

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**

Кафедра технической эксплуатации авиационных электросистем и
пилотажно-навигационных комплексов
В.В. Глухов, Ю.С. Соловьев

**АВИАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ И
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
СИСТЕМЫ**

ПОСОБИЕ

по изучению дисциплины и выполнению
лабораторной работы

«Авиационные магнитоиндукционные тахометры»

*для студентов IV и V курсов
специальности 160903
всех форм обучения*

Москва - 2008

ББК 0567

Г 55

Рецензент канд. техн. наук, проф. В.Д. Константинов

Г 55 Авиационные приборы и информационно-измерительные системы: Пособие по изучению дисциплины и выполнению лабораторной работы «Авиационные магнитоиндукционные тахометры» – М.: МГТУ ГА, 2008. - 20 с.

Данное пособие издается в соответствии с учебной программой дисциплины СД.08 «Авиационные приборы и информационно-измерительные системы».

Пособие предназначено для студентов IV и V курсов специальности 160903 всех форм обучения.

В разработке лабораторного стенда и подготовке к изданию пособия принимали участие студенты-дипломники Андреев И.Г. и Аваков В.А.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 18.03.08 г. и методического совета 25.03.08 г.

Редактор Т.П. Воронина

	Подписано в печать 18.06.08г.	
Печать офсетная	Формат 60x84/16	0,73 уч.-изд. л.
1,16 усл.печ.л.	Заказ № 581/	Тираж 150 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, 2008

1. Назначение и устройство авиационных магнитоиндукционных тахометров

1.1. Назначение авиационных тахометров

На воздушных судах гражданской авиации эксплуатируются магнитоиндукционные тахометры (измерители частоты вращения) типа ТЭ (тахометр электрический), шкала которых отградуирована в оборотах в минуту, и типа ИТЭ (индукционный тахометр электрический) со шкалой, отградуированной в относительных единицах – в процентах (от 0 до 105%) от максимальной частоты вращения.

Тахометр ИТЭ-1 предназначен для измерения частоты вращения (в процентах) ротора компрессора высокого давления авиадвигателя, а тахометр ИТЭ-2 – для измерения частоты вращения ротора компрессора высокого давления (стрелка с индексом «1») и частоты вращения ротора компрессора низкого давления (стрелка с индексом «2») авиадвигателя.

Габаритные размеры и градуировка шкал унифицированных одинарного (однострелочного типа ИТЭ-1) и сдвоенного (двухстрелочного типа ИТЭ-2) указателей (измерителей) магнитоиндукционного тахометра приведены на рис.1.1.

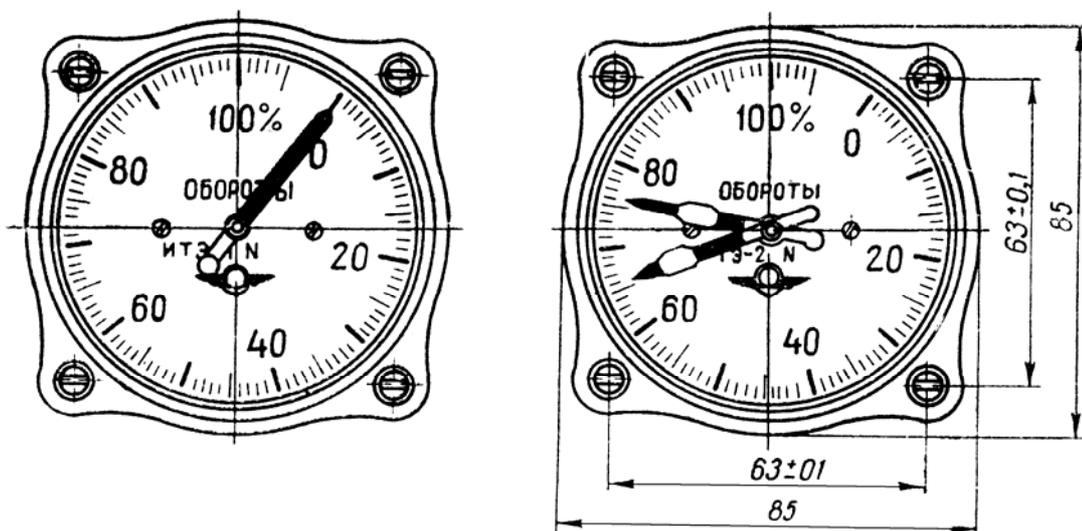


Рис. 1.1. Габаритные размеры и градуировка шкал унифицированных одинарного и сдвоенного указателей тахометров

1.2. Принцип действия магнитоиндукционного тахометра

Комплект магнитоиндукционного тахометра со сдвоенным указателем (измерителем) состоит из двух датчиков типа ДТЭ-1 и указателя

(измерителя) типа ИТЭ-2 (рис. 1.2) или из двух датчиков типа ДТ и указателя (измерителя) типа ТЭ.

Для передачи вращения от вала авиадвигателя к указателю применена синхронная передача переменного тока переменной частоты («электрический вал»), состоящая из синхронного генератора и синхронного электродвигателя с асинхронным запуском. Синхронный генератор переменного тока состоит из трехфазной статорной обмотки (2), соединенной в звезду, и ротора (1) в виде четырехполюсного магнита.

Синхронный электродвигатель с асинхронным запуском состоит из трехфазной статорной обмотки (3), соединенной в звезду, и ротора, состоящего из постоянных магнитов (10) и гистерезисных дисков (11). Постоянные магниты (10) посажены на вал ротора (12) свободно и связаны с ним через пружину, передающую крутящий момент на вал электродвигателя. Такое конструктивное выполнение ротора облегчает вхождение электродвигателя в синхронный режим работы.

