

## KOMPUTEROWA ANALIZA PRACY UKŁADÓW PROSTOWNICZYCH WYKORZYSTANYCH W PRZEMYŚLE ROLNO-SPOŻYWCZYM

Marek Ścibisz, Piotr Ścibisz

*Katedra Podstaw Techniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

**Streszczenie.** W artykule opisano możliwość wykorzystania programu multiSim do analizy uszkodzeń układów prostowniczych stosowanych w przemyśle rolno-spożywczym. Opisano zaprojektowane w programie multiSim typowe układy prostowników trójfazowych i jednofazowych oraz przedstawiono wygenerowane w tym programie przebiegi wyjściowe przy braku uszkodzeń elementów prostowniczych jak i przy uwzględnieniu typowych ich uszkodzeń. Wyniki symulacyjne zostały porównane z przebiegami otrzymanymi w rzeczywistych układach. Badania potwierdziły przydatność stosowania programu symulacyjnego, ale również wykazały ograniczenia w jego wykorzystaniu.

**Słowa kluczowe:** technika komputerowa, układy prostownicze, przemysł rolno-spożywczy

### Wprowadzenie

W obecnych rozwiązaniach linie technologiczne w przemyśle rolno-spożywczym opierają się na wykorzystaniu mikroprocesorowych urządzeń sterujących. Tego typu elementy w większości przypadków do prawidłowego funkcjonowania wymagają zasilania ze źródła prądu stałego. Źródłem takiego typu są ogniwa chemiczne. Jednak mają one ograniczoną pojemność. Stąd do ciągłego zasilania wygodniej jest wykorzystywać zasilacze, będące przetwornikami prądu zmiennego na prąd stały (wyprostowany). Takie przetwarzanie umożliwiają tzw. prostowniki. Są to typowe układy wykorzystujące własności złącza p-n. Układy te zasilane są z gniazd instalacji energetycznej niskiego napięcia [Horowitz, Hill 1997].

Prawidłowa współpraca układów prostowniczych z zasilanymi urządzeniami wymaga wytwarzania przez nie energii elektrycznej o określonych parametrach. Do najważniejszych należą napięcie i natężenie prądu. Niezachowanie minimalnych dopuszczalnych wartości tych parametrów skutkuje wadliwym działaniem lub wyłączeniem układu sterującego, a tym samym i obsługiwanej linii technologicznej. Podobnie przekroczenie wartości parametrów nominalnych może spowodować uszkodzenie elementów elektronicznych w sterownikach.

Najczęstszą przyczyną wadliwego funkcjonowania układów zasilających jest uszkodzenie elementu półprzewodnikowego (diody).

Prostym sposobem diagnostyki tego typu uszkodzenia jest obserwacja przebiegów na oscyloskopie dołączonym do wyjścia prostownika. Ocena uszkodzenia w takich przypadkach odbywa się na podstawie porównania otrzymanych przebiegów ze wzorcami dla prawidłowo pracującego układu oraz dla wybranych przypadków uszkodzeń.

Do stworzenia wzorców przebiegów pozwalających na identyfikację uszkodzeń elementów prostowniczych można wykorzystać układy rzeczywiste, ale również układy zbudowane w programach symulacyjnych. Ten drugi sposób jest metodą nieinwazyjną, co pozwala uniknąć uszkodzeń w trakcie prowadzonych badań.

## **Cel i zakres badań**

Celem pracy jest ocena możliwości wykorzystania programu symulacyjnego multiSim do analizy pracy układów prostowniczych stosowanych w liniach technologicznych w przemyśle rolno-spożywczym.

Badaniom poddane były :

1. prostownik mostkowy trójfazowy,
2. prostownik mostkowy jednofazowy.

Badania obejmowały zaprojektowanie w programie multiSim typowych układów prostowników trójfazowych i jednofazowych oraz wygenerowanie w tym programie przebiegów wyjściowych przy braku uszkodzeń elementów prostowniczych jak i przy uwzględnieniu typowych ich uszkodzeń.

Otrzymane wyniki zostały zweryfikowane na podstawie porównania z oscylogramami otrzymanymi z rzeczywistych układów.

### **Program symulacyjny multiSim**

MultiSIM jest jednym z najpopularniejszych narzędzi do projektowania i analizy obwodów elektronicznych [National Instruments 2010]. Oprogramowanie to dostarcza wszystkich zaawansowanych funkcji potrzebnych w procesie projektowania układów elektronicznych od fazy specyfikacji do etapu produkcji.

Program symulacyjny multiSim jest programem graficznym. Umożliwia zatem analizę pracy układów elektronicznych na podstawie schematów elektrycznych. W programie schematy te są automatycznie zamieniane na układy równań i po rozwiązaniu wyniki obliczeń są prezentowane ponownie w postaci graficznej (obrazy mierników, oscyloskopów czy wyświetlaczy) [Ścibisz, Kapica 2007].

