

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 2

ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ И ЕНЕРГИЯ

ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1. Запознаване с уреда ватметър за измерване на активна мощност, със схемите на свързване на намотките му и начините за разширяване на обхвата.

2. Запознаване с уреда еднофазен индукционен електромер за измерване на активна енергия.

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Мощността при постоянен ток и активната мощност при еднофазен променлив ток се определя с изразите:

$$(2.1) \quad P = UI$$

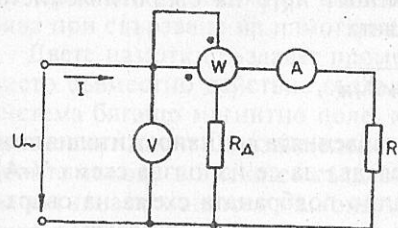
$$(2.2) \quad P = UI \cos \varphi$$

Мощността може да се измерва по косвен начин - чрез измерване на напрежението, тока и фактора на мощността $\cos \varphi$, или по пряк начин - посредством ватметър.

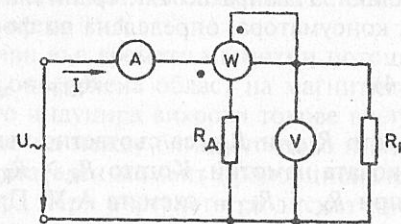
Ватметърът от електродинамичната система има две намотки - токова и напрежителна, чиито краища са изведени на четири клеми върху лицевата част на уреда. Токовата намотка се свързва последователно с консуматора, като токът през нея създава магнитен поток. Напрежителната намотка е поставена на ос и се свързва паралелно на консуматора. Тя създава също магнитен поток. В резултат от взаимодействието на двата потока се създава двигателен момент, пропорционален на мощността на консуматора, който завърта подвижната част на електродинамичния механизъм (напрежителната намотка) на определен ъгъл. За да не се изменя работният режим на консуматора, токовата намотка има много малко съпротивление, а напрежителната много голямо.

Правилната посока на отклонение на подвижната част, върху която е поставена стрелката, зависи от посоките на токовете в двете намотки спрямо началата им. Върху клемите свързани с началата на намотките се поставят символични знаци - звезда, точка или малка стрелка. Така означените изводи се наричат генераторни. Правилната посока на отклонение на подвижната част (отляво надясно) е възможно само

при два начина на свързване на намотките - по схема V-A и схема A-V, показани съответно на фиг. 2.1 и фиг. 2.2.



Фиг. 2.1



Фиг. 2.2

Разширяването на обхвата на ватметрите е възможно да се извършва отделно по напрежение и отделно по ток. По напрежение това става чрез свързване на допълнителен резистор R_D последователно с напрежителната намотка или чрез напрежителен трансформатор. Разширяването по ток се извършва чрез превключване на секциите на токовата намотка от последователно в паралелно съединение, или чрез токов трансформатор.

Константата на ватметъра се определя по дефиниция като отношение на обхватът му и броя на скалните деления. Обхватът на ватметъра обаче не се посочва върху уреда, а се изчислява от произведението на номиналните параметри на намотките - по ток I_H , по напрежение - U_H и фактора на мощността $\cos \varphi_H$, при който е градуиран уреда. Това се прави, за да не се допусне претоварване и повреда на намотките, тъй като определена мощност може да се получи при различни комбинации от стойностите на тока и напрежението, надвишаващи поотделно номиналните си стойности. В този случай ватметъра не показва претоварване, а в същност някоя от намотките му е претоварена. Ето защо константата на ватметъра се изчислява по формулата:

$$(2.3) \quad C_{WH} = \frac{U_H I_H}{\theta_H}, \quad \text{W/дел}$$

когато той е градуиран при $\cos \varphi = 1$, което не се отбелязва задължително.