Гистерезисные диски (11) служат для приведения вала ротора электродвигателя во вращение, близкое к синхронному, а затем постоянные магниты (10) вводят его в полный синхронизм.

Таким образом, синхронный электродвигатель с асинхронным запуском обеспечивает значительный синхронный момент (с помощью постоянных магнитов), при котором ротор не выпадает из синхронизма, а также достаточный асинхронный момент (с помощью гистерезисных дисков), обеспечивающий вхождение электродвигателя в синхронный режим работы.

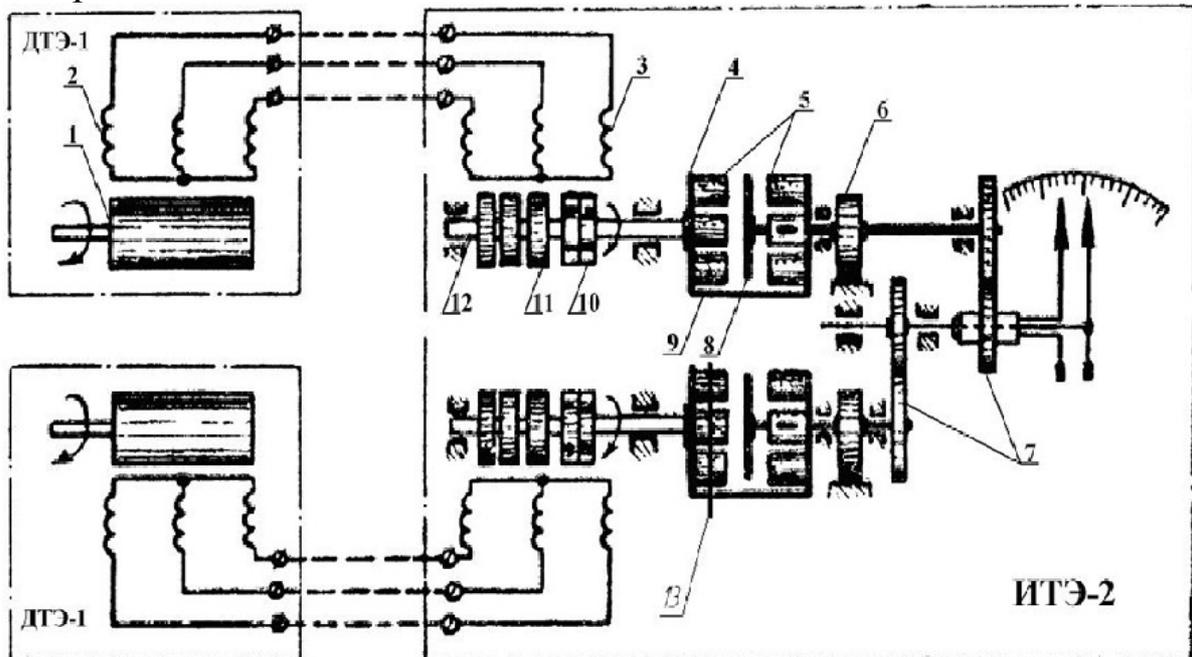


Рис. 1.2. Принципиальная схема магнитоиндукционного тахометра ИТЭ-2

1 – ротор генератора датчика ДТЭ-1; 2 – статорные обмотки генератора датчика ДТЭ-1; 3 – статорные обмотки электродвигателя указателя; 4 – плата (щайба) магнитоиндукционного узла; 5 – цилиндрические постоянные магниты; 6 – пружина; 7 – зубчатые передачи; 8 – токопроводящий металлический (немагнитный) диск; 9 – шпильки крепления дисков магнитоиндукционного узла; 10 – постоянные крестообразные магниты электродвигателя; 11 – гистерезисные диски электродвигателя; 12 – вал ротора электродвигателя; 13 – термомагнитный шунт.

Принцип работы синхронной передачи состоит в следующем. При вращении ротора генератора (1) в статорных обмотках генератора (2) наводятся ЭДС, амплитуда и частота которых пропорциональна частоте вращения вала авиадвигателя. Под воздействием этих ЭДС в статорных обмотках электродвигателя возникают токи, создающие вращающееся магнитное поле, которое приводит во вращение ротор двигателя с частотой, пропорциональной частоте вращения ротора генератора.

Между валом авиадвигателя и валом ротора генератора датчика установлен понижающий редуктор для уменьшения частоты вращения вала электродвигателя, передаточное отношение которого для исследуемого в лабораторной работе тахометра составляет 4:1.

Принцип действия указателя тахометра состоит в следующем. Электродвигатель указателя приводит во вращение магнитный узел, состоящий из шести пар цилиндрических постоянных магнитов (5), укрепленных на вращающейся оси с помощью плат (шайб) из магнитомягкого железа (4), выполняющих роль магнитопровода для замыкания потока постоянных магнитов. В рабочем зазоре между торцами цилиндрических магнитов помещен токопроводящий (немагнитный) диск (8), укрепленный на вторичной оси, связанной со спиральной противодействующей пружинной (6) и посредством зубчатой передачи (7) со стрелкой указателя.

При вращении плат (4) с магнитами (5) в теле диска (8) наводятся вихревые токи i . В результате взаимодействия вихревых токов с магнитным полем магнитного узла возникает вращающий момент $M_{вр}$, стремящийся повернуть диск (8) в направлении вращения магнитного узла. Этому вращению препятствует противодействующий момент $M_{пр}$ пружины (6), концы которой крепятся к оси стрелки и к корпусу прибора. В результате подвижная система указателя (диск, зубчатая передача и стрелка) повернется на некоторый угол, величина которого определяется равновесием моментов $M_{вр} = M_{пр}$.

