

DETERMINAREA SARCINILOR ELECTRICE DE CALCUL PRIN METODA NUMERELOR COMPLEXE ȘI PRIN METODA VALORILOR INSTANTANEE

Ion STRATAN, Adrian ROTARU

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: Ideea de bază este aplicarea unei metode noi la determinarea sarcinilor electrice și scoaterea la iveală a proceselor fizice care au loc la tranzitarea energiei electrice. Se compară două metode de calcul a sarcinilor electrice: metoda valorilor instantanee și metoda numerelor complexe. Pentru un exemplu concret, se prezintă, se analizează și se compară rezultatele obținute prin ambele metode.

Cuvinte cheie: sursă de energie, consumator de energie electrică, metoda numerelor complexe, metoda valorilor instantanee, energia transmisișă direct, energia câmpului magnetic.

În prezent, pentru determinarea sarcinilor electrice, se utilizează metoda numerelor complexe. În conformitate cu această metodă transmiterea energiei electrice de la sursă la consumator se prezintă ca două procese independente:

- Transmiterea energiei electrice pentru efectuarea lucrului util și acoperirea pierderilor;
- Circulația energiei reactive care nu efectuează lucru, dar crează câmpul electromagnetic fără de care este imposibilă funcționarea oricărui element din sistemul electroenergetic.

Puterea totală, în conformitate cu această metodă, se prezintă ca suma geometrică a puterii active și a puterii reactive:

$$\underline{S} = P + jQ, VA. \quad (1)$$

Așa o închipuire a transmiterii energiei electrice, când se consideră că putere activă transmisă de sursă direct este egală cu puterea activă a sarcinii, iar toată energia îmagazinată în câmpul magnetic al elementului inductiv se întoarce integral la sursă, duce la denaturarea realității.

Situația când toată energia activă este transmisă consumatorului de la sursă direct este posibilă doar la un factor de putere egal cu unitate ($\cos\varphi=1$).

Situația când toată energia îmagazinată în câmpul magnetic se întoarce înapoi la sursă este posibilă la un $\cos\varphi=0$. Dar această situație este ireală pentru că există pierderi, iar transmiterea nu are sens deoarece nu se efectuează lucru util. În așa fel, închipuirea energiei câmpului magnetic ca fiind reactivă, bazată pe metoda numerelor complexe, nu este fixă și clară.

Se consideră o rețea electrică monofazată ce funcționează la frecvență industrială. Sarcina are un caracter activ-inductiv, valoarea impedenței fiind "Z", iar a unghiului de defazaj "φ".

Valorile momentane a tensiunii și a curentului se consideră:

$$u(t) = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin \omega t, V; \quad i(t) = \sqrt{2} \cdot \frac{U}{Z} \cdot \sin(\omega t - \varphi), A.$$

Valoarea momentană a puterii va fi:

$$p_s(t) = u(t) \cdot i(t) = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin \omega t \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{U}{Z} \cdot \sin(\omega t - \varphi) = \frac{U^2}{Z} [\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi)], W. \quad (1)$$

Puterea consumată de elementul activ poate fi exprimată astfel:

$$p_R(t) = i(t)^2 \cdot R = \left(\frac{U}{Z}\right)^2 \cdot R \cdot [1 - \cos(2\omega t - 2\varphi)], W. \quad (2)$$

Puterea ȳmagazinată ȳn cȳmpul magnetic al inductivității sau cedată de această, poate fi exprimată astfel:

$$p_X(t) = -\left(\frac{U}{Z}\right)^2 \cdot X \cdot \cos(2\omega t - 2\varphi + \frac{\pi}{2}), \text{ W.} \quad (3)$$

