

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

**Кафедра электротехники и авиационного электрооборудования
С.А. Решетов**

ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

**ПОСОБИЕ
по выполнению лабораторных работ**

*для студентов III-IV курсов
направления 25.03.02 (162500)
всех форм обучения*

Москва - 2015

ББК 0562

Р 47

Рецензент канд. техн. наук, доц. Ю.П. Артеменко

Решетов С.А.

Р 47 Электрифицированное оборудование воздушных судов:
пособие по выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА,
2015. - 32 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Электрифицированное оборудование воздушных судов» по Учебному плану направления 25.03.02 (162500) для студентов III-IV курсов всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 15.04.15 г.
и методического совета 19.03.15 г.

Подписано в печать 28.04.15 г.

Печать офсетная
1,86 усл.печ. л.

Формат 60x84/16
Заказ № 2006/

1,52 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20
Редакционно-издательский отдел
125493 Москва, ул. Пулковская, д.6а

© Московский государственный
технический университет ГА, 2015

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ВЫДВИЖНОЙ ФАРЫ ПРФ-4
САМОЛЕТА Ту - 154

1. Цель работы:

- Знакомство с техническими характеристиками светооптической части фары, наблюдение горения фары в рулежном и посадочном режимах.
- Знакомство с техническими характеристиками системы привода выдвижной части фары.
- Знакомство с конструкцией элементов фары и с кинематической схемой.
- Экспериментальное определение статических характеристик системы привода фары.
- Экспериментальное определение момента трения в системе привода фары.

2. Общие сведения о системе

Для освещения ВПП при посадке и рулежке самолета в условиях плохой видимости применяются посадочные, рулежные и посадочно-рулежные фары.

Фара ПРФ-4 является фарой посадочно-рулежного типа, лампа-фара которой оборудована двумя нитями накаливания: посадочной и рулежной.

Фара состоит из электродвигателя Д-12ТФ, редуктора, фрикционной муфты ограничения момента, двух микровыключателей, основания и выдвижного кольца, в которое вмонтирована лампа-фара СМФ-3, штепсельного разъема (рис.3.1 и рис.3.2).

Электродвигатель Д-12ТФ представляет собой двухполюсную реверсивную машину постоянного тока с последовательным возбуждением.

Реверсирование электродвигателя осуществляется изменением направления магнитного потока. Для этой цели в электродвигателе размещены две самостоятельные обмотки возбуждения, включенные отдельно в зависимости от направления вращения.

Направление тока в обмотке якоря не меняется. Переключение с одной обмотки возбуждения на другую при изменении направления вращения осуществляется однополюсным переключателем.

Одновременное включение обеих обмоток возбуждения недопустимо, так как это может привести к выходу из строя двигателя.

Редуктор служит для увеличения крутящего момента и уменьшения частоты вращения на выходном валу электромеханизма.

Редуктор состоит из трех цилиндрических зубчатых колес внешнего зацепления и четырех ступеней планетарного редуктора.

Общее передаточное число редукторов $i=4770,7$.

