

СЕДМА ГЛАВА

3.7. Измерване на честоти на въртене

Уредите, които се използват за измерване на честоти на въртене се наричат тахометри. В техническите измервания са намерили приложение две групи: механични оборотомери и електрически прибори за измерване на скорости на въртене.

3.7.1. Механични оборотомери.

Механичните оборотомери се използват за предварителни измервания. Тяхната точност е сравнително малка, поради което са намерили приложение при неотговорни измервания. Принципната схема на механичен оборотомер е показана на фиг. 3.7.1. Измервателният крайник 1 се допира до ротационното тяло, при което в това движение се увеличава и вала 2. В рамката 4, в периферията на която е съсредоточено по-голямо количество материал, възниква стремеж, към възстановяване на нормално състояние, т.е. заемане на положение, перпендикулярно към оста на въртене. На този стремеж се противопоставя плоскостиралната пружина 3, в резултат на което рамката се установява в междинно положение, определено от честотата на въртене на вала 2. Движението на рамката 4, чрез лоста 9 се предава на втулката 5, монтирана с определена подвижна сглобка върху вала 2. Втулката се премества и въздейства върху сектора 8 по периферията на който е нарязан зъбен профил. Зъбният профил се завърта около шарнирната опора 0 в резултат на което зъбното колело 6 и измервателната стрелка 7 се отклоняват на ъгъл пропорционален на измерваната честота на въртене.

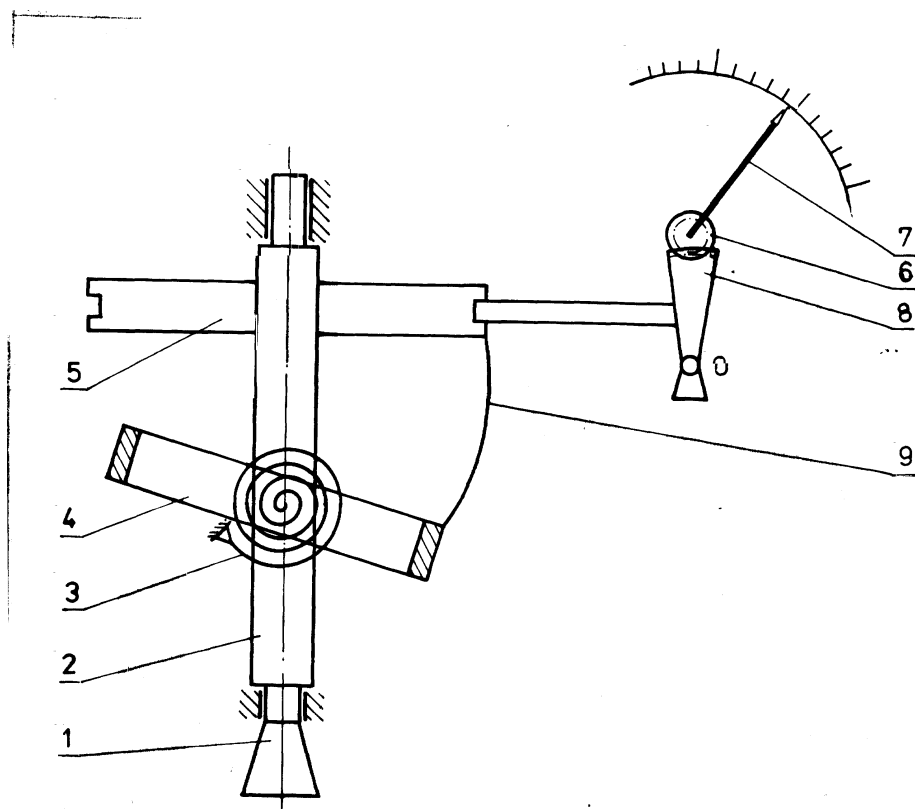
Предимства на механичните оборотомери са: простота на конструкцията; лесни за обслужване; малки габарити; висок коефициент на ремонтпригодност; обхватът им може да се разшири чрез използване на многостепенен редуктор и др.

3.7.2. Електрически прибори за измерване на честоти на въртене

В практиката се използват четири групи електрически прибори /тахометри/ за измерване на честоти на въртене: индукционни; електроимпулсни; фотоелектрически и стробоскопични.