Symulacja pracy polega na zastąpieniu symboli elementów odpowiadającymi im modelami matematycznymi, a następnie utworzeniu układu równań pozwalających wyliczyć wartości rozprężu prądu i rozkładu napięć.

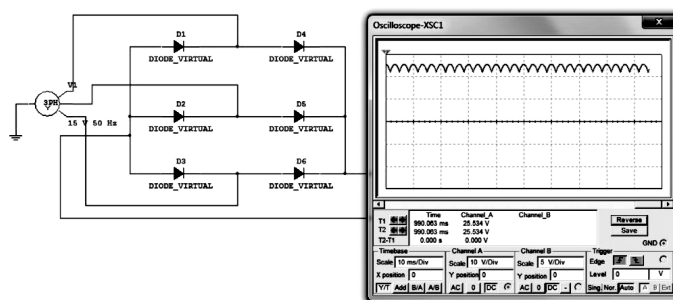
Ogólny algorytm komputerowy stosowany w analizie układów elektrycznych oparty jest o sformułowanie macierzowego równania równowagi. Do jego zapisu stosowane są m.in. metoda węzłowa czy metoda oczkowa.

Program multiSim wykorzystuje do analizy metodę potencjałów węzłowych.

## Symulacja pracy układów prostowniczych

### *Prostownik mostkowy trójfazowy*

Do stworzenia układu prostownika trójfazowego wykorzystano źródło prądu trójfazowego sinusoidalnie zmiennego połączone w gwiazdę oraz 6 diod prostowniczych. Schemat zrealizowanego układu symulacyjnego oraz przebieg napięcia wyjściowego sprawnego prostownika przedstawiono na rysunku nr 1.

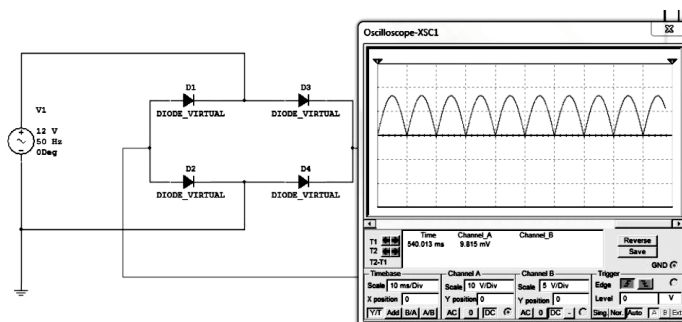


Rys. 1. Schemat układu prostownika i przebieg czasowy napięcia wyjściowego w układzie prostownika trójfazowego mostkowego bez uszkodzeń elementów wykonawczych  
 Fig. 1. Diagram of a rectifier and output voltage time course in a three-phase bridge rectifier with no executive elements damaged

W następnym etapie zostało zasymulowane uszkodzenie diod prostowniczych.

### *Prostownik mostkowy jednofazowy*

W układzie prostownika pełnookresowego zastosowano źródło prądu sinusoidalnie zmiennego oraz cztery diody połączone w układzie mostka Graetza. Schemat tak zrealizowanego układu prostowniczego oraz przebieg napięcia wyjściowego sprawnego układu prostowniczego przedstawiono na rysunku nr 2.



Rys. 2. Schemat układu prostownika i przebieg czasowy napięcia wyjściowego w układzie prostownika jednofazowego mostkowego bez uszkodzeń elementów wykonawczych  
 Fig. 2. Diagram of a rectifier and output voltage time course in a one-phase bridge rectifier with no executive elements damaged

Następnie poddano analizie układ z uszkodzeniem jednej z diod. W celu weryfikacji otrzymanych przebiegów wykonano badania porównawcze z układami rzeczywistymi.

### Stanowisko badawcze

Weryfikację badań symulacyjnych umożliwia porównanie wyników obliczeń komputerowych z pomiarami przeprowadzonymi w układach rzeczywistych. Badania doświadczalne przeprowadzono na stanowisku laboratoryjnym w Zakładzie Elektrotechniki i Systemów Pomiarowych Katedry Podstaw Techniki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

### Weryfikacja wyników badań doświadczalnych i symulacyjnych układów prostowniczych.

W celu weryfikacji wyników symulacji pracy układów prostowniczych porównano przebiegi wygenerowane na oscyloskopie wirtualnym z oscylogramami otrzymanymi w układach rzeczywistych.