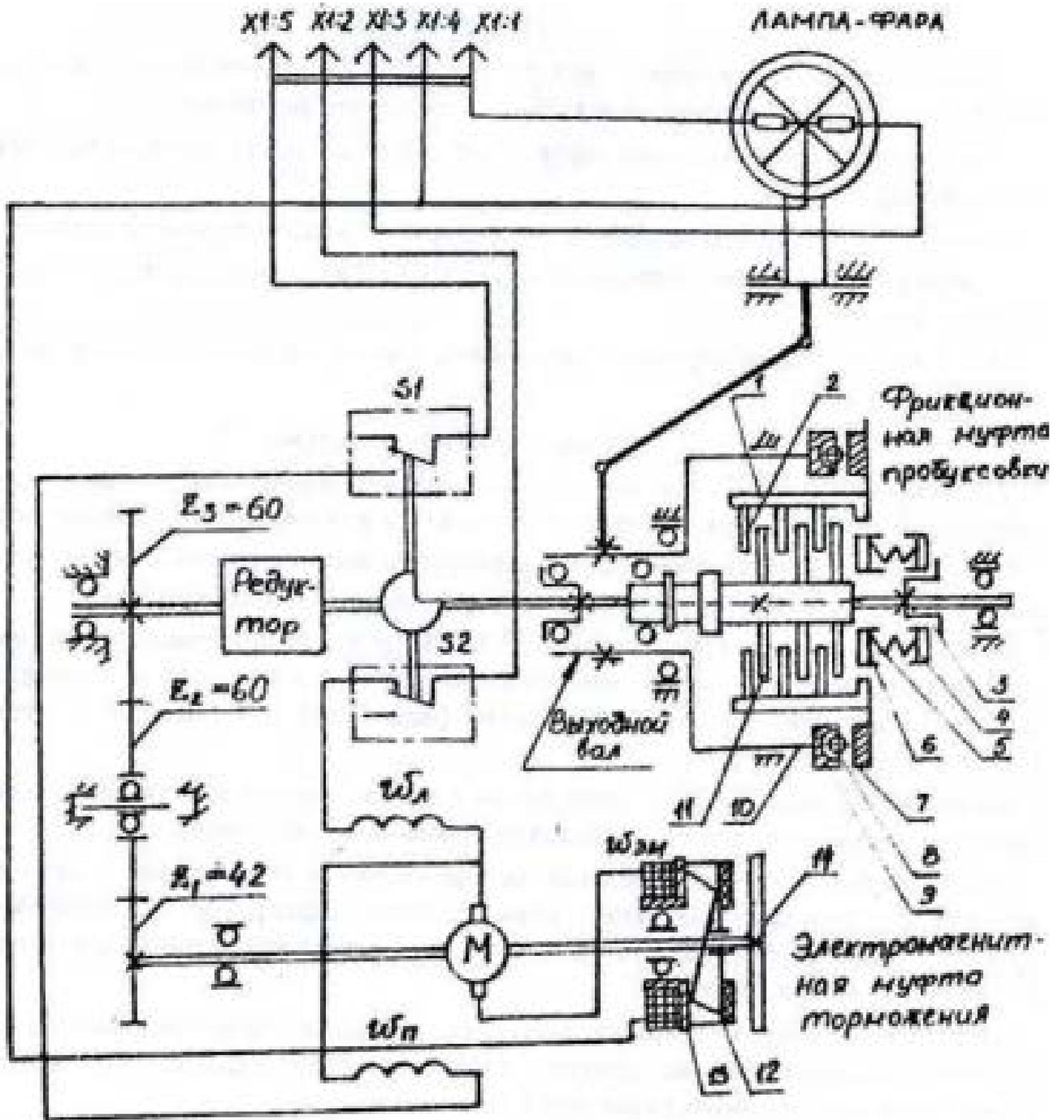


Рис. 3.1. Электрокинематическая схема фары ПРФ-4-2 серии

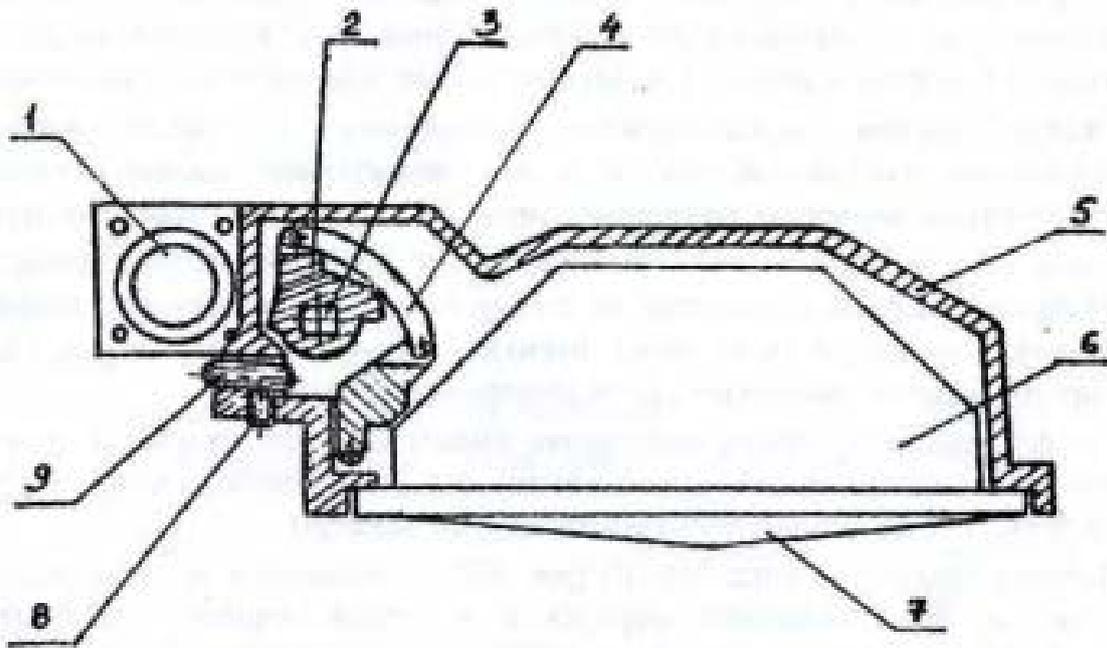


Рис. 3.2. Кинематика фары ПРФ-4

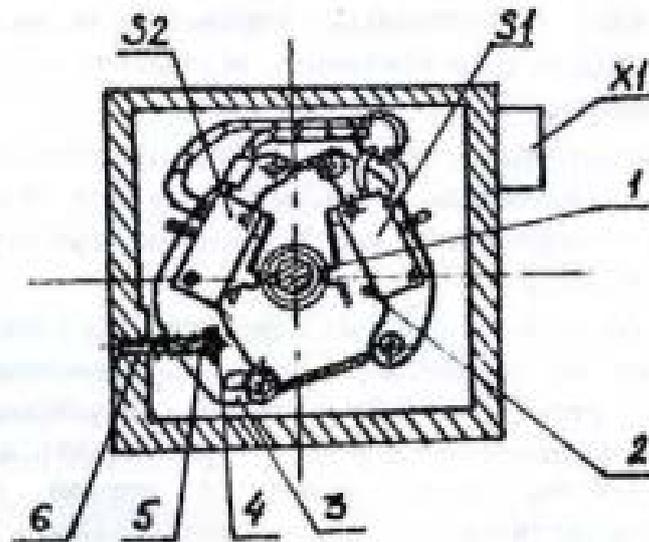


Рис. 3.3. Блок микровыключателей

Фрикционная муфта предназначена для предохранения электродвигателя от короткого замыкания при чрезмерной, но непродолжительной перегрузке на выходном валу электромеханизма (Рис3.1).

Муфта состоит из стальных и бронзовых дисков. Бронзовые диски 2 своими шлицами, расположенными по наружному диаметру, входят в зацепление со стаканом I муфты, а диски II (стальные) входят в зацепление с валом муфты.

Сжатие дисков осуществляется пружинами 5, расположенными в специальных гнездах втулок 6 и 4. Регулировка давления пружин и, следовательно, момента фрикционной муфты производится вращением гайки 3.

После регулировки гайка 3 стопорится. От редуктора через диски 2 и II вращающ^й момент передается на стакан I, жестко связанный с кольцом 7 с помощью шпонок, и далее через шарики 8 на ступенчатый стакан 10, конец которого является выходным валом электромеханизма.

Вал фрикционной муфты изготовлен полым и имеет наружные шлицы для дисков и внутренние (на одном конце) для сочленения с валом редуктора. (Указание: конструкцию привода уточнить по макету.)

Микровыключатели типа ВН-701 (см. рис.3.3) закреплены в корпусе редуктора и состоят из пластмассового корпуса с крышкой, одного толкателя, двух контактных пластин с неподвижными контактами, одной контактной пружины с подвижным контактом, подвижной рычажной пластины и контактной пластины.

Размыкание замкнутых контактов микровыключателя происходит при набегании кулачка вала редуктора на пластину I (рис.3.3), которая, в свою очередь, давит на толкатель 2.

Толкатель получает поступательное движение и отжимает контактную пружину вместе с подвижным контактом, вследствие чего происходит разрыв цепи питания электродвигателя.

К пластине 3, на которой установлен микровыключатель S1, развальцована стальная стойка 4 с резьбовым отверстием на конце. В резьбовое отверстие стойки 4 ввинчен регулировочный винт 6, пропущенный через стенку корпуса и цилиндрическую пружину 5.

Цилиндрическая пружина 5, упираясь одним концом в стенку корпуса, другим - в стойку, создает постоянное нажатие микровыключателя S1 на кулачок выходного вала редуктора. Вращением регулировочного винта 6 устанавливается допустимый угол и время пробуксовки в пределах (0,5...1)с. При вращении регулировочного винта 6 вправо время пробуксовки фрикционной муфты увеличивается, при вращении влево - уменьшается.

Лампа-фара типа СМФ-3 смонтирована в кольце на специальном посадочном буртике и сверху зажата круглой гайкой.

Лампа-фара имеет две нити накаливания: посадочную и рулежную, в цоколе выведены соответствующие им клеммы "+" и общий "-" для крепления кабельных наконечников.

3. Технические данные

1. Номинальное напряжение электродвигателя (пост. ток).....27 В
2. Номинальное напряжение питания лампы-фары (пост. ток).....28 В.
3. Ток, потребляемый электродвигателем:
 - а) при рабочем ходе.....не более 2,6 А;
 - б) при пробуксовке фрикционной муфты.....не более 3,5 А;
4. Максимальная мощность нитей накаливания лампы-фары при напряжении 28 В:
 - а) посадочной.....660 Вт;
 - б) рулежной.....200 Вт;
5. Диапазон углов выпуска выдвижной части фары.....от 50° до 88°
6. Время выпуска выдвижной части фары (без времени пробуксовки фрикционной муфты):
 - а)на угол 50° не более 9 с,
 - б)на угол 88° не более 12 с.
7. Время пробуксовки фрикционной муфты.....(0,5...1)с
8. Режим работы электропривода:
повторно-кратковременный, состоящий из пяти циклов, после чего - полное охлаждение,
Под циклом понимается выпуск выдвижной части фары на максимальный угол, уборка ее и перерыв I минута.
9. Режимы горения нитей лампы-фары:
 - а)рулевой..... длительный
 - б)посадочный..... повторно-кратковременный:
5 мин. горения, 5 мин. перерыв;
- 10, Сила света нитей лампы-фары:
 - а) посадочной..... 400000 кд,
 - б)рулежной.....25000 кд
11. Масса фары.....не более 5,35 кг;
12. Внешняя сила, противодействующая выпуску выдвижной части фары.....от 0 до 480 Н (изменяется по синусоиде);
- 13.Внешняя сила, помогающая уборке выдвижной части фары от 0 до 480 Н (изменяется по синусоиде)
- 14.Сила отсоса, стремящаяся выпустить выдвижную часть фары 490 Н.

4. Схема и принцип работы

Электрокинематическая схема фары приведена на рис.3.1. Электромеханизм фары рассчитан для работы по двухпроводной схеме. Управление работой

фары - дистанционное, с пульта управления.

Напряжение питания бортовой сети поступает через клемму 2 штепсельного разъема и нормально замкнутые контакты микровыключателя S2 на обмотку возбуждения электродвигателя ω л, обмотку якоря, обмотку ω эм электромагнитной муфты торможения, на клемму 4 штепсельного разъема. Муфта срабатывает, и вращательное движение вала электродвигателя передается через промежуточные колеса Z1, Z2 и Z3, четыре ступени планетарного редуктора и фрикционную муфту на выходной вал электромеханизма. В процессе срабатывания муфты ее подвижный якорь 12 перемещается по штифтам 13 вдоль вала, освобождая диск 14, укрепленный на валу.

Выдвижная часть фары, механически связанная системой рычагов с выходным валом электромеханизма, выходит из неподвижного основания (кольца).

