. Число делений устанавливается переключением реле счета делений. В конце последнего деления реле срабатывает, запрещает производить подвод круга к изделию в исходном положении стола и включает сигнальную лампу «окончание шлифования». Для повторения шлифования с новой подачей необходимо нажать кнопку «повторное шлифование».

В схеме деления имеются блокировки. Во время деления нельзя круг подвести к изделию; если микропереключатель деления по какой-либо причине не нажмется в конце деления или его нормально открытые контакты не замкнутся, то нельзя включить вращение изделия и перемещение стола.

В процессе эксплуатации необходимо особенно тщательно следить за исправностью аппаратов, встроенных в механизм деления, и подводки к ним: несмотря на имеющиеся блокировки нарушение их работы может привести к порче изделия или аварии.

Реле счета импульсов весьма чувствительно к загрязнению, поэтому его необходимо регулярно очищать от пыли и грязи, а контакты промывать спиртом или другим нейтральным растворителем масла.

Периодичность таких работ в зависимости от насыщенности воздуха масляным туманом и пылью должна составлять от 2 мес. до 1 года.

7. ЦИКЛЫ И ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ РЕЗЬБОШЛИФОВАЛЬНЫХ ПОЛУАВТОМАТОВ

Резьбошлифовальные полуавтоматы выпускаются как универсальные, так и специализированные. Резьбошлифовальные полуавтоматы моделей 5822А, 5820А предназначены для шлифования резьбы метчиков, резьбовых и червячных фрез (малых модулей), а также точных ходовых винтов и червяков.

Специализированные полуавтоматы предназначены для шлифования определенных видов изделий. Например, червячношлифовальные полуавтоматы модели МВ27 шлифуют только одно- и многозаходные червяки любого профиля, а метчиковые полуавтоматы моделей МВ13 шлифуют только метчики и т. д. На станках предусмотрено ручное и полуавтоматическое управление (съем и установка детали производятся вручную).

При ручном управлении все механизмы включаются независимо друг от друга кнопками или переключателями.

Полуавтоматы для шлифования метчиков. На полуавтоматах для шлифования метчиков модели МВ13 можно шлифовать (с затылованием) правую и левую резьбу только односторонним кругом и только в две стороны с выхаживанием и без выхаживания.

Полуавтоматическое управление на метчиковых полуавтоматах осуществляется следующим образом.

Для попадания кругом в нитку изделия рукояткой быстрого подвода подводят круг к изделию, но не до конца. При этом освобождается конечный выключатель, получает питание электромагнитная муфта, с помощью которой замыкается цепь вращения изделия и перемещения стола. Так как на метчиковых полуавтоматах скорости перемещения стола довольно высокие, а длины изделий малы, то двигатель изделия не допускает необходимую частоту реверсов стола и реверсирование поэтому осуществляется с помощью электромагнитных муфт. После того, как попадание в нитку окончено, рукоятку заводят до конца и нажимают кнопку пуска цикла, происходит переключение скорости с пониженной на рабочую, начинается шлифование. Первая поперечная подача после пуска цикла произойдет, когда стол придет в исходное положение, перед нечетным проходом.

Подача происходит при повороте диска гидродвигателя приводного механизма, удерживаемого с помощью кулачков и защелки. Защелка отводится при включении электромагнита, который вновь отключается при освобождении микропереключателя; защелка возвращается, пропустив один кулачок. Электромагнит и микропереключатель подачи работают в напряженном режиме и их необходимо заменять в среднем через 1—1,5 года. Кроме того, необходимо регулярно контролировать механизм, крепление аппаратов, подвод проводов, так как при отказе микропереключателя или невтягивании якоря до конца сгорает катушка электромагнита.

Для осуществления подач в момент реверса необходима пауза, которая на станках ранних выпусков обеспечивается с помощью реле времени. Выдержку этих реле необходимо регулярно проверять, так как при слишком маленьком времени подача не успевает вклю-

читься, а при большом — стол по инерции проходит дальше допустимого и могут порваться ленты механизма перемещения. Кроме того, реле времени имеют небольшой срок службы и их необходимо заменять примерно через 1 год.

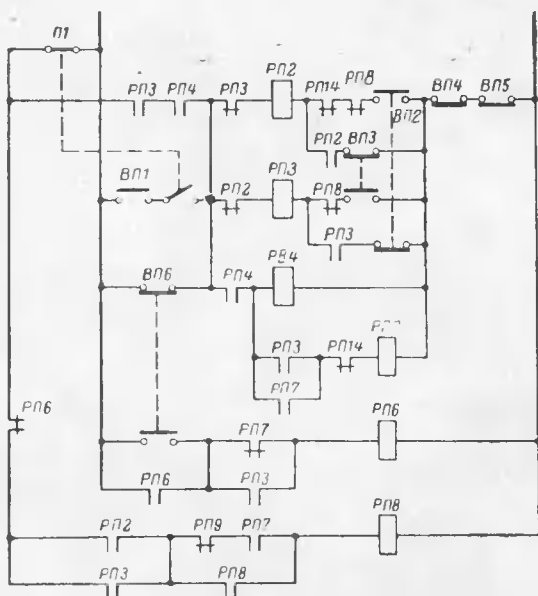


Рис. 15. Схема управления изделием и столом.

П1 — переключатель управления; *ВП2* и *ВП3* — конечные выключатели реверса стола; *ВП6* — конечный выключатель пуска автоматического цикла; *РП2* и *РП3* — реле направления вращения изделия; *РП6* — реле вращения изделия при попадании в нитку; *РП7* — реле начала автоматического цикла; *РП8* — реле включения электромагнита подачи; *РВ4* — реле времени торможения стола.

В настоящее время используется схема без реле времени, приведенная на рис. 15. Число проходов с подачей задается количеством кулачков на диске гидродвигателя приводного механизма поперечной подачи. После снятия всего припуска нажимается микропереключатель и начинается выхаживание. Число проходов выхаживания задается переключателем и зависит от четного или нечетного числа рабочих проходов с подачей. Такая зависимость связана с тем, что с целью повышения надежности вместо счетного реле применена схема на

промежуточных реле, сигналы на которые подаются от реле направления перемещения. Поэтому может засчитаться последний рабочий проход, и в этом случае количество выхаживаний получается меньше. После последнего прохода выхаживания включается электромагнит, который освобождает рукоятку быстрого подвода, круг отводится от изделия, происходит возврат механизма подачи.

Правка круга включается автоматически при нажатии штифта, имеющегося на одном из кулачков подачи, на микропереключатель. Цикл правки аналогичен имеющемуся на универсальных р. ш. с., но подача правильного прибора производится гидроцилиндром и правка происходит во время шлифования.

