

BROCIEK Wiesław, WILANOWICZ Robert

SYMULACJA PRACY UKŁADU: OBWÓD ZASILAJĄCY - PRZEKSZTAŁTNIK SZEŚCIOPULSOWY

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki modelowania i symulacji pracy podstacji trakcyjnej . Analizowany obwód zawiera Główny Punkt Zasilający ,linię napowietrzną 15 kV przeksztaltnik 6-ścio pulsowy oraz obciążenie . Zaproponowany model bardzo dobrze opisuje zjawiska wywołane pracą podstacji trakcyjnej na jakość energii elektrycznej w systemie elektroenergetycznym.

WSTĘP

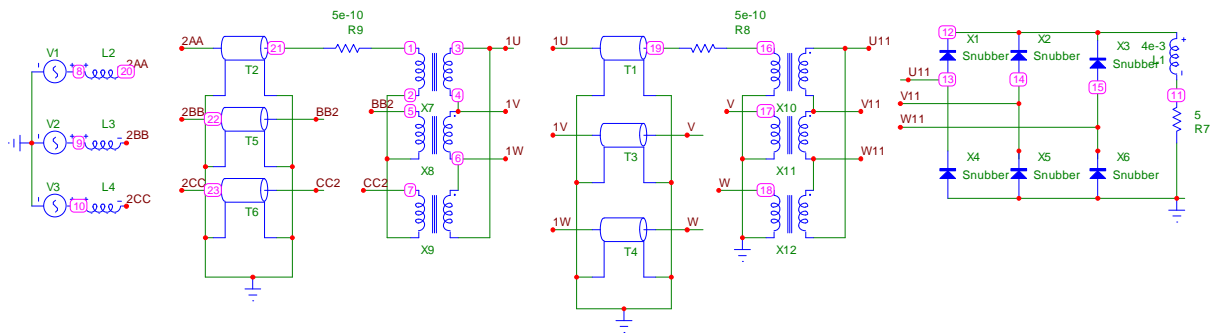
Celem pracy jest opis ilościowy i jakościowy zjawisk zachodzących w systemie elektroenergetycznym związanych z pracą odbiorników nieliniowych które wymuszając przepływ niesinusoidalnego prądu powodują odkształcenie krzywej napięcia, przykładem tego typu odbiornika są podstacje trakcyjne.

W celu przeprowadzenia analizy odkształcenia prądu i napięcia w układzie zasilającym podstacje wykonano symulację cyfrową dla typowych powszechnie stosowanych w układów z 6-ścio pulsowym prostownikiem. Modele obwodowe elementów układów opracowano przy wykorzystaniu pakietu symulacyjnego Micro-Cap.

1. OPIS MODELOWANEGO UKŁADU

Obliczenia wykonano dla układu:

- Główny Punkt Zasilający (GPZ)
- linia 110 kV (50 km)
- transformator 110 kV/15 kV
- linia 15 kV(10 km)
- transformator prostownikowy
- przeksztaltnik sześciopulsowy
- obciążenie



Rys. 1. Schemat analizowanego układu

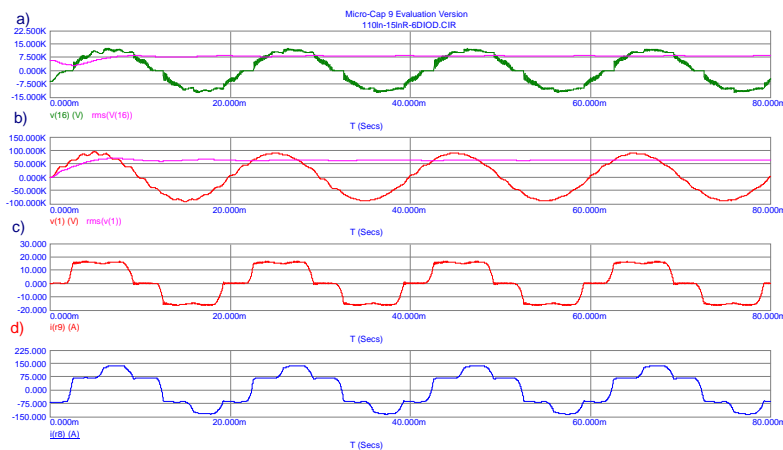
Rezystory R8 i R9 o znikomo małej wartości służą do wyznaczania wartości chwilowych prądu płynącego przez linie 110 kV oraz linie 15 kV. Porównanie otrzymanych przebiegów pokazuje wpływ transformatora na kształt w/w prądów. Ponadto wykonano obliczenia odkształceń prądów i napięć w różnych punktach układu obliczając procentową zawartość wyższych harmonicznych wg. wzoru:

U_{sk} - wartość skuteczna k-tej harmonicznej

$$U_{sk} = \sqrt{\sum_{k=1}^{25} U_k^2} \quad U_k \% = \frac{U_k}{U_{sk}} \cdot 100\%$$

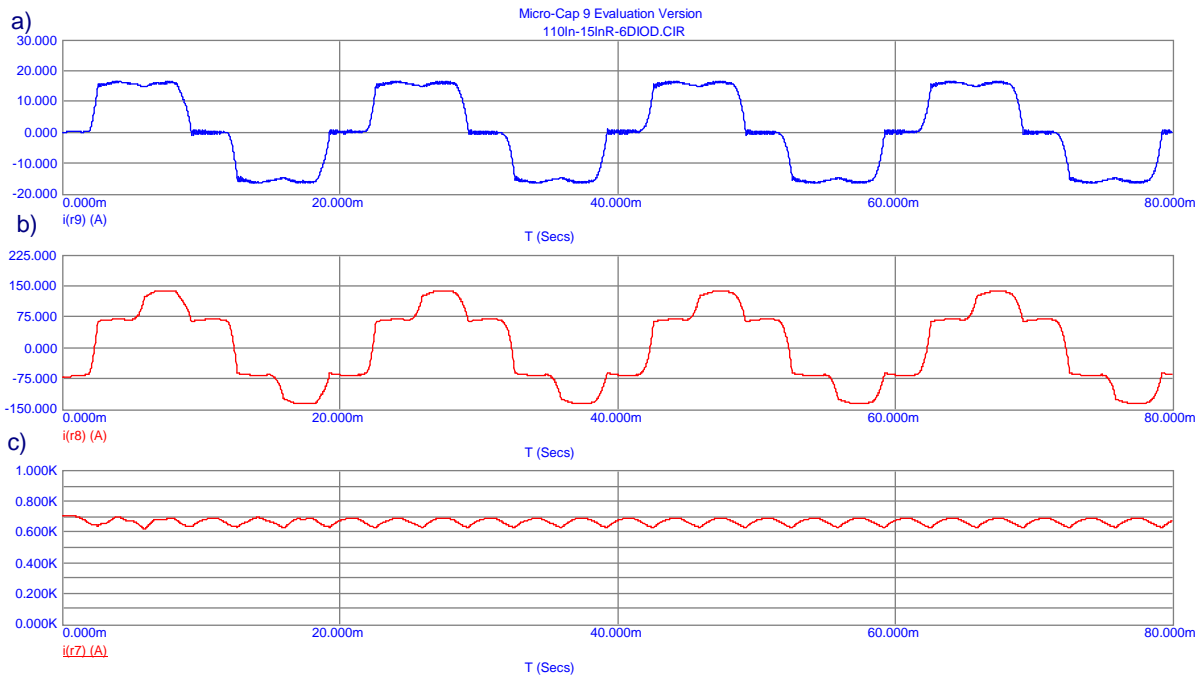
Współczynnik THD% (total harmonics distortion)

$$THD \% = \sqrt{\sum_{k=2}^{25} U_k \%}$$



Rys. 2. Wyniki analizy czasowej (transient) układu:

- wartość chwilowa i skuteczna napięcia fazy linii 15 kV
- wartość chwilowa i skuteczna napięcia fazy linii 110 kV
- wartość chwilowa prądu płynącego przez linię 110 kV
- wartość chwilowa prądu płynącego przez linię 15 kV



Rys. 3. Wartości chwilowe prądów:

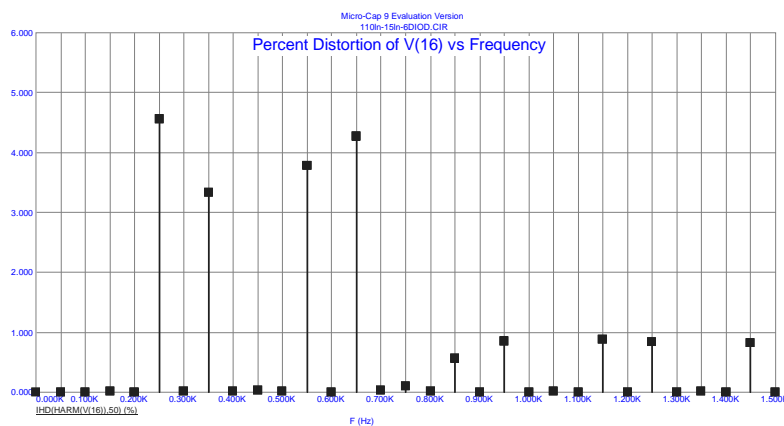
- a) linia 110 kV
- b) linia 15 kV
- c) prąd obciążenia

Przebiegi przedstawione na rys.2 i rys.3 w pełni potwierdzają poprawność zaproponowanego modelu i pozwalają na analizę wpływu różnych parametrów obwodu na propagację wyższych harmonicznych w systemie elektroenergetycznym współpracującym z tego typu przekształtnikiem.

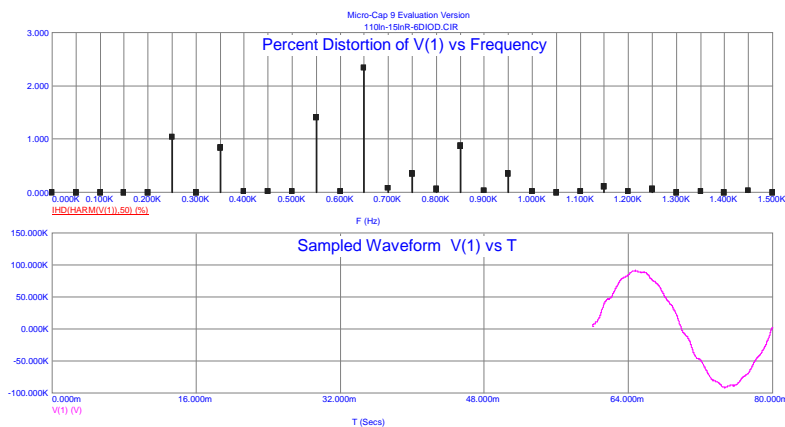
Zakładając parametry jednostkowe linii elektroenergetycznych:

- linia napowietrzna 110 kV słupy B2 s = 240 mm² R_l [Ω/km] = 0.1225
- L_l [H/km] = 0.0013 C_l [F/km] = 8.962e-9
- linia napowietrzna 15 kV słupy ŻN 12 s = 120 mm² R_l [Ω/km] = 0.245
- L_l [H/km] = 0.0012 C_l [F/km] = 9.707e-9