Выпуск выдвижной части фары продолжается до того момента, когда поводок 2 (рис 3.2) своим ограничительным выступом не достигнет регулировочного винта 9.

С помощью этого винта угол выпуска выдвижной части фары можно регулировать в пределах 50° .. 88° . После остановки выдвижной части фары якорь электродвигателя вместе с редуктором и валом фрикционной муфты продолжает вращаться. При этом происходит пробуксовка дисков 2 и 11 (рис 3.1). Таким образом, фрикционная муфта предохраняет электродвигатель от токов короткого замыкания.

Фрикционная муфта пробуксовывает до тех пор, пока кулачок, расположенный на валу редуктора, своим выступом не нажмет на пластину микровыключателя S2, который размыкает свои контакты. При этом токоведущая цепь электродвигателя обесточивается, и якорь затормаживается тормозным диском электромагнитной муфты.

Требуемая длительность пробуксовки фрикционной муфты устанавливается регулировочным винтом 6 (рис 3.3), с помощью которого изменяется положение микровыключателя S2 относительно кулачка на валу редуктора.

При включении другой обмотки возбуждения электродвигателя ω п, направление вращения выходного вала изменяется, и происходит уборка подвижной части светооптической системы фары»

5. Описание лабораторной установки.

Лабораторная установка смонтирована на стенде, на котором закреплены фара и приборная панель, устройство нагружения фары, позволяющее имитировать шарнирный момент от действия аэродинамического потока, и устройства измерения углов поворота фары и линейного перемещения имитационного груза.

Момент внешней силы, приложенной к фаре, зависит от углового положения подвижной части фары, так как при этом изменяется по синусоиде как плечо приложения силы $l=l_m \sin \alpha$, так и сама сила $F=F_m \sin \alpha$.

Поэтому фиксацию тока для разных грузов следует производить в определенном положении (удобно при $\alpha=45^\circ$ с $l=l_m \cdot \sqrt{2}/2$).

На передней панели стенда нанесена принципиальная схема управления фарой.

6. Задание к работе

1. Ознакомиться с техническими характеристиками светоптической системы, системой привода, работой фары,
2. Изучить конструкцию элементов фары (по макету).
3. Произвести включение фары в рулежном и посадочном режимах.
4. Получить экспериментально статические характеристики системы привода фары при различной нагрузке фары и различном направлении движения (уборка- выпуск):

$$\omega = f(Mc), I_1 = f(Mc)$$

Рассчитать значения $P_1, P_2, КПД, M_{тр}$ при различном нагружении привода фары.

Рассчитать потребляемую мощность и энергию системы при работе в режиме: выпуск фары, посадочный свет (3 мин.), рулежный свет (10 мин), уборка фары.

7. Расчетные формулы:

$$P_1 = U \cdot I_1 - \text{потребляемая мощность}$$

$$P_2 = M \cdot \omega \text{ или } P_2 = F \cdot V - \text{выходная мощность привода системы, Вт}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} - \text{КПД}$$

$M=2mgR$ – момент внешней нагрузки, Нм, где:

m – масса груза, кг;

R – радиус выдвигной части фары, м;

$\omega = \alpha / t$ - частота вращения выдвигной части фары, c^{-1} ;

α, t – угол и время перемещения фары;

$F=mg$ – внешняя сила, Н;

$V = l / t$ - скорость линейного перемещения груза, $m \cdot c^{-1}$;

l – величина перемещения груза, м;

$$M_{тр} = \frac{M\delta(\uparrow) + M\delta(\downarrow)}{2} - \text{момент трения в системе передач, Нм, где}$$

8. Содержание отчета

1. Основные сведения о системе, технические характеристики светооптической системы и привода.

2. Электрокинематическая схема.

3. Принципиальная схема управления приводом.

4. Таблицы результатов эксперимента.

5. Расчеты параметров по п. 4,5,6.

6. Графические зависимости:

$\omega = f(Mc)$; $I_1 = f(Mc)$; $\Delta P = f(Mc)$; $M_{тр} = f(Mc)$; $\eta = f(Mc)$ при движении фары как при противодействующем (подъем), так и помогающем характере нагрузки (спуск груза).

9. Контрольные вопросы:

1. Какие типы фар вам известны?

2. Почему электродвигатель фары 11РФ-4 отключается позже остановки светооптической системы?

3. Как осуществляется регулировка времени пробуксовки фрикционной муфты и угла выпуска фары?

4. При каких условиях электропривод фары может перейти в генераторный режим?

5. Каково назначение муфты торможения двигателя?

6. Запишите уравнение баланса мощностей привода при движении фары с внешним моментом, действующим в направлении момента, развиваемого двигателем. Чему равен КПД в этом режиме работы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ

1. Цель работы:

Изучение принципа действия и устройства электрических рулевых машин автопилотов и экспериментальное определение статических и энергетических характеристик электропривода вращательного действия.

2. Общие сведения:

В автоматическом режиме управление полетом самолета осуществляет автопилот (или САУ), исполнительным устройством которого являются рулевые машины (РМ).

В качестве привода РМ применяются пневматические, гидравлические и электрические двигатели постоянного или переменного тока.

Основные требования к РМ определяются режимом их работы: непрерывное

изменение величины и знака отклонения выходного органа (вала, штока).

Это предопределяет требование иметь минимальную постоянную времени и большую величину отношения выходного момента к моменту инерции подвижных частей.

По характеру управления РМ можно разделить на РМ, с непосредственным управлением (управляющий сигнал поступает непосредственно на двигатель) и на РМ с косвенным управлением (управляющий сигнал поступает на муфты сцепления выходного вала).

Реверс выходного вала в РМ с двигателями постоянного тока (ДПТ) осуществляется изменением полярности напряжения якоря или потока возбуждения (АП-15Т) или изменением направления передачи механической энергии двигателя путем переключения кинематических цепей (АП-6Е).

Увеличение быстродействия в РМ с ДПТ достигается постоянным вращением в одну сторону двигателя и реверсом выходного барабана за счет кинематики (АП-6Е с Д-35), применением электродвигателей с большим отношением длины к диаметру (АП-15Т) или применением малоинерционных асинхронных двухфазных электродвигателей переменного тока с полым ротором, в основном, серии АДД (САУ-1Т).

Реверс РМ с АДД осуществляется изменением фазы управляющего сигнала обмотки управления.

Для получения сигнала обратной связи по частоте вращения в АДД установлен тахогенератор, в сигнальной обмотке которого наводится напряжение, пропорциональное частоте вращения. Это напряжение используется в системе для придания ей требуемых статических и динамических показателей.

Здесь рассматривается широко применяемая на самолетах ГА рулевая машина АП-6Е, оборудованная электродвигателем Д-35.

Управляющие сигналы, получаемые с различных датчиков автопилота, в виде напряжений переменного тока частотой 400 Гц поступают на потенциометры, на которых происходит суммирование этих сигналов.

Между потенциометрическими суммирующими схемами и РМ установлены усилители переменного тока, которые усиливают напряжения, поступающие с потенциометрических схем, преобразуют усиленные синусоидальные напряжения в импульсные и распознают фазы входных напряжений, обуславливающие в конечном итоге движения выходного вала и руля в определенном направлении.

Усилитель состоит из трех одинаковых и независимых каналов усиления: руля высоты, элеронов и руля направления. Каждый канал усилителя состоит из трех каскадов: усилительного, управляющего и фазочувствительного.

На рис.4.1 представлена функциональная схема одного из каналов усилителя.

Усилительный каскад(1) служит для усиления напряжения, поступающего с

потенциметрической схемы автопилота. Он является обычным электронным усилителем, собранным по реостатной схеме. Напряжение с выхода усилительного каскада поступает на вход управляющего каскада(2).

В рулевых машинах автопилота АП-6Е электродвигатель вращается с постоянной частотой вращения в одну сторону.

