

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего образования
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Буцев А.А

Изучение конструкций элементов
приборных устройств

Методические указания к лабораторной работе № 12
по курсу “Основы конструирования приборов”

Под редакцией А.И. Еремеева
И.С. Потапцева

Москва
2014г

Целью лабораторной работы является изучение принципов конструирования типовых элементов приборных устройств на примере электромеханического привода.

Основные теоретические сведения

В современных приборных устройствах в качестве приводов исполнительных механизмов широко применяются электромеханические приводы, состоящие из электродвигателя, редуктора, муфты и элементов обратной связи. Редукторы служат для согласования угловых скоростей и вращающих моментов электродвигателей с исполнительными механизмами, а муфты - для соединения валов, предохранения от перегрузок по выходному моменту, превышения скорости или перемены направления вращения выходного вала (реверсирования). Элементы обратной связи обычно преобразуют механические величины в электрические для использования их в информационных системах. Приборные редукторы могут иметь постоянное или изменяемое передаточное отношение i , достигающее в некоторых случаях нескольких тысяч. Общее передаточное отношение редуктора i_0 - это отношение угловых скоростей или частоты вращения входного и выходного валов, т.е. $i_0 = \omega_{\text{вх}} / \omega_{\text{вых}} = n_{\text{вх}} / n_{\text{вых}}$. Иногда при подсчете общего передаточного отношения необходимо учитывать направление вращения выходного вала. Для этого перед числовым значением ставят знак "+", если направление вращения выходного вала такое же, как и у входного, и знак "-" - при разных. Внешнее зацепление двух колес изменяет направление вращения на обратное, внутреннее знака передаточного отношения не меняет. Передача, выполненная по схеме рис. 1а, называется ступенчатой, потому что частота вращения и соответственно моменты меняются ступенчато от ведущего вала к ведомому посредством нескольких пар зубчатых колес. Главным достоинством многоступенчатых зубчатых передач по сравнению с одноступенчатыми является возможность получения больших передаточных отношений при небольших габаритах редуктора и простаты конструкции. С учетом сказанного можно

написать следующее выражение для общего передаточного отношения многоступенчатой зубчатой передачи с учётом знака:

$$i_0 = (-1)^k \omega_{\text{ВХ}} / \omega_{\text{ВЫХ}}$$

где k - число внешних зацеплений в зубчатой передаче.

Общее передаточное отношение многоступенчатой передачи в зависимости от чисел зубьев колес (рис. 1а) имеет вид:

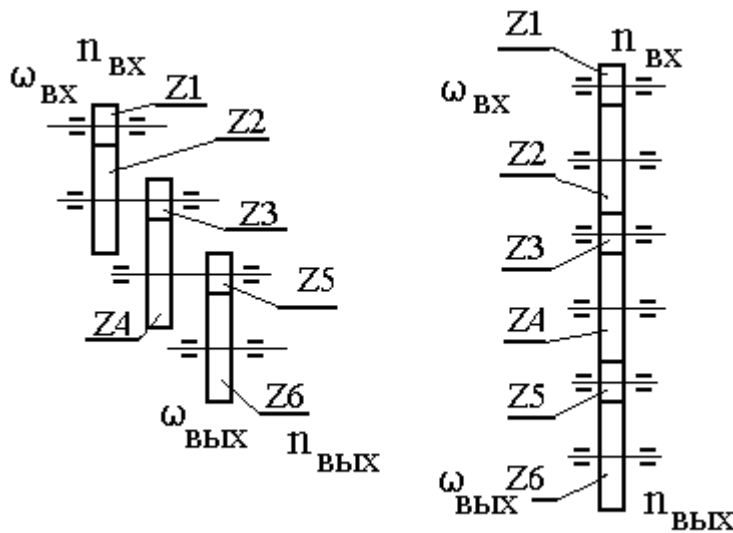


Рис. 1а ступенчатая, 1б рядная передачи

$$i_0 = (-1)^k \frac{Z_2}{Z_1} \times \frac{Z_4}{Z_3} \times \frac{Z_6}{Z_5}$$

Для большего числа ступеней выражение по аналогии можно продолжить.