Величина вращающего момента $M_{вр}$ определяется выражением:

$$M_{вр} = 1,54 \frac{B^2 d_M^3 r_0 \delta p_M}{\rho \cdot \sin \frac{\pi}{p_M}} \cdot n \quad (1.1)$$

где p_M – число пар полюсов магнитного узла;

d_M – диаметр магнита;

r_0 – радиус центров магнитов;

δ – толщина диска;

B – индукция в воздушном зазоре;

n – частота вращения магнитного узла;

ρ – удельное электрическое сопротивление материала диска.

Величина противодействующего момента $M_{пр}$ определяется выражением :

$$M_{пр} = \frac{E \cdot b_n \cdot h_n^3}{12 \cdot L_n} \cdot \varphi \quad (1.2)$$

где E – модуль упругости материала пружины;

b_n – ширина пружины;

h_n – толщина пружины;

L_n – длина пружины;

φ – угол закручивания пружины.

Приравняв правые части уравнений (1.1) и (1.2), получаем уравнение статической характеристики тахометра, связывающее выходную величину φ с измеряемой величиной n

$$\varphi = 18,48 \frac{B^2 d_M^3 r_0 \delta p_M L_n}{\rho E b_n h_n^3 \cdot \sin \frac{\pi}{p_M}} \cdot n \quad (1.3)$$

Передаточная функция магнитоиндукционного тахометра в операторной форме в первом приближении имеет следующий вид:

$$W(p) = \frac{\varphi(p)}{n(p)} = \frac{K}{Jp^2 + K_D p + C_{пр}} \quad (1.4)$$

где K – постоянный коэффициент;

J - момент инерции подвижной системы указателя тахометра;

K_d - коэффициент демпфирования подвижной системы указателя тахометра;

$C_{пр}$ - жесткость пружины.

В тахометрах типа ИТЭ-1 для увеличения коэффициента демпфирования применяется магнитный демпфер.

1.3. Погрешности магнитоиндукционных тахометров

Методическая погрешность магнитоиндукционного тахометра возникает из-за влияния на чувствительный элемент внешних магнитных полей. Для устранения этой погрешности чувствительный элемент тахометра экранируется кожухом из магнитомягкого материала.

Инструментальные погрешности возникают за счет влияния температуры окружающей среды на параметры чувствительного элемента (диска) и противодействующей пружины, а также от влияния вредных моментов (моменты трения, дебаланса).

Наибольшее влияние изменение температуры окружающей среды оказывает на изменение индукции в рабочем зазоре B , удельного электрического сопротивления материала чувствительного элемента ρ и модуля упругости материала противодействующей пружины E . Температурная погрешность устраняется как путем подбора материалов чувствительного элемента и противодействующей пружины с температурными коэффициентами, обеспечивающими условие температурной компенсации, так и за счет применения терромагнитного шунта в виде шайбы с отверстиями для цилиндрических магнитов, изменяющего индукцию в рабочем зазоре.

Погрешность за счет влияния вредных сил уменьшают путем уменьшения вредных моментов и увеличения движущего момента.

2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка, внешний вид которой показан на рис. 2.1, включает: комплект исследуемого тахометра, состоящий из датчика ДТ-1М (7) и указателя 2ТЭ9-1М (4), контрольную тахометрическую установку КТУ-1М, стробоскопический тахометр и импульсный датчик частоты вращения.

Стробоскопический тахометр состоит из низкочастотного генератора сигналов INSTЕК GFG-8215A (III), сигнал с которого в виде синусоидального переменного напряжения подается на светодиод (6), и

частотомера низкочастотного INSTEK GFC-8010H (IV). Луч светодиода направлен на диск с риской (21). Изменяя с помощью генератора сигналов частоту вспышек светодиода можно добиться «кажущейся» остановки рисок диска. При этом частота вращения вала фрикциона будет пропорциональна частоте вспышек и обратно пропорциональна числу рисок на диске.

Импульсный датчик частоты вращения состоит из катушки с сердечником (20), закрепленной на статоре фрикциона Ф-1, и постоянного магнита (19) в форме шайбы, приклеенного на диск (21). При вращении вала фрикциона постоянный магнит наводит в катушке э.д.с. в виде двуполярных импульсов, частота следования которых пропорциональна частоте вращения вала фрикциона. Частота следования импульсов рассчитывается через период следования импульсов, определяемый по осциллограмме.