Чтобы команда на правку не поступила во время сброса механизма подачи, при котором нажимается микропереключатель правки, в схему введены блокировочные контакты. Используемые для реверса электромагнитные муфты требуют контроля чистоты масла в редукторе и особенно его наличия и своевременного пополнения резервуара.

Универсальные резьбошлифовальные полуавтоматы. На универсальных резьбошлифовальных полуавтоматах можно обрабатывать правую и левую резьбу односторонним и многосторонним кругами в одну и в обе стороны с выхаживанием и без выхаживания. Кроме того, многосторонним кругом можно шлифовать методом врезания.

Полуавтоматическое управление на универсальных резьбошлифовальных полуавтоматах при шлифовании резьбы в одну сторону на проход осуществляется в следующем порядке.

Для изделий с предварительно нарезанной резьбой производится попадание в нитку. При этом переключатель «управление» находится в положении «автомат». Кнопкой, встроенной в рукоятку реверса, включается вращение изделия и перемещение стола. Рукояткой быстрого подвода подводится круг к изделию и осуществляется попадание в нитку резьбы, после чего отводят круг от изделия и возвращают стол в исходное положение.

В исходном положении стол и изделие останавливаются. После пуска цикла происходит быстрый подвод круга, включая первую подачу. В конце подвода нажи-

мается микропереключатель, который включает вращение изделия и перемещение стола — идет шлифование. В конце рабочего хода стола подается команда на отвод круга. В конце отвода нажимается микропереключатель, который дает команду на обратный ускоренный холостой ход стола.

В конце хода стол останавливается, подготавливается реверс, включается подвод круга и подается команда на подачу круга на величину съема. В конце подвода и подачи срабатывают микропереключатели, которые включают рабочий ход стола и т. д. Число рабочих проходов задается количеством кулачков на диске гидродвигателя приводного механизма подачи. Окончание припуска определяется установкой упора на лимбе маховика подачи. При последней подаче упор должен нажать на микропереключатель, который подготавливает выхаживание, если оно задано, или окончание цикла, если выхаживание не требуется.

Если задано определенное число проходов выхаживания, то стол сделает столько же рабочих проходов без подачи. В исходном положении стол остановится — происходит возврат механизма поперечной подачи в исходное положение — шлифование окончено.

Правка круга осуществляется автоматически во время шлифования через несколько проходов в зависимости от установки кулачков со штифтами на диске гидродвигателя приводного механизма подачи, воздействующих на микропереключатель. Цикл правки аналогичен описанному в § 6.

Шлифование резьбы в обе стороны в основном происходит так же, как и шлифование резьбы в одну сторону, за исключением того, что круг не отводится, а после каждого хода производится автоматическая поперечная подача круга, реверс стола и опять рабочий ход. При шлифовании в обе стороны может быть четное и нечетное число проходов с подачей в зависимости от числа кулачков, установленных на диске гидродвигателя приводного механизма поперечной подачи. При этом число проходов выхаживания зависит от числа проходов с подачей и при одной и той же установке переключателя выхаживания число их может быть разное. Если последний проход выхаживания четный, то после этого прохода стол придет в исходное положение и остановится, произойдет возврат механизма поперечной по-

дачи в исходное положение—цикл окончен. Если последний проход выхаживания нечетный, то после него дается команда на окончание цикла, т. е. на отвод круга, возврат механизма поперечной подачи и ускоренный холостой ход стола в исходное положение.

Врезное шлифование резьбы происходит в основном так же, как и при шлифовании резьбы в одну сторону, за исключением того, что механизм автоматической поперечной подачи отключен, а подача включена в быстрый подвод; реверс и останов стола происходят не от конечного выключателя рукоятки реверса, а от микропереключателей, установленных в столе, на которые воздействуют кулачки шлицевого вала. Эти кулачки вводятся в действие только при врезном шлифовании.

Червячношлифовальные полуавтоматы. На червячношлифовальных полуавтоматах можно шлифовать правую и левую резьбу только односторонним кругом, в одну и в обе стороны, с выхаживанием и без выхаживания, с делением на заход и без деления.

Полуавтоматическое управление на червячношлифовальных полуавтоматах при шлифовании резьбы в одну сторону с подачей осуществляется в основном так же, как и на универсальных резьбошлифовальных полуавтоматах. Добавляется деление на заход, которое осуществляется аналогично описанному в § 6. В ряде станков для счета числа делений применяется механизм, работающий следующим образом. При включении электромагнита счета числа заходов взводится собачка, и при отключении поворачивается храповик на определенный угол, при этом поворачивается и диск с кулачками, установленными в зависимости от числа заходов изделия. В исходном положении микропереключатель механизма счета числа заходов нажат. При первом делении он освобождается. При делении на последний заход (для данного изделия) он опять нажимается и подготавливает команду на подачу круга. При малом числе кулачков время освобождения микропереключателя весьма мало из-за быстрого срабатывания электромагнита и небольшого угла поворота. В этом случае требуется высокое быстродействие реле, включаемого микропереключателем, и в эксплуатации необходимо следить за его чистотой, раствором контактов, отсутствием заеданий и т. п. На некоторых станках в эту цепь ставится малогабаритное реле телефонного типа РЭС-6. После шлифова-

ния последнего захода и возврата стола в исходное положение дается команда на подачу, затем подвод круга и перемещение стола — происходит шлифование всех заходов с данной подачей и так далее до снятия всего припуска. Затем может быть выхаживание всех заходов, а затем при нажатии микропереключателя механизма счета числа заходов подготавливается команда на окончание цикла. После выхаживания последнего захода дается команда на окончание цикла.

При шлифовании резьбы в две стороны деление производится в начале четного хода и в конце этого же хода стола после окончания шлифования очередного захода изделия. Команду на деление в конце хода подает микропереключатель, специально установленный для этой цели. По окончании деления производится реверс стола и дальнейшее шлифование. Если по окончании шлифования стол оказался не в исходном положении, то после отвода круга происходит ускоренный холостой ход стола в исходное положение. Правка круга производится автоматически через несколько подач и может быть во время шлифования и вне шлифования, т. е. на время правки стол останавливается, подача круга и продолжение шлифования изделия происходит после правки. Так как настройка механизма поперечной подачи — операция довольно сложная, на некоторых станках имеется возможность единичные детали шлифовать при управлении «автомат без подачи». Подача в этом случае осуществляется вручную маховиком поперечной подачи или лимбом осевой подачи, правка круга включается нажатием кнопки на пульте управления. При этом управлении можно шлифовать как в одну сторону, так и в две стороны с делением и без деления. Если многозаходный червяк шлифуется в обе стороны, то в зависимости от числа заходов стол может остановиться в одном из крайних положений. Если число заходов четное, то по окончании шлифования последнего захода стол остановится в исходном положении. Круг не отводится. Затем производится вручную подача круга и кнопкой включается следующий цикл шлифования. Для отвода круга необходимо нажать кнопку «возврат в исходное положение». Если число заходов нечетное, то по окончании шлифования последнего захода стол остановится не в исходном положении. Круг подведен. Производится вручную подача круга и кнопкой включается

следующий цикл шлифования. При нажмие кнопки «возврат в исходное положение» происходит отвод круга и возврат стола в исходное положение.

8. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ (ОСВЕЩЕНИЕ, СИГНАЛИЗАЦИЯ, ЗАЩИТА)

Почти на всех р. ш. с. и к. р. с. питание лампы местного освещения и ламп сигнализации осуществляется совместно от отдельного трансформатора или обмотки трансформатора цепей управления с напряжением 12 в; одна фаза питания заземлена. При таком напряжении ток короткого замыкания может быть мал и надо особенно следить за тем, чтобы в этих цепях стояла в предохранителе плавкая вставка не выше указанного в схеме номинального значения. С целью повышения срока службы ламп сигнализации они либо имеют номинальное напряжение выше напряжения питания, либо включаются через дополнительное сопротивление; без этого они быстро выходят из строя, так как многие типы имеют гарантийный срок горения 100—300 ч.

На координатно-расточных станках в оптических устройствах используются лампы ОП-11-40 мощностью 40 вт при напряжении 11 в. Эти лампы обладают специальными оптическими характеристиками: центральным расположением нити накала, ее малыми размерами, большим световым потоком. Однако гарантийный срок службы этих ламп составляет всего 25 ч, поэтому в схемах станков предусматривается ограничение времени их горения выдержкой реле времени. Реле времени настраиваются на 20—25 сек, однако если в эксплуатации выявляется возможность уменьшения выдержки, то целесообразно перестроить реле, это позволит реже заменять лампы. Подаваемое на лампы оптики напряжение должно быть 10,5—11 в, при этом экраны хорошо освещены, а срок службы в пределах номинального. Напряжение питающего трансформатора при номинальном напряжении сети обычно равно 12—13 в, лишние 1—2,5 в теряются в идущих к лампам проводах. Если напряжение сети в цехе постоянно отличается от номинального, то желательна установка

стабилизатора напряжения или изменение сопротивления цепи питания ламп. Это можно, например, сделать путем последовательного или параллельного соединения с питающими проводами специально подобранных отрезков медных изолированных проводов сечением 0,5—1 мм². Нельзя допускать работу станка с одной лампой оптики, при этом на ней напряжение повышается на величину до 1—1,5 в и срок службы резко сокращается.

Защита от коротких замыканий на станках осуществляется плавкими предохранителями и автоматически выключателями. Необходимо следить, чтобы в процессе эксплуатации при замене не устанавливались вставки или выключатели с токами уставки, превышающими предусмотренные схемой. Дело в том, что электроприводы и цепи управления маломощные, соединения выполнены проводами малых сечений, но в то же время весьма разветвленные, с большим числом контактов. В результате сопротивление цепи может достигать величины порядка 1 *ома* и соответственно ток короткого замыкания может быть невелик, защита с завышенной уставкой может не сработать.

Защита двигателей от перегрузки производится тепловыми реле. Применявшиеся раньше реле РТ-1 нередко были низкого качества, поэтому желательно в процессе эксплуатации проверять их работоспособность путем подключения нагрузочного реостата с амперметром, осмотра, замера сопротивления нагревательных элементов. В процессе монтажа, например, обнаруживались случаи закорачивания нагревательных элементов биметаллической пластиной и тому подобные дефекты. На применяемых в настоящее время реле серии ТРН уставка тока может регулироваться в пределах $\pm 20\%$, поэтому необходимо следить, чтобы регулятор не был смещен относительно указанного на схеме значения $I_{уст}$.

9. ОСОБЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ И РЕЗЬБОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Некоторые замечания по обслуживанию и ремонту отдельных элементов электроприводов, аппаратов управления, защиты и тому подобных приведены выше

в соответствующих параграфах, поскольку они тесно связаны с описанием этих элементов.

Данный параграф посвящен более крупным вопросам обслуживания и ремонта элементов электрооборудования к. р. с. и р. ш. с. При этом еще раз подчеркиваем, что нами не описываются положения, общие для электрической части всех станков и других машин, а также отраженные в руководствах к станкам.

Электродвигатели и другие машины. Характерным условием работы электродвигателей и других машин на р. ш. с. является атмосфера с содержанием масляного тумана, поскольку масло используется в качестве охлаждающей жидкости. Для закрытых асинхронных двигателей это не представляет опасности, но для машин постоянного тока, особенно защищенного исполнения (ЭМУ12А на станках 5821, 5822 и др., ПН-45 на станках моделей ММ582, 5Б82 и др.), наличие тумана увеличивает частоту и объем работ по уходу за коллектором. Масляный туман создает на коллекторе пленку, вызывающую усиленное искрение под щетками, образование подгаров на ламелях. В результате возникает необходимость шлифовки коллектора (производить мелкой шкуркой № 3—10), а после нескольких шлифовок — проточки. После трех—пяти проточек, как правило, машину приходится заменять. Поэтому особенно важно, чтобы была налажена регулярная очистка коллектора от масляной пленки путем протирки тряпочкой, смоченной в бензине.

В зависимости от типа машины, места ее установки, степени насыщения воздуха масляным туманом и других факторов в процессе эксплуатации должна быть подобрана необходимая периодичность очистки; указанная в руководстве частота осмотров (1 раз в неделю) соответствует весьма тяжелым условиям работы.

Важным вопросом при ремонте двигателей в условиях эксплуатации является сохранение имевшегося до ремонта низкого уровня вибрации. Вибрация определяется следующими основными факторами: величиной неуравновешенности (небаланса) вращающихся частей (ротора вместе со шкивом или другой деталью, насаженной на вал), качеством подшипников и их установки, качеством сборки двигателя и монтажа его на станке.

Неуравновешенность вызывается неравномерным распределением обмотки якоря, неравномерной заливкой короткозамкнутых роторов, деформацией листов ротора при штамповке и шихтовке, изгибом вала и т. д. Неуравновешенность ротора можно разделить на статическую (смещение центра тяжести относительно оси вращения) и динамическую (поворот оси инерции ротора относительно оси вращения при расположении центра тяжести на оси вращения). Практически в электрических машинах имеются оба вида неуравновешенности, которые при вращении ротора вызывают центробежные силы, действующие под разными углами на обе опоры (подшипники) вала в плоскостях, перпендикулярных оси вращения.