Иное наблюдается в рядной передаче (рис. 1б). Передаточные отношения отдельных ступеней передачи тоже перемножаются

$$i_0 = \frac{Z_2}{Z_1} \times \frac{Z_3}{Z_2} \times \frac{Z_4}{Z_3} \times \frac{Z_5}{Z_4} \times \frac{Z_6}{Z_5} = \frac{Z_6}{Z_1}$$

Отсюда следует, что в рядной передаче общее передаточное отношение зависит только от чисел зубьев первого и последнего колес и не зависит от чисел зубьев промежуточных колес. В связи с этим промежуточные колеса рядной передачи называют паразитным. Рядные передачи применяют: для сокращения, габаритов зубчатых колёс, например при относительно большом заданном расстоянии между валами; для сохранения направления вращения

выходного вала таким же, как и у входного вала; для осуществления передачи с одного вала на другой вокруг мешающих деталей.

На рис. 2 представлен фрагмент чертежа общего вида приборного электромеханического привода, состоящего из электродвигателя постоянного тока, редуктора с двухступенчатой зубчатой передачей и предохранительной фрикционной муфты.

Электродвигатель I установлен на верхней плате 4 по посадке, обеспечивающей точное его центрирование в плате, и закреплен при помощи двух винтов 2. Под винты подложены разрезные пружинные шайбы 3, предохраняющие винты от самоотвинчивания. На валу электродвигателя I напрессовано зубчатое колесо 18 с небольшим числом зубьев ($Z_1 = 17$). Зубчатое колесо, меньшее число зубьев, принято называть шестерней. В зацеплении с шестерней находится зубчатое колесо 6 с числом зубьев $Z_2=82$. Последнее напрессовано на вал 5 и закреплено в осевой направлении при помощи развальцовки. Вал 5 и шестерня $Z_3=19$ выполнены из одной заготовки. В зацеплении с шестерней Z_3 входит зубчатое колесо $Z_4=57$, свободно вращающееся на валу 7.

Модули всех зубчатых колес одинаковы и равны 0,3 мм. На боковой поверхности колеса 12 со стороны диска 10 наклеено металлокерамическое кольцо II, имеющее высокий коэффициент трения при работе в паре со стальным закаленным диском 10. Сила прижатия диска 10 к металлокерамическому диску создается пружиной 9 и регулируется в небольших пределах гайкой 8.

