Modulul: **II Electrotehnică şi măsurări tehnice**
Specializarea: **Tehnician Electronist**
Clasa **a - IX - a**
Prof. **COJOCARU CLRISA**

Fişa de documentare - Măsurarea puterii electrice în curent continuu

Puterea reprezintă energia consumată în unitatea de timp.Unitatea de măsură pentru putere în sistem internaţional este wattul (w). În curent continuu întreaga energie absorbită de un consumator de la o sursă se consumă, în sensul că se transformă în alte forme de energie : calorică, mecanică, luminoasă etc.

$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$, unde U este tensiunea la bornele receptorului, I este curentul prin receptor, R este rezistenţa receptorului.

În curent alternativ nu întotdeauna întreaga energie absorbită de la sursă se consumă. În cazul circuitelor ce conţin componente reactive (bobine sau condensatoare), o parte din energie se înmagazinează sub formă de energie reactivă. În curent alternativ se definesc următoarele tipuri de puteri electrice :

- puterea activă $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$ [w]
- puterea reactivă $P = U \cdot I \cdot \sin\varphi$ [var] - voltamperreactiv
- puterea aparentă $S = U \cdot I$ [VA]

Între cele trei puteri există relaţia $S^2 = P^2 + Q^2$.

Măsurarea puterii în curent continuu

- Metoda ampermetrului şi voltmetrului

În curent continuu puterea se poate calcula cu relaţia P = U·I. Pornind de la această relaţie se poate deduce faptul că puterea consumată în curent continuu de un receptor având rezistenţa electrică R se poate măsura cu un ampermetru şi voltmetru folosind un montaj ca în figura 3.1.

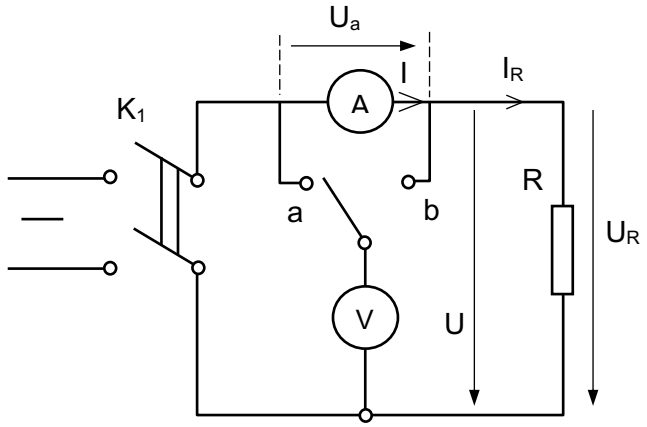

Fig. 3.1. Măsurarea puterii în curent continuu cu ampermetrul şi voltmetrul

Pot fi realizate două montaje : amonte (comutatorul K pe poziţia a) sau aval (comutatorul K pe poziţia b) în funcţie de mărimea rezistenţei R. Când R >> r_a (r_a fiind rezistenţa

ampermetrului) se va folosi varianta amonte. Când R << r_v (r_v fiind rezistenţa voltmetrului) se va folosi varianta aval. Montajul amonte se va folosi pentru măsurarea puterilor mari (kw) iar montajul aval pentru puteri mici (w).

Pentru montajul amonte : $P_R = U_R I_R = (U-U_A)I = (U-r_A I)I = UI-r_A I^2$

Pentru montajul aval : $P_R = U_R I_R = U(I - I_V) = UI - U\frac{U}{r_V} = UI - \frac{U^2}{r_V}$

- Măsurarea puterii cu wattmetrul electrodinamic

Aparatul este alcătuit din două bobine : fixă şi mobilă. Bobina fixă (de curent) se leagă în serie în circuit, iar bobina mobilă (de tensiune) se leagă împreună cu o rezistenţă adiţională în paralel în circuit.