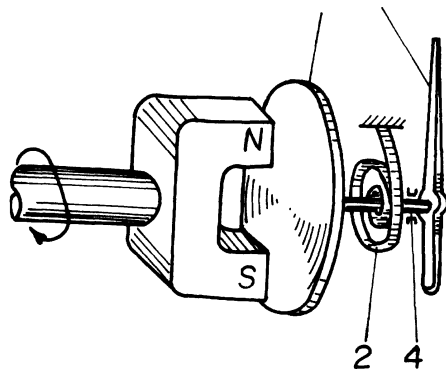
Индукционните тахометри са разработени въз основа на индукционните преобразуватели. Те са намерили особено широко приложение в транспортните средства. Особено важно значение при конструкцията на индукционните тахометри играе температурната грешка, тъй като работната им температура варира в интервала от -20°C до $+90^{\circ}\text{C}$. В практиката се използват три групи тахометри: с преобразуващ генератор за постоянен ток, с преобразуващ генератор за променлив

ток и индукционен тахометър с въртящо се магнитно поле. От тези групи най-голямо приложение е намерил третия тип - с въртящо се магнитно поле.



Фиг. 5.7.1. Механичен оборотомер

Принципната схема на тахометър с въртящо се магнитно поле е показана на фиг. 3.7.2. Постоянният магнит N-S се свързва чрез помощна връзка /гъвкав вал/ с изследвания ротационен обект. В силовото поле на въртящия се магнит е разположен феромагнитният диск 1, закрепен върху оста 4. На другия край на оста е закрепен единият край на плоскоспиралната пружина 2 и стрелката 3. Вторият край на пружината е закрепен неподвижно върху корпуса на уреда.



Фиг.3.7.2. Тахометър с въртящо се магнитно поле.

При въртене на магнита в диска се индутира е.д.н., като породените сили на взаимодействие, заедно с въртящото се магнитно поле увеличат диска по посока на въртенето на магнита. На създадения в диска въртящ момент се противопоставя съпротивителният момент на пружината 2. Отклонението на диска и измервателната скала 3, монтирани на обща ос 4, съответствува на равенството между въртящия и противодействащия момент. Тъй като индутираното в диска е.д.н. и подаденият въртящ момент са пропорционални на скоростта на въртене на магнита, а противодействащият момент на пружината е пропорционален на ъгъла на отклонение /завъртане/ то отклонението на стрелката ще бъде в линейна зависимост с честотата на въртене на магнита.

Индутираното в диска е.д.н. E може да се изрази така:

$$E = p \cdot \Phi \pi D \frac{n}{60} \quad , 3.7.1.$$

Където Φ е магнитен поток на постоянния магнит; $\pi D \frac{n}{60}$ линейна скорост, с която дискът пресича магнитните силови линии; D - разстоянието между полюсите на магнита; p - брой на въртящите се магнити.

Въртящият момент M може да се определи от зависимостта

$$M_1 = F D \quad , 3.7.2.$$

където F е силата на взаимодействие между постоянния магнит и диска, $F = \Phi I$; I породен в диска ток, $I = \frac{E}{R}$, R активно съпротивление на диска.

$$M_1 = \frac{\Phi^2}{R} p \pi D^2 \frac{n}{60} \quad , 3.7.3.$$

Противодействащият момент на пружината M_2 е равен на

$$M_1 = \frac{b h^3 \varepsilon}{12 L} \varphi \quad , 3.7.4$$

Където B и h са широчина и дебелина на пружината; ε - модул на еластичност на пружината; L - дължина на пружината; φ - ъгъл на отклонение /завъртане/ на пружината.

Отклонението на стрелката съответствува на равенството между въртящите и противодействащите моменти, т.е.

$$\frac{\Phi}{R} p \pi D^2 \frac{n}{60} = \frac{b h^3}{12 L} \varphi$$

или 3.7.5, 3.7.6

$$\varphi = \frac{\pi p \Phi^2 L D^2 n}{5 R \varepsilon h^3 b}$$

При изменение на температурата с 1°C ъгълът на отклонение на стрелката ще бъде равен на:

$$\varphi = \frac{\Phi^2(1-\delta)^2 12L\pi D^2 p}{R(1+\alpha)bh^3(1+\beta t)\epsilon(1-\gamma)} \quad , 3.7.7.$$

където α е положителен температурен коефициент на изменение на електрическото съпротивление на диска; β - положителен температурен коефициент на удължение на пружината; δ - отрицателен температурен коефициент на магнитната индукция; γ - отрицателен температурен коефициент на модула на еластичност.

