A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

ASPECTE COMPARATIVE PRIVIND PUNTEA DE DIODE AVÂND O SARCINĂ COMPLEXĂ

Vasile Mircea POPA

COMPARATIVE ASPECTS REGARDING THE DIODE-BRIDGE WITH A COMPLEX LOAD

In this paper we consider a three-phase ideal diode-bridge fed by a non-symmetrical voltage system and with a complex load. Using an analytical method we obtain the Fourier coefficients of serial development for the harmonic currents on both of the DC and AC sides. To demonstrate the usefulness of the analytical method, the results obtained by the analytical method are compared with those obtained by the simulation method, which gives accurate results. The paper considers a three-phase diode-bridge under four particular non-symmetrical supply conditions. The values obtained by the analytical method are near to those obtained by using digital simulation (maximum relative error 1.1% in DC side and 2.6% in AC side). Finally, we draw the conclusions and we indicate the references.

Cuvinte cheie: punte de diode, alimentare nesimetrică, sarcină complexă, simulare pe calculator, compararea rezultatelor obţinute
Keywords: bridge diode, food ne symmetrical, complex power, computer simulation, comparison of the results obtained

1. Introducere

Într-o lucrare anterioară [6] s-a prezentat o metodă analitică pentru studiul punţii de diode având o sarcină complexă. În lucrarea de faţă se prezintă metoda simulării pe calculator şi se face o comparaţie între rezultatele obţinute prin cele două metode. Rezultatele obţinute sunt prezentate sub formă tabelară.

2. Metoda simulării pe calculator

S-a realizat modelarea PSPICE a punţii de diode alimentată cu un sistem nesimetric de tensiuni şi având o sarcină complexă formată dintr-o rezistenţă, o inductanţă şi o tensiune contraelectromotoare.
În figura 1 este prezentată schema electrică a unei punţi trifazate de diode, a sursei, a sarcinii, cu numerotarea corespunzătoare a nodurilor.

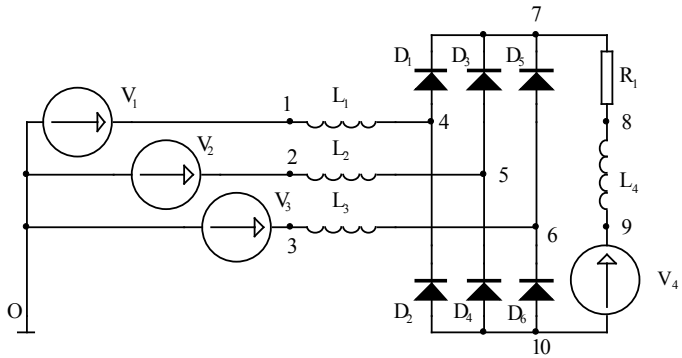

Fig. 1 Puntea de diode cu sarcină complexă, pentru modelarea PSPICE

Folosind modelul prezentat mai sus, s-a făcut analiza PSPICE pentru mai multe cazuri, modelul de lucru fiind asemănător cu cel descris în lucrarea [2].

Interesează în mod deosebit analiza Fourier a curenţilor id, ia, ib, ic. Rezultatele obţinute în urma analizei cu programul PSPICE concordă cu rezultatele obţinute prin metoda analitică prezentată anterior. În continuare, vom prezenta comparativ aceste rezultate.

3. Compararea rezultatelor obţinute prin metoda analitică şi prin metoda simulării pe calculator

S-au analizat prin ambele metode patru cazuri particulare (I – sistemul simetric, II, III, IV – sisteme nesimetrice). Aceste cazuri particulare, respectiv parametrii de circuit sunt redate în tabelul 1, cu notaţiile din figura 1 (modelare PSPICE).
În prima coloană a tabelului sunt prezentaţi parametrii de circuit luaţi în considerare pentru analiza efectuată.
În a doua coloană a tabelului sunt date valorile numerice aferente unui sistem simetric de alimentare (sistem I).

Tabelul 1

Parametrii de circuit	Sistem simetric I	Sistem nesimetric II	Sistem nesimetric III	Sistem nesimetric IV
E_a (V_1) (val. max.)	100 V	100	100	100
E_b (V_2) (val. max.)	100 V	95	100	95
E_c (V_3) (val. max.)	100 V	90	100	90
x_1	0°	0°	0°	0°
x_2	120°	120°	117°	117°
x_3	240°	240°	243°	243°
X_a (X_1)	10 Ω	10	10	10
X_b (X_2)	10 Ω	10	10	11
X_c (X_3)	10 Ω	10	10	9
L_1	0,03184 H	0,03184	0,03184	0,03184
L_2	0,03184 H	0,03184	0,03184	0,03503
L_3	0,03184 H	0,03184	0,03184	0,02866
X_d (X_4)	5 Ω	5	1	5
L_4	0,01592 H	0,01592	0,01592	0,01592
R_d (R_1)	10 Ω	10	10	10
E_d (V_4)	145 V	145	145	145

În a treia coloană a tabelului sunt date valorile numerice aferente unui sistem nesimetric de alimentare (sistem nesimetric II).