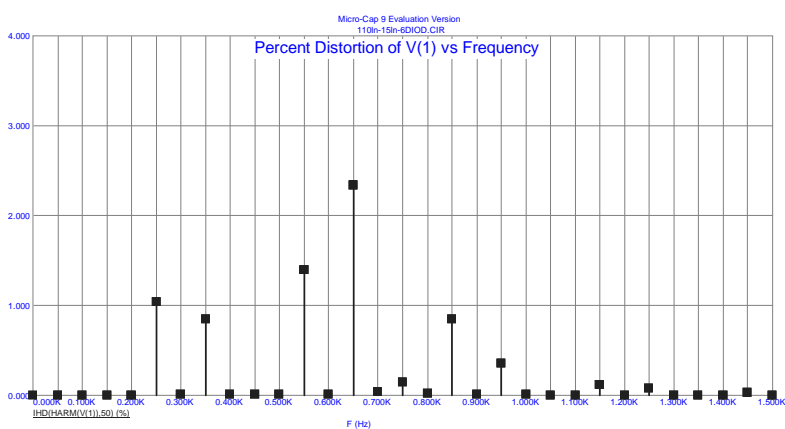
obliczono zawartość procentową wartości skutecznych wyższych harmonicznych napięcia w różnych punktach układu



Rys. 4. Procentowa zawartość wyższych harmonicznych napięcia fazowego linii 15 kV



Rys. 5. Zawartość procentowa wyższych harmonicznych napięcia linii 110 kV oraz wartość chwilowa analizowanego okresu.



Rys. 6. Procentowa zawartość wyższych harmonicznych napięcia fazowego linii 110 kV

Zbiorcze wyniki przeprowadzonych obliczeń przedstawiono w tabelicy 1

Tab.1. Procentowa zawartość wyższych harmonicznych napięcia

U _k [%]	Rząd harmonicznej								THD [%]
	5	7	11	13	17	19	23	25	
Linia 15 kV	4,6	3,4	3,85	4,3	0,6	0,92	0,95	0,92	8,3
Linia 110 kV	1,05	0,92	1,45	2,28	0,91	0,35	0,16	0,15	3,2

PODSUMOWANIE

Zaprojektowane układy dobrze opisują istotne zjawiska związane z wpływem trakcji elektrycznej zasilanej z krajowego systemu elektroenergetycznego na jakość energii elektrycznej w pobliżu GPZ z którego zasilana jest podstacja. Porównanie kształtu prądów płynących w trójfazowym układzie zasilającym w przypadku zastosowania przekształtnika sześciopulsowego potwierdza poprawność zaproponowanych modeli.

Wykorzystanie modeli do analizy zjawisk powodowanych pracą przekształtników pozwala na rozpatrzenie wielu wariantów zasilania i obciążania przekształtnika. Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki.

BIBLIOGRAFIA

1. W.Brociek, R.Wilanowicz, „Ocena korelacji między wybranymi parametrami jakości energii elektrycznej w układach nieliniowych”, XXVIII IC-SPETO 2005, Gliwice-Ustroń 2005, pp 325-328.
2. W.Brociek, R.Wilanowicz, K. Siwek „, Electric power quality parameters in transformer station supplying nonlinear load” Przegląd Elektrotechniczny 2’ 2005 pp 29-32
3. W.Brociek Z.Filipowicz R.Wilanowicz Estimation of higher voltage and current harmonics generated by nonlinear load Przegląd Elektrotechniczny nr.1/2010
4. A Szelaż , “Zagadnienia analizy i projektowania systemu trakcji elektrycznej prądu stałego z zastosowaniem technik modelowania i symulacji.” ZN Elektryka PW, Oficyna Wydawnicza PW Zeszyt 123/2002
5. K. Mikołajuk S Kwiczak “ Optimization methods for current harmonics estimation “ VI International Workshop “ Computational Problems of Electrical Engineering “ CPEE 2004 pp 213-216

SIMULATION OF CIRCUIT OPERATION: POWER SUPPLY SYSTEMS – SIX PULSE CONVERTER

Abstract

The paper presents the results of modeling & simulation of the influence of the rectifier network on the supply sources in the traction systems. The analyzed system includes Point of Common Coupling, 15 kV overhead line, 6-pulse converter and load. The simulated models describe well most important phenomena occurring in the traction systems and its influence on the quality of energy of the power supplying system.

Autorzy:

Wiesław BRODIEK – Politechnika Warszawska

Robert WILANOWICZ - Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu