

## 2.7. Energia și puterea electrică

### 2.7.1. Expresiile energiilor și puterilor în circuit

#### 2.7.1.1. Circuitul exterior

Câmpul electric creat de generator determină trecerea prin circuit a unui curent electric. Dacă intensitatea câmpului electric este constantă (în timp), atunci intensitatea curentului este constantă.

La trecerea printr-un consumator a unei sarcini electrice  $Q$ , energia potențială scade cu  $QU$  datorită transferului de energie spre consumator. Energia transmisă consumatorului, în intervalul de timp  $\Delta t$ , este:

$$(2.71) \quad W_{\text{ext}} = U \cdot Q = U \cdot I \cdot \Delta t$$

iar dacă consumatorul este caracterizat numai prin rezistență:

$$(2.72) \quad W_{\text{ext}} = R \cdot I^2 \cdot \Delta t \quad \text{și} \quad W_{\text{ext}} = \frac{U^2}{R} \Delta t.$$

Dacă în (2.72.1) înlocuim intensitatea cu expresia dată de legea lui Ohm pentru întregul circuit, se obține:

$$(2.73) \quad W_{\text{ext}} = \frac{R \cdot E^2}{(R + r)^2} \Delta t$$

Relația (2.73) permite calcularea energiei furnizate circuitului exterior, dacă se cunosc datele *constructive* ale circuitului (parametrii generatorului și ai consumatorului).

#### 2.7.1.2. Circuitul interior

Conform definiției tensiunii interioare (2.7), rezultă:

$$(2.74) \quad W_{\text{int}} = u \cdot Q = u \cdot I \cdot \Delta t$$

Înlocuind în această relație fie  $I$  fie  $u$ , rezultă:

$$(2.75) \quad W_{\text{int}} = r \cdot I^2 \cdot \Delta t \quad \text{și} \quad W_{\text{int}} = \frac{u^2}{R} \Delta t$$

Dacă în (2.75.1) înlocuim intensitatea cu expresia dată de legea lui Ohm pentru întregul circuit, se obține:

$$(2.76) \quad W_{\text{int}} = \frac{r \cdot E^2}{(R + r)^2} \Delta t$$

Relația (2.76) permite calcularea energiei furnizate circuitului interior, dacă se cunosc datele *constructive* ale circuitului (parametrii generatorului și ai consumatorului).



### 2.7.1.3. Circuitul întreg

Din definiția t.e.m., rezultă:

$$(2.77) \quad W_{gen} = E \cdot Q = E \cdot I \cdot \Delta t$$

Înlocuind fie  $E$ , fie  $I$ , din legea lui Ohm pentru întregul circuit, rezultă:

$$(2.78) \quad W_{gen} = (R + r) \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

$$(2.79) \quad W_{gen} = \frac{E^2}{R + r} \Delta t$$

Relația (2.79) permite calcularea energiei furnizate întregului circuit, dacă se cunosc datele *constructive* ale circuitului (parametrii generatorului și ai consumatorului).

Împărțind fiecare dintre relațiile (2.71)...(2.79) la durata  $\Delta t$  a transferului de energie, se obțin puterile respective. Expresiile puterilor în funcție de datele constructive ale circuitului sunt:

$$(2.80) \quad P_{gen} = \frac{E^2}{R + r}; \quad P_{ext} = R \frac{E^2}{(R + r)^2}; \quad P_{int} = r \frac{E^2}{(R + r)^2}$$

Rezultă astfel că, pentru un circuit simplu, poate fi definită mărimea fizică **randament**, asemănător modului în care se definește și pentru diferite mecanisme simple (raportul dintre lucrul mecanic util și lucrul mecanic consumat pentru a produce acel lucru mecanic util).

#### Randamentul circuitului electric simplu ( $\eta$ )

Randamentul unui circuit electric simplu este o mărime fizică egală cu raportul dintre energia utilă din circuit (energia furnizată consumatorului) și energia electrică totală din circuit (energia dată de generator întregului circuit):

$$(2.81) \quad \eta = \frac{W_{ext}}{W_{gen}}$$

Randamentul arată ce *fracțiune* din energia disponibilă în sistem este *utilă*. Randamentul este o mărime adimensională.

Expresia randamentului circuitului electric simplu în funcție de parametrii constructivi ai acestuia se poate obține înlocuind energiile. Rezultă:

$$(2.82) \quad \eta = \frac{R}{R + r}$$

Relația (2.82) confirmă faptul că randamentul este o mărime subunitară. Pentru un generator dat, randamentul crește la creșterea rezistenței consumatorului. Pentru un consumator dat, randamentul crește la micșorarea rezistenței interioare a generatorului.



## 2.7.2. Teorema transferului maxim de putere

Într-un circuit electric simplu, puterea furnizată circuitului exterior este dată de relația (2.80.2):

$$P = \frac{R}{(R + r)^2} E^2$$

Simplificând fracția prin  $R$ , rezultă:

$$(2.83) \quad P = \frac{1}{\left(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}}\right)^2} E^2$$

Se observă că în paranteza de la numitor este o sumă a doi termeni pozitivi, a căror produs este constant. Această sumă este minimă când termenii sunt egali.

### Concluzii

- puterea admite un maxim pentru o anumită valoare a rezistenței consumatorului;
- maximul se obține pentru  $\sqrt{R} = \frac{r}{\sqrt{R}}$ , de unde rezultă:

$$(2.84) \quad R = r$$

- valoarea maximă a puterii transferate circuitului exterior este:

$$(2.85) \quad P_{\max} = \frac{E^2}{4r}$$

Dependența puterii transferate circuitului exterior de rezistența acestuia este reprezentată în figura 2.61.

Atunci când un generator transferă circuitului exterior puterea maximă, randamentul circuitului este de 50 %.

Din grafic se observă că există două valori ale rezistenței exterioare,  $R_1$ , respectiv  $R_2$ , pentru care se obține aceeași putere pe circuitul exterior.



Demonstrează că între valorile  $R_1$ , respectiv  $R_2$ , există relația:

$$(2.86) \quad R_1 R_2 = r^2$$

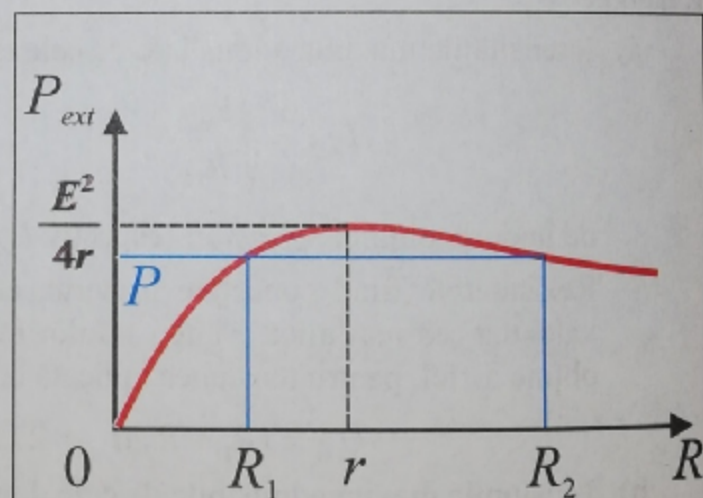


Figura 2.61. Puterea pe circuitul exterior