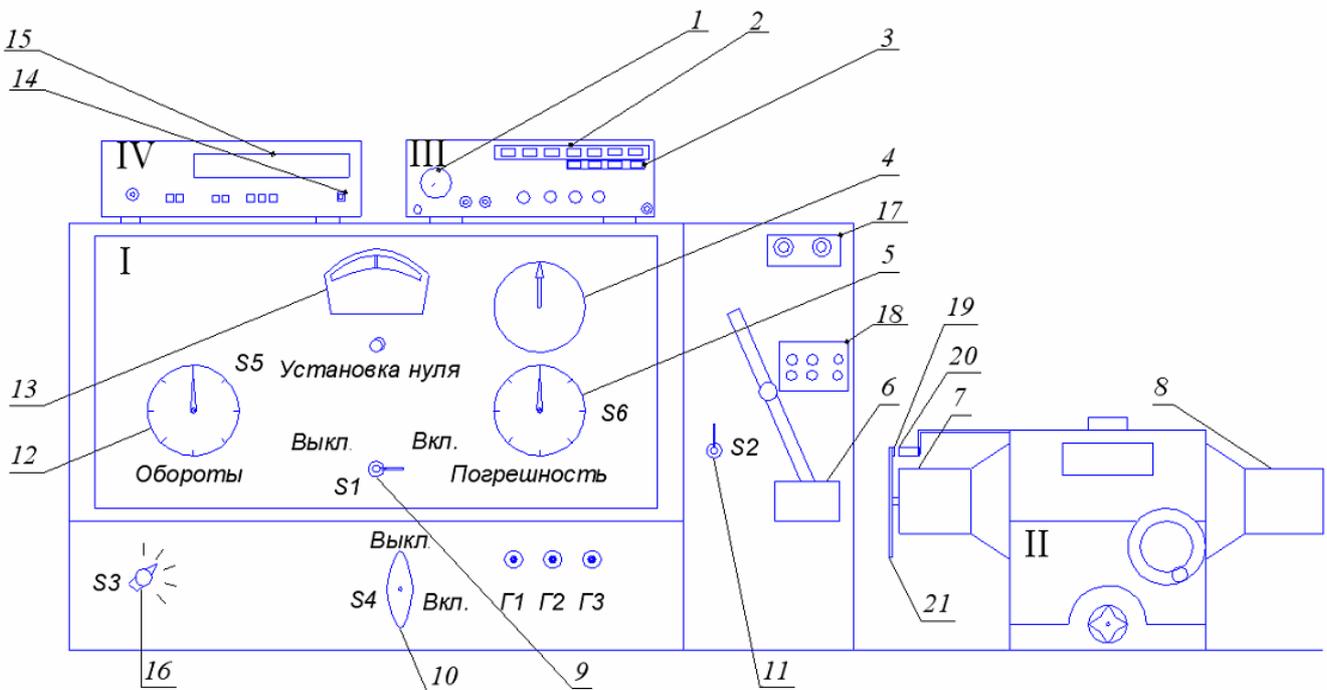


Рис. 2.1 Внешний вид лабораторной установки:

I – измерительный пульт ПИ-1М;

II – фрикцион Ф-1; *III* – генератор

сигналов низкочастотный INSTEK

GFG-8215A; *IV* – частотомер

INSTEK GFC-8010H

1 – ручка выбора и установки частоты генератора сигналов; 2 – кнопки выбора диапазона частоты генератора сигналов; 3 – кнопки выбора формы сигнала генератора сигналов; 4 – указатель исследуемого тахометра;

5 – ручка переключателя «Погрешность» ПИ-1М (S6); 6 – светодиод; 7 – датчик исследуемого тахометра; 8 – контрольный датчик Д-14; 9 – выключатель измерительного пульта ПИ-1М (S1); 10 – выключатель электродвигателя фрикциона (S4); 11–выключатель указателя исследуемого тахометра (S2); 12 – ручка переключателя «Обороты» ПИ-1М (S5); 13 – индикатор нуля ПИ-1М; 14 – кнопка включения частотомера; 15. – индикатор частоты частотомера; 16 – галетный переключатель сигналов на частотомер (S3); 17,18 – клеммы; 19 – постоянный магнит импульсного датчика; 20 – катушка индуктивности с сердечником импульсного датчика; 21 – диск с риской.

Контрольная тахометрическая установка КТУ-1М предназначена для проверки точности показаний авиационных тахометров и включает фрикцион Ф-1 (II) и контрольный тахометр, состоящий из контрольного датчика Д-14 (8) и измерительного пульта ПИ-1М (I).

Принципиальная электрокинематическая схема лабораторной установки приведена на рис. 2.2.

Задатчиком оборотов контрольной тахометрической установки КТУ-1М (рис. 2.2) является фрикцион типа Ф-1 (5), приводимый в действие электродвигателем (4). Фрикцион обеспечивает равные частоты вращения роторов датчиков исследуемого и контрольного тахометров. На правом конце вала фрикциона закреплен контрольный датчик Д-14 (3), питающий измерительный пульт ПИ-1М, а на левом – исследуемый датчик ДТ-1М (6), соединенный с исследуемым указателем 2ТЭ9-1М (1).

Контрольный датчик Д-14 представляет собой двухфазный генератор переменного тока с двумя парами полюсов.

Измерительный пульт ПИ-1М включает индикатор нуля ферродинамического типа (2) и ряд настроечных резисторов, подключаемых с помощью переключателей галетного типа S5 и S6.

Принцип действия контрольного тахометра основан на сравнении величин индуктивного сопротивления X обмотки возбуждения индикатора нуля и активного настроечного сопротивления R (рис. 2.3).

Фазовые обмотки контрольного датчика $Z_{\phi 1}$ и $Z_{\phi 2}$ выполнены таким образом, что токи I_1 и I_2 сдвинуты по фазе примерно на 180° .

Так как частота фазных ЭДС пропорциональна частоте вращения ротора датчика, то индуктивное сопротивление обмотки возбуждения индикатора нуля также пропорционально частоте вращения ротора датчика и каждому значению частоты вращения ротора соответствует определенное значение индуктивного сопротивления и, следовательно, тока I_2 , текущего по обмотке возбуждения.