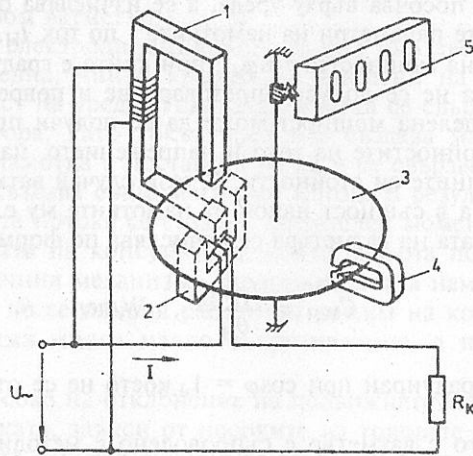
Измерването с ватметър е съпроводено с методична грешка, дължаща се на консумираните мощности от намотките, тъй като съпротивлението на токовата намотка е малко, но не е нула, а на напрежителната е голямо, но не е безкрайно голямо. В зависимост от съпротивлението на R_K на консуматора се използва V-A или A-V схема на

свързване на намотките. Обективен критерий за приложимостта на двете схеми се получава като се приравнят изразите за съответните грешки. Крайна се т.н. гранична стойност $R_{КГР}$ на съпротивлението на консуматора, определена по формулата:

$$(2.4) \quad R_{КГР} = \sqrt{R_{UW} R_{IW}},$$

където R_{UW} и R_{IW} са съответно съпротивленията на напрежителната и токовата намотки. Когато $R_K > R_{КГР}$ следва да се използва схема V-A, а при $R_K < R_{КГР}$ схемата A-V. Правилно избраната схема на свързване на намотките гарантира по-точно измерване на мощността.

Електрическата енергия в мрежите за променлив ток се измерва с индукционни електромери. На фиг. 2.3 е показана принципна конструкция на еднофазен индукционен електромер за активна енергия. Основните му елементи са: напрежителна намотка 1 и токова намотка 2, разположени върху феромагнитни сърцевини, съответно с O-образна и П-образна форма, които образуват магнитната система на електромера; алуминиев диск 3 поставен на вертикална ос, който се върти във въздушната междина на магнитната система; постоянен магнит 4 и броячен механизъм 5 свързан чрез зъбна предавка с оста на диска. Токовата намотка има няколко навивки от проводник с голям диаметър и се свързва последователно с консуматора.



Фиг. 2.3

Напрежителната намотка има много голям брой навивки от проводник с много малък диаметър и се свързва паралелно на консуматора. Правилната посока на въртене на диска (отляво надясно) се осигурява при свързване на намотките по схема V-A.

Двете намотки създават променливи във времето магнитни потоци, чието съвместно действие създава в определена област на магнитната система бягащо магнитно поле, което индуцира вихрови токове в алуминиевият диск. От взаимодействието на между бягащото поле и вихровите токове в диска се създава двигателен момент пропорционален на активната мощност на консуматора. При въртенето си дискът пресича потока на постоянният магнит и в него се индуцират също вихрови токове от този поток, като в резултат се създава съпротивителен момент пропорционален на ъгловата скорост на диска. При равенство на двата момента, дискът ще се върти равномерно с постоянна честота на въртене. Измерената от електромера активна енергия се определя по формулата:

$$(2.5) \quad W_E = C_E \cdot n,$$

където C_E е константата на електромера, а n е броят на оборотите на диска за времето, през което се консумира енергия. Константата C_E , Ws/tr изразява количеството енергия, отговарящо на един оборот на диска.

На лицевата част на електромера има табелка, на която са посочени номиналните му напрежение, ток, честота и т.н. преводно число N [tr/kWh], показващо на колко оборота на диска отговаря $1kWh$ енергия, отчетена от броячния механизъм. Константата C_E се определя от преводното число по формулата:

$$(2.6) \quad C_E = \frac{10^3 \cdot 3600}{N}, \quad Ws/tr.$$

Правилно регулираният електромер не трябва да има самоход, което означава дискът му да не се върти, когато няма консумация на енергия. Основната грешка на електромерите използвани в бита е 2%.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

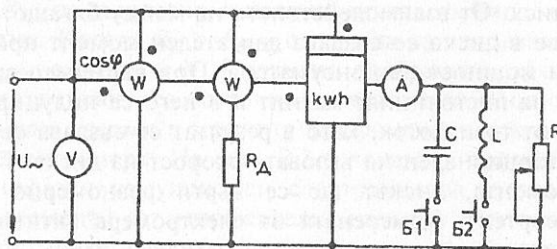
Изследванията се провеждат върху лабораторна постановка, чиято принципна електрическа схема е показана на фиг. 2.4.