În a patra coloană a tabelului sunt date valorile numerice aferente unui sistem nesimetric de alimentare (sistem nesimetric III).

În a cincea coloană a tabelului sunt date valorile numerice aferente unui sistem nesimetric de alimentare (sistem nesimetric IV).

Rezultatele obţinute sunt prezentate în tabelele 2, 3, 4 şi 5.

Ele se referă atât la partea de curent continuu, cât şi de alternativ. Se observă erorile relative respective.

Tabelul 2

Sistem simetric I	Frecvenţa (Hz)	Componenta Fourier	Metoda analitică (A)	Metoda simulării pe calculator (A)	Eroare relativă %
i_d ($I(R_1)$)	0	I_d	0,9161	0,9101	0,7
	100	$\sqrt{2}I_{d2}$	-	-	-
	200	$\sqrt{2}I_{d4}$	-	-	-
	300	$\sqrt{2}I_{d6}$	0,0975	0,0965	1
	400	$\sqrt{2}I_{d8}$	-	-	-
i_a ($I(V_1)$)	0	I_a	-	-	-
	50	$\sqrt{2}I_{a1}$	1,0140	1,0040	1
	150	$\sqrt{2}I_{a3}$	0,0094	0,0096	-2
	250	$\sqrt{2}I_{a5}$	0,2075	0,2050	1,2
	350	$\sqrt{2}I_{a7}$	0,0731	0,0714	2,3
i_b ($I(V_2)$)	0	I_b	-	-	-
	50	$\sqrt{2}I_{b1}$	1,0140	1,0040	1
	150	$\sqrt{2}I_{b3}$	0,0094	0,0096	-2
	250	$\sqrt{2}I_{b5}$	0,2075	0,2050	1,2
	350	$\sqrt{2}I_{b7}$	0,0731	0,0714	2,3
i_c ($I(V_3)$)	0	I_c	-	-	-
	50	$\sqrt{2}I_{c1}$	1,0140	1,0040	1
	150	$\sqrt{2}I_{c3}$	0,0094	0,0096	-2
	250	$\sqrt{2}I_{c5}$	0,2075	0,2050	1,2
	350	$\sqrt{2}I_{c7}$	0,0731	0,0714	2,3

Tabelul 3

Sistem nesimetric II	Frecvenţa (Hz)	Componenta Fourier	Metoda analitică (A)	Metoda simulării pe calculator (A)	Eroare relativă %
i_d ($I(R_1)$)	0	I_d	0,5109	0,5084	0,5
	100	$\sqrt{2}I_{d2}$	0,1060	0,1065	- 0,5
	200	$\sqrt{2}I_{d4}$	0,0197	0,0195	1
	300	$\sqrt{2}I_{d6}$	0,0810	0,0815	0,6
	400	$\sqrt{2}I_{d8}$	0,0112	0,0111	0,9
I_a ($I(V_1)$)	0	I_a	-	-	-
	50	$\sqrt{2}I_{a1}$	0,6362	0,6282	1,2
	150	$\sqrt{2}I_{a3}$	0,0250	0,0254	-1,5
	250	$\sqrt{2}I_{a5}$	0,1261	0,1238	1,8
	350	$\sqrt{2}I_{a7}$	0,0481	0,0469	2,6
i_b ($I(V_2)$)	0	I_b	-	-	-
	50	$\sqrt{2}I_{b1}$	0,5455	0,5333	2,2
	150	$\sqrt{2}I_{b3}$	0,0741	0,0732	1,2
	250	$\sqrt{2}I_{b5}$	0,1469	0,1432	2,6
	350	$\sqrt{2}I_{b7}$	0,0357	0,0362	-1,4
i_c ($I(V_3)$)	0	I_c	-	-	-
	50	$\sqrt{2}I_{c1}$	0,5261	0,5240	0,4
	150	$\sqrt{2}I_{c3}$	0,0621	0,0629	-1,2
	250	$\sqrt{2}I_{c5}$	0,1351	0,1330	1,5
	350	$\sqrt{2}I_{c7}$	0,0252	0,0246	2,4

Tabelul 4

Sistem nesimetric III	Frecvenţa (Hz)	Componenta Fourier	Metoda analitică (A)	Metoda simulării pe calculator (A)	Eroare relativă %
i_d ($I(R_1)$)	0	I_d	0,9136	0,9086	0,6
	100	$\sqrt{2}I_{d2}$	0,1230	0,1223	0,6
	200	$\sqrt{2}I_{d4}$	0,0242	0,0244	-0,8
	300	$\sqrt{2}I_{d6}$	0,0931	0,0921	1,1
	400	$\sqrt{2}I_{d8}$	0,0117	0,0116	0,8
i_a ($I(V_1)$)	0	I_a	-	-	-
	50	$\sqrt{2}I_{a1}$	0,9236	0,9145	1
	150	$\sqrt{2}I_{a3}$	0,0289	0,0286	1
	250	$\sqrt{2}I_{a5}$	0,2151	0,2177	-1,1
	350	$\sqrt{2}I_{a7}$	0,0525	0,0519	1,1
i_b ($I(V_2)$)	0	I_b	-	-	-
	50	$\sqrt{2}I_{b1}$	1,0776	1,0670	1
	150	$\sqrt{2}I_{b3}$	0,0608	0,0598	1,6
	250	$\sqrt{2}I_{b5}$	0,1902	0,1865	2
	350	$\sqrt{2}I_{b7}$	0,0825	0,0805	2,5
i_c ($I(V_3)$)	0	I_c	-	-	-
	50	$\sqrt{2}I_{c1}$	1,0241	1,0140	1
	150	$\sqrt{2}I_{c3}$	0,0852	0,0867	-1,7
	250	$\sqrt{2}I_{c5}$	0,2073	0,2035	1,8
	350	$\sqrt{2}I_{c7}$	0,0702	0,0684	2,6

Tabelul 5

Sistem nesimetric IV	Frecvenţa (Hz)	Componenta Fourier	Metoda analitică (A)	Metoda simulării pe calculator (A)	Eroare relativă %
i_d ($I(R_1)$)	0	I_d	0,5028	0,4998	0,6
	100	$\sqrt{2}I_{d2}$	0,0483	0,0486	- 0,6
	200	$\sqrt{2}I_{d4}$	0,0685	0,0068	0,7
	300	$\sqrt{2}I_{d6}$	0,0850	0,0842	0,9
	400	$\sqrt{2}I_{d8}$	0,00425	0,0043	-1,1
i_a ($I(V_1)$)	0	I_a	-	-	-
	50	$\sqrt{2}I_{a1}$	0,5749	0,5687	1
	150	$\sqrt{2}I_{a3}$	0,0310	0,0304	1,9
	250	$\sqrt{2}I_{a5}$	0,1250	0,1264	-1,1
	350	$\sqrt{2}I_{a7}$	0,0413	0,0403	2,5
i_b ($I(V_2)$)	0	I_b	-	-	-
	50	$\sqrt{2}I_{b1}$	0,5740	0,5667	1,3
	150	$\sqrt{2}I_{b3}$	0,0302	0,0295	2,3
	250	$\sqrt{2}I_{b5}$	0,1293	0,1323	-2,2
	350	$\sqrt{2}I_{b7}$	0,0423	0,0412	2,6
i_c ($I(V_3)$)	0	I_c	-	-	-
	50	$\sqrt{2}I_{c1}$	0,5280	0,5177	2
	150	$\sqrt{2}I_{c3}$	0,0093	0,0091	2,2
	250	$\sqrt{2}I_{c5}$	0,1419	0,1423	-0,3
	350	$\sqrt{2}I_{c7}$	0,0343	0,0335	2,4

4. Concluzii

■ În această lucrare se prezintă o metodă de simulare pe calculator pentru studiul punţii de diode alimentate nesimetric şi avînd o sarcină complexă.

■ S-au calculat prin metoda analitică [6] curenţii pentru partea de curent continuu şi pentru partea de curent alternativ. Calculele au o mare acurateţe, iar rezultatele finale obţinute în [6] au fost verificate prin comparaţie cu cele provenind din modelarea pe calculator (PSPICE).

■ Aspectele comparative sunt prezentate tabelar.

BIBLIOGRAFIE

[1] Sakui, M., Fujita, H., *Calculation of harmonic currents in a three-phase convertor with unbalanced power supply conditions*; IEE Proceedings-B, Vol.139, No.5, September 1992, pag. 478-484.

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

[3] Popa, V.M., Roşca, P., *Metodă analitică pentru studiul punţii de diode alimentată nesimetric*, A doua Conferinţă Internaţională de Sisteme Electromecanice, Chişinău, 8-9 octombrie 1999, Volumul I, pag. 225-228.

[4] Popa, V.M., Popescu, L., *Măsurători experimentale privind puntea de diode alimentată nesimetric*, A treia Conferinţă Internaţională de Sisteme Electromecanice şi Energetice SIELMEN - 2001, Chişinău, 4-6 octombrie 2001, volumul III, ISBN 9975-9638-8-9.

[5] Popa, V.M., *Sisteme nesimetrice în electrotehnică*, Editura Universităţii „Lucian Blaga” din Sibiu, Sibiu, 2011, ISBN 978-606-12-0253-9, monografie tehnică, 150 pag.

[6] Popa, V.M., *Metodă analitică pentru studiul punţii de diode având o sarcină complexă*, Lucrările celei de A XII-a Conferinţe Naţionale multidisciplinare – cu participare internaţională – „Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii româneşti”, Sebeş, 1-2 iunie 2012; Volumul „Ştiinţă şi Inginerie” (vol. 21), ISSN 2067-7138.

[7] Popa, V.M., *Regimuri nesimetrice în electrotehnică*, Editura Universităţii „Lucian Blaga” din Sibiu, Sibiu, 2012, ISBN 978-606-12-0382-6, monografie tehnică, 194 pag.

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