- linia orizontală – bobina de curent
- linia verticală – bobina de tensiune

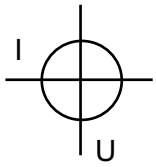

Fig. 3.2. Simbolul wattmetrului

Deviaţia acului indicator al wattmetrului : $\alpha = K \cdot I_1 \cdot I_2 = K \cdot I \cdot \frac{U}{r + R_{ad}} = K_1 \cdot U \cdot I = K_1 \cdot P$.

Scara wattmetrului este uniformă, r – este rezistenţa bobinei de tensiune.

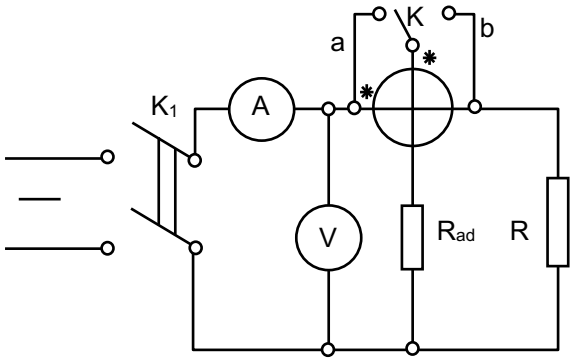

Fig. 3.3. Măsurarea puterii în curent continuu cu wattmetrul

Deoarece la wattmetre există pericolul de supraîncărcare chiar dacă indicaţia aparatului este sub limita de măsurare (valorile I sau U pot depăşi valorile nominale chiar dacă produsul I·U este în limite nominale), la utilizarea wattmetrului este necesar să se monteze un ampermetru în serie şi un voltmetru în paralel cu ajutorul cărora să se poată urmări încărcarea wattmetrului.

În cazul montajului din figura 3.3. se poate alege varianta amonte (K pe poziţia a) sau aval (K pe poziţia b).

Pentru a obţine o indicaţie corectă în sensul că acul indicator să se deplaseze de la stânga la dreapta, este necesar să se respecte o anumită ordine de legare a celor două bobine. În acest scop, wattmetrele sunt prevăzute cu câte o bobină marcată printr-o steluţă

reprezentând începuturile bobinelor de curent şi de tensiune. Bobinele marcate se vor lega întotdeauna spre sursă.

- Wattmetre cu mai multe domenii de măsurare

Sunt prevăzute cu mai multe domenii pentru intensitatea curentului electric şi mai multe domenii pentru tensiune (Exemplu I_1=0,5A; I_2=1A; V_1=150V; V_2=300V)

Pentru a putea determina puterea măsurată de wattmetru, este necesar să se cunoască, constanta K_w a wattmetrului, corespunzător domeniilor alese pentru intensitatea curentului şi pentru tensiune. Constanta K_w reprezintă puterea corespunzătoare unei diviziuni a scării gradate.

$K_w = \frac{I_n \cdot U_n}{\alpha_{max}} \left[\frac{V}{div} \right]$ unde I_n este domeniul de măsurare ales pentru intensitatea curentului, U_n este domeniul de măsurare ales pentru tensiune, α_{max} este numărul maxim de diviziuni ale scării gardate.

Puterea măsurată de wattmetru în cazul în care acul indicator arată α diviziuni, va fi : $P = K_w \cdot \alpha$ [w].

Fişa de documentare - Măsurarea puterii în curent alternativ

Puterea în audiofrecvenţă şi radiofrecvenţă

Măsurarea puterii absorbite de o sarcină specifică (difuzorul în audiofrecvenţă şi antena de emisie în radiofrecvenţă) şi produsă de un generator şi sistem de transmitere a puterii, se face în următoarele scopuri:

- determinarea puterii maxime P_{max} în sursa de putere $P_{max} = \frac{E}{4R_i}$ unde E este tensiunea electromotoare a generatorului echivalent , R_i este rezistenţa internă a generatorului echivalent
- determinarea puterii maxime în anumite condiţii, în audiofrecvenţă, pentru un coeficient de distorsiune dat.