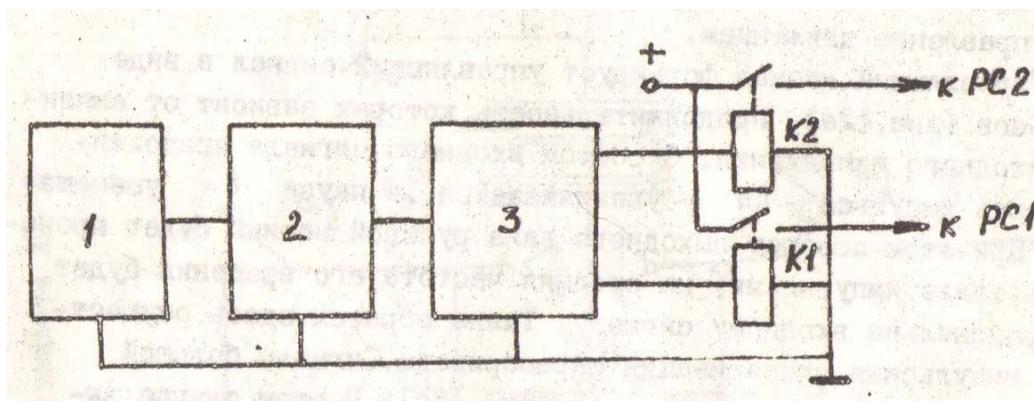


Рис.4.1 Функциональная схема канала усилителя

- 1 – усилительный каскад;
- 2 – управляющий каскад;
- 3 – фазочувствительный выпрямитель

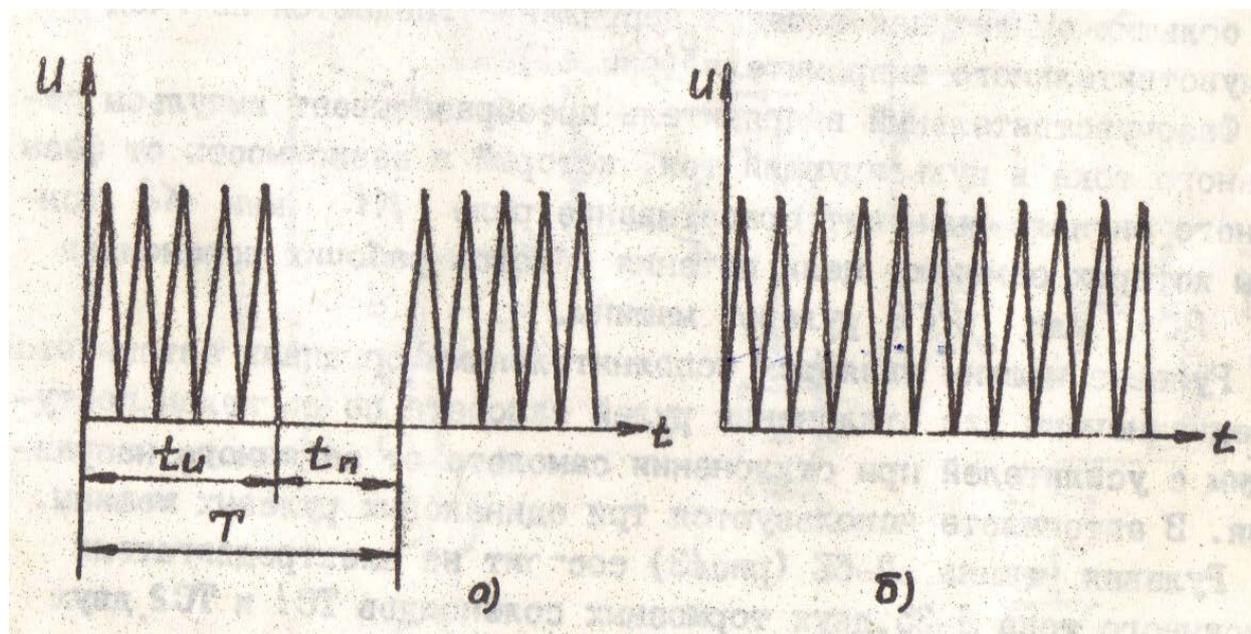


Рис.4.2 Форма сигнала выходного канала усилителя

Для изменения частоты вращения выходного вала при изменении величины входного сигнала в системе осуществляется импульсное управление движением.

Управляющий каскад формирует управляющий сигнал в виде импульсов (рис.4.2а), продолжительность которых зависит от амплитуды входного напряжения. С ростом входного сигнала продолжительность импульса t_i увеличивается, а пауза t_p уменьшается. При этом поворот выходного вала рулевой машины будет происходить также импульсами, но средняя частота его вращения будет пропорциональна входному сигналу. Таким образом, здесь осуществлена импульсная линеаризация сервопривода. Сигналы большой величины пропускаются непрерывно (рис.4.2.б), В этом случае выходной вал вращается непрерывно.

При очень малых амплитудах входного напряжения каскад не формирует управляющий сигнал. Таким образом, при малом входном напряжении автопилот в работу не вступает.

В схеме управляющего каскада предусмотрена регулировка зоны нечувствительности, которая часто называется регулировкой чувствительности. При чрезмерной чувствительности системы "самолет-автопилот" к малым отклонениям могут возникать автоколебания.

Управляющие сигналы, преобразованные в импульсы (при средних амплитудах входных напряжений) или непрерывные сигналы (при больших амплитудах входных напряжений), подаются на вход фазочувствительного выпрямителя 3 (рис .4.1).

Фазочувствительный выпрямитель преобразовывает импульсы переменного тока в пульсирующий ток, который в зависимости от фазы входного сигнала вызывает срабатывание реле К1 или К2, контакты которых замыкают цепи питания обмоток рабочих соленоидов РС1 или РС2 рулевой машины.

Рулевые машины являются исполнительными органами автопилотов и предназначены для отклонения рулей самолета по сигналам, поступающим с усилителей при отклонении самолета от заданного направления. В автопилоте используются три одинаковых рулевых машины.

Рулевая машина АП-6Е (рис.4.3) состоит из электродвигателя постоянного тока Д-35, двух тормозных соленоидов ТС1 и ТС2, двух рабочих соленоидов РС1 и РС2 двух фрикционных муфт 3 и 17, дифференциала, тросового барабана 11 и потенциометра обратной связи 10.

Электродвигатель рулевой машины вступает в работу с момента включения выключателя "Подгот." на пульте управления, От него через шестерню 1 вращаются шестерни 2 и 18 в противоположных направлениях. Они могут быть перемещены в осевом направлении. Соосно с ними расположены фрикционные муфты 3 и 17.

В работе рулевой машины различают три режима: холостого хода, включения

и управления.

Режим холостого хода

В таком режиме рулевая машина работает сразу после включения выключателя «Подготов.» на пульте управления. В данном случае шестерни 2 и 18 связей с фрикционными муфтами 3 и 17 не имеют. Следовательно, вращение от электродвигателя на тросовый барабан не передается. Тросовый барабан свободен и не препятствует пилоту управлять самолетом вручную.

Режим включения

В этом режиме тормозные соленоиды ТС 1 и ТС 2. находятся под током. Они соединены между собой параллельно, а включение их питания осуществляется с пульта управления автопилота нажатием «Вкл.АП»

После включения питания сердечники торможения соленоидов втягиваются и через тяги 4 и 14, рычаги 8 и 13 оказывают давление на фрикционные муфты. Фрикционные муфты входят в зацепление с неподвижными дисками (на рис.4.3 этот момент показан для муфты 3), в результате чего оси с шестернями 5 и 15 будут застопорены и, следовательно, тросовый барабан 11 будет зафиксирован в определенном положении. Руль удерживается в положении, необходимом для поддержания заданного режима полета.

Ручное управление в этом случае затруднено, но при необходимости рулевую машину можно пересилить, приложив значительное усилие к тросу барабана.

Режим управления

При отклонении самолета от заданного стабилизируемого положения на вход усилителя поступает напряжение с потенциометрической схема. С выхода усилителя напряжение поступает на одно из реле: К1 или К2. Контакты этого реле замыкают цепь питания одного из рабочих соленоидов. Сердечник соленоида РС1, преодолевая усилие пружины, через толкатель нажимает на рычаг и перемещает шестерню 18 вдоль оси до сжатия ее с рабочей поверхностью муфты 17. При этом происходит отжатие тормозной поверхности этой муфты от неподвижного диска и сжатие возвратной пружины 12.