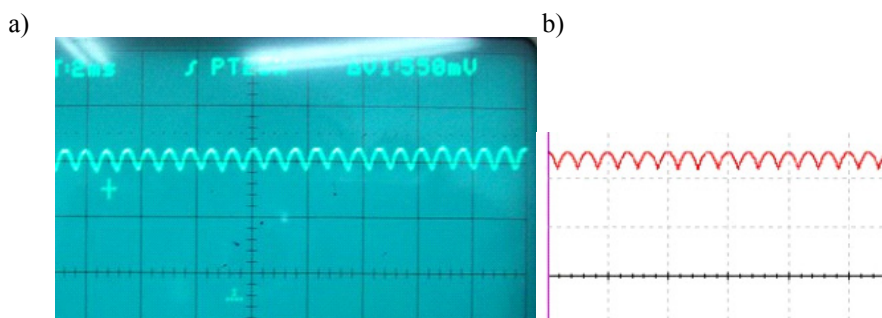
Zestawienie przebiegów dla prostownika trójfazowego przedstawiono na rysunkach nr 3 i 4.

Zaprezentowane wyniki obejmują najprostsze uszkodzenia, jednak pozwalają na przedstawienie podobieństw uzyskanych przebiegów doświadczalnych i symulacyjnych. W podobny sposób dokonano analizy pracy prostownika trójfazowego w przypadku uszkodzenia:

1. dwóch diod dodatnich lub ujemnych,
2. dwóch diod zasilanych z tej samej fazy,
3. diody dodatniej i ujemnej zasilanych z różnych faz.

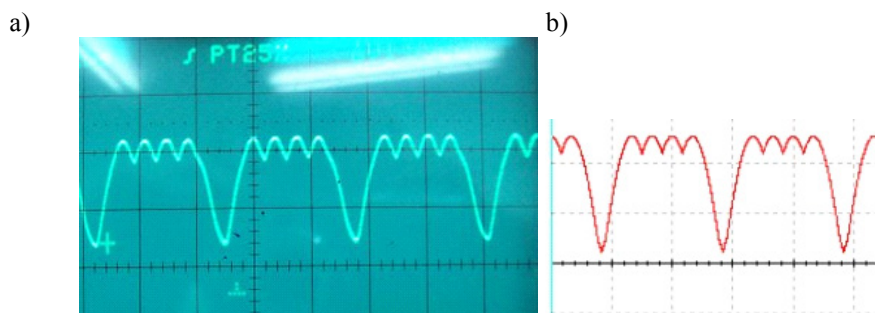
Również w tych przypadkach otrzymano jednoznacznie porównywalne przebiegi.

W prostowniku jednofazowym analizie można poddać działanie prawidłowego układu lub z uszkodzeniem jednej diody. Zestawienie przebiegów dla tych przypadków przedstawiono na rysunkach nr 5 i 6.



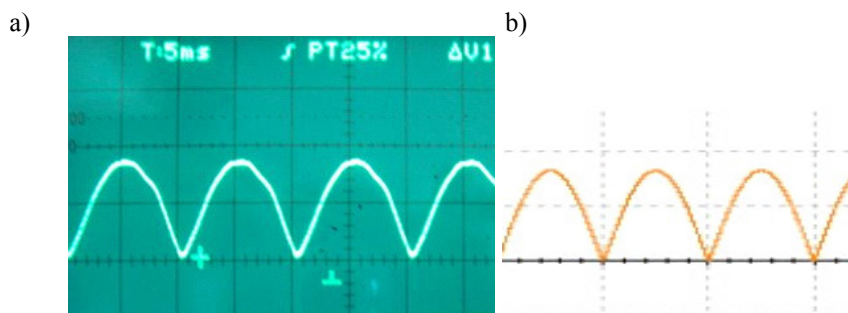
Rys. 3. Oscylogramy napięcia wyjściowego prostownika trójfazowego przy braku uszkodzeń: a) przebieg rzeczywisty b) przebieg symulacyjny

Fig. 3. Oscillogram of the output voltage in the three-phase rectifier with no damages a) actual course b) simulation course



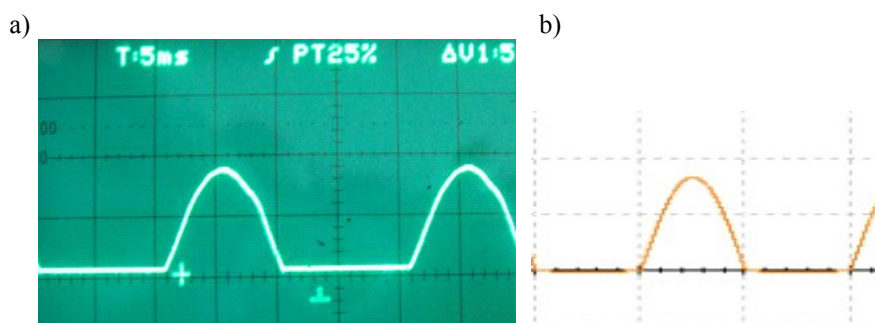
Rys. 4. Oscylogramy napięcia wyjściowego prostownika trójfazowego przy uszkodzeniu jednej diody otrzymane w wyniku: a) badań b) symulacji