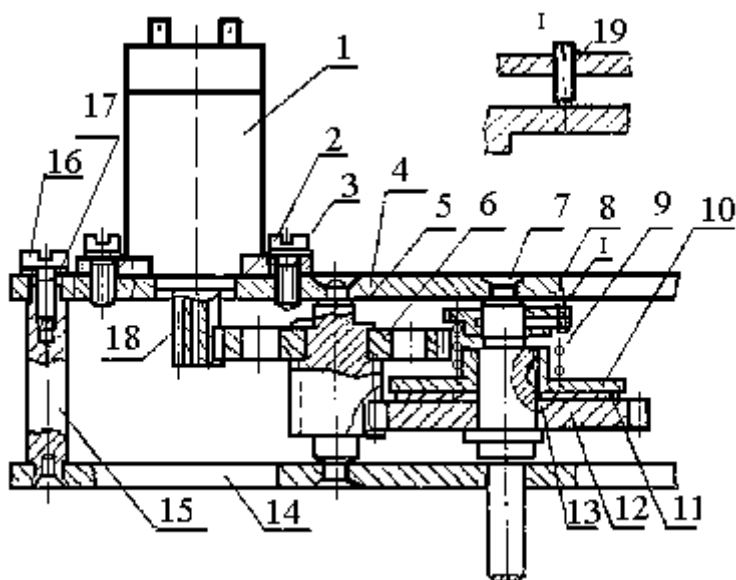


Рис.2.Фрагмент чертежа общего вида приборного редуктора с перечнем элементов

Эта гайка не стандартная, с разрезом и стопорным винтом 19. После окончания регулировки винт 19 заворачивается, деформирует разрезанный участок гайки, который плотно прижимается к разноименным профилям резьбы болта и создает увеличенные силы трения в резьбовом соединении. Эти силы трения стопорят резьбовое соединение, предохраняя его от самоотвинчивания. Шпонка 13 обеспечивает передачу вращающего момента с диска 10 на выходной вал 7 не препятствует перемещению диска вдоль вала 7. Сила прижатия между телами трения рассчитывается таким образом, чтобы гарантировать передачу вращающего момента с колеса 12 на диск 10 и от него через шпонку 13 на выходной вал 7. При перегрузке на выходном валу силы трения уже оказываются недостаточно для передачи вращающего момента. Колесо 12 вместе с наклеенным на него металлокерамическим кольцом проскальзывает, а выходной вал останавливается. Поломка исполнительного механизма, зубчатых колес и электродвигателя исключается.

В редукторе в качестве опор используются подшипники скольжения. Конструктивно цапфы (цапфа- часть вала, обычно на концах, сконструирована и рассчитана для использования как опора в подшипниках с трением скольжения) вала выполнены непосредственно из материала самого вала, а втулки сде-

ланы в виде отверстий самой плате. При таком исполнении платы для нее требуется большое количество дорогого антифрикционного материала (латуни или бронзы и используется только для малогабаритных изделий), в связи с чем в приборостроении часто примечают установку бронзовых или латунных втулок в платы, изготовленные из стали, алюминиевых сплавов или других дешевых материалов. Плата 4 и 14 соединены между собой стойками 15, которых должно быть не менее трех. Для удобства и упрощения последующего монтажа редуктора стойка одним концом крепятся к нижней плате неподвижно путем развальцовки. На другом конце стойки имеется центрирующий пояс, на который устанавливаемая и центрируется верхняя плата 4. Плата к стойке крепится винтами 16. Под эти винты также подкладываются упругие разрезные шайбы 17 по ГОСТ 6402-70 (гроверы).

На рис. 3 приведена структурная схема рассматриваемого привода, (согласно ГОСТ 2102-68).

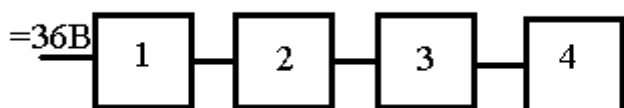


Рис.3 Структурная схема привода

Структурной схемой называется графический документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений представлены составные части изделия и связи между ними.

На структурной схеме привода рис.3 вращающий момент электродвигателя 1 поступает на двухступенчатую зубчатую передачу 2, а с нее на фрикционную предохранительную (по моменту) муфту, состоящую из зубчатого колеса z_2 и диска 3 и затем на выходной вал 4.

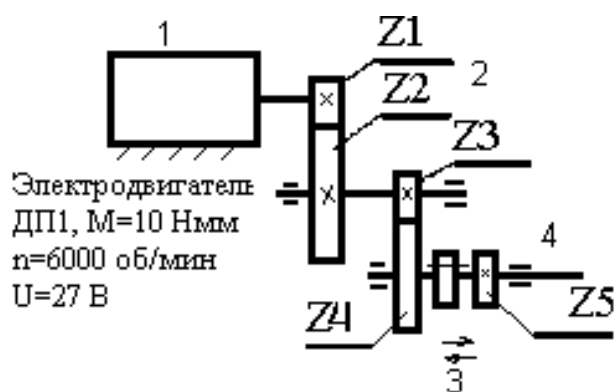


Рис.4 Кинематическая схема

На рис. 4 представлена кинематическая схема электромеханического привода по рис. 2. Кинематическая схема не является какой-то копией конструкции, а отражает только взаимосвязи элементов и составляется и вычерчивается из элементов, приводимых в ГОСТ 2770-68. Если изображение какого-то элемента в ГОСТе отсутствует, то допускается вычерчивать элемент в упрощенном виде, без конструктивной проработки, сделав соответствующую надпись, поясняющую значение элемента.

Для выполнения правильной сборки изделий (сборочных единиц) оформляется специальная техническая документация: сборочные чертежа и схемы сборки изделия.