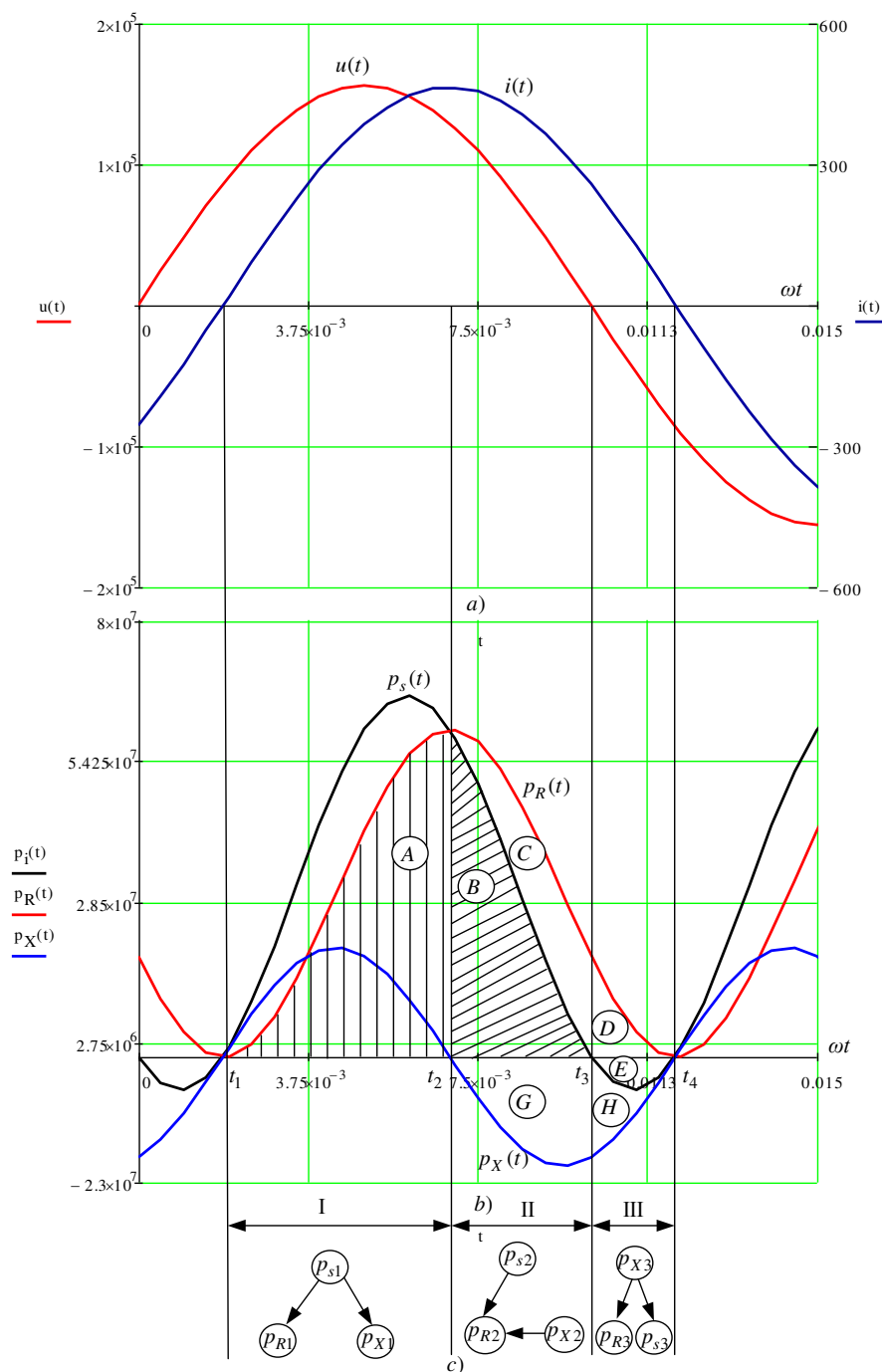


Fig. 1

Graficile valorilor momentane ale tensiunii, curentului și puterilor sunt prezentate ȳn fig.1.

Pentru ilustrarea esenței proceselor ce au loc la transmiterea energiei electrice se va analiza o perioadȳ de modificare a puterii $p_s(t)$ (fig.1,b). Aceastȳ perioadȳ de timp se ȳmparte ȳn trei pȳrți, fiecare din acestea caracterizȳnduse cu un bilanț de puteri individual (fig.1,c).

Primul interval de timp de la t_1 la t_2 constituie jumate din perioada pulsației puterii, adicȳ 0,005 s. ȳn orice moment de timp pe parcursul acestui interval, bilanțul puterilor este :

$$p_{s1} = p_{R1} + p_{X1}, VA. \quad (4)$$

În acest interval de timp, puterea cedată de sursă, se cheltuie parțial la efectuarea lucrului util în elementul activ, iar parțial se îmagazinează în câmpul magnetic al inductivității (fig.1,b). Îmagazinarea energiei în câmpul magnetic se începe și se termină în acest interval de timp.

Bilanțul puterilor arată îndeplinirea strictă a legii conservării energiei. În afară de aceasta, bilanțul puterilor, arată că la crearea energiei câmpului magnetic se cheltuie combustibil, întrucât puterea transmisă de sursă $P_S(t)$ se calculează ca suma algebrică (și nu geometrică) a puterii $p_R(t)$, pentru care se cheltuie combustibil, și a puterii $P_X(t)$, pentru care, reese, la fel se cheltuie combustibil. Cu alte cuvinte, dacă prima parte a sumei algebrice este activă, cealaltă parte nu poate fi reactivă (neactivă).

Al doilea interval de timp de la t_2 la t_3 constituie jumătate de perioadă de pulsație a puterii fără timpul fazei inițiale φ , adică $0.005 - \varphi/\omega$. Acest interval de timp se caracterizează cu un nou bilanț al puterilor:

$$p_{R2} = p_{S2} + |p_{X2}|, VA, \quad (5)$$

care demonstrează că energia consumată de elementul activ în acest interval de timp, se acoperă parțial de la sursă iar parțial din energia îmagazinată în câmpul magnetic al inductivității.

Al treilea interval de timp de la t_3 la t_4 are îndelungarea de timp egală cu defazajului, adică φ/ω , bilanțul puterilor în acest caz este:

$$|p_{X3}| = p_{R3} + |p_{S3}|, VA. \quad (6)$$

În acest interval de timp elementul activ nu poate primi energie direct de la sursă deoarece transmiterea energiei de către sursă s-a terminat în intervalul trecut de timp. De aceea elementul activ, în acest interval de timp, se alimentează total din energia îmagazinată în câmpul magnetic al inductivității. Deoarece energia îmagazinată în câmpul magnetic al inductivității nu se consumă total de către elementul activ, rămășița se întoarce la sursă.