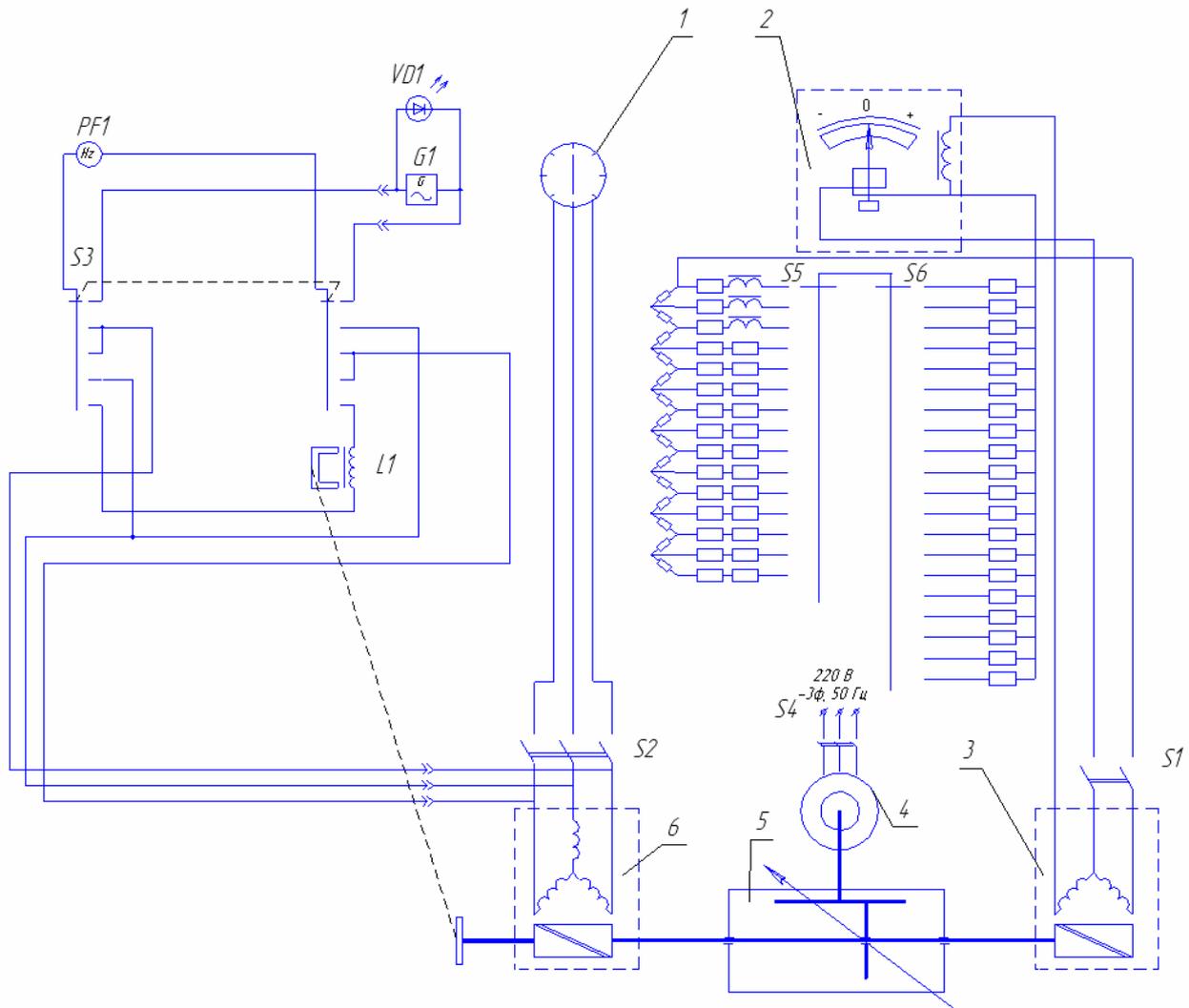


Рис. 2.2 Принципиальная схема лабораторной установки
 1 – указатель исследуемого тахометра; 2 – индикатор нуля;
 3 – контрольный датчик Д-14; 4 – электродвигатель фрикциона;
 5 – фрикцион; 6 – датчик исследуемого тахометра

Величина тока I_1 , текущего по настроенному сопротивлению R , не зависит от частоты вращения ротора датчика и изменяется путем подключения различных настроечных сопротивлений. Для заданной частоты вращения настроечное сопротивление при помощи переключателя «Обороты» ($S5$) устанавливается так, чтобы ток I_1 был равен току I_2 . При этом ток, текущий по рамке индикатора нуля, равен нулю и стрелка индикатора нуля находится на средней отметке шкалы.

В случае равенства показаний контрольного и исследуемого тахометров, стрелка индикатора нуля будет находиться на средней отметке шкалы индикатора нуля.

В случае неравенства показаний контрольного и исследуемого тахометров, последний будет иметь погрешность. Эта погрешность измеряется поворотом ручки переключателя «Погрешность» на измерительном пульте вправо или влево в зависимости от знака погрешности до тех пор, пока стрелка индикатора нуля не займет среднее положение. Величина погрешности отсчитывается непосредственно по шкале «Погрешность» в абсолютных единицах (об/мин.).

Частотомер INSTEK GFC-8010H позволяет измерять частоты синусоидальных напряжений, индуцируемых в статорных обмотках датчика исследуемого тахометра.

