



PROBLEME ALE TARIFĂRII ENERGIEI REACTIVE

Prof.dr.ing. Nicolae Golovanov*
Ing. Albert Hermina**

1. Introducere

Stimularea consumatorilor industriali pentru reducerea pierderilor de energie în rețelele electrice datorită circulației de energie reactivă este realizată prin tariful de energie electrică consumată, care cuprinde o componentă privind energia reactivă. Consumatorii trebuie să analizeze costurile cu energia reactivă și să opteze pentru investiția în instalații de producere locală a energiei reactive. Indicatorul utilizat pentru evaluarea consumului de energie reactivă la consumatori este factorul de putere neutral, stabilit în prezent în România la valoarea 0,92.

Pentru ca costurile privind consumul de energie reactivă să ofere semnalele necesare pentru consumatori de a adopta măsuri pentru investiții în instalații de producere locală a acesteia este necesar ca să reflecte corect pierderile reale din rețelele electrice.

Modificările importante în structura sectorului de energie electrică dar și modernizarea tehnologiilor privind utilizarea energiei electrice necesită reanalizarea modului în care sunt luate în considerație pierderile determinate de consumatorii care nu absorb din rețeaua electrică numai energie activă. În prezent, pierderile determinate de circulația curenților deformați, specifici tehnologiilor moderne nu sunt corect luate în considerație în tariful de energie electrică al consumatorilor.

2. Factorul de putere în sistemele trifazate

Factorul de putere definit ca raportul dintre puterea activă trifazată și puterea aparentă trifazată nu poate fi utilizat ca indicator pentru tarifare având în vedere că este o mărime variabilă în timp, pe durata de facturare (15 zile în România) și nici nu are o valoare unică, fiind dependent de modul în care este definit factorul de putere. Echipamentele moderne de măsurare a energiei electrice consumate (contoare numerice de energie electrică) existente pe piață și plasate în instalațiile consumatorului, realizate de firme diferite, în diferite țări, folosesc pentru calculul puterii aparente diferiți algoritmi, ceea ce conduce la valori diferite ale factorului de putere afișat.

Ca exemplu se consideră cazul unui consumator cu un mare număr de sisteme de antrenare cu motoare asincrone mari alimentate cu frecvență variabilă (fig. 1). Analiza datelor din figura 1 pune în evidență faptul că cele două curbe, de tensiune și de curent electric trec, practic simultan, prin valoarea zero. Pot fi definite două valori ale factorului de putere, ca defazare a componentei fundamentale a curentului în raport cu curba de tensiune (practic sinusoidală), $\cos\varphi_1 \cong 1$ ($\varphi_1 = 4$ grade inductiv) și ca raport al puterii active la puterea aparentă $\lambda = P/S = 0,69$. Cele două valori sunt foarte diferite și determină facturi diferite la consumator, în funcție de algoritmul implementat în contorul numeric pentru calculul factorului de putere. De menționat că, de cele mai multe ori se confundă cele două noțiuni, ele având aceeași valoare numai în condițiile unui regim perfect sinusoidal, care nu mai este întâlnit în rețelele electrice actuale.

* Universitatea POLITEHNICA București

** ISPE București

Utilizarea informației privind factorul de putere $\lambda = P/S = 0,69$ pentru dimensionarea unei baterii de condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere poate fi dăunătoare, atât pentru utilizator (din punct de vedere financiar) cât și pentru furnizorul de energie electrică (din punct de vedere funcțional).

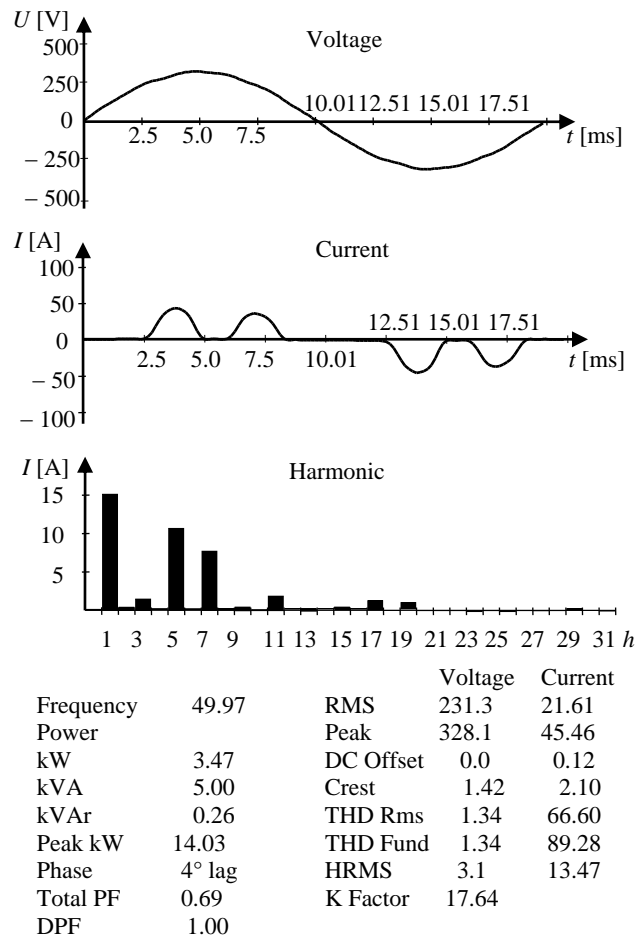


Fig. 1 – Determinarea factorului de putere în circuitul unui receptor nelinear.

