A XIV-a Conferinţă internaţională – multidisciplinară,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2014

ANALIZA PUTERILOR ACTIVE ALE UNUI RECEPTOR TRIFAZAT

Vasile Mircea POPA

THE ACTIVE POWERS ANALYSIS OF A THREE-PHASE LOAD

In this paper we consider a three-phase load and the absorbed powers by it. We define the real unbalanced load, which has a balanced part and an extremely unbalanced part. Using the complex power absorbed by the three-phase load, we make the actiwe powers analysis of it. Also, we construct the energetical diagrams about the active powers circulation and are presented the conclusions. In the end of the paper we indicate the references.

Keywords: three-phase, power complex receiver, active power, generalized symmetrical components, impedance, calculation of symmetrical components Attenuation, energy diagrams
Cuvinte cheie: receptor trifazat, putere complexă, putere activă, impedanţă generalizată, componente simetrice, componente simetrice de calcul ale impedanţelor, diagrame energetice

1. Introducere

În prezenta lucrare se consideră un receptor trifazat dezechilibrat alimentat cu un sistem simetric de tensiuni. Utilizând sistematic metoda componentelor simetrice se ajunge la ideea separării receptorului într-o parte echilibrată şi o parte extrem dezechilibrată generalizată. De asemenea, în acest mod se pot prezenta puterile complexe absorbite de receptor şi se pot deduce din acestea puterile active aferente. Se construiesc diagramele energetice pentru circulaţia puterilor active şi se trag concluzii asupra pierderilor de energie activă

în linia de alimentare a receptorului trifazat dezechilibrat considerat în lucrarea de faţă. Calculul puterii complexe a fost făcut de autor într-o lucrare anterioară, indicată la bibliografie [3].

2. Receptor trifazat

Se consideră receptorul trifazat din figură în conexiune stea cu fir neutru, alimentat cu un sistem simetric direct de tensiuni.

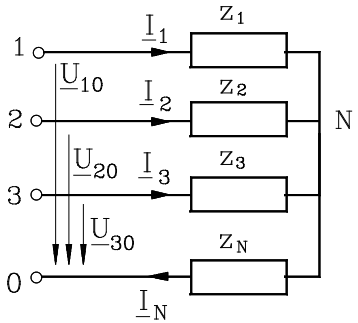

Fig. 1

Receptor trifazat legat în stea, cu fir neutru de impedanţă z_N

Calculând puterile complexe, s-au obţinut o serie de rezultate [3], [4] din care se pot deduce şi puterile active absorbite de receptor. Avem rezultatele arătate în continuare.

3. Puterile active consumate

Analizand expresiile puterilor complexe calculate, rezultă imediat că puterea activă inversă corespunzătoare părţii extrem dezechilibrate este negativă, deci este o putere generată de partea extrem dezechilibarată a receptorului.

Puterile active corespunzătoare componentelor homopolară şi directă pot fi pozitive sau negative.

Relativ la partea echilibrată, puterile active sunt pozitive pe toate cele trei componente.

Pentru impedanţa firului neutru, puterea activă corespunzătoare componentei homopolare poate să fie pozitivă sau negativă (eventual nulă). Există situaţii când această putere este pozitivă (în această situaţie z_N şi z_h au acelaşi argument). Dacă z_N este o rezistenţă pură, de asemenea se poate deduce ca puterea activă corespunzătoare componentei homopolare este pozitivă.

Considerând circulaţia internă a puterilor active se pot reprezenta cele două situaţii cu existenţă fizică (fig. 2, cazurile a şi b).

În figura 2 s-a notat:

- **REDG** = receptor extrem dezechilibrat generalizat;
- **RER** = receptor echilibrat real;
- **N** = impedanţa firului neutru;
- **RDR** = receptor dezechilibrat real.