Муфта 17 начинает вращаться вместе с шестерней 18 и через шестерню 15 и дифференциал передает движение на тросовый барабан, который перемещает руль и щетку потенциометра обратной связи.

Движение руля будет происходить до тех пор, пока на входе усилителя напряжение не станет равным нулю.

В этом случае рабочий соленоид обесточится, и положение рулевой машины будет соответствовать режиму включения.

Электрокинематическая схема рулевой машины автопилота АП-5Б

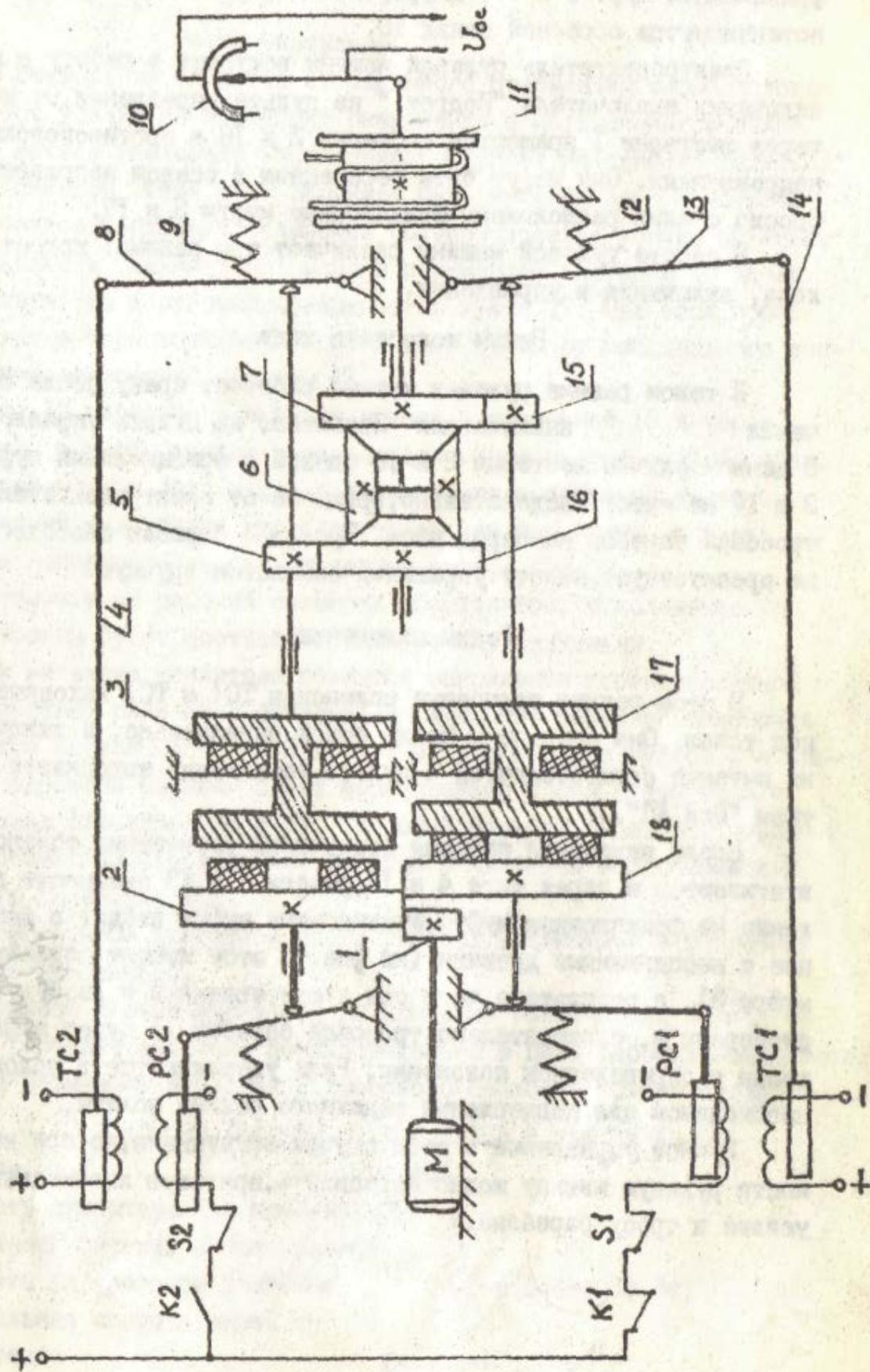


Рис. 4.3

Если на входе усилителя появится напряжение противоположной фазы, сработает реле К2 и произойдет включение рабочего соленоида РС2. В этом случае шестерня 2 войдет в зацепление с муфтой 3 и вращение на тросовой барабан будет передаваться через шестерню 5 и дифференциал (шестерни 16 и 6). Тросовый барабан будет вращаться в противоположном направлении. Пружина 9 является возвратной для тормозного соленоида ТС2.

Одновременное включение обоих рабочих соленоидов в исправном автопилоте невозможно.

В рулевой машине смонтированы концевые выключатели SQ1 и SQ2, которые включены последовательно в цепь рабочих соленоидов. Когда они размыкаются, движение тросового барабана прекращается.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУЛЕВОЙ МАШИНЫ АП-6Е

1. Напряжение - $27 \text{ В} \pm 10\%$
2. Мощность двигателя при номинальном напряжении питания и номинальной нагрузке на тросовом барабане - не более 35 Вт;
3. Номинальная частота вращения двигателя $\omega_n = 180, \text{с}^{-1}$
4. Тормозное усилие на тросовом барабане - (40...70)даН
5. Масса прибора – не более 11 кг

Основные характеристики сервоусилителя

Питание: переменный ток – $36 \text{ В} \pm 5\%$ ($400 \text{ Гц} \pm 2\%$),

постоянный ток через контакты реле – $27 \text{ В} \pm 10\%$

Потребляемый ток по фазам:

- не более 0,75 А
- не более 0,5 А
- не более 0,6 А

Минимальное напряжение на входе при максимальной чувствительности, вызывающее начало импульсной работы - 30 мВ

Масса сервоусилителя – 5,1 кг

3. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка выполнена в виде стенда, на котором смонтированы усилитель, две рулевые машины и устройство нагружения РМ, имитирующего различную величину шарнирного момента. Одна из РМ для удобства изучения препарирована. Обе машины могут быть включены поочередно для исследования путем включения входного разъема соответствующей РМ.

В данной лабораторной установке конструкция рулевой машины несколько изменена. Для безопасности работы при выключении напряжения 27 В, необходимого для питания тормозных соленоидов, тросовый барабан рулевой машины при отсутствии сигнала на рабочих соленоидах заторможен не за счет усилия тормозных соленоидов, а за счет усилия пружин, воздействующих на рычаги 8 (13). При этом тормозные соленоиды отключены.

На лицевой панели стенда смонтированы необходимые измерительные приборы (амперметр, вольтметр и секундомер для измерения времени движения системы).

Лабораторная установка позволяет исследовать электропривод рулей управления самолетом, рулевую машину в двух режимах:

а) в режиме постоянного привода с управлением рулевой машиной от концевых выключателей;

б) в режиме следящего привода с управлением РМ через сервоусилитель от потенциометра, входящего в состав мостовой схемы.

Момент нагрузки, имитирующий момент сопротивления рулей самолета, создается грузом, прикрепленным к тросу машины.

Для работы установки необходимо следующее электропитание: переменный трехфазный ток с частотой 400 Гц и напряжением 36 В для питания сервоусилителя и мостовой схемы; постоянный ток напряжением 27 В для питания электродвигателя и соленоидов рулевой машины, а также реле и табло, входящих в состав электрической схемы (рис.44);

переменный ток частотой 50 Гц и напряжением 220 В для питания секундомера.