Faptul că elementul activ, în perioada 2 și 3, se alimentează din energia îmagazinată în câmpul magnetic al inductivității demonstrează că aceasta nu este un tip de energie, ci o formă de existență a acesteia, demonstrează că ea participă activ la procesele de schimb a energiei, și nu reactiv. La producerea acestei energii se cheltuie combustibil și resurse, la fel ca la producerea energiei active. În continuare se face evaluarea cantitativă a proceselor de transmitere a energiei electrice, prezentate prin curbele din fig.1,b.

Energia primită de către elementul activ de la sursă prin flux direct va fi (suprafețele hașurate A și B, fig.1,b):

$$W_{Rdr} = W_{R1} + W_{S2} = \int_{t_1}^{t_2} p_R(t)d(t) + \int_{t_2}^{t_3} p_S(t)d(t), J. \quad (7)$$

De aici și din fig.1,b se vede că elementul activ primește prin flux direct de la sursă doar o parte de energie necesară, cealaltă parte de energie se absoarbe din energia îmagazinată în câmpul magnetic al inductivității (suprafețele C și D, fig.1,b):

$$W_{Rrez} = |W_{X2}| + W_{R3} = \left| \int_{t_2}^{t_3} p_X(t)d(t) \right| + \int_{t_3}^{t_4} p_R(t)d(t), J. \quad (8)$$

Cea mai mare parte din energia îmagazinată în câmpul magnetic al inductivității se cheltuie la efectuarea lucrului în elementul activ (suprafața G și H, fig.1,b):

$$W_{Xced} = |W_{X2}| + |W_{X3}| - |W_{S3}| = \left| \int_{t_2}^{t_3} p_X(t)d(t) \right| + \left| \int_{t_3}^{t_4} p_X(t)d(t) \right| - \left| \int_{t_3}^{t_4} p_S(t)d(t) \right|, J. \quad (9)$$

Elementul inductiv întoarce sursei partea neutilizată de energie îmagazinată în câmpul magnetic (suprafața E, fig.1,b):

$$W_{Xcirc} = W_{S3} = \left| \int_{t_3}^{t_4} p_S(t)d(t) \right|, J. \quad (10)$$

Se poate menționa că în al treilea interval de timp pe linie se transmite energia de la sarcină spre sursă, dar nu într-o cantitate egală cu energia îmagazinată în câmpul magnetic, așa cum arată metoda numerelor complexe.

Exemplu de calcul

Se consideră cunoscut:

$$U=220 \text{ V}; f=50 \text{ Hz}; Z=30 \text{ } \Omega; \cos\phi=0,866 (\phi=30^\circ).$$

Rezultatele calculelor sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Marimea calculată	Metoda valorilor instantanee	MNC
Puterea generată, ca indicator al consumului de combustibil	1397,187 W	1397,187 W
Puterea transmisă prin linie în flux direct	1421,8 W	1613,333 VA
Puterea transmisă prin linie în sens invers	23,917 W	806,667 VAr
Puterea transmisă elementului inductiv	256,9 W	806,667 VAr
Partea puterii a elementului inductiv cedată elementului activ	232,983 W	-
Partea puterii a elementului inductiv întoarsă sursei	23,917 W	806,667 VAr
Puterea consumată de elementul activ al sarcinii:	1397,187 W	1397,187 W
- Puterea transmisă direct	1164,27 W	1397,187 W
- Puterea cedată de elementul inductiv	232,983 W	-

Concluzii

1. Metoda numerelor complexe dă o închipuire greșită despre energia câmpului magnetic ca fiind reactivă;
2. Energia câmpului magnetic îmagazinată în elementele rețelei electrice (linii, transformatoare, surse și consumatori) participă activ la procesele de schimb a energiei. De aceea ea nu poate fi considerată reactivă;
3. Energia câmpului magnetic nu este un tip de energie, dar o formă de existență a acesteia. Energia electrică se poate transforma în lucru util, în căldură, în alte feluri de energie utilă (de exemplu, în energie chimică, în frig), iar se poate transforma în energia câmpului magnetic sau electric și din această stare poate trece în lucru util;
4. Din cauza că o parte din energia consumată de sarcină se acoperă din energia îmagazinată în câmpul magnetic al inductivității, fluxul direct de putere activă de la sursă este mai mic decât cel determinat prin metoda numerelor complexe.

Bibliografie

1. I.P. Belaș. *Ănerghia magnitno polea cac sostavleaiușeea polnoi nagruschi.*
2. G.P. Minin. *Reactivnaia moșinosti*, M. 1978.
3. C. Șora. *Bazele electrotehnicii*, București 1982.
4. M. Preda. *Bazele electrotehnicii*, București 1980.
5. L.A. Bessonov. *Teoreticeschie osnovî electrotehnichi*, M. 1993.