În audiofrecvenţă se definesc puterile următoare :

- puterea de ieşire este puterea electrică aplicată difuzorului şi caracterizează intensitatea sonoră percepută în audiţie (pentru radioreceptoare)
- puterea nominală P_n este puterea de ieşire maximă. (Exemplu : pentru radioreceptoare pentru care distorsiunile de neliniaritate nu depăşesc o anumită limită admisibilă , 10%)
- puterea de ieşire standard P_s reprezintă puterea la care se efectuează măsurările într-un radioreceptor şi corespunde puterii nominale a radioreceptorului P_n

Măsurarea puterii aparente

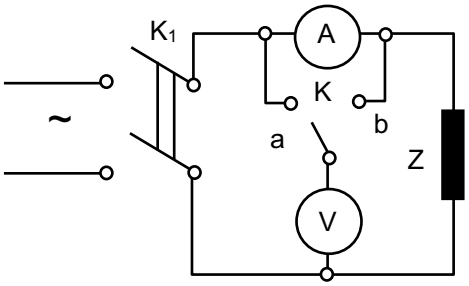

Fig. 4.1. Măsurarea puterii aparente

Deoarece S=UI, puterea aparentă se poate măsura cu un voltmetru şi cu ampermetru. Din figura 4.1. se observă că se poate folosi varianta amonte sau aval în funcţie de impedanţa consumatorului Z.

Măsurarea puterii active

Se poate măsura cu wattmetrul electrodinamic. În curent alternativ indicaţia aparatului electrodinamic este $\alpha = K \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos(I_1 I_2)$; dar I_1=I , $I_2 = \frac{U}{R_{ad}}$;

$\alpha = K \cdot I \cdot \frac{U}{R_{ad}} \cdot \cos(IU) = K_1 \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi = K_1 \cdot P$ - scara wattmetrului este uniformă.

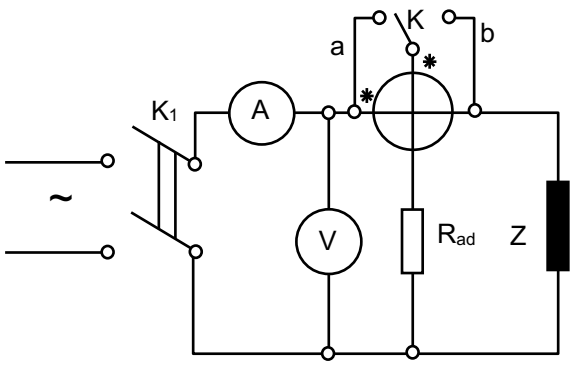

Fig. 4.2. Măsurarea puterii active cu wattmetrul

Montarea wattmetrului în circuit se va face ca în figura 4.2. alegând varianta amonte sau aval în funcţie de mărimea consumatorului Z, având grijă ca bornele marcate să fie legate spre sursă. În schemă se conectează un ampermetru şi voltmetru pentru a urmări încărcarea wattmetrului. Când wattmetrul are mai multe domenii de măsurare se va calcula constanta wattmetrului :

$\alpha_w = \frac{U_n I_n}{\alpha_{max}} \left[\frac{w}{div} \right]$; iar puterea măsurată va fi : $P = K_w \cdot \alpha[w]$

Măsurarea puterii reactive

Metoda indirectă. Din relaţia $S^2 = P^2 + Q^2$ cunoscând puterea activă şi aparentă, se obţine prin calcul puterea reactivă : $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$. Puterea activă se măsoară cu wattmetrul, iar puterea aparentă prin metoda ampermetrului şi voltmetrului.

Varmetrul se realizează cu aparate electrodinamice fiind folosit pentru măsurarea puterii reactive. Varmetrele sunt asemănătoare cu wattmetrele dar au în serie cu bobina mobilă în loc de rezistenţa adiţională, o bobină sau un condensator, care introduc un defazaj suplimentar de 90°. $Q=U \cdot I \cdot \sin\varphi$ iar indicaţia aparatului electrodinamic este $\alpha = K \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos(I_1 I_2)$ unde I_1 este intensitatea curentului prin bobina fixă, I_2 este intensitatea curentului prin bobina mobilă.

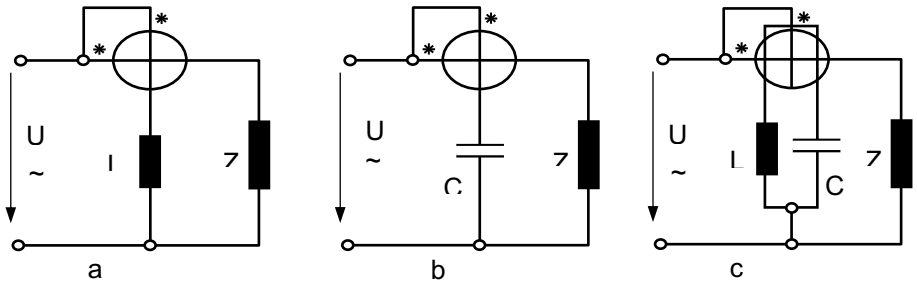

Fig. 4.3. – Varmetre electrodinamice

a – cu bobină adiţională ; b – cu condensator adiţional ; c –

Dacă bobina fixă se montează în serie cu consumatorul, iar bobina mobilă împreună cu o bobină adiţională de inductanţă mare se montează în paralel cu consumatorul (fig. 4.3. a) atunci $I_1=I$; $I_2 = \frac{U}{L\omega}$; iar unghiul de defazaj între I_1 şi I_2 devine 90° - φ, deoarece bobina adiţională

defazează curentul în urma tensiunii cu 90°. În acest caz indicaţia devine: $\alpha = K \cdot I \cdot \frac{U}{L\omega} \cdot \cos(90^\circ - \varphi) = K \cdot \frac{1}{L\omega} \cdot U \cdot I \cdot \sin(\varphi) = \frac{K}{L\omega} \cdot Q$

Relaţia de mai sus arată că în cazul în care în locul rezistenţei adiţionale se montează o bobină adiţională, indicaţia aparatelor electrodinamice este proporţională cu puterea reactivă deci ele funcţionează ca varmetre.

Dacă în serie cu bobina mobilă se montează un condensator de capacitate C (figura 4.3. b) indicaţia devine :

$$\alpha = K \cdot I \cdot U \cdot C\omega \cdot \cos(90^\circ - \varphi) = K \cdot I \cdot U \cdot C\omega \cdot \sin(\varphi) = K \cdot C\omega \cdot Q$$

După cum se observă, şi în cazul bobinei adiţionale şi în cazul condensatorului adiţional, indicaţia depinde de frecvenţă ($\omega=2\cdot\pi\cdot f$). Pentru a se micşora influenţa frecvenţei asupra indicaţiilor, se construiesc varmetre compensate, cu două bobine de tensiune cuplate pe acelaşi ax, una dintre ele în serie cu o bobină, iar cealaltă în serie cu un condensator (fig. 4.3.c). În acest caz se obţine : $\alpha = K\left(\frac{1}{L\omega} + C\omega\right)Q$. La varmetrele compensate, în jurul frecvenţei pentru care este îndeplinită condiţia $LC\omega^2 = 1$, indicaţiile sunt foarte puţin influenţate de frecvenţă.

Montarea varmetrelor în circuit este asemănătoare cu montarea wattmetrelor, fiind necesară montarea bornelor marcate spre sursă. La o montare corectă varmetrul va indica în sensul normal dacă defazajul dintre U şi I este inductiv şi in sens contrar dacă defazajul este capacitiv. În acest ultim caz, se vor inversa bornele uneia dintre bobine.