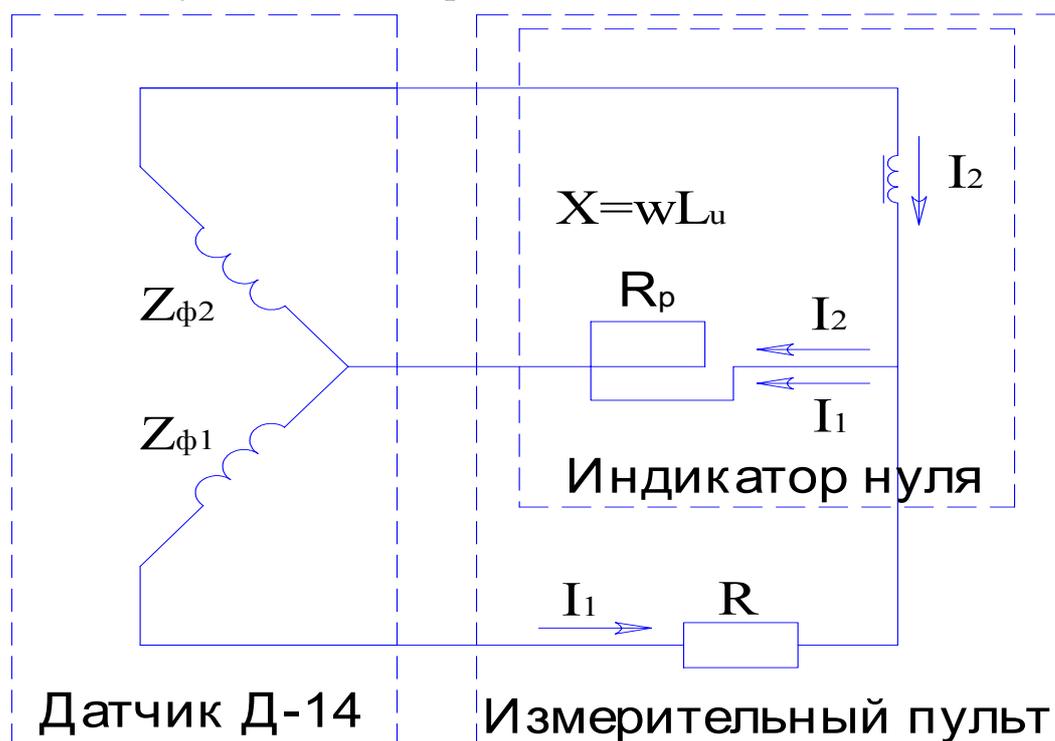


Рис. 2.3. Упрощенная электрическая схема измерительного пульта ПИ-1М

3. Подготовка лабораторной установки к работе

Для подготовки установки к работе необходимо выполнить следующие операции:

а) выключатели S1 и S4 установить в положение «Выкл.», S2 – в положение «Вкл.», S3 и S5 – в крайнее левое положение, S6 – на нулевое деление шкалы;

б) выключатели «POWER» («Сеть») генератора сигналов, частотомера и осциллографа установить в положение «Выкл» («OFF»);

б) убедиться, что стрелка ферродинамического индикатора нуля находится на нулевом делении шкалы, в противном случае установить стрелку на нуль при помощи механического корректора «Установка нуля»;

в) проверить правильность соединения контрольного датчика Д-14 с измерительным пультом ПИ-1М и исследуемого датчика с исследуемым указателем, а также правильность подключения контрольно-проверочной аппаратуры (генератора сигналов, частотомера и осциллографа);

г) убедиться, что втулка ролика фрикциона Ф-1 находится на левом упоре (малая скорость вращения). Если втулка находится далеко от левого упора, то перед пуском двигателя необходимо ослабить поворотом регулировочного винта плоскую пружину так, чтобы ролик вышел из соприкосновения с диском. Затем отвести корпус на себя, приблизить втулку ролика к левому упору путем вращения ручки маховика против часовой стрелки и вернуть корпус в исходное положение. Запустив в ход электродвигатель фрикциона, регулировочным винтом обеспечить такую силу прижатия пружины, которая исключает проскальзывание ролика по диску. Допускается перевод втулки ролика на левый упор после выключения электродвигателя во время выбега, но с таким расчетом, чтобы втулка ролика дошла до упора ранее полной остановки электродвигателя.

4. Порядок выполнения лабораторной работы

Целью лабораторной работы является изучение принципа действия, конструкции авиационных магнитоиндукционных тахометров и исследование их основных характеристик.

4.1. Определение погрешностей показаний исследуемого тахометра на контрольной тахометрической установке КТУ-1М

Погрешность показаний исследуемого тахометра определяется путем сравнения показаний контрольного и исследуемого тахометров на оцифрованных делениях шкалы с 2000 об/мин. до 9000 об/мин. через 1000 об/мин.

Убедиться, что переключатель S2 находится в положении «Вкл».

Включить электродвигатель фрикциона с помощью выключателя S4.

Проверку тахометра на установке КТУ-1М проводить следующим образом.

Ручку переключателя S5 «Обороты» пульта ПИ-1М поставить на отметку «2» (2000 об/мин.) по наружной шкале, а ручку переключателя S6 «Погрешность» на отметку «0» по наружной шкале. Выключатель S1 измерительного пульта ПИ-1М установить в положение «Выкл». Постепенно увеличивать частоту вращения выходного вала фрикциона Ф-1 путем поворота ручки маховика по направлению часовой стрелки до тех пор, пока стрелка исследуемого указателя не достигнет первой проверяемой отметки шкалы (2000 об/мин.). После этого включить выключателем S1 измерительный пульт ПИ-1М и наблюдать за показаниями индикатора нуля. Если стрелка индикатора нуля установится на нулевой отметке его шкалы, то погрешность исследуемого комплекта тахометра на данной частоте вращения равна нулю. Если стрелка индикатора отклонится вправо или влево от средней отметки, то исследуемый тахометр имеет погрешность, для выявления величины которой необходимо поворачивать ручку переключателя S6 «Погрешность» до тех пор, пока стрелка индикатора нуля не установится на нулевой отметке шкалы. Величину погрешности в абсолютных единицах (об/мин.) определять по шкале, расположенной у ручки переключателя S6 «Погрешность», и занести в табл. 4.1 в столбец «Возрастание частоты вращения».

Перед переводом стрелки исследуемого тахометра на другие отметки шкалы выключить измерительный пульт ПИ-1М, поставив выключатель S1 в положение «Выкл.».

Аналогичным образом измерить погрешность исследуемого тахометра на других оцифрованных делениях шкалы в соответствии с табл. 4.1 при возрастании частоты вращения.

При достижении максимальной частоты вращения на отметке шкалы 9000 об/мин. сделать выдержку в течение одной минуты и произвести снижение частоты вращения с измерением величин погрешностей на тех же делениях шкалы.

Проверка при возрастании и убывании частоты вращения необходима для определения вариации показаний исследуемого тахометра.

Полученные данные свести в табл. 4.1.

По данным табл. 4.1 построить графики зависимостей абсолютной погрешности, относительной погрешности (при возрастании и убывании частоты вращения) и вариаций показаний от частоты вращения исследуемого тахометра. Графики абсолютных погрешностей и вариаций показаний строить в одних координатных осях.