În sistemele trifazate cu încărcare nesimetrică sunt întâlnite cel puțin patru definiții ale puterii aparente trifazate, relații implementate în contoarele diferitelor firme.

În figura 2, pentru cazul simplu al mărimilor sinusoidale, este definită puterea aparentă trifazată algebrică S^A și puterea aparentă trifazată geometrică S^G , pentru cazul general al unei încărcări inegale a celor trei faze

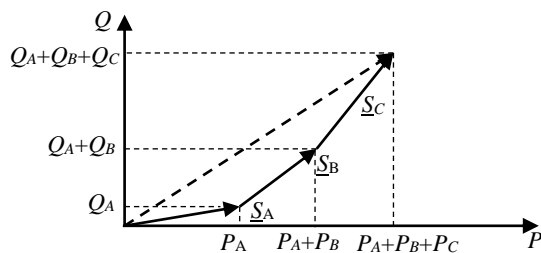


Fig. 2 – Puterea aparentă trifazată.

$$S^A = |\underline{S}_A| + |\underline{S}_B| + |\underline{S}_C|; \tag{1}$$

$$S^G = |\underline{S}_A + \underline{S}_B + \underline{S}_C|.$$

Din relațiile (1) și figura (2) se poate observa faptul că întotdeauna puterea aparentă trifazată algebrică S^A (suma modulelor fazorilor) are o valoare mai mare decât puterea trifazată geometrică S^G (modulul sumei fazorilor).

Având în vedere dificultățile în definirea puterii aparente trifazate, în cazul general al mărimilor distorsionate și nesimetrice, sunt utilizate și următoarele definiții

– puterea aparentă trifazată medie S^{med}

$$S^{med} = 3 \cdot 1,1 \cdot U_{med} \cdot 1,1 \cdot I_{med}, \quad (2)$$

în care

$$U_{med} = \frac{U_A + U_B + U_C}{3}; \quad (3)$$

$$I_{med} = \frac{I_A + I_B + I_C}{3};$$

– puterea aparentă trifazată echivalentă

$$S^e = 3 \cdot U_e \cdot I_e, \quad (4)$$

în care

$$U_e = \sqrt{\frac{U_A^2 + U_B^2 + U_C^2}{3}}; \quad (5)$$

$$I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{3}};$$

Existența unor definiții diferite ale puterii aparente trifazate necesită ca la monitorizarea acestora să fie cunoscut algoritmul implementat în echipamentul utilizat.

De menționat că în prezent, în România, este utilizată valoarea geometrică a puterii aparente, ceea ce, în regimuri nesimetrice determină un factor de putere mai ridicat, cu avantaj pentru consumator și dezavantaj pentru furnizorul de energie electrică.

3. Efecte asupra consumatorului de energie electrică

Tarifarea energiei reactive la consumatorii industriali în România se face pe baza definiției Budeanu a puterii reactive

$$Q^B = \sum_{h=1}^N U_h \cdot I_h \cdot \sin \varphi_h, \quad (6)$$

în care U_h , I_h și $\sin \varphi_h$ sunt mărimi corespunzătoare armonicii de rang h (luate în considerație până la armonica de rang N).

Factorul de putere mediu real, aferent strict consumului de putere reactivă, luat în calculul facturii ar trebui să fie determinat pe baza energiilor active W_a și reactive W_r stabilite pe durata de facturare

$$\lambda^a = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}}, \quad (7)$$

în care puterile active și reactive trifazate rezultă prin adunarea puterilor corespunzătoare pe fiecare fază.

Pentru un consumator real, cu o sarcină dezechilibrată și nelineară, valoarea indicată de relația (7), conduce la o valoare mai mică a facturii (factorul de putere λ^a nu include puterea deformantă și ia în considerație puterea aparentă geometrică, aferentă strict puterii active și reactive), dar nu oferă informații corecte privind investiția necesară pentru reducerea în continuare a facturii prin adoptarea de măsuri pentru producerea locală a puterii reactive și filtrarea armonicilor. Pierderile suplimentare determinate de circulația de armonici în rețele sunt plătite de toți consumatorii, în mod proporțional cu puterea absorbită, indiferent de măsurile adoptate de consumator pentru filtrarea armonicilor produse de funcționarea sa.