Для включения установки необходимо перевести в верхнее положение рычажки трех выключателей "36 В, 400 Гц - 1ф, 2ф, 3ф" и АЭС-10 "Выкл.-Вкл.". При этом напряжение переменного тока 36 В, 400 Гц подается на узел питания усилителя и первичную обмотку трансформатора питания мостовой схемы. Загорание лампочки "36 В, 400 Гц", подключенной параллельно первичной обмотке трансформатора через гасящий резистор R, свидетельствует о наличии в цепи переменного трехфазного тока. Напряжение постоянного тока 27 В подается на вольтметр, на контакты исполнительных реле сервоусилителя через последовательно включенные нормально замкнутые контакты концевых выключателей "Вниз" и "Вверх", на электродвигатель рулевой машины через амперметр и на соленоид "Подг." табло через нормально разомкнутые контакты реле К. При этом отклоняются стрелки вольтметра и амперметра, якорь электродвигателя рулевой машины начинает вращаться, на табло меняется надпись - вместо «Выкл.» на красном фоне появляется "Подг." на желтом фоне. В случае согласованного положения щеток потенциометров мостовой схемы тросовый барабан рулевой машины останется в заторможенном состоянии. При повороте диска потенциометра управления Ру равновесие моста нарушается, и напряжение рассогласования подается на вход сервоусилителя. Срабатывает

одно из его реле, через разомкнувшиеся контакты которого подается постоянное напряжение 27 В на один из рабочих соленоидов рулевой машины. При этом тросовый барабан начинает вращаться, перемещая щетку потенциометра обратной связи $R_{ос}$, находящуюся на одной оси с барабаном, в сторону уменьшения дисбаланса моста, груз приходит в движение. Одновременно подается питание на рале K (через разделительный диод $V1$ или $V2$), которое срабатывает и своими контактами замыкает цепи включения соленоида "Вкл." табло (появляется надпись "Вкл." на зеленом фоне) и секундомера, фиксирующего время перемещения груза. Незадолго до наступления нового равновесия в мостовой схеме наблюдается импульсная работа рулевой машины. В момент наступления равновесия в мостовой схеме реле сервоусилителя отключает рабочий соленоид рулевой машины, тросовый барабан затормаживается, электрическая схема установки возвращается в исходное состояние.

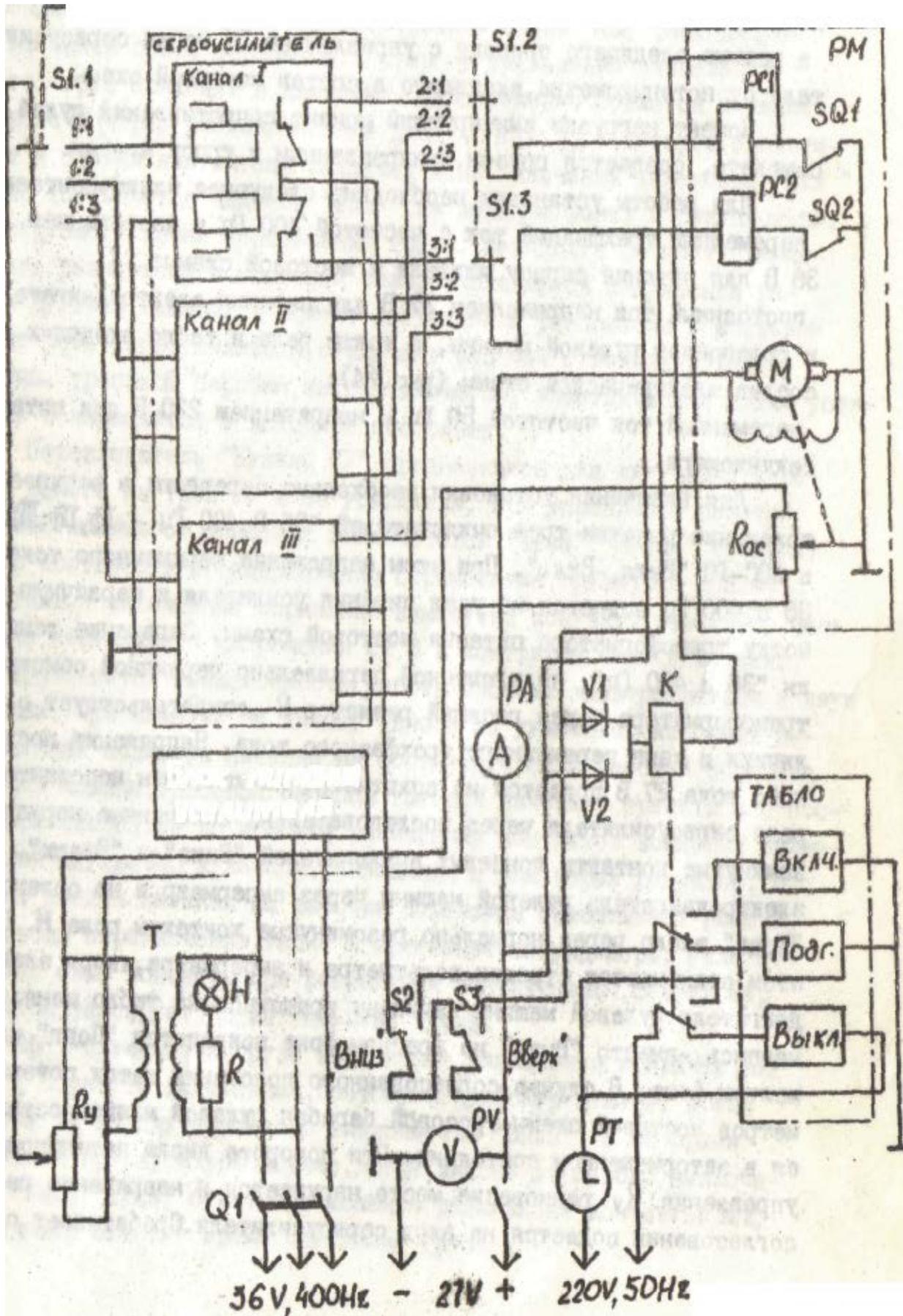


Рис.4.4. Принципиальная электрическая схема лабораторной установки

Переключатель "Каналы СУ" предназначен для включения в работу одного из трех каналов усилителя. При управлении работой рулевой машины от концевых выключателей "Вниз", "Вверх" (обозначения соответствуют направлению перемещения груза) их последовательно включенные нормально замкнутые контакты разрывают цепь подачи постоянного напряжения 27 В к контактам реле усилителя, чем достигается независимость работы системы электропривода в двух режимах. При нажатии на кнопку одного из указанных концевых выключателей подается питание на соответствующий рабочий соленоид рулевой машины, тросовый барабан которой начинает вращаться с постоянной скоростью до момента размыкания контактов концевых выключателей SQ1 или SQ2 кулачком, связанным с ним через редуктор. В момент подачи питания не рабочие соленоиды срабатывает реле К, производя переключение табло и включение секундомера. Реле отпускает свои контакты при размыкании контактов SQ1, секундомер при этом фиксирует время поднятия груза.

При перемещении груза вниз после размыкания контакте SQ2 реле К остается включенным, поэтому секундомер отметит время нажатия на кнопку концевого выключателя "Вниз", а не время опускания груза. В том случае, когда кнопка концевого выключателя "Вниз" будет отжата до момента размыкания контактов SQ2, секундомер отметит время опускания груза.

4. Порядок проведения работы

Убедиться, что все выключатели на панелях стенда находятся в выключенном положении, диск потенциометра управления выведен до упора против часовой стрелки, переключатель "Каналы СУ" установлен в положений I.

После получения разрешения преподавателя на проведение работы перевести в верхнее положение рычажки трех выключателей /"36 В, 400 Гц - Иф, Пф, Шф АЗС-10 "Выкл-Вкл"/. дать прогреться лампам усилителя в течение 5 минут.

Записать показания вольтметра и амперметра, соответствующие напряжению сети постоянного тока и току холостого хода электродвигателя рулевой машины.