Согласно ГОСТ 2101-68:

1. Изделием называют любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Устанавливаются следующие виды изделий: а) деталь; б) сборочные единицы; в) комплексы; г) комплекты.

2. Деталь. Изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций 8, например; пластина из биметаллического листа; печатная плата, маховичок из пластмассы (без арматуры), провод заданной длины. Эти изделия, подвергнутые покрытиям, независимо от вида в толщину, изготовленные с применением местной сварки, пайки, склейки, сшивки и т.п., например: винт, подвергнутый хромированию, трубка, спаянная или сваренная из одного куска листового материала, коробка,

склеенная из одного листа картона, тоже считаются деталями.

3. Сборочная единица. Изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, прессовкой, развальцовкой, склеиванием, например: станок, редуктор, сварной корпус, блок зубчатых колес).

4. Комплексы и комплекты в данной лабораторной работе не используются.

5. К покупным относятся изделия, не изготавливаемые на данном предприятии, а получаемые в готовом виде.

На рис. 5 представлен сборочный чертеж (без указания размеров) фрикционной предохранительной муфты электромеханического привода, изображенного на рис. 2, а на рис. 6 - схема сборки этой сборочной единицы (с учетом цифровых позиций рис. 5).

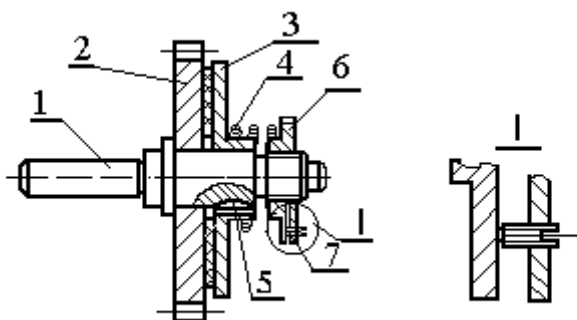


Рис.5. Фрикционная предохранительная муфта

Заметим, что номера позиций деталей и сборочных единиц на сборочном чертеже не совпадают с номерами позиций на чертежах общего вида т.к. сборочный чертеж является самостоятельным чертежом. На каждом чертеже номера позиций начинаются с первого. На каждую сборочную единицу и деталь, изготавливаемую на данном предприятии, обозначенную на сборочном чертеже и в спецификации, вычерчивается отдельный чертеж. Каждому чертежу присваивается десятичный номер, который строится следующим образом: первые три-четыре цифры или буквы с цифрами обозначают шифр предприятия (или ка-

федры), вторая группа цифр слева - шифр всего изделия или номер задания. Третья и четвертая группы цифр, состоящие в свою очередь из нескольких цифр, обозначив номера сборочных единиц: первая группа слева - сборочные единицы, вторая - более простые сборочные единицы, которые входят в первые (рис.6). Последняя группа цифр обозначает номер детали, входящей в данную сборочную единицу. Номер старшей сборочной единицы целиком повторяется в младшей и номера обеих сборочных единиц повторяются в номерах соответствующих деталей. Если какая-либо сборочная единица в чертежах отсутствует, то на месте ее номера ставится соответствующее количество нулей. Стандартным покупным деталям и сборочным единицам номера не присваивается. Они имеют только порядковый номер на сборочных чертежах и номер ГОСТа или номер технических условий. Пример схемы сборки для фрикционной предохранительной муфты, приведённой на рис.5, показана на рис.6.

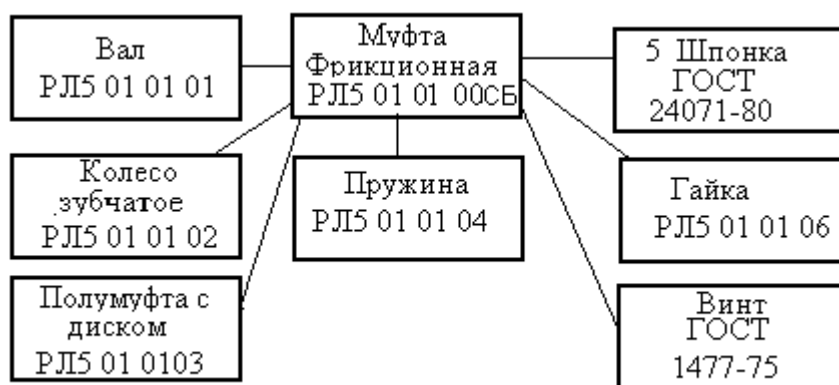


Рис. 6. Схема сборки

Задание и последовательность - выполнения лабораторной работы

1. Ознакомьтесь с методическими указаниями по выполнению лабораторной работы.
2. Путем внешнего осмотра ознакомьтесь с конструкцией, выданной преподавателем.
3. Используя приведенные на макете данные, условные изображения элементов конструкций на кинематических схемах по ГОСТ и упрощенные кон-

структивные изображения элементов, вычертите полную кинематическую схему макета или её часть по указанию преподавателя, ориентируетесь на рис. 4 и 7. Укажите количество зубьев колес и модули. (У электродвигателя ДИД-0,5 на выходной вал напрессована шестерня с $Z=12$ и $m=0,3$ мм еще на заводе-изготовителе), все зубчатые колеса имеют модуль 0,3.

4. Рассчитайте передаточное отношение редуктора привода при включенной и выключенной муфте.

5. Оцените инерционные свойства редуктора привода в обоих случаях включения муфты (при наличии питания).

6. Получите у преподавателя вариант задания на вычерчивание эскизов и структурной схемы сборки.

7. Руководствуясь рис.6. составьте структурную схему сборки выданной сборочной единицы. Проставьте номера сборочных единиц и деталей.

8. В увеличенном масштабе 5:1 или 10:1 вычертите эскизы заданных в вашем варианте сборочных единиц и деталей (размеры не проставлять и не измерять, а снимать ориентировочно. Модули всех зубчатых колес, выданных отдельно, можно определять ориентировочно). Для пояснения взаимосвязи деталей и сборочных единиц используйте дополнительные сечения и частичные разрезы в соответствии с заданием.

В качестве примера приведен рисунок фрикционной муфты переключения скоростей (рис.7) выходного колеса редуктора лабораторного макета. Муфта управляется электромагнитом.

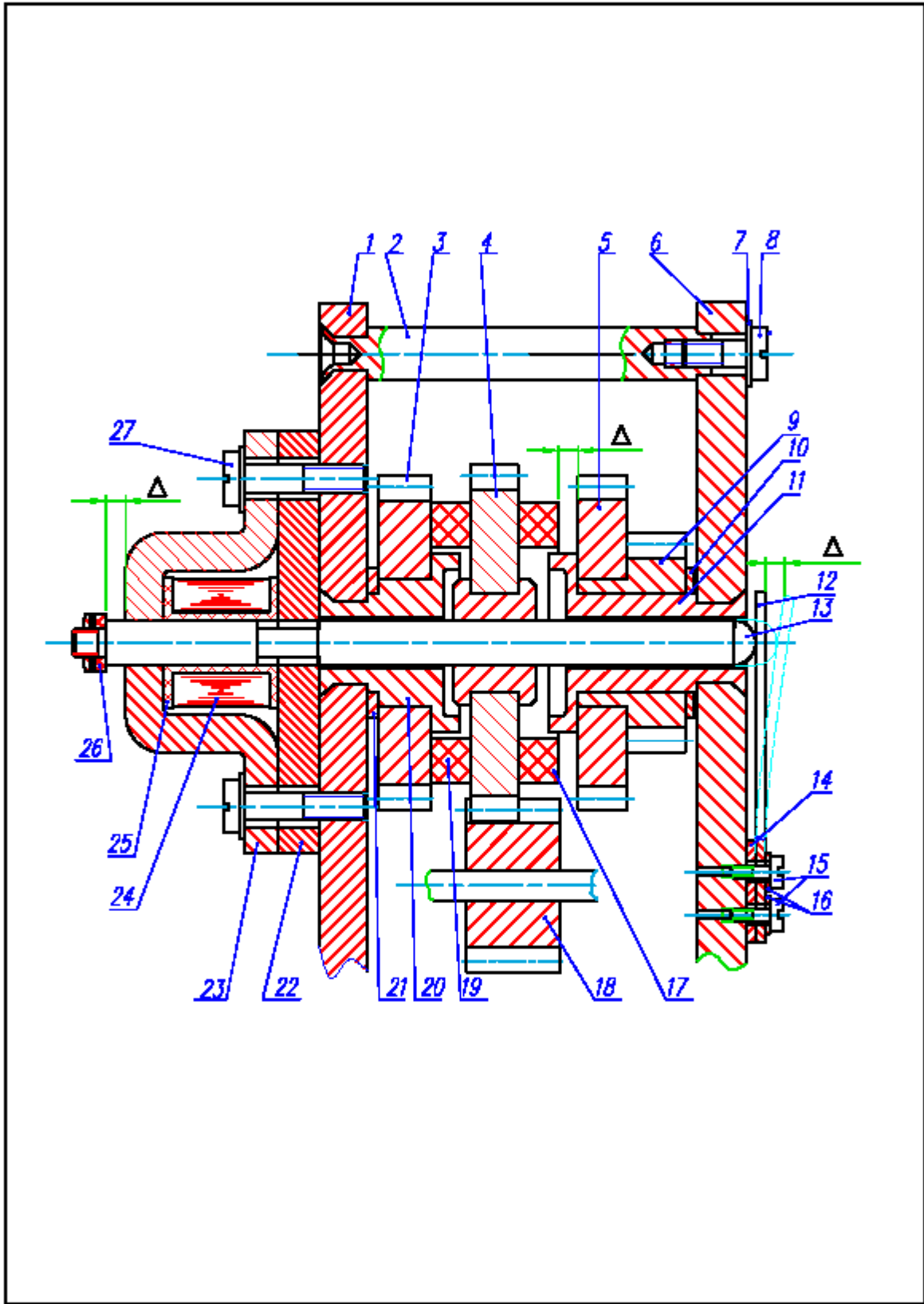


Рис.7. Муфта фрикционная ступенчатого переключения скоростей, управляется электромагнитом.

Конструктивно муфта устроена следующим образом:

Две платы 1 и 6 соединены при помощи стоек, одна из которых 2 показана на рис.7. Левый конец стойки 2 запрессован и завальцован в плате 1, а правый конец посажен по переходной посадке, зацентрирован расточенным пояском в плате 6. Неподвижность крепления обеспечивается винтом 8. Шайба 7 предохраняет поверхность платы 6 от задиров во время затяжки винта 8. В плате 2 запрессована и развальцована полая втулка 20, которая одновременно является осью зубчатого колеса 3. В плате 6 таким же способом закреплена втулка 11, которая является осью вращения блока зубчатых колес 5 и 9. Зубчатые колеса 5 и 9 неподвижно скреплены между собой. В отверстия втулок – осей вставлена в свою очередь ось 13 на которой запрессовано зубчатое колесо 4 со ступицей в виде втулки. Ось 13 одновременно является якорем электромагнита управления зубчатого колеса 4 относительно колеса 3 и колес 5 и 9. Электромагнит управления положением колеса 4 состоит из сборного магнитопровода - ярма, детали 23 и 22. Намагничивающая обмотка 24 на каркасе 25 помещена внутри ярма. В обесточенном положении якорь удерживается в крайнем левом положении (так он расположен на рис.7) силой плоской пружины 12. Колесо 4 с наклеенными на него фрикционными накладками 17 и 19 прижимается к колесу 3 и за счет сил трения передает момент с колеса 3 на выходное зубчатое колесо 18. При подаче тока в намагничивающую катушку 24 якорь втягивается в катушку и колесо 4 вместе с осью 13 перемещается на величину Δ и вторым фрикционным диском передаёт вращение на колеса 5 а с него опять на выходное колесо 18.. Так происходит переключение кинематических цепей. При выключении электромагнита колесо 4 вместе с якорем-осью 13 под действием силы пружины переходит в первоначальное положение.

Винты 15 с шайбами 16 и прокладкой 14 служат для крепления пружины 12. Упругая резиновая шайба 26 предназначена для демпфирования удара во время переключения.