Постановката се захранва от еднофазна мрежа с напрежение $U = 220V$. Изследванията се провеждат в следната последователност:

а) Включва се активен товар и с реостата R се установява опреде-

лен ток. Показанията на уредите се записват в таблица 2.1.

б) Натиска се бутонът Б1, с което се реализира активно-капацитивен товар. Същото се повтаря при натиснат бутон Б2 за активно-индуктивен товар и при едновременно натиснати бутони Б1 и Б2. Показанията на уредите се записват в таблица 2.1.



Фиг. 2.4

Таблица 2.1

№	U	I	P	cos φ _{изм}	cos φ _{изч}	ТОВАР
	V	A	W			

в) Измерва се активна енергия с електромера. Опитите се провеждат, като се задават с реостата R последователно нарастващи стойности на тока на електромера равни на 20, 40, 60, 80 и 100 % от номиналният ток. За всеки опит с хронометър се измерва времето, за което дискът прави определен брой обороти, зададени предварително. Показанията на уредите и измереното време се записват в таблица 2.2.

Таблица 2.2

№	U	I	P	t	n	W _E = C _L ·n	W _D = P·t	δ
	V	A	W	s	tr	W·s	W·s	%

г) Проверява се наличието на самоход в електромера, като се изключи консуматора.

ОБРАБОТКА НА ОПИТНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

1. От данните в таблица 2.1 се изчислява факторът на мощността $\cos \varphi_{изч}$ по формулата:

$$(2.7) \quad \cos \varphi = \frac{P}{UI}$$

2. Начертават се векторните диаграми при различните видове товар, като се определя предварително подходящ мащаб.

3. От данните в таблица 2.2 се изчислява измерената енергия от електромера W_E (по формула 2.5), а действителната стойност на енергията W_D се изчислява по формула (2.8):

$$(2.8) \quad W_D = P \cdot t$$

4. Изчислява се относителната грешка δ на електромера по формула (2.9) и се построява графично зависимостта $\delta = f(I)$.

$$(2.9) \quad \delta = \frac{W_E - W_D}{W_D} 100, \%$$

Контролни въпроси

1. Как се измерва активна мощност при променлив ток в еднофазна верига?
2. Какви схеми на свързване на ватметъра са допустими и как се избира подходяща схема?
3. Как се разширява обхватът и как се определя константата на ватметъра?
4. Защо при измерването на мощност с ватметър има методична грешка и как тя може да бъде намалена?
5. Какво е устройството на еднофазният индукционен електромер?
6. Какъв е принципът на действие на електромера?
7. Какво представлява преводното число и как се определя константата на електромера?
8. Какво представлява явлението самоход на електромера?

5. Кой е критерият за оптимален електромагнитен режим на работа на СП ?
6. На какво се дължи основната грешка на СП? Как може да се намали ?
7. Какви са предимствата и недостатъците на СП ?
8. Къде могат да намерят приложение СП ?

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 6

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЕРИГА С ПОСЛЕДОВАТЕЛНО СВЪРЗАНИ ПАСИВНИ ЕЛЕМЕНТИ

ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1. Да се изучи поведението на различни пасивни двуполусни елементи в електрическа верига при стационарен синусоидален режим.
2. Да се изучат методите за експериментално определяне на R , L и C параметрите на пасивните елементи.
3. Да се изучи явлението "резонанс на напреженията" в последователна верига.

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Стационарният синусоидален режим на електрическа верига с пасивни елементи е свързан с протичането на променлив ток и непрекъснат процес на преобразуване на електрическа енергия.

Ако захранващото напрежение е синусоидално от вида

$$(6.1) \quad u = U_m \sin(\omega t + \psi_u),$$

установеният ток i във веригата е също синусоидален, със същата ъглова честота ω , но е дефазизиран в общия случай на ъгъл φ от напрежението:

$$(6.2) \quad i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$$

$$(6.3) \quad \varphi = \psi_u - \psi_i, \quad -\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$$

Моментната мощност във веригата, която характеризира процеса на преобразуване на енергия е $p = u \cdot i$, а нейната средна стойност за един период е активната мощност P (6.4)

$$(6.4) \quad P = \frac{1}{T} \int_0^T p \, dt = U I \cos \varphi.$$

В израза за активната мощност с $\cos \varphi$ е обозначен *факторът на*