Неуравновешенность может быть устранена добавлением или снятием балансировочных грузов, действие которых равноценно действию центробежных сил небаланса. Балансировочные грузы должны располагаться так, чтобы не нарушить нормальную работу машины, надежно закрепляться и иметь достаточно обтекаемую форму, не вызывающую заметного повышения шума. С целью уменьшения величины грузов они должны располагаться на максимально возможном удалении от оси вращения и вблизи от опор. Практически балансировочными грузами могут служить легкоплавкий припой (например, ПОС-61), напаяваемый на бандаже якоря машины постоянного тока, винты с гайками, ввертываемые в вентилятор, и другие вращающиеся детали. Уменьшение небаланса может также достигаться высверливанием отверстий в вентиляторе, шкиве и т. п., спиливанием части припоя на бандаже. Определение места установки и величины балансировочных грузов на вращающемся роторе (динамическая балансировка) производится на специальных балансировочных машинах, выпускаемых отечественными и иностранными заводами. При этом необходимо использовать такую балансировочную машину, которая рассчитана на вес того ротора, неуравновешенность которого требуется устранить.

Неуравновешенность необходимо устранять в максимально возможной степени; допустимую остаточную неуравновешенность для электрических машин от 0,2 до 5,5 квт, применяемых на р. ш. с. и к. р. с., можно примерно определить в 1—5 г·см. Балансировку желательно производить вместе со шкивом или другой устанавливаемой на вал деталью или деталями. При невозможности

этого шкив должен проходить отдельную динамическую или статическую балансировку со специальной, точно изготовленной оправкой. Статическую балансировку необходимо производить на хорошо отрегулированных «ножах» (четыре свободно вращающихся диска, на которые устанавливается шкив с оправкой для определения смещения центра тяжести по наличию самопроизвольного вращения).

Вибрация собранных электрических машин может определяться на специальных стендах по нормам электропромышленности ОАА 692000-62. Допустимую двойную амплитуду вибрации желательно иметь в пределах 1—5 мкм*, но не выше 10 мкм. Без стендов устранение значительной вибрации может примерно определяться с помощью установки на вращающуюся незакрепленную машину баночки с керосином — по отсутствию заметных волн на поверхности жидкости. При определенном уровне доведение величины вибрации до допустимого уровня можно определять на ощупь. Проверка вибрации двигателей, скорость которых на станке регулируется, должна производиться во всем диапазоне регулирования, так как вибрация может становиться заметной только на определенной (резонансной) скорости вращения.

Устанавливаемые в процессе ремонта подшипники должны быть высокого качества, свободно вращаться и в то же время не иметь излишних зазоров (внутреннее кольцо не должно «болтаться»). Хорошие результаты дает применение подшипников классов «П», «В» или «А», однако они предъявляют особые требования к точности обработки отверстий в цитах и шеек вала. Поэтому применение классных подшипников имеет смысл в том случае, если детали двигателя соответствуют этим требованиям или могут быть дообработаны согласно им. В противном случае целесообразным является подбор наиболее качественных и подходящих по размерам (отклонениям) подшипников из партии имеющихся подшипников нормальной точности. По размерам подшипники должны подбираться таким образом, чтобы они не могли свободно перемещаться в отверстиях и на валу, но и не создавались значительные натяги; желательна плотная посадка «П» с допусками: для нормальных подшипников — по второму классу, для классных — по первому классу.

* мкм — обозначение микрон по ГОСТ 7663-55 и ГОСТ 9867-61.

При сборке двигателя необходимо исключить перекос вала, появление переменных усилий за счет неправильной установки подшипников и щитов (крышек). Правильность установки проверяется по легкости вращения вала, уровню вибрации. Если ремонт не связан с изменением небаланса, т. е. не производится перемотка якоря, проточка коллектора и т. п. и не намечается проводить балансировку, то необходимо заранее обеспечить (путем соответствующих пометок) установку при сборке на прежние места снимавшихся вращающихся деталей (шкив, вентилятор и т. п.). Увеличение вибрации двигателя может произойти при установке его на станок в случае, если подmotorная плита или лапы двигателя имеют неровности. С целью устранения вибраций можно установить соответствующие прокладки под лапы или по-разному затянуть болты.

Серьезным и трудно устранимым источником вибрации является изгиб вала, поэтому надо всячески оберегать вал от повреждения в процессе ремонтных работ. Погнутый вал иногда удается выправить, в противном случае необходимо его выпрессовать из ротора, выточить и установить новый; при увеличении после этого уровня вибраций — произвести балансировку.

Регуляторы (задатчики скорости). На р. ш. с. и к. р. с. применяется несколько типов проволочных регуляторов. В процессе эксплуатации их необходимо регулярно осматривать, очищать от пыли, грязи, проверять степень износа. В случае износа сверх допустимых пределов производится ремонт регуляторов, замена отдельных деталей. Рассмотрим особенности ремонтных работ для различных регуляторов. Применяемые на р. ш. с. регуляторы типа Р-1 (от ЭЛИР-25А) при правильном использовании (см. § 2) весьма надежны и мало изнашиваются. Однако в них возможны такие дефекты, как обрыв проволоки, ее износ и износ подвижного контакта (ползушки). В первом случае достаточно освободить в месте обрыва концы проволоки длиной 15—30 мм и соединить их между собой на свободной части каркаса с помощью скрутки и пропайки или винта с гайкой. На той части каркаса, по которой ходит ползушка, необходимо так распределить проволочки в месте обрыва, чтобы в процессе регулирования не было нарушения контакта.

В случае износа проволоки, в результате чего сопротивление увеличивается свыше 12 *ком*, или образуется несколько обрывов необходимо разобрать и перемотать регулятор. Для намотки лучше всего использовать изолированную нихромовую проволоку марки ПЭН диаметром 0,1 мм (количество 10 г). Однако можно использовать также изолированную или отожженную константановую или нихромовую проволоку других диаметров, обеспечив при намотке сопротивление регулятора в пределах от 7 до 11 *ком*. В местах соприкосновения ползушки с проволокой последнюю необходимо слегка зачистить шкуркой или наждачной бумагой, остальную открытую часть намотки желательно покрыть слоем покровного или пропиточного лака (для скрепления и дополнительной изоляции). При установке отремонтированного регулятора, как правило, необходима подналадка привода — выставление наибольшей рабочей скорости в соответствии с инструкцией, имеющейся в руководстве.

При износе ползушки ее необходимо заменить, изготовив новую деталь по размерам старой из листовой фосфористой бронзы или другого материала, обладающего хорошими контактными свойствами, упругостью и высокой износостойкостью.

В координатно-расточных станках модели 2А450 для изменения скорости шпинделя в настоящее время применяется дистанционный регулятор возбуждения типа РВД-4, допускающий большие токи возбуждения (до 0,9 а), имеющий высокую надежность.