Standardul de evaluare asociat unităţii de rezultate ale învăţării

Criterii şi indicatori de realizare şi ponderea acestora:

I.Indicatorii de realizare şi ponderea acestora

1. Primirea şi planificarea sarcinii de lucru 35%

2. Reprezentarea schemei electrice a circuitului de c.c. 20%

3. Determinarea mărimilor electrice din circuitul de c.c., prin aplicarea legilor electrotehnicii 40%

4. Alegerea metodelor adecvate de măsurare a mărimilor electrice din circuitul de c.c. 20%

5. Selectarea componentelor de circuit şi aparatelor de măsurat necesare realizării montajului de măsurare 20%

II. Realizarea sarcinii de lucru 50%

Realizarea montajelor de măsurare a mărimilor electrice de c.c. 30%

Efectuarea măsurărilor mărimilor electrice de c.c. şi prelucrarea matematică a rezultatelor obţinute 50%

Calculul erorilor de măsurare 10%

Respectarea normelor de SSM şi PSI specifice lucrărilor executate şi a normelor de protecţia mediului 10%

III.Prezentarea şi promovarea sarcinii realizate 15%

Argumentarea alegerii metodelor şi mijloacelor de măsurare a mărimilor electrice de c.c.

50%

Utilizarea limbajului de specialitate în comunicarea rezultatelor activităţilor desfăşurate

50%

Cunoștințe :

2.1.10. Mijloace de măsurare pentru mărimile electrice (tipuri constructive, marcare, principiu de funcționare, schema bloc generală, scheme de montaj în circuite de măsurare):
- aparate pentru măsurarea intensității curentului electric
- aparate pentru măsurarea tensiunii electrice
- aparate pentru măsurarea rezistenței electrice
- aparate pentru măsurarea puterii electrice
- aparate pentru măsurarea energiei electrice
- aparate combinate pentru masurarea marimilor electrice (multimetre)
- NSSM, norme de protectia mediului specifice operațiilor de măsurare a mărimilor electrice

Abilități:

2.2.12. Selectarea mijloacelor de măsurare în funcţie de mărimea măsurată și caracteristicile metrologice.
2.2.13. Efectuarea reglajelor iniţiale ale aparatelor de măsurat în vederea realizării măsurărilor.
2.2.14. Utilizarea mijloacelor de măsurat electrice pentru măsurarea sau controlul mărimilor electrice
2.2.15. Interpretarea rezultatelor măsurătorilor şi compararea lor cu valorile specificate în documentaţia tehnică.
2.2.16. Calcularea valorilor pentru șunturi / rezistențe adiționale în vederea extinderii domeniului de măsurare.
2.2.17. Aplicarea NSSM şi PSI în realizarea lucrărilor de măsurare.
2.2.18. Utilizarea documentaţiei tehnice pentru executarea operaţiilor de metrologie.
2.2.19. Utilizarea corectă a vocabularului comun şi a celui de specialitate.
2.2.20. Interpretarea documentaţiei tehnice de specialitate într-o limbă de circulație internațională.
2.2.21. Comunicarea/Raportarea rezultatelor activităţilor profesionale desfăşurate.
2.2.22. Utilizarea instrumentelor informatice pentru a produce, prezenta și înţelege informații complexe.

Atitudini :

2.3.1. Colaborarea cu membrii echipei de lucru, în scopul îndeplinirii sarcinilor de la locul de muncă.
2.3.2. Îndeplinirea sarcinilor de lucru cu responsabilitate şi seriozitate.
2.3.3. Conştientizarea importanţei măsurărilor pentru domeniul tehnic.
2.3.4. Respectarea normelor de sănătate şi securitate în muncă.
2.3.5. Înţelegerea necesităţii respectării normelor de calitate.
2.3.6. Manifestarea gândirii critice şi creative în domeniul tehnic.
2.3.7. Adoptarea atitudinii critice şi de reflectare şi folosirea responsabilă a mijloacelor de informare.
2.3.8. Asumarea iniţiativei în rezolvarea unor probleme.
2.3.9. Manifestarea responsabilităţii pentru asigurarea calităţii produselor/serviciilor.