Когато се пренебрегнат величините от втори порядък и членовете, съдържащи произведения на температурните коефициенти, може да се запише

$$\varphi_t = \varphi(1 - \delta t - 3\beta t + \gamma - \alpha) \quad , 3.7.8.$$

Температурната грешка на тахометъра е равна на:

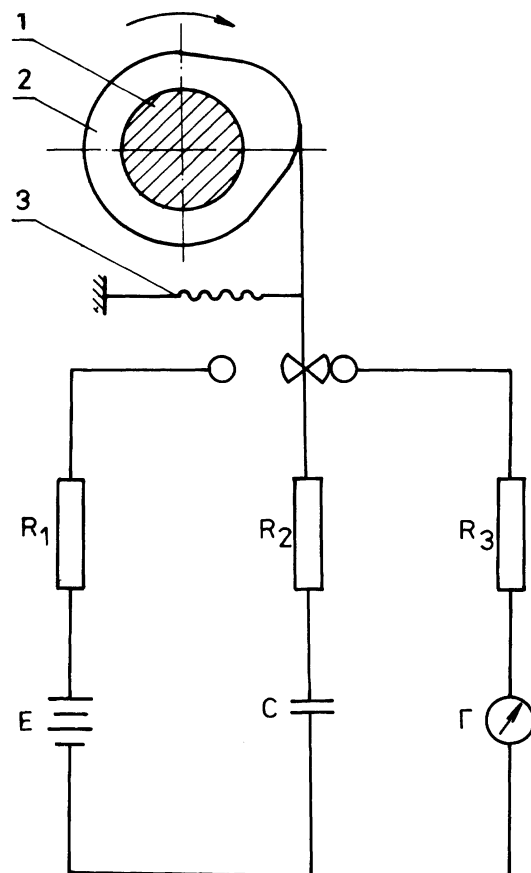
$$\Delta n = \frac{\varphi_t - \varphi}{\varphi} = (\gamma - \alpha - 3\beta - 2\delta)t = Gt \quad , 3.7.9.$$

където $\gamma - \alpha - 3\beta - 2\delta = G$ е температурен коефициент на тахометъра.

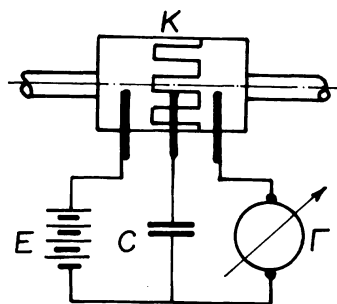
Недостатък на индукционните тахометри с въртящо се магнитно поле е разсейването на магнитните силови линии, което заедно с температурната грешка съществено влияе върху точността на показанията на тахометъра.

Електроимпулсните тахометри се състоят от преобразувател, позволяващ изпращането на токови импулси във веригата на измерителя, честотата на който се явява функция на честотата на въртене на изпитвания вал. Принципната схема на такова устройство е показана на фиг. 3.7.5. Гърбицният механизъм 2 е монтиран върху вала 1 и участва в ротационното му движение. Схемата се състои от лява и дясна половина, включвани последователно от възвратната пружина 3 в зависимост от положението на гърбицата. Когато гърбицата е в перигей се включва лявата половина, при която кондензаторът С се зарежда от електрическия източник Е. Когато гърбицата е в апогей се включва дясната половина и кондензаторът се разрежда през показващия уред Г. Показващият уред, чиито деления са разграфени така, че да се отчитат честоти на въртене, отчита броя на разрежданията, т.е. честотата на въртене.

В практиката се използва и втора схема, показана на фиг. 3.7.4. Тя има подобно с предната схема устройство, но последователното включване на двете половини се осъществява чрез комутатора К, въртящ се заедно и изпитвания вал, комутаторът представлява барабан, състоящ се от два изолирани един от друг метални цилиндри със зъби. По барабана се трият три четки, като двете крайни непрекъснато се плъзгат по левия и десния цилиндър. Дясната четка е свързана с показващия прибор Г, лявата с електрическия източник, Е, а средната с кондензатора С. Средната четка се плъзга по зъбите, като включва лявата или дясната половина на схемата. Принципът на действие на това устройство е аналогично с предната конструкция.