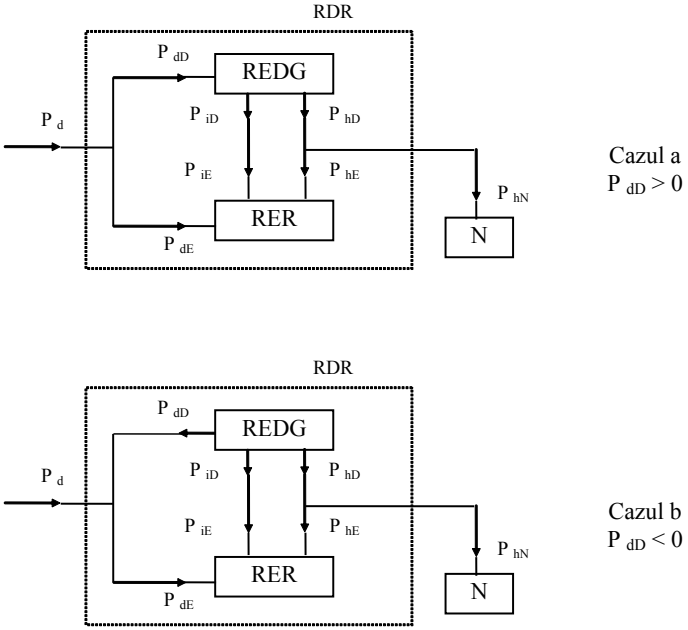

Fig. 2 Diagrama puterilor active pentru receptorul dezechilibrat real (RDR)

Trebuie să facem observaţia că în studiul anterior rezistenţa conductoarelor liniei de alimentare a fost inclusă în partea echilibrată a receptorului dezechilibrat real. Concluzia care rezultă este că receptoarele dezechilibrate sunt surse (cauze) de puteri şi energii de componente homopolare şi inverse care sunt absorbite de receptoarele echilibrate, inclusiv de reţelele de alimentare care pot fi considerate ca fiind de asemenea echilibrate. Consecinţa acestor circulaţii de puteri de componente simetrice este creşterea consumului tehnologic al reţelelor care se adaugă influenţelor negative asupra funcţionării consumatorilor

echilibraţi. Astfel, se ştie că funcţionarea motoarelor asincrone trifazate în regimuri nesimetrice este însoţită de scăderea randamentului şi în general a performanţelor de lucru, datorită apariţiei câmpului magnetic învârtitor invers [3].

Pentru a evidenţia mai clar consumul de putere activă pe linia de transport care alimentează un receptor trifazat dezechilibrat, să considerăm această situaţie în figura 3.

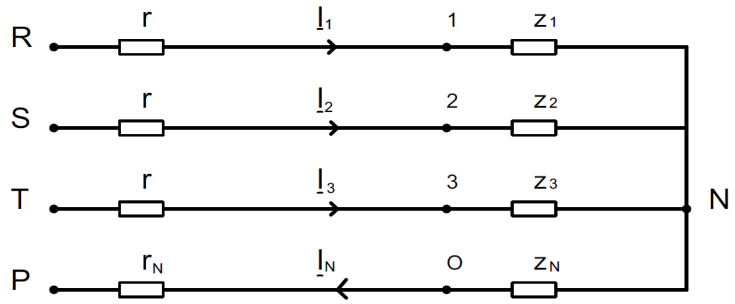

Fig. 3 Receptor dezechilibrat şi linie de transport

Pierderile de putere activă în linia de transport sunt date de relaţia următoare:

$$\Delta P_{ID} = rI_1^2 + rI_2^2 + rI_3^2 + r_N I_N^2 \qquad (1)$$

Să consideram acum un receptor echilibrat alimentat prin aceeaşi linie trifazată.

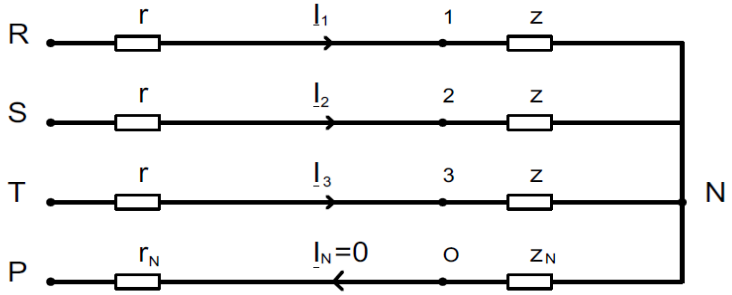

Fig. 4 Receptor echilibrat şi linie de transport

Pierderile de putere activă în linia de transport vor fi date de următoarea relaţie.

$$\Delta P_{lE} = 3rI^2 \qquad (2)$$

unde: $I_1 = I_2 = I_3 = I$ şi $I_N = 0$.

Facem observaţia foarte importantă că în ambele situaţii puterea activă consumată de receptor este aceeaşi şi de asemenea se asigură acelaşi nivel de tensiuni de alimentare la bornele receptorului.

Rezultă din analiza facută anterior şi bazată pe utilizarea coordonatelor simetrice următoarea relaţie:

$$\Delta P_{lE} \leq \Delta P_{lD} \qquad (3)$$

Cu alte cuvinte, pierderile de putere activă pe linia de transport scad pe măsura scăderii gradului de dezechilibru al receptorului. Acestea ajung la valoarea minimă, când receptorul trifazat este perfect echilibrat.