Установить на платформу, прикрепленную к тросу рулевой машины груз массой 10 кг.

Убедиться, что стрелки секундомера находятся на нулевой отметке шкалы, при необходимости сбросить показания секундомера поворотом ручки вверх.

6. Повернуть диск потенциометра управления на панели стенда по часовой стрелке до упора и отпустить его, при том тросовый барабан начинает вращаться и поднимать груз. Во время вращения тросового барабана записать показание амперметра, после остановки его - показание секундомера.

7. Перевести стрелки секундомера на нулевую отметку шкалы и повернуть диск потенциометра против часовой стрелки до упора, груз при этом будет опускаться. В последовательности, указанной в п.6 снять показания амперметра и секундомера, после чего сбросить показания секундомера.

8. Нажать на кнопку концевого выключателя "Вверх" и записать показания амперметра, после остановки барабана, не отпуская кнопки концевого выключателя записать показания секундомера.

9. Отпустить кнопку концевого выключателя "Вверх" и нажать на кнопку концевого выключателя "Вниз", груз при этом будет спускаться, после остановки барабана отпустить кнопку и сбросить показание секундомера.

Повторить операции, указанные в пунктах 6,7,8,9,увеличивая каждый раз массу груза на платформе на 5кг до 35 кг, данные замеров занести в таблицу.

Проверить работу системы в режиме следящего привода на каналах II и III сервоусилителя, для чего перевести ручку переключателя "Каналы СУ" в положение II, а затем III, выполнив при этом следующее: повернуть диск потенциометра по часовой стрелке и отпустить его в каком-то промежуточном положении, груз при этом будет перемещаться вверх; повернуть диск против часовой стрелки - груз будет перемещаться вниз; убедиться в соответствии линейного перемещения груза угловому перемещению диска потенциометра управления.

Повернуть диск потенциометра против часовой стрелки до упора, после окончания перемещения груза выключить питание установки и сбросить показание секундомера.

Приступить к расчетной части работы.

5. Задание к работе

Изучить конструкцию РМ "АП-6Е" и взаимодействие ее агрегатов (двигатель, рабочие и тормозные соленоиды, элементы кинематики) по препарированному макету.

Изучить работу усилителя по функциональной схеме и режимы управления РМ.

Снять статические характеристики РМ:

$$V = f(Mc), \quad \omega_s = f(Mc), \quad t = f(Mc)$$

при положительном и отрицательном моментах сопротивления (движение груза вверх и вниз). Результаты измерений заносятся в табл.4.1.

Табл. 4.1

Нагрузка		Mc , А	t, с	V, м·с ⁻¹	P ₂ , Вт	I _д , А	P ₁ , Вт	ΔP , Вт	η , %	M _д , Нм	M _{тр} , Нм
m , кг	F=mg, Н										
0	↑										
	↓										
5	↑										
	↓										
10	↑										
	↓										
15	↑										
	↓										

Рассчитать моменты трения в системе передачи. I

По результатам эксперимента рассчитать и построить зависимости:

$$P_1 = f(Mc); P_2 = f(Mc); \Delta P = f(Mc); \eta = f(Mc)$$

где V – линейная скорость движения троса,

ω_δ - частота вращения выходного барабана,

I_д - ток, потребляемый двигателем, А;

Mc - Момент сопротивления, Нм

6. Расчетные формулы

$V = l/t$, где l- величина перемещения троса, (l=0,19 м в режиме следящего привода, задаваемого рукояткой управления, и l=0,28 м в режиме постоянного включения при движении из одного крайнего положения в другое);

t – время движения, с;

$\omega_\delta = V/R$, где R=0,036 м – радиус барабана;

$Mc = 9,81mR$, где m - масса груза, кг

$$P_1 = U \cdot I_g, \text{ Вт}$$

$$P_2 = Mc\omega_s = F \cdot V, \text{ Вт, где } F=9,81\text{м}$$

$$\Delta P = P_1 - P_2, \text{ Вт}$$

$$M_{mp} = \frac{M\partial(\uparrow) + M\partial(\downarrow)}{2}, \text{ где } M\partial(\uparrow) \text{ и } M\partial(\downarrow) - \text{ моменты, развиваемые}$$

электродвигателем при подъеме и опускании груза, определяемые по нагрузочной характеристике двигателя $M\partial = f(I_o)$ при замеренных значениях тока I_o . При расчете $M\partial(\uparrow)$ и $M\partial(\downarrow)$ зависимость момента от тока принимается линейной.

7. Содержание отчета.

1. Общие сведения о системе (функциональная и принципиальная схемы усилителя, характеристики усилителя, кинематическая схема РМ)
2. Таблица результатов измерений.
3. Графические зависимости результатов расчета при движении груза вверх и вниз. Анализ полученных результатов

8. Контрольные вопросы

1. Какие типы двигателей применяются в составе РМ (примеры)?
2. Какие законы управления используются в рулевых приводах?
3. Чем обеспечивается линеаризация характеристики РМ при релейной характеристике усилителей мощности?
4. Каковы особенности в работе усилителя при больших и малых сигналах управления?
5. Покажите на макете взаимодействие тормозных и рабочих соленоидов РМ в различных режимах работы РМ.
6. За счет чего осуществляется реверс движения барабана РМ "АП-6Е" (пояснить на макете)?
7. При каких условиях двигатель РМ может перейти в генераторный режим?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТРИММЕРА ЭЛЕРОНА САМОЛЕТА

Цель работы:

1. Изучение конструкции системы кинематики, схемы управления триммеров самолета.

2., Снятие статических характеристик электродвигателя, элетромеханизма и системы триммирования в целом с электроприводом поступательного действия в составе реальной кинематики.

2. Общие сведения о работе системы:

При движении самолета с отклоненными органами управления (рули, элероны) скоростной напор встречного потока воздуха создает относительно осей их вращения моменты, получившие название шарнирных ($M_{ш}$) и определяемые формулой:

$$M_{ш} = m_{ш} \cdot (\rho V^2 / 2) \cdot S \cdot B$$

где $m_{ш}$ - безразмерный коэффициент шарнирного момента,

$\rho V^2 / 2$ - скоростной напор,

S – площадь,

B – средняя аэродинамическая хорда поверхности

Величина $M_{ш}$ непосредственно определяет усилие на штурвал управления рулем высоты и элеронами при ручном управлении педалях ножного управления рулем направления, а также потребную мощность рулевой машины, приводящей в движение органы управления в автоматическом режиме полета.

Если на каком-либо режиме полет осуществляем продолжительное время, то даже небольшое постоянное усилие, прикладываемое к рычагам управления, утомляет летчика. При автоматическом управлении также нереально постоянно держать рулевую машину под напряжением.

С целью уменьшения шарнирных моментов и усилий на рычагах управления самолетом применяются различные средства: аэродинамическая компенсация рулей; отклонения управляемого стабилизатора в полете и триммирования рулей.

Здесь рассматриваются системы триммирования управляющих поверхностей с электроприводом.

Отметим, что необходимость триммирования не отпадает и в системах бустерного управления рулями, в которых пилот перемещает управляющие элементы бустеров (золотники гидроусилителей), так как систем бустерного

управления оборудованы искусственными загрузителями, создающими у летчика эффект привычных для него усилий управления.

Для снятия этих усилий при продолжительных полетах с отклоненными рулями применяются так называемые механизмы эффекта триммирования типа МЭТ-4 на самолете Ту-154. МВЕ26Д5 на самолете Ил-86 и др.

В данной лабораторной работе исследуется система электротриммирования элеронов самолета, оборудованная элейтромеханизмом УТ-2М с поступательным движением выходного штока.

Основные технические данные УЗГ-2И:

1. Напряжение питания	27 В;
2. Нагрузка на штоке;	
-номинальная	20 даН;
-максимальная	40 даН;
Номинальный ток	1,9 А;
Максимальный ход штока	16,2 мм;
Время перевода из одного крайнего положения в другое	30 с;
Масса	1,7 кг;
Срок службы	4300 переключений.