Таблица 4.1

Показания исследуемого тахометра n , об/мин.	Абсолютная погрешность исследуемого тахометра Δn , об/мин.		Вариации показаний Δn_B , об/мин. $\Delta n_B = \Delta n_{\Pi} - \Delta n_o$	Относительная погрешность исследуемого тахометра η , %	
	Возрастание частоты вращения Δn_{Π}	Убывание частоты вращения Δn_o		Возрастание частоты вращения $\eta_{\Pi} = \frac{\Delta n_{\Pi}}{n}$	Убывание частоты вращения $\eta_o = \frac{\Delta n_o}{n}$
2000					
3000					
4000					
5000					
6000					
7000					
8000					
9000					

4.2 Определение частоты вращения исследуемого тахометра стробоскопическим методом

Включить генератор сигналов INSTEK GFG-8215A нажатием тумблера «POWER» («Тумблер включения питания»). Нажать на кнопку (2) (рис.2.1) выбора диапазона частот, на которой изображена цифра 100. Нажать на кнопку (3) выбора формы сигнала, на которой изображен прямоугольный сигнал. Установить ручку (1) выбора и установки частоты в крайнее левое положение. Направить луч светодиода на диск, укрепленный на левом торце исследуемого датчика. Вращением ручки «AMPL» («Регулятор амплитуды выходного сигнала») добиться отчетливо видимого луча светодиода на диске.

Подготовить к работе частотомер INSTEK GFC-8010H. Нажатием на тумблер «ON»-«OFF» («Тумблер включения питания») установить его в положение «ON» («Включено») и дать частотомеру прогреться в течение одной минуты. Тумблеры «ATT» («Ослабление чувствительности выходного сигнала») и «LPF» («Фильтр нижних частот») установить в

положение «ON» («Включено»). Переключатель «FREQ/PRID» («Частота/Период») установить в положение «FREQ». Кнопку «GATE TIME (SEC)» («Кнопка выбора времени счета (сек)») установить в положение «1» сек.

Устанавливать указатель исследуемого тахометра на оцифрованные деления шкалы в соответствии с табл. 4.2 с помощью фрикциона Ф-1 таким же образом, как в подразделе 4.1 и определять частоту вращения вала датчика исследуемого тахометра стробоскопическим методом. Для этого путем вращения ручки «FREQUENCY» («Частота») на генераторе сигналов изменять частоту напряжения питания светодиода (т.е. частоту вспышек светодиода) до кажущейся остановки диска. При этом в момент кажущейся остановки диска можно наблюдать на диске не одну, а несколько рисок (две, три и т.д.). Целесообразно выбирать число видимых рисок Z равным 4.

Устанавливать переключатель S3 в положение «SD» и по индикатору частотомера INSTEK GFC-8010H измерять частоту вспышек светодиода f_{cm} в Гц. Измеренные значения f_{cm} и Z занести в значения в табл. 4.2.

Частота вращения вала датчика n_{cm} в об/мин. стробоскопическим методом в момент кажущейся остановки диска (с учетом передаточного отношения редуктора) определяется по формуле:

$$n_{cm} = \frac{60 \cdot \dot{i}_p \cdot f_{cm}}{Z}, \quad (4.1)$$

где f_{cm} - частота переменного напряжения, отсчитываемая по индикатору частотомера INSTEK GFC-8010H, при установке переключателя S3 в положение «SD»;

Z - число рисок на диске в момент кажущейся остановки диска;

\dot{i}_p - передаточное отношение понижающего редуктора.

Определение значения передаточного отношения понижающего редуктора \dot{i}_p рассмотрено в подразделе 4.3.

Одновременно с измерением частоты вращения вала датчика стробоскопическим методом производить измерение частот $f_{1,2}, f_{1,3}, f_{2,3}$ линейных напряжений датчика исследуемого тахометра путем поочередного подключения линейных напряжений к частотомеру INSTEK GFC-8010H. Для этого переключатель S3 поочередно устанавливать в

положения $f_{1,2}, f_{1,3}, f_{2,3}$ и производить измерение частоты частотомером INSTEK GFC-8010H.

Результаты измерений занести в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Показания исследуемого тахометра		Показания стробоскопического тахометра			Погрешность, об/мин.	Частота линейных напряжений, Гц		
n , об/мин.	$f = \frac{n}{60}$, Гц	$f_{см}$, Гц	Z	$n_{см}$, об/мин.	$\Delta n = n_{см} - n$	$f_{1,2}$	$f_{1,3}$	$f_{2,3}$
2000								
3000								
4000								
5000								
6000								
7000								
8000								
9000								

Выключить генератор сигналов INSTEK GFG-8215A и частотомер INSTEK GFC-8010H.

По данным табл. 4.2 построить графики зависимостей погрешности и частоты фазных напряжений от показаний исследуемого тахометра, т.е.

$$\Delta n = F(n); f_{1,2} = F(f); f_{1,3} = F(f); f_{2,3} = F(f).$$

4.3. Определение передаточного отношения понижающего редуктора с помощью импульсного датчика

Подготовить к работе осциллограф INSTEK GOS-620FG.

Убедиться, что выход импульсного датчика подключен к осциллографу INSTEK GOS-620FG к разъему «CH 2» («Канал 2»).

Включить осциллограф INSTEK GOS-620FG нажатием тумблера «POWER» («Тумблер включения питания»), при этом должен загореться индикатор «POWER». Дать прогреться осциллографу в течение одной минуты.

Вращением ручек «INTEN» («Яркость») и «FOCUS» («Фокус») добиться отчетливо видимого сфокусированного луча.

Вращением ручек «VERTICAL POSITION» («Положение по вертикали») и «HORIZONTAL POSITION» («Положение по горизонтали») установить луч в середине экрана.