Rezultatul obţinut se poate deduce şi prin alte considerente, fără utilizarea coordonatelor simetrice. Dar, prin utilizarea acestei metode se evidenţiază o serie de aspecte de fineţe asupra fluxurilor de putere activă în receptor şi pe linia de transport.

4. Concluzii

■ În această lucrare se prezintă o analiză a puterilor active absorbite de un receptor trifazat. S-a utilizat descompunerea receptorului trifazat într-un receptor echilibrat real şi unul extrem dezechilibrat generalizat, folosind teoria componentelor simetrice precum şi expresiile puterilor complexe absorbite care au fost calculate în acelaşi context în unele lucrări anterioare.

■ Prezenţa receptorului dezechilibrat determină o absorbţie suplimentară de putere de la generator, care va fi redistribuită în reţea ca putere de nesimetrie, în general nedorită. Prin urmare, receptorul dezechilibrat este un convertor de putere de nesimetrie care primeşte de la generator putere activă de simetrie şi generează în reţea putere activă de nesimetrie. Utilizând mijloace de măsură adecvate, aceste circulaţii de putere pot fi puse în evidenţă experimental.

■ Deci este utilă punerea în evidenţă într-o reţea energetică a receptorilor dezechilibraţi, care produc pierderi suplimentare în linia de transport şi în consumatorii echilibraţi din reţea. În prezent se măsoară numai puterile şi energiile active primite efectiv de consumatori. Astfel, consumatorii echilibraţi sunt dezavantajaţi (în general) primind şi putere de nesimetrie, nedorită de cele mai multe ori. Cresc de asemenea pierderile pe liniile de alimentare (consumuri tehnologice), creşteri care

deşi sunt provocate de receptoarele dezechilibrate, sunt suportate de sistem.

■ Evident, se impune o analiză tehnico-economică riguroasă, bazată pe criterii cantitative obiective. Acestea se încadrează în domeniul calităţii energiei electrice [5].

BIBLIOGRAFIE

[1] Pavel, E., *Noi aspecte ale teoriei receptoarelor trifazate statice dezechilibrate*, Energetica, Vol.37, Nr.11, noiembrie 1989, pag.481-492.

[2] Ţugulea, A., *Consideraţii privind efectele energetice în regimuri armonice nesimetrice ale sistemelor trifazate*; Energetica, Vol.XXXIV, Nr. 3, martie 1986, pag.121-129.

[3] Popa, V.M., *Contribuţii la analiza sistemelor trifazate nesimetrice, cu aplicaţii*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, 1999.

[4] Popa, V.M., *Using Generalized Impedances in the Study of a Real Unbalanced Load*, Proceedings of the 2-nd International Workshop CAD in Electromagnetism and Electrical Circuits CADEMEC 99, 7-9 September 1999, Cluj-Napoca, Romania, volume, pag. 91-94.

[5] Popa, V.M., *Consideraţii privind alimentarea receptorilor trifazaţi*, Sesiunea de comunicări ştiinţifice a Universităţii "Petru Maior", Târgu Mureş, 27-28 octombrie 2000, Volumul 7, Electroenergentică, ISBN 973-8084-19-9, pag. 191-196.

[6] Popa, V.M., *The Energetical Study of the Unbalanced Three-Phased Load*, Conferinţa Naţională cu participare internaţională „Electrotehnica aplicată în eco-reconstrucţia industrială", Sibiu, 23-24 septembrie 2005; Volum, ISBN 973-739-138-1, pag. 144-151.

[7] Popa, V.M., *Receptoare generalizate în electrotehnică*, Editura Universităţii "Lucian Blaga" din Sibiu, Sibiu, 2010, ISBN 978-606-12-0033-7.

[8] Popa, V.M., *Sisteme nesimetrice în electrotehnică*, Editura Universităţii "Lucian Blaga" din Sibiu, Sibiu, 2011, ISBN 978-606-12-0253-9.

[9] Popa, V.M., *Regimuri nesimetrice în electrotehnică*, Editura Universităţii "Lucian Blaga" din Sibiu, Sibiu, 2012, ISBN 978-606-12-0382-6.

[10] Popa, V.M., *Circuite trifazate dezechilibrate*, Editura Universităţii "Lucian Blaga" din Sibiu, Sibiu, 2013, ISBN 978-606-12-0512-7.

Prof. Dr. Ing. Vasile Mircea POPA,
membru AGIR
Universitatea „Lucian Blaga" din Sibiu
Facultatea de Inginerie
Sibiu, str. Emil Cioran nr. 4, cod poştal: 550025
e-mail: popavm@yahoo.com