Un rol important în evaluarea corectă a informațiilor obținute este cunoașterea algoritmului de calcul al factorului de putere. Acest fapt este necesar deoarece multe dintre contoarele numerice utilizate (mai ales cele proiectate în America) cuprind definiții ale factorului de putere bazate pe puterea aparentă $S = U_{ef} \cdot I_{ef}$ care includ puterea deformantă.

În acest caz factorul de putere $\lambda = \frac{\sqrt{S^2 - P^2}}{S} = \frac{P_c}{S}$ este cu referire la puterea complementară (nonactivă) căreia, de altfel, îi corespund și pierderile suplimentare de energie în rețea care ar trebui minimizate.

4. Efecte asupra operatorilor de transport și distribuție

Existența la consumatori a unor echipamente pentru determinarea factorului de putere bazate pe definiții diferite nu oferă informațiile necesare pentru evaluarea perturbațiilor determinate de fiecare consumator în rețelele electrice. În acest sens, factorul de putere calculat pe baza relației (7) nu ia în considerație impactul consumatorului nelinear asupra pierderilor din rețelele electrice datorate circulației de armonici și a regimurilor nesimetrice.

Informațiile indicate de contoarele de energie electrică, la care nu este cunoscut algoritmul de calcul al echipamentului de monitorizare pot afecta relațiile dintre furnizor și consumator prin dispute asupra valorii facturii.

Tariful pentru energia nonactivă (reactivă plus deformantă) care circulă în rețelele electrice trebuie să aibă în vedere și nivelul de tensiune la care este racordat consumatorul. Desigur că, cu cât tensiunea de racordare este mai înaltă, pierderile datorate consumului puterii nonactive sunt mai reduse iar acest fapt trebuie să fie reflectat în tarif. În prezent, tariful pentru energia reactivă, în România se bazează pe ipoteza că transferul unui kVAr prin rețelele electrice determină o pierdere constantă de putere activă de 0,1 kW, indiferent de nivelul de tensiune la care este conectat consumatorul. Calculele efectuate pentru rețeaua electrică din România, ținând seama de structura de alimentare a consumatorilor IT – MT – JT, arată faptul că un consumator conectat la joasă tensiune, determină pierderi în rețeaua de distribuție de 0,18 kW/kVAr; un consumator conectat în rețeaua de medie tensiune 0,12 kW/kVAr, iar un consumator conectat la înaltă tensiune 0,6 kW/kVAr.

Utilizarea unei valori unice a factorului de putere neutral, implică pentru furnizorul de energie electrică dificultăți importante în special în zonele urbane, în care aportul capacitiv al cablurilor subterane de medie tensiune nu poate fi absorbit de către consumatori, care și-au instalat baterii de condensatoare pentru controlul factorului de putere la valoarea 0,92 și puterea reactivă este transferată în rețeaua de transport. Evaluări făcute la nivelul municipiului București, în care cablurile determină peste 200 MVar, pun în evidență faptul că un factor de putere neutral mai redus ar fi atât în avantajul furnizorului cât și al consumatorului.

5. Concluzii

Facturarea corectă a pierderilor în rețelele electrice determinate de abaterile de la valorile admise ale puterii reactive și ale nivelului de distorsiune generate de către consumatori are un rol important în stabilirea unor relații corecte între furnizori și consumatori.

Dezvoltarea industriei moderne și unele diferențe în definițiile teoretice ale mărimilor cu care se operează în facturarea energiei electrice necesită analiza următoarelor aspecte, însoțite de reglementările corespunzătoare:

- obligarea producătorilor de contoare de energie electrică să indice algoritmul clar pentru calculul mărimilor cu care se operează;

- reglementarea modului în care se iau în considerație în factura de energie electrică indicațiile diferite ale diferitelor tipuri de contoare;
- definirea prin reglementare a factorului de putere (ca raport de puteri sau relativ la defazaj, relația puterii aparente luată în calcul);
- reglementarea, pentru fiecare zonă de consum, a factorului de putere neutral optim pentru a ține seama de structura reală a rețelei electrice și structura consumului și a surselor din zonă;
- definirea instalațiilor pentru controlul factorului de putere (PFC – Power Factor Corrector) ca instalații complexe care asigură absorbția de către consumator a unui curent practic sinusoidal și practic în fază cu tensiunea sinusoidală aplicată;
- includerea în tariful pentru energia nonactivă a diferențelor privind nivelul de tensiune la care este racordat consumatorul;
- analiza posibilității de a trece la facturarea energiei aparente (kVAh) lăsând la latitudinea consumatorului să adopte toate măsurile necesare reducerii facturii pentru energia electrică.

Bibliografie

- [1] Zobaa, A.F., *Comparing Power factor and Displacement Power Factor Corrections Based on IEEE Std. 18-2002*, ICHQP 2004, hpq004.
- [2] J. Wang, R.G. Yang and F.S. Wen, *On the Procurement and Pricing of Reactive Power Service in the Electricity Market Environment*, PESGM 2004 – 001158.