Электромеханизм УТ-2М состоит из реверсивного электродвигателя постоянного тока типа МУ-50 и редуктора, выходная ступень которого заканчивается поступательно движущимся штоком.

Основные технические характеристики МУ-50:

-выходная мощность	25,5 Вт;
-частота вращения	5600 об/мин;
-возбуждение	последовательное.

На самолете Ил-14 триммер установлен только на правом крыле. Управление триммером дистанционное - из кабины пилотов при помощи нажимного переключателя, находящегося на вертикальной стенке центрального пульта, или сверху пульта. Отклонение триммера элеронов осуществляется при помощи электромеханизма, УТ-2М, расположенного в носке элерона.

Для осмотра УТ-2М и регулировки тяги триммера на нижней поверхности элерона сделан лючок, крышка которого крепится к элерону на винтах.

При нажатии на переключатель вправо триммер опускается вниз, вызывая правый крен самолета, при нажатии влево триммер поднимается вверх, вызывая левый крен самолета.

Триммер отклоняется только тогда, когда нажимают на переключатель. После освобождения переключателя электромеханизм выключается, и отклонение триммера прекращается.

Нейтральное положение триммера элерона контролируется сигнальной лампой расположенной рядом с нажимным переключателем.,

При работе электромеханизма УТ-2М выдвигается или убирается шток червяка, который поворачивает качалку, последняя своим верхним плечом передвигает тягу вперед или назад, отклоняя триммер элерона.

Отклонение элерона не отражается на положении триммера. Он сохраняет заданное положение, следуя за элероном.

Углы отклонения триммера элерона вверх и вниз одинаковы и составляют по $(18,5^\circ - 1^\circ)$ или по $45,8^{-2,5}$ мм.

3. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка выполнена в виде стенда, на котором смонтированы реальная система элерона с электромеханизмом привода (электромеханизм ЭЛМ1), автономный электромеханизм (ЭЛМ2) система нагружения триммера и электромеханизма и необходимые измерительные приборы (вольтметр, амперметр, секундомер, сигнальные лампы, переключатели управления режимами работы). Принципиальная электрическая схема управления нанесена на лицевой панели стенда и приведена на рис.5.1.

4. Работа системы в составе лабораторного стенда

Перед началом работы переключатель Q2 режима работы перевести в нейтральное положение, а переключатель Q3 выбора испытуемого механизма (в составе системы ЖЛМ1 или автономно – ЭЛМ2) в положение, соответствующее испытуемому механизму.

Включить выключатель F1 питания системы. Выключатель Q2 перевести в положение, соответствующее требуемому режиму работы: выпуск («В») или уборка («У»). При установке в положение «В» питание двигателя осуществляется по цепи: «+» источника питания

- F1 - PA - Q2:1 - Q3:1 - X1:2 - S1 - W₈ - M1 - X1:4 - Q3:3 - „ - ”

Источника питания. Двигатель начинает вращаться, ибо функция срабатывания:

$$F_{M1} = F1 \cdot Q2 \cdot Q3 \cdot \bar{S1} = 1. \quad (1)$$

Одновременно срабатывает контактор К, и начинает работать секундомер, фиксируя время движения. Сигнал управления проходит по цепи:

„+” - F1 - PA - Q2:1 - Q3:1 - X1:2 - S1 - S3 - X1:4 - S3:2 - S2:3 - K - „ - ”

Функция срабатывания контактора и секундомера:

$$F_K = F_{M1} \cdot S3 = 1; \quad (2)$$

$$F_{PT} = F_K = 1. \quad (3)$$

При прохождении системой среднего положения замыкаются кратковременно контакты среднего положения S2, подающие минус цепи питания на лампу Н, фиксирующую световым сигналом прохождение триммером среднего положения (плюс – общий с К).

Цепь прохождения сигнала:

„+” - F1 - PA - Q2:1 - Q3:1 - X1:2 - S1 - W₈ - M1 - X1:1 - S2 - X1:3 - Q3:4 - H - „ - ”

Функция срабатывания:

$$F_H = F1 \cdot Q2 \cdot Q3 \cdot \bar{S1} \cdot S2 = 1 \quad (4)$$

При достижении приводом крайнего положения размыкаются S1 и S2, система обесточивается, привод останавливается, секундомер, отключаясь, фиксирует время движения.

Аналогично система работает в режиме уборки и при управлении электромеханизмом ЭЛМ с электродвигателем М.

5. Задание к работе

1. Изучить по макету конструкцию системы триера.

2. Изучить работу принципиальной схемы управления.

3. Снять статические характеристики электромеханизма: зависимости потребляемого тока скорости движения выходного штока ($V_{ш}$) от величины нагрузки на штоке (F_c), фиксируя результаты измерения как при движении системы вверх, так и вниз в табл.5.1

$$\bar{I}_M = f(F_c), V_{ш} = f(F_c)$$

4. Снять статически характеристики системы триммера: зависимости потребляемого тока и частоты вращения триммера от величины момента сопротивления, создаваемого аэродинамическим потоком (на стенде имитируется грузами, подвешенными к триммеру).

$$\bar{I}_c = f(F_c), \omega = f(M_c)$$

Результаты измерений при движении триммера вверх и вниз фиксировать в табл. 5.2

Рассчитать:

а) для электродвигателя: для различных M_c

$$P_1, P_2, \eta$$

б) для электромеханизма: для различных F_c

$$P_1, P_2, V_{ш}, \eta$$

в) для системы привода (совместно с кинематикой): для различных нагрузок

$$P_1, \omega, M_c, P_2, \eta, M_{тр}$$

где

$$P_1 = UI \quad \text{-- потребляемая мощность,}$$

$$P_2 = M\omega \quad \text{(вращательное движение) и}$$

$$P_2 = F \cdot V_{ш} \quad \text{(поступательное движение) -- выходная мощность;}$$

Таблица 5.1

нагрузка		I_1, A	t, c	V, л/мс	$P_1, Вт$	$P_2, Вт$	Mg, Нм	$\eta, \%$
m, кг	Fc, Н							
	↑							
	↓							
	↑							
	↓							

Таблица 5.2

нагрузка		I_1, A	t, c	ω_c, c^{-1}	$M_c, Нм$	$P_1, Вт$	$P_2, Вт$	Mд, Нм	$\eta, \%$
m, кг	Fc, Н								
	↑								
	↓								
	↑								
	↓								

$M_c (F_c)$ – момент (сила сопротивления);
 η – КПД;
 $\omega_c = \alpha / t$ – угловая частота вращения триммера;
 $V_{ш} = \ell_{ш} / t$ – скорость штока механизма.

Построить статические характеристики УТ-2М (автономно) и в составе реальной кинематики триммера.

Дать сравнительный анализ соответствующий характеристик двигателя, механизма, системы.

6. Содержание отчета

1. Общие сведения о системе. Технические характеристики двигателя и механизма.
2. Принципиальная электрическая схема управления, функции срабатывания агрегатов.
3. Эскиз установки триммера, схема кинематики.
4. Таблицы результатов эксперимента и расчета.

5. Статические характеристики механизма и системы триммера (на отдельных графиках).

7. Контрольные вопросы

1. Какие способы уменьшения $M_{ш}$ вы знаете?
2. Какие средства используются для уменьшения нагрузки на штурвалах управления самолетом?
3. В каких системах применяются механизмы эффекта триммирования?
4. Из каких условий находится момент трения в системе передач?
5. При каких условиях привод может перейти в генераторный режим?
6. В каких режимах и при каких условиях может работать привод триммера при различных величинах нагрузки и направлениях движения?

Литература

Электрооборудование воздушных судов.; Под ред. С.А. Решетова-М.:Транспорт, 1991.

Аэромеханика самолета; Под ред. А.Р. Бочкарева.М.; Машиностроение, 1977.

Бортовые системы управления полетом; Под ред. Ю.Б. Байбородина.-Мю:Транспорт, 1975.

Электромеханизм привода фары ПРФ-4. Техническое описание.

Электродвигатель Д12-ТФ. Техническое описание.