Органы управления «HORIZONTAL» («Органы управления разверткой») установить в следующие положения: ручку «SWP.VAR» («Развертка плавно») – в крайнее правое положение до щелчка; переключатель «TIME/DIV» («Время/деление») – 10 mS; кнопку «×10 MAG» («Увеличение в 10 раз») – отжата.

Органы управления «VERTICAL» («Тракт вертикального отклонения») установить в следующие положения: переключатель «VOLTS/DIV» («Вольт/деление») – 5 В; ручку «VAR» («Плавно») – в крайнее правое положение и нажата; переключатель «MODE» («Режим») – «CH2» («Канал 2»); переключатель «AC-GRD-DC» («Переключатель режима входа усилителя») – «AC» («Закрытый вход»); кнопку «CH2 INV» («Инвертирование сигнала в канале 2») – отжата.

Органы управления «TRIGGER» («Синхронизация») установить в следующие положения: переключатель «MODE» («Режим») – «AUTO» («Автоматический»); переключатель «SOURCE» («Источник развертки») – «CH 2» («Канал 2»); ручку «LAVEL» («Плавно») – в такое положение, при котором происходит синхронизация сигнала; кнопку «TRIG.ALT» («Сложение сигналов синхронизации») – отжата; кнопку «SLOPE» («Полярность») – отжата.

При помощи фрикциона Ф-1 по указателю исследуемого тахометра установить частоту вращения $n = 3000$ об/мин.

С помощью органов управления осциллографа добиться устойчивой эпюры сигнала (осциллограммы) с импульсного датчика.

Вид осциллограммы с указанием масштабов развертки по горизонтальной и вертикальной осям (масштабы разверстки по времени и по амплитуде) должен быть представлен в отчете по лабораторной работе.

На осциллограмме обозначить период следования импульсов T_u и рассчитать его численное значение и указать размерность.

Период следования импульсов T_u пересчитать в частоту вращения вала фрикциона по формуле

$$n_{\phi} = \frac{60}{T_u} ; \text{ об/мин.}; \quad (4.2)$$

где T_u - период следования импульсов в секундах.

Передаточное отношение понижающего редуктора от вала авиадвигателя к валу датчика тахометра (вала фрикциона) рассчитывается по формуле

$$i_p = \frac{n}{n_{\phi}} \quad (4.3)$$

В дальнейших расчетах передаточное отношение понижающего редуктора i_p принять равным ближайшему целому числу.

Аналогичным образом снять осциллограмму для частоты вращения $n = 4000$ об/мин. и рассчитать значение i_p .

Отключить питание осциллографа INSTЕК GOS-620FG.

4.4. Определение времени переходного процесса

При помощи фрикциона Ф-1 установить стрелку указателя исследуемого тахометра на деление, соответствующее 4000 об/мин. Установить выключатель S2 в положение «Выкл» (т.е. отключить указатель от датчика) и по секундомеру определить время t_1 возвращения стрелки указателя к нулевому делению шкалы.

Подключить указатель к датчику (установить выключатель S2 в положение «Вкл») и определить время t_2 установления стрелки на деление 4000 об/мин. и вид переходного процесса (апериодический или колебательный).

Объяснить полученные результаты.

Установить частоту вращения вала фрикциона Ф-1 2000 об/мин. и отключить питание электродвигателя фрикциона выключателем S4.

5. Требования, предъявляемые к отчету

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Принципиальную схему магнитоиндукционного тахометра.
3. Таблицы измерений, результаты расчетов и графики зависимостей, указанных в разделе 4.
4. Выводы.

6. Вопросы для самопроверки

1. На чем основан принцип действия магнитоиндукционного тахометра?
2. Объясните работу тахометра ИТЭ-2 по принципиальной схеме.
3. Объясните работу дистанционной передачи «электрический вал».
4. Какого типа электродвигатель применен в дистанционной передаче «электрический вал» и его назначение?
5. Назначение, состав и принцип действия контрольной тахометрической установки КТУ-1М.
6. Объясните принцип действия контрольного тахометра установки КТУ-1М.
7. Объясните принцип работы импульсного датчика и вид эпюры напряжения на осциллограмме.
8. Объясните принцип действия стробоскопического тахометра.
9. Перечислите методические и инструментальные погрешности магнитоиндукционного тахометра и методы их компенсации.
10. Какой вид имеет статическая характеристика магнитоиндукционного тахометра?
11. Какой передаточной функцией описываются динамические свойства магнитоиндукционного тахометра?

Литература

1. **Воробьев В.Г. и др.** Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы: Учеб. для вузов/Под ред. В.Г. Воробьева. - М.: Транспорт, 1992.
2. **Дистанционные авиационные тахометры (модернизированные).** Техническое описание, инструкция по ремонту и эксплуатации, руководство по ремонту.
3. **Глухов В.В. и др.** Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Авиационные приборы и измерительные системы». Часть 8. - М.: МИИГА, 1981.

Содержание

1. Назначение и устройство авиационных магнитоиндукционных тахометров.....	3
1.1. Назначение авиационных тахометров.....	3
1.2. Принцип действия магнитоиндукционного тахометра.....	3
1.3. Погрешности магнитоиндукционных тахометров.....	7
2. Описание лабораторной установки.....	7
3. Подготовка лабораторной установки к работе.....	11
4. Порядок выполнения лабораторной работы.....	12
4.1. Определение погрешностей показаний исследуемого тахометра на контрольной тахометрической установке КТУ-1М.....	12
4.2. Определение частоты вращения исследуемого тахометра стробоскопическим методом.....	14
4.3. Определение передаточного отношения понижающего редуктора с помощью импульсного датчика.....	16
4.4. Определение времени переходного процесса.....	18
5. Требования, предъявляемые к отчету.....	18
6. Вопросы для самопроверки.....	19
Литература.....	19