Фиг.3.7.3. Електроимпулсен тахометър.



Фиг. 3.7.4. Електроимпулсен тахометър.

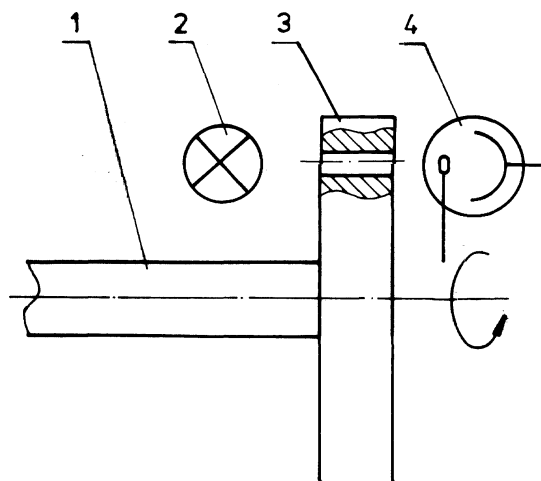
Електроимпулсните тахометри се използват за измервания на честоти на въртене в интервала от 1000 до 10 000 min^{-1} .

Фотоелектрическите тахометри са разработени въз основа на фотоелектрическите преобразуватели. Схемата на фотоелектрически тахометър е показана на фиг. 3.7.5. Върху изследвания вал 1, чиято честота на въртене се мери, е монтиран дискът 3. По периферията на диска е пробит отвор, през който от източник на светлина 2, върху фотоелемента 4 попада сноп светлинни лъчи. Във фотоелемента се индутира фототок, големината на който е пропорционална на честотата, с която преминава отвора на диска, т.е. на честотата на въртене на вала.

Фотоелектрическите тахометри притежават предимствата и недостатъците на фотоелектричните преобразуватели.

Стробоскопичните тахометри се основават на способността на човешкото око да задържа известно време зрителното впечатление от предмета, въпреки че той е изчезнал от ползрението /това време е около 0.1s /.

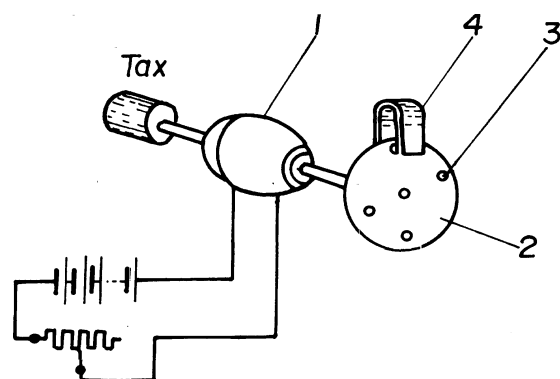
Съществуват два вида стробоскопични прибори; стробоскопи с механичен затвор и стробоскопи със светлинно запалване.



Фиг. 3.7.5. Фотоелектрически тахометър

В стробоскопите с механичен затвор наблюдението на въртящите се валове се осъществява през тясно отворстие върху неподвижен екран. Между екрана и вала се намира диск с няколко отворстия. Дискът се привежда в движение от малък двигател, скоростта на който може плавно да се регулира. В такъв случай наблюдателят ще види изпитвания вал, само в този случай, когато скоростта на отворстието на диска съвпадне с честотата на пропуснатата върху екрана светлина. Върху екрана се проектира образът на неподвижен вал.

На фиг. 3.7.6. е показано принципното устройство на стробоскопически тахометър с механичен затвор. Двигателят 1, захранван от акумулаторна батерия, привежда в движение алуминиев диск 2 с отворите по него 5. Честотата на въртене на двигателя се регулира с реостат, включен във възбудителната му намотка. Магнитът 4, между полюсите на който се движи диска, играе ролята на спирачка. Честотата на въртене на диска се измерва чрез индукционния тахометър 5, монтиран в стробоскопа. С подобен тахометър могат да се измерват честоти на въртене до 120000 min^{-1} .



Фиг. 3.7.6. Стробоскоп с механичен затвор.

В стробоскопите със светлинно запалване, валът периодично се осветява от безинерционен източник на светлина. При честоти на запалванията на светлината синхронни на честотата на въртене на вала, последният се вижда като неподвижен обект.

Основни изисквания предявявани към всеки стробоскопичен прибор, е рязкост на очертаване на неподвижния обект и добра видимост.