Fig. 4. Oscillograms of the output voltage in the three-phase rectifier with one diode damaged, received in the result of: a) tests b) simulations



Rys. 5. Oscylogramy napięcia wyjściowego prostownika mostkowego jednofazowego przy braku uszkodzeń: a) przebieg rzeczywisty b) przebieg symulacyjny

Fig. 5. Oscillograms of the output voltage in the one-phase bridge rectifier with no damages: a) actual course b) simulation course



Rys. 6. Oscylogramy napięcia wyjściowego prostownika mostkowego jednofazowego przy uszkodzeniu jednej diody: a) przebieg rzeczywisty b) przebieg symulacyjny

Fig. 6. Oscillograms of the output voltage in the one-phase bridge rectifier with one diode damaged: a) actual course b) simulation course

Analiza pracy prostownika jednofazowego mostkowego wykazała niedoskonałość funkcjonowania programu multiSim. Zauważono, że wpływ na otrzymany przebieg ma konfiguracja układu pomiarowego. Poprawność symulowanych przebiegów otrzymano po dołączeniu elementu obciążenia na wyjście układu prostowniczego, co w układach rzeczywistych nie jest wymagane. Ta niewielka modyfikacja pozwala na wykorzystanie programu multiSim do analizy pracy prostownika samochodowego.

Występujące rozbieżności pomiędzy otrzymanymi przebiegami rzeczywistymi i symulacyjnymi mogą wynikać z idealności modelu diody prostowniczej przyjętego w analizie.

Porównanie otrzymanych przebiegów w wyniku symulacji w programie multiSim z oscylogramami otrzymanymi w trakcie badań wykazuje duże podobieństwo. Otrzymane przebiegi teoretyczne jednoznacznie można przypisać przebiegom doświadczalnym.

## Wnioski

Przeprowadzona analiza porównawcza przebiegów napięć wyjściowych układów prostowniczych mostkowych trójfazowych wykazała możliwość wykorzystania programu symulacyjnego multiSim do analizy pracy prostownika trójfazowego. Otrzymane przebiegi symulacyjne odpowiadały przebiegom doświadczalnym. Dlatego istnieje możliwość wykorzystania programu symulacyjnego do diagnostyki uszkodzeń. W celach diagnostycznych nie wystarczy posiadanie programu komputerowego ale wymagany jest dodatkowo oscyloskop. Weryfikacja uszkodzenia polega wtedy na symulowaniu różnych wariantów uszkodzeń aż zostanie osiągnięty przypadek obserwowany na oscyloskopie rzeczywistym.

Przeprowadzona analiza pokazała przydatność programu multiSim do symulacyjnego tworzenia wzorców sygnałów wyjściowych układów prostowniczych stosowanych w liniach technologicznych w przemyśle rolno-spożywczym.

Zauważone nieprawidłowości w działaniu programu multiSim wymagają, aby programem tym posługiwały się osoby, które posiadają stosowną wiedzę związaną z funkcjonowaniem rzeczywistych układów prostowniczych.

## Bibliografia

- Horowitz P., Hill W.** 1997. Sztuka elektroniki. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa. ISBN 83-206-1128-8.
- Ścibisz M., Kapica J.** 2007. Zastosowanie programu multiSim do analizy pracy układów energoelektronicznych stosowanych w rolnictwie. Inżynieria Rolnicza. Nr 2(90). s. 309-316.
- Product documentation [on line] National Instruments. 2010 [dostęp: 20.03.2010]. Dostępny w internecie: <http://www.ni.com/multisim/>.

## COMPUTER ANALYSIS OF THE WORK OF RECTIFIERS USED IN THE AGRICULTURAL AND FOOD INDUSTRY

**Abstract.** The article describes the possibility of using the multiSlim program for analyzing damages within rectifiers used in the agricultural and food industry. Typical three-phase and one-phase rectifiers designed with the multiSlim program were described as well as output generated by this program either with no damage of the rectifier elements or with typical damage included was presented. The simulation results were compared to the courses obtained in actual systems. The tests confirmed that the simulation program is useful but also indicated limitations of its use.

**Key words:** computer technology, rectifiers, agricultural and food industry

**Adres do korespondencji:**

Marek Ścibisz; email: [marek.scibisz@up.lublin.pl](mailto:marek.scibisz@up.lublin.pl)

Katedra Podstaw Techniki

Uniwersytet Przyrodniczy

ul. Doświadczalna 50A

20-280 Lublin