До РВД-4 в станках 2450, 2Б440, 2Б450, 2В440, 2А450 применялись регуляторы типов РВД-1, РВД-2, РВД-3, отличающиеся по своим параметрам, конструкции и надежности. Первые регуляторы имели привод от универсального серийного двигателя типа УМТ-12 с червячным редуктором. Скорость такого двигателя резко зависит от питающего напряжения и нагрузки. Необходимое питающее напряжение подбирается с помощью переключения отпаяк автотрансформатора таким образом, чтобы при окружающей температуре 20—25° С прогретый РВД имел время полного хода ползушки 20—30 сек. Здесь оговаривается температура, так как скорость двигателя зависит от прогрева смазки редуктора: для нормально работающего регулятора в зависимости от температуры смазки время полного хода может изменяться от 20 до 40 сек. Если в процессе экс-

платации время полного хода превышает указанные пределы, то причиной этого может быть и испорченная смазка в редукторе, которую необходимо заменить. Кроме того, причиной снижения скорости ползушки могут быть различные перекосы и заедания, повышающие нагрузку на двигателе. Двигатель УМТ-12 должен обслуживаться так же, как обычная маломощная машина постоянного тока, с учетом того, что при напряженной двухсменной эксплуатации станка общее время работы двигателя РВД за год не превышает 170 ч.

После УМТ-12 в последующих моделях РВД применялся маломощный синхронный двигатель, а затем (по настоящее время) — однофазный асинхронный редукторный двигатель типа РД-09 (некоторые особенности его освещены в § 4). Последний двигатель весьма надежен, его скорость мало зависит от напряжения и нагрузки, а обслуживание должно состоять в осмотре и при необходимости замене смазки примерно через каждые 2—3 года (рекомендуется масло приборное МВП ГОСТ 1805-51).

Весьма часто регуляторы РВД-1—РВД-3 выходят из строя за счет повреждений обмотки; в значительно меньшей степени такие случаи возможны и в регуляторах РВД-4.

Повреждения обмотки в виде ее обрыва или замыкания на металлический каркас могут происходить по различным причинам. Например, в результате разной высоты каркаса, заклинивания контактного мостика ползушки и т. п. в процессе регулирования местами может нарушаться контакт между ползушкой и проволокой. В этих местах происходит искрение, особенно сильное в начальной части сопротивления РВД (при меньших скоростях); проволока может оборваться или соединиться с каркасом при прожигании изоляции. В последнем случае, как правило, за счет прохождения значительного тока процесс также заканчивается перегоранием проволоки.

Изоляция проволоки от каркаса осуществляется тремя слоями стеклолакоткани толщиной не меньше 0,15 мм с рабочей температурой не меньше 125°С. В регуляторах РВД-1—РВД-3, намотанных константановой проволокой одного диаметра 0,2—0,25 мм, нагрев значителен, стеклолакоткань постепенно высыхает, теряя свои изоляционные свойства, и происходит пробой на корпус

(чаще всего в тех точках, где проволока сильнее натянута и врезается в изоляцию).

В зависимости от повреждения ремонт может состоять в соединении оборванной проволоки, частичной или полной замене изоляции, перемотке регулятора. При перемотке следует заменять поврежденную проволоку проволокой того же диаметра, так как его уменьшение вызывает повышенный нагрев, а увеличение — может снизить сопротивление РВД настолько, что не будет обеспечиваться необходимый диапазон регулирования скорости шпинделя. При полной невозможности получения проволоки нужного диаметра в регуляторах типов РВД-1—РВД-3 следует идти только на увеличение диаметра, а в РВД-4 можно допускать отклонения и в сторону увеличения, и в сторону небольшого уменьшения. На заводе-изготовителе намотка РВД-4 производится следующим образом: начальный, наиболее загруженный участок намотан нихромовым проводом $\varnothing 0,7$ мм (длина участка 125 мм, сопротивление 52 *ома*), средний участок длиной 125 мм и сопротивлением 310 *ом* намотан проводом $\varnothing 0,4$ мм, остальная часть регулятора намотана проводом $\varnothing 0,23$ мм и имеет сопротивление 2 650 *ом*. Регулятор требует вертикальной установки; при этом улучшаются условия охлаждения и обеспечивается нормальная смазка шестерен редуктора двигателя приводного механизма.

Для управления перемещениями стола и салазок на станках моделей 2Б440, 2В440, 2А450 и других используются комбинированные аппараты — регуляторы-переключатели. В зависимости от некоторых конструктивных изменений обозначения аппаратов меняются: на станках 2Б440, 2В440 и других — группы 2Б440.935, 935 *а*, 2В440.936, на станках 2А450 — группа 2А450.930. Главное отличие группы 2А450.930 от предыдущих состоит в отсутствии выводной панели и удлиненном валике. Включение переключателя отличается на различных моделях станков, в различные годы выпуска, однако в основном принцип конструкции сохраняется.

Обслуживание регулятора-переключателя должно состоять в периодической, примерно 2 раза в год очистке его от пыли, осмотре и замене контактов («пальцев»). В наибольшей степени изнашиваются контакты, скользящие по проволоке, в них прсрезуется канавка. Увеличение глубины канавки допускается до тех пор, пока

контакт не приблизится к корпусу (примерно через полгода напряженной двухсменной эксплуатации). Ускоренный износ контактов возможен за счет установки в регуляторе пружин с завышенным усилием; в этом случае необходимо уменьшить диаметр проволоки или число витков пружин (сохраняя ее общую длину и диаметр). По действующим чертежам, пружины должны быть изготовлены из стали класса II ГОСТ 9389-60 диаметром 0,5 мм, внешний диаметр пружины 6 мм, длина свободной пружины 20 мм, шаг 3 мм.

После образования в контакте, скользящем по проволоке, значительной канавки (примерно до 3 мм) его можно поменять местами со связанным с ним контактом, скользящим по внешней шине. Остальные контакты изнашиваются значительно медленнее, их необходимо заменять при износе примерно на 2 мм (до длины 12 мм). По мере износа контактов, скользящих по шинам, необходимо восстанавливать имеющиеся на них фаски $0,3 \times 45^\circ$. Возможные повреждения и ремонт катушки аналогичны описанным выше для регуляторов типа Р-1. При перемотке необходимо использовать нихромовую проволоку диаметром 0,14 мм или близким к указанному с тем, чтобы суммарное сопротивление катушки составляло 8—10 ком. После замены катушки, как правило, необходимо подналадить привод, изменяя сопротивление последовательно включенного с регулятором резистора таким образом, чтобы скорость перемещения стола или салазок соответствовала градуировке.

Релейно-контакторная и другая контактная аппаратура. Особенностью работы контактной аппаратуры на к. р. с. и р. ш. с. являются, как правило, незначительная нагрузка контактов и соответственно их незначительный износ. Причиной отказов контактов в таких условиях является в основном образование на контактах слоя пыли, масла (особенно на резьбошлифовальных станках), различных окислов и соединений. Поэтому при ремонтах контактов, особенно слаботочных, следует в большинстве случаев ограничиваться протиркой их сухой тряпочкой или тряпочкой, смоченной растворяющей масло жидкостью (бензин, уайт-спирит и т. п.) и только иногда прибегать к зачистке микронной шкуркой М14—М28 или мелкой № 3—5. Значительное искрение и износ контактов имеют место на контакторах, работающих в цепях

двигателя шпинделя к. р. с. Здесь необходима периодическая глубокая зачистка или замена контактов. При замене неподвижных контактов или целиком этих контактов (пускателей) необходимо особенно тщательно следить за правильностью их подключения, так как в некоторых местах применяется специальное (последовательное) соединение контактов и ошибки вызывают весьма серьезные повреждения.

Подробнее с обслуживанием и ремонтом релейно-контакторной аппаратуры можно познакомиться по [Л. 10], некоторые особенности поляризованных реле описаны ниже, в разделе системы ПНК.

Приводы с магнитными усилителями (ПМУ). Приводы с магнитными усилителями (ПМУ) состоят из двигателя, блока питания и регулятора скорости (задатчика). Поскольку обслуживание и ремонт двигателей и регуляторов рассматриваются отдельно, здесь мы будем говорить только о блоках питания ПМУ или сокращенно «блоках ПМУ».

Блоки ПМУ не требуют профилактических ремонтов, кроме очистки от пыли и подтяжки винтов. При незначительной запыленности воздуха и отсутствии внешних вибраций эти работы могут потребоваться лишь 1 раз в несколько лет. Специфическим видом аварии для трехфазных блоков ПМУ является перегорание предохранителя в одной из фаз. При этом ПМУ продолжает работать, но с понижением скорости двигателя.

Наиболее вероятными видами аварии блоков ПМУ являются (порядок соответствует степени вероятности): нарушение контакта в местах подсоединения проводов на досках зажимов и аппаратах, выход из строя резисторов (в первую очередь в цепи обмотки возбуждения двигателя), конденсаторов, силовых селеновых выпрямителей. Необходимо отметить, что, кроме нарушений контакта, другие неисправности крайне редки; случаев выхода из строя дросселей и трансформаторов мы вообще не знаем. При аварии ремонт должен состоять в обнаружении дефекта путем осмотра блока ПМУ и устранении его соответствующим способом: подтяжкой винтов, восстановлением пайки, заменой аппарата.

Приводы с электромашинными (ЭМУ) и электронными (ЭУ) усилителями. Приводы с ЭМУ и ЭУ являются достаточно сложными системами, включающими большое количество различных элементов. Профилакти-

ческий ремонт каждого из этих элементов является характерным только для него (или группы элементов). Так, ремонт электродвигателя, ЭМУ, тахогенератора аналогичен ремонту любых малых машин постоянного и переменного тока. Виды повреждений регулятора (задатчика скорости) и методы их устранения были описаны выше. Такие аппараты, как селеновые столбы, трансформаторы, проволочные резисторы и конденсаторы, требуют только периодической очистки от пыли и грязи, проверки и подтягивания винтовых контактов, крепления, проверки паек. Для непроволочных резисторов, кроме того, через каждые 2—3 года требуются проверка величины сопротивления (авометром, омметром и т. п.) и замена в случае отклонения сверх допустимых пределов ($\pm 10\%$ от номинала).

Указатель скорости должен обслуживаться и ремонтироваться аналогично другим измерительным приборам.

Электронные лампы для полной гарантии должны заменяться через 1 000 ч работы (примерно через каждые 3 мес. при двухсменной работе станка), однако достаточно надежная работа привода обеспечивается и при регулярной смене ламп через 2 000—4 000 ч (6—12 мес.). При каждой смене ламп, а также при значительном «дрейфе» нуля требуется балансировка ЭУ регулированием сопротивления $R_{к1}$.

Весьма сложными являются аварийные ремонты привода из-за трудности поисков места повреждения. Каких-либо определенных, конкретных указаний о причинах различных нарушений работы привода привести нельзя, нарушения могут быть самыми разнообразными, одно и то же нарушение может вызываться различными причинами. В каждом случае поиски должны вестись творчески на основе знания принципов работы всего привода и отдельных его элементов. В связи с этим мы приводим лишь общие соображения и отдельные практические рекомендации по отысканию повреждений привода. Наиболее неприятным и трудно находимым нарушением является аварийное замыкание на корпус (заземление) в какой-либо части схемы. В зависимости от места замыкания внешнее проявление этого повреждения может быть самым разнообразным: большая нерегулируемая скорость в одну сторону, колебания ско-

рости, значительное отклонение скорости от заданной и т. д. Поиски места замыкания должны вестись с помощью тестера, авометра или другого аналогичного прибора путем измерения в различных точках сопротивления между токоведущими частями (проводами, зажимами и т. п.) и металлическими заземленными деталями. При этом необходимо следить, чтобы металлическая деталь в месте касания провода от прибора была очищена от краски, масла, а также надежно заземлена (что можно проверить измерением сопротивления между данной деталью и корпусом шкафа, станиной). В процессе поисков необходимо последовательно отключать провода от зажимов, измерять сопротивление относительно «земли» по обе стороны от места разъединения и продолжать поиски по цепи в том направлении, где обнаружено заземление. При этом следует учесть, что в ЭУ имеется рабочее заземление в общей точке входных резисторов и в нормальной схеме сопротивление относительно «земли» может в некоторых точках составлять около 1,5 ком. Для большей гарантии прежде всего следует отключить входные провода на ЭУ и искать аварийное заземление отдельно в ЭУ и остальной части схемы.

Причиной замыкания на землю может быть соприкосновение оголенного провода с корпусом, пробой переменного резистора типа СП и т. п. Весьма возможным является соприкосновение токоведущих частей с экранирующей оплеткой провода. На резьбошлифовальных станках первых выпусков, где применялся провод марки БПВЛЭ, наблюдались случаи замыкания жилы провода с «экраном» в результате разрушения изоляции маслом.

Нарушение работы привода, внешне выражающееся в отсутствии регулирования вращения двигателя в обоих направлениях, наличии только «ползучей» скорости в одну сторону, может вызываться обрывом в цепи входа ЭУ, отсутствием задающего сигнала. В этом случае удобным методом поиска является отключение двигателя от ЭМУ в якорной цепи и проверка наличия напряжения от выпрямителя до входа ЭУ с помощью вольтметра, тестера, авометра. При этом необходимо убедиться в перемене полярности напряжения на регуляторе при переключении реле В и Н, а также изменении величины напряжения в зависимости от положения

движка регулятора. Для расчета примерной величины напряжения в каждой точке цепи могут быть использованы простейшие методы, аналогичные приведенным в § 2. Предположим, что нам необходимо определить напряжения в цепи входа ЭУ станка модели 5822 (см. рис. 1). Наибольшая рабочая (регулируемая) скорость двигателя равна 1 800 об/мин, э. д. с. вращающегося тахогенератора $TГ$ должна составлять при этом около $0,025 \times 1\,800 = 45$ в. Поскольку задающее напряжение незначительно отличается от напряжения $TГ$, условно примем напряжение в точках $d—e$ равным 48 в (в действительности оно может составлять 40—50 в). Напряжение после регулятора R_3 в точках $k—e$ в зависимости от положения движка должно изменяться от 0 до 48 в (при выключенном У1). Измерением можно определить сопротивление R_c , предположим, что оно равно 8 ком. В этом случае напряжение на входе ЭУ (точки $u—k$) должно составить $48 \text{ в} \cdot \frac{4 \text{ ком}}{4 \text{ ком} + 8 \text{ ком}} = 16$ в (здесь 4 ком — сопротивление входа ЭУ).

В действительности величины напряжений могут отличаться от рассчитанных за счет отклонений параметров аппаратов и машин, настройки переменных резисторов, однако точность таких расчетов вполне достаточна для определения места повреждения в цепи входа ЭУ. Во избежание недоразумений подчеркиваем, что такие величины напряжений имеют место только при неподвижном двигателе, т. е. отсутствии э. д. с. тахогенератора.

Характерным дефектом привода является неравномерность скорости, толчки, хорошо заметные на малых скоростях, особенно при холостом ходе двигателя (эту неравномерность не надо смешивать с колебаниями скорости под действием переменной нагрузки, пропадающими на холостом ходу, а также автоколебаниями). Кроме плохой настройки привода, причиной неравномерности могут быть также неисправности тахогенератора, двигателя, ЭМУ: плохое состояние коллектора, щеток, щеточных пружин, обрывы в якоре и т. п., а также люфты и перекосы в соединении тахогенератора с двигателем. При полном отсутствии напряжения тахогенератора (обрыв в цепи его возбуждения и т. д.) двигатель реверсируется и регулируется в начальной части задатчика скорости, но при задающем напряжении при-

мерно от 0,5 в и выше устанавливается максимальная скорость, определяемая насыщением ЭУ и ЭМУ.

Система предварительного набора координат (ПНК) на к. р. с. В системе ПНК есть элементы, которые требуют при обслуживании некоторых специфических знаний.

Бесконтактные сельсины, применяемые на к. р. с., практически не требуют никаких периодических ремонтов за все время службы станка, кроме очистки от пыли и грязи, замены смазки в худшем случае через несколько лет работы. Однако при различных работах с ними надо обращаться очень осторожно, избегая ударов по корпусу и валику. В результате ударов или прогиба валика сельсин не выходит полностью из строя, но появляется значительная периодическая ошибка в отработках. Ошибки при установке координат могут быть и в результате обрыва одного из проводов, соединяющих трехфазные обмотки сельсинов (маркировка зажимов сельсинов *P1, P2, P3*).

В результате появления зазоров в отверстиях резиновых прокладок муфт, соединяющих сельсины с редуктором, могут иметь место значительные недоходы до заданных координат (при зазоре у точного сельсина) или преждевременное переключение с грубого сельсина на точный.

В узле следящих сельсинов имеется специальный винт, исключающий возможность расцепления шестерни с рейкой. Однако нельзя этот винт затягивать так, чтобы шестерня была жестко прижата к рейке: при этом может погнуться валик и появиться периодическая ошибка.

Применяемые в схеме ПНК поляризованные реле типа РП-5 (а также применявшиеся ранее в схеме зажимов станков модели 2А450 реле типа РП-4) весьма чувствительны к ударам и внешним магнитным полям. Под действием этих факторов подвижный контакт реле РП-5 может сместиться из нейтрального положения вплоть до замыкания с одним из неподвижных контактов при отключенных катушках. Если смещение не слишком велико, реле можно отремонтировать путем регулировки неподвижных контактов таким образом, чтобы обесточенное реле имело одинаковые зазоры между контактами в обе стороны (реле РП-4 должно иметь подвижный контакт, нормально замкнутый с одним из

неподвижных и перебрасывающийся под действием включения одной из катушек или изменения полярности на них; при ремонте необходимо регулировать неподвижные контакты в соответствии с указанным принципом работы реле). Для надежного срабатывания поляризованные реле требуют питания током, превышающим номинальное значение. Однако при резком включении тока, значительно превышающего ток срабатывания (больше 3—5 раз), от удара подвижного контакта о неподвижный может происходить его отключение или замыкание с противоположным неподвижным контактом.

Система ПНК в эксплуатации не требует профилактических ремонтных работ, кроме замены сигнальных и электронных ламп в соответствии с их средними сроками службы (лампы ПЛ-13—200 ч, КМ-4—150 ч, 6Н2П—1500 ч). При этом необходимо учитывать фактическое время нахождения ламп во включенном состоянии, а также 1,5—2-кратное фактическое увеличение их срока службы за счет запасов, питания пониженным напряжением.

При замене электронных ламп фазочувствительного блока необходимо производить настройку: путем регулирования балансирующего резистора в катодной цепи обеспечить срабатывание реле направления (зажигание сигнальных ламп «вперед» и «назад») при одинаковых рассогласованиях от нулевого положения, а регулированием резистора сигнала точного сельсина добиться включения этих реле (ламп) при рассогласованиях 0,6—0,7 мм.

Система ПНК состоит из большого числа элементов, часть которых не обладает высокой надежностью или весьма чувствительна к ударам, загрязнению и т. п. В связи с этим в процессе эксплуатации возможны нарушения работы системы ПНК, которые могут быть весьма разнообразны и внешне проявляются в различных формах.

Обнаружению мест повреждения помогает хорошее знание принципов работы схемы и отдельных ее элементов по описаниям, приведенным в этой книге и руководстве к станку, а также литературе, например [Л. 7].

Кроме упомянутых выше и других дефектов отдельных элементов весьма вероятными могут быть замыкания проводов на металлические детали («заземления»), а также нарушения контактов и обрывы проводов, при-

водящие к пропаданию напряжения. Эти нарушения могут быть обнаружены с помощью тестера, авометра или другого прибора путем последовательной проверки цепей и напряжений в них аналогично описанному выше для привода с ЭМУ и ЭУ.

Весьма полезным для проверки нормальной работы сельсинов является включение катодного осциллографа на зажимы проводов, идущих от обмоток грубых и точ-

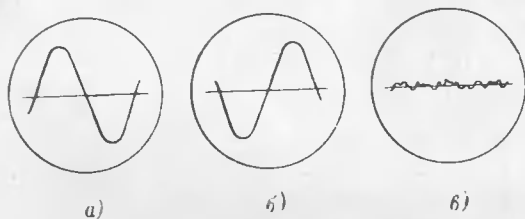


Рис. 16. Осциллограммы напряжения сельсинов.
а, б — напряжение при рассогласовании в разные стороны; в — напряжение в точке согласования.

ных сельсинов к фазочувствительным блокам. Для сравнения на рис. 16,в приведена примерная форма кривой напряжения сельсина в момент согласования, на рис. 16,а — при рассогласовании в одну сторону, а на рис. 16,б — в другую сторону.

При рассогласовании точного сельсина на 36—37 мм в ту или другую сторону его напряжение должно достигать максимума 35—40 в, а на величину между 73 и 74 мм — минимального значения. Наибольшее напряжение грубого сельсина 35—40 в должно быть при рассогласовании примерно 550 мм.

Характерными нарушениями работы ПНК, которые могут появиться при ремонте, являются следующие:

1) Отработка перемещений до 10—20 мм происходит правильно, а при больших — движение происходит в противоположную сторону без остановки до срабатывания конечного выключателя. Причиной может являться поворот статора грубого сельсина на 180° относительно нужного положения или неправильное подключение проводов к его зажимам С1 и С2. Проще всего дефект устраняется переменой мест проводов на зажимах С1 и С2 грубого сельсина.

2) При задании перемещений до 10—20 мм движение идет в неправильном направлении на 20—30 мм, по-

сле чего происходит реверс, движение в правильном направлении на 10—20 мм, снова реверс и т. д. При задании перемещений больше 10—20 мм картина аналогичная, но перемещение в правильном направлении происходит вначале. Вызвано это может быть тем же дефектом, что и в п. 1, но на точном сельсине; также проще всего устраняется переменной мест проводов, подходящих к его зажимам *C1* и *C2*.

3) При задании перемещений меньше 10—20 мм происходит их отработка, но в обратном направлении (например, с координаты 300 мм движение идет до 295 мм вместо заданных 305 мм). Причиной является перемена местами двух из проводов, подключенных к зажимам *P1*, *P2*, *P3* точного сельсина.

4) Аналогичное описанному в п. 3 явление, но при задании перемещений свыше 20—30 мм (например, с координаты 300 мм отработки к 200 мм вместо заданных 400 мм). Однако в пределах 10—15 мм до точки останова (т. е. координаты 200 мм) могут начаться колебания или движение прекращается в произвольной точке. Здесь также перепутаны местами два из проводов, подходящих к зажимам *P1*, *P2*, *P3*, но грубого сельсина.

5) Если грубый и точный сельсины смещены один относительно другого или относительно шкалы станка не на 180°, то внешне это может проявиться в виде ошибок различной величины, качаний в разных положениях и т. п. Определению причин этих явлений может помочь рассмотрение кривых зависимости напряжения сельсинов от величины рассогласования (см. рис. 7), влияния на работу системы ПНК их смещения в ту или другую сторону и сравнение с фактическим положением.

Электромагнитные муфты. В ряде моделей станков МВ-13 и других применяются электромагнитные муфты серии ЭМ. При износе фрикционных дисков муфты необходимо заменять, учитывая при этом некоторые их особенности.

В каталогах на эти муфты указывается определенный ход якоря (например, для ЭМ-22 — 1,2 мм), однако при нем не всегда обеспечивается усилие, необходимое для включения, и его нужно уменьшать иногда до 0,3—0,4 мм (подгонкой упорной шайбы). С этой же целью приходится часто снимать часть пружинных шайб, служащих для разъединения дисков. Однако при этом уве-

личивается остаточный момент муфты (момент при обесточенной катушке) и нельзя допускать, чтобы он стал больше рабочего момента механизма (т. е. движение могло продолжаться при обесточенной муфте).

Иногда фрикционные диски имеют неровности на поверхности, это также необходимо учитывать, подгоняя упорную шайбу для обеспечения нужного зазора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разыграев А. М., Электронное управление на металлорежущих станках, Машгиз, 1953.
2. Байда Л. И., Семенович А. А., Электронные усилители постоянного тока, Госэнергоиздат, 1953.
3. Сандлер А. С., Электрооборудование производственных механизмов (Электрооборудование металлорежущих станков), Госэнергоиздат, 1958.
4. Разыграев А. М., Дворин З. А., Гольцикер Д. Г., Бахарев С. А., Проектирование и монтаж электрооборудования металлорежущих станков, Машгиз, 1961.
5. Харизоменов И. В., Электрооборудование и электроавтоматика металлорежущих станков, изд-во «Машиностроение», 1964.
6. Петровский А. Я., Розман Я. Б., Регулируемый электропривод с магнитными усилителями, изд-во «Энергия», 1964.
7. Попков С. Л., Основы следящего электропривода, Оборонгиз, 1958.
8. Колесник Н. В., Устранение вибрации машин, Машгиз, 1960.
9. Коварский Е. М., Ремонт электрических машин, Госэнергоиздат, 1962.
10. Образцов В. А., Эксплуатация и ремонт пусковой низковольтной аппаратуры, изд-во «Энергия», 1967.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Особенности электрооборудования координатно-расточных и резьбошлифовальных станков	3
2. Главные приводы и приводы основных подач и перемещений резьбошлифовальных станков	4
3. Главные приводы и приводы подач координатно-расточных станков	15
4. Приводы вспомогательных механизмов координатно-расточных и резьбошлифовальных станков	26
5. Режимы работы и схемы управления универсальных координатно-расточных станков	29
6. Режимы работы и схемы управления универсальных и специализированных резьбошлифовальных станков	42
7. Циклы и основные части схем управления универсальных и специализированных резьбошлифовальных полуавтоматов	52
8. Вспомогательные элементы электрооборудования (освещение, сигнализация, защита)	59
9. Особенности обслуживания и ремонта электрооборудования координатно-расточных и резьбошлифовальных станков	60
Литература	78

Бернштейн-Коган В. С., Драницкий Л. В., Кузнецова Т. А.
Электрооборудование координатно-расточных и резьбошлифовальных станков.

Редактор *И. П. Березина* Технический редактор *Г. С. Юдаева*
Корректор *И. С. Соколова*

Сдано в набор 6/1 1963 г.	Подписано к печати 9/IX 1963 г.	Т-11519
Формат 84×108 ^{1/2} ₈₂		Бумага типографская № 1
Усл. печ. л. 4,2		Уч.-изд. л. 4,44
Тираж 12 000 экз.	Цена 17 коп.	Зак. 2003

Издательство „Энергия“. Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., Ю.

Цена 17 коп.

*Еще больше электротехнической
литературы на
www.biblio.narod.ru*