Seria: ELEKTRYKA z.130

Nr kol.1184

Bogusław GRZESIK Zbigniew KACZMARCZYK

## PROGRAM DO KOMPUTEROWEJ ANALIZY STRUKTURY KOMUTACYJNEJ PRZEKSZTAŁTNIKÓW ENERGOELEKTRONICZNYCH DOSKONAŁYCH

<u>Streszczenie</u>. Przedstawia się nowego typu program komputerowy przeznaczoony do analizy przekształtników energoelektronicznych z diodami oraz tyrystorami doskonałymi. Program umożliwia najogólniejsze z możliwych badanie struktury komutacyjnej, tzn. zbioru schematów zastępczych możliwych, istotnych oraz warunków wszystkich komutacji określonych dla każdego schematu istotnego. Wyznaczane są przebiegi czasowe napięć, prądów wymuszeń i zmiennych stanu; na ich podstawie określa się zbiór schematów zastępczych osiągalnych. Program ma cechy programu symbolicznego.

## PROGRAM OF COMPUTER ANALYSIS OF PERFCT CONVERTERS' COMMUTATION STRUCTURE

<u>Summary</u>. The program of new type for analysis of power electronic converters which consist of perfect diodes and thyristors is described in the paper. The developed program determines commutation structure: the set of hypothetical equivalent circuits, the set of decisive equivalent circuits and the conditions of all commutations for each decisive equivalent circuit. This is the most general analysis. The structure of commutation is used in calculation of the voltages and currents of the converter and for selection of the set of attainable equivalent circuits. The program has some property of being a symbolic one.

# ПРОГРАММА ДЛЯ АНАЛИЗА КОММУТАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ СИЛОВЫХ ПЕРФЕКТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Резюме. Представлена компьютерная программа предназначена для анализа коммутационной структуры силовых перфектных преобразователей (на перфектных вентилях). Программа дает возможность определения коммутационной структуры: множество гипотетических эквивалентных схем, множество существенных эквивалентных схем и условия всех коммутации для каждой из существенных схем. Программа вычисляет временные диаграммы напряжений, токов и множество достижимых эквивалентных схем. Программа имеет некотрые свойства символических программ.

### 1. WSTEP

Niniejsze opracowanie jest rozwinięciem prac [1], [2], [3], [8], [9], [10]. W poniższej pracy przedstawiono podstawy konstrukcji algorytmu budowy modelu analitycznego dowolnego przekształtnika energoelektronicznego zawierającego w swej strukturze diody i tyrystory doskonałe oraz udokumentowano to przykładami.

Przedstawiany algorytm i program komputerowy – nowego typu – umożliwiają systematyczne badanie wszystkich możliwych przypadków procesu jaki zachodzi w przekształtniku energoelektronicznym doskonałym. Podstawą algorytmu i programu jest model nierównościowy przekształtnika. W modelu tym badaniu podlegają układy nierówności opisujące poszczególne schematy zastępcze. Wynikiem badania każdego układu nierówności jest stwierdzenie czy odpowiedni schemat zastępczy jest schematem istotnym, czy też nieistotnym. W dalszym ciągu badnia procesu komutacyjnego ustala się, które ze schematów istotnych są schematami osiągalnymi.

Zastosowanie modelu nierównościowego sprowadza zadanie analizy przekształtnika do ciągu analiz liniowych.

W budowie modelu nierównościowego i do jego analizy wykorzystuje się teorię nierówności liniowych jednorodnych.

Praca zawiera podstawy teoretyczne modelu nierównościowego przekształtninika, jego interpretację geometryczną oraz opis programu komputerowego; w pracy zamieszczono przykłady ilustrujące funkcjonowanie programu.

#### 2. MODEL PRZEKSZTAŁTNIKA ENERGOELEKTKRONICZNEGO - STRUKTURA KOMUTACJI

Przekształtnik energoelektroniczny przedstawia się, jako obwód elektryczny zawierający diody i tyrystory doskonałe, liniowe elementy R, L, C oraz źródła e, j.

Model diody - dioda doskonala - jest dwójnikiem rezystancyjnym, przedziałami liniowym o rezystancji zaworowej skończonej  $R_R \gg 0$  w stanie zaworowym (- $u_D \ge 0$ ) i rezystancji przewodzenia  $R_F \ll R_R$  w stanie przewodzenia ( $i_D \ge 0$ ); dla  $u_D = i_D = 0$  dioda znajduje sią w stanie neutralnym.

Model diody - dioda doskonała - nazywa się również modelem nierównościowym diody, ponieważ opisywany jest nierównościami:

[-u ≥ 0	w stanie zaworowym	$R = R_{R}$ ,	
i ≥ 0	w stanie przewodzenia	$R = R_{F}$ ,	(1)
$u_{D} = i_{D} = 0$	w stanie neutralnym	R - nieokreślona.	

Model tyrystora - tyrystor doskonały - jest dwójnikiem rezystancyjnym, przedziałami liniowym o rezystancji zaworowej skończonej  $R_{R} \gg 0$  w stanie zaworowym (-u<sub>T</sub>≥0), rezystancji przewodzenia  $R_{F} \ll R_{R}$  w stanie przewodzenia ((1\_T=0) oraz ((tyrystor załączany) lub (był to jego ostani stan))) i rezystancji blokowania  $R_{D} \gg R_{F}$  w stanie blokowania ((1\_T=0) oraz (ostatnim jego stanem nie był stan przewodzenia)); dla  $u_{T} = i_{T} = 0$  tyrystor znajduje się w stanie neutralnym.

u\_= i\_= 0 w stanie neutralnym R - nieokreślona.

Stan przewodzenia i blokowania tyrystora są zdefiniowane niejednoznacznie względem prądu/napięcia tyrystora - są zależne od historii układu i wektora sterowań załączeń tyrystora. Przy tak sformułowanej definicji tyrystora doskonałego jest możliwe bezpośrednie przejście tyrystora ze stanu blokowania do stanu przewodzenia, ale nie odwrotnie.

Model przekształtnika ze względu na przyjęcie modelu nierównościowego diody oraz tyrystora nazywa się modelem nierównościowym przekształtnika. Oprócz równań różniczkowych i algebraicznych model ten zawiera zbiór układów nierówności, z których każda stanowi warunek pozostawania diody/tyrystora w określonym stanie – każdy układ nierówności opisuje określony schemat zastępczy.

Zbiór schematów zastępczych możliwych stanowią wszystkie schematy, jakie można uzyskać przyjmując wszystkie możliwe kombinacje stanu nD diod i nT tyrystorów. Liczba schematów zastępczych możliwych wynosi:

NDT =  $2^{nD} \cdot 3^{nT}$ 

(3)

Analiza przekształtników wykazuje, że w czasie pracy przekształtnika realizują się niektóre spośród schematów możliwych.

Wśród zbioru 2<sup>nD</sup>·3<sup>nT</sup> schematów możliwych istnieje podzbiór schemtów zastępczych istotnych. Schemat zastępczy istotny jest to taki schemat możliwy, który realizuje się podczas pracy przekształtnika, gdy odpowiednio dobrane jest wymuszenie i parametry dynamiczne L,C.

Zbiór schematów zastępczych istotnych przeksztaltnika jest określony, gdy zadane są: graf, typy gałęzi (R,L,C,D,T,e,j) oraz rezystancje gałęzi rezystancyjnych i rezystancje diod oraz tyrystorów; nie definiują go parametry wymuszeń i parametry dynamiczne L,C.

Dopełnieniem do zbioru schematów zastępczych istotnych jest zbiór schematów zastępczych nieistotnych. Schemat zastępczy nieistotny jest schematem, w którym niektóre diody lub tyrystory znajdują się w stanie neutralnym.

Zmieniając wymuszenie i parametry L, C zmienia się zbiór schematów zastępczych osiągalnych.

Zbiory schematów możliwych, istotnych, nieistotnych stanowią strukturę komutacji przekształtnika.

Pierwszym etapem określenia struktury komutacji jest zastąpienie wszystlich pojemności źródłami napięcia, a indukcyjności źródłami prądu.

Dru im etapem jest skonstruowanie dla każdego z możliwych schematów zastępcz ch układu nierówności liniowych jednorodnych. Współczynniki tych nierówności określa się metodą liczb strukturalnych Bellerta [5].

Trzecim etapem jest poszukiwanie rozwiązania podstawowego układu nierówności każdego schematu zastępczego możliwego. Określenie rozwiązania podstawowego danego układu nierówności jest narzędziem pozwalającym na stwierdzenie, czy dany schemat zastępczy jest istotny. Jeżeli dany schemat zastępczy jest istotny, to wynikiem osiągnięcia rozwiązania podstawowego jest wydzielenie z układu nD + nT nierówności ( dla danego schematu zastępczego ) zbioru nierówności istotnych.

## 3. PROGRAM KOMPUTEROWY - KONSTRUKCJA

Na podstawie przedstawionej powyżej możliwosci opisu matematycznego przekształtnika skonstruowano program komputerowy analizy struktury komutacji.

Program został napisany w języku TURBO PASCAL 5.0. Składa się on z kilku modułów połączonych w jeden blok za pomocą programu głównego, którego zadaniem jest wywoływanie odpowiednich modułów.

W poszczególnych modułach programu realizuje się :

- wyznaczanie współczynników nierówności na podstawie metody Bellerta [5],
- analizę poszczególnych schematów zastępczych uwzględniając teorię nierównosci liniowych jednorodnych [2], [6], [7], w celu wyselekcjonowania schematów zastępczych istotnych,
- wyznaczanie wartości wymuszeń, zmiennych stanu oraz stanów diod i tyrystorów w dziedzinie czasu.

Uproszczony schemat blokowy programu przedstawiono na rys.1.

Każdy ze schematów zastępczych przekształtnika posiada swą interpretację geometryczną w przestrzeni R<sup>nS</sup> utworzonej przez wymuszenia oraz zmienne stanu, gdzie nS jest sumą liczb źródeł i zmiennych stanu. Poszczególnym schematom odpowiadają obszary tej przestrzeni będące rozwiązaniami układów nierówności określane stożkami. Obszary ( stożki istotne ) będące rozwiązaniami dla schematów zastępczych istotnych są wymiaru nS i wypełniają całą przestrzeń R<sup>nS</sup>. Stożki nieistotne (obszary) schematów nieistotnych zawierają się w brzegach sąsiednich stożków istotnych. Eliminując ze zbioru wszystkich NDT stożków, stożki nieistotne otrzymuje się NDTI stożków istotnych. W schemacie zastępczym nieistotnym niektóre diody/tyrystory doskonałe, znajdują się w stanie neutralnym, u $_{D(T)}$  oraz i $_{D(T)}$ =0; rezystancja diody/tyrystor R w tym stanie jest nieokreślona i dioda/tyrystor odpowiada nulatorowi.



Rys.1. Uproszczony schemat blokowy programu Fig.1. Simplified block diagram of the program Schematy zastępcze istotne tworzą więc wystarczający opis przekształtnika, gdyż zawierają w sobie również warunki odpowiadające schematom nieistotnym, w których diody/tyrystory pozostają w stanie neutralnym.

Analiza przekształtnika energoelektonicznego w dziedzinie czasu przy wykorzystaniu schematów zastępczych istotnych dla przypadku nT=O sprowadza się jedynie do wyboru obowiązujących schematów zastępczych ( spełnione wszystkie nierówności układu ) dla wyznaczonych wartości chwilowych wymuszeń oraz zmiennych stanu. Dla przypadku nT>O oprócz wektora wymuszeń oraz zmiennych stanu musi być uwzględniany wektor sterowań, który może powodować zmianę stanów blokowania niektórych tyrystorów na stany przewodzenia ( zależnie od topologii i parametrów obwodu ). Podczas analizy przekształtnika energoelektonicznego diodowo-tyrystorowego w dziedzinie czasu należy więc śledzić stany poszczególnych tyrystorów i wektor sterowań.

Najważniejszą częścią programu jest procedura wyboru obowiązującego schematu zastępczego. Jej schemat blokowy przedstawiono na rys.2. Uzupełnieniem opisu procedury z rys.2. są następujące uwagi: UWAGI do rys.2.

- Schemat jest spełniony jeśli wszystkie nierówności go opisujące są spełnione.
- # zdefiniowana operacja wyznaczania części wspólnej schematów, dokonywana w oparciu o stany poszczególnych diod i tyrystorów wg tabeli 1.

Wartości zmiennych stanu są wyznaczane przy wykorzystaniu dyskretnych modeli pojemności i indukcyjności stowarzyszonych z algorytmem Geara rzędu II.

Tabela 1

stan2	zaworowy	blokowania	przewodzenia	
zaworowy	zaworowy	zaworowy	zaworowy	
blokowania	zaworowy	blokowania	blokowania	
przewodzenia	zaworowy	przewodzenia	przewodzenia	
Dzi	stan1#stan2			

stani jest stanem zaworu w schemacie wyselekcjonowanym w operacji #, przy czym schematem tym, przy pierwszym wykonywaniu operacji # jest schemat mający utworzyć się w wyniku wysterowania pewnych tyrystorów.

stan2 jest stanem zaworu kolejnego wyszukanego schematu spełnionego.

122



Rys.2. Schemat blokowy procedury wyboru obowiązującego schematu zastępczego
Fig.2. Block diagram of the procedure of selection of the current equivalent circuit

Prezentowany program daje możliwość wszechstronnej analizy przekształtników z diodami i tyrystorami doskonałymi. Raz wyznaczona struktura komutacji przekształtnika umożliwia wykonanie wielokrotnej analizy w dziedzinie czasu, przy dowolnie zadawanych wymuszeniach oraz parametrach dynamicznych. Program zawiera wszystkie informacje ujmujące strukturę komutacji w postaci graficznej i numerycznej; są to:

- warunki nierównościowe istnienia schematów zastępczych narzucone na wartości napięć/prądów źródeł i zmiennych stanu,
- warunki komutacji,
- zbiór schematów zastępczych istotnych przekształtnika, ustalony bez znajomości przebiegów czasowych napięć/prądów źródeł i zmiennych stanu,

zbiór schematów zastępczych osiągalnych dla złożonego wektora wymuszenia.
Wektor złożony wymuszenia jest to wektor wymuszenia wraz z wektorem zmiennych stanu.

Rezultatem końcowym każdej analizy przekształtnika jest:

- lista schematów zastępczych możliwych,
- lista schematów zastępczych istotnych,
- przebiegi czasowe wymuszeń oraz zmiennych stanu.
- sekwencja schematów zastępczych osiągalnych.

## PRZYKŁAD KOMPUTEROWEJ ANALIZY MOSTKA PROSTOWNICZEGO JEDNOFAZOWEGO Z OBCIĄZENIEM TYPU RL

Schemat przekształtnika pokazano na rys.3. Przykład stanowi ilustrację działania opisywanego programu.



$$\begin{split} & R_{\rm R} = 10\Omega, \ R_{\rm D} = 10\Omega, \ R_{\rm F} = 1\Omega, \ R = 5\Omega, \\ & L = 40 \text{ mH}, \ i(0) = -3\text{ A}, \\ & e = 100 \cdot \sin(100\pi \cdot t), \\ & t_{21} = 0.014\text{ s}, \ t_{22} = 0.003\text{ s} - \\ & \text{chwile załączeń tyrystorów.} \end{split}$$

Rys.3. Schemat analizowanego prostownika Fig.3. Analyzed rectifier

W prostowniku mostkowym m=4, nD=2, nT=2 liczba schematów zastępczych możliwych zgodnie z zależnością (3) wynosi NDT=36. Liczba schematów istotnych wynosi NDTI=13 i są to schematy: 0000, 0210, 0211, 0212, 0220, 2001, 2002, 2011, 2021, 2211, 2212, 2221, 2222. Wyniki analizy w dziedzinie czasu, wraz z sekwencją osiągalnych schematów zastępczych (0000, 0210, 0211, 0220, 2001, 2002, 2011, 2212, 2221) zostały przedstawione na rys.4.

Inne ujęcie wyników analizy przekształtnika z rys.3. pokazano na rys.5. Tak przedstawiona trajektoria punktu pracy umożliwia interpretację geometryczną funkcjonowania przekształtnika.

Obszary wyróżnione odpowiadają rozwiązaniom układów nierówności dla schematów zastępczych istotnych. Schematy zastępcze są identyfikowane przez stany diod i tyrystorów, zapisane w następującej konwencji:

dioda D1 w stanie przewodzenia tyrystor T1 w stanie zaworowym

## 200:

dioda D2 w stanie zaworowym tyrystor T2 w stanie blokowania



ANALIZA PRZEKSZTALTNIKA W DZIEDZINIE CZASU

- conducting state of diode/thyristor (2)
- reverse biased state of diode/ thyristor (0)
  - forward biased state of thyristor (1)

W przedstawionym przykładzie nie wszystkie schematy zastępcze przekształtnika są schematami zastępczymi istotnymi. Należy zauważyć, że nie wszystkie schematy zastępcze istotne są z kolei schematami osiągalnymi, tzn. realizującymi się dla zadanego wektora złożonego wymuszenia oraz wektora sterowania tyrystorów. W celu uzyskania przejrzystej interpretacji, schematy zastępcze osiągalne zostały również zaznaczone na rys.5.

Możliwe są dwa rodzaje komutacji (rys.5.):

- Komutacja niesterowana przejście trajektorii punktu pracy przez brzeg stożka istotnego (zmiana obowiązującego układu nierówności ), odpowiada zmianie stanu diody lub tyrystora.
- 2.Komutacja sterowana zmiana stanu tyrystora znajdującego się w stanie blokowania poprzez jego załączenie ( tyrystor przechodzi w stan przewodzenia ).



Rys.5. Tajektoria punktu pracy prostownika z rys.3 przy  $R_{\rm R} = R_{\rm D} = 10\Omega$ ,  $R_{\rm F} = 1\Omega$ Fig.5. Operating point trajectory in the rectifier given in Fig.3 for  $R_{\rm R} = R_{\rm D} = 10\Omega$ ,  $R_{\rm r} = 1\Omega$ 

Na rys.5 pogrubiona część trajektorii wyznacza obowiązującą sekwencję schematów zastępczych osiągalnych. Te same schematy osiągalne zaznaczone są również na rys.4. Wartości rezystancji zaworów doskonałych przyjęte w powyższym przykł zie znecznie odbiegają od odpowiednich rezystancji zaworów rzeczywistych i zostały przyjęte w celu uzyskania przejrzystej interpretacji geometrycznej. Wpływ zmiany rezystancji zaworów doskonałych na wyniki analizy procesów komutacyjnych zachodzących w przekształtniku energoelektronicznym przedstawiono poniżej. W tym celu przyjęto następujące wartości rezystancji dla zaworów:  $R_R$ =100Ω,  $R_D$ =100Ω,  $R_F$ =0.1Ω. Zmiana rezystancji zaworów powoduje przemieszczenia prostych komutacyjnych. Na rys.6. przedstawiono wyniki analizy czasowej dla zaworów o zmienionych wartościach rezystancji. Natomiast na rys.7. przedstawiono ten sam proces na płaszczyźnie ei, gdzie czas nie występuje w postaci jawnej.

ANALIZA PRZEKSZTALTNIKA W DZIEDZINIE CZASU



Rys.6. Napięcie e, prąd i oraz przebiegi stanów zaworów analizowanego prostownika (z rys. 3) przy  $R_R = R_D = 100\Omega$ ,  $R_F = 0.1\Omega$ 

- stan przewodzenia diody/tyrystora (2)
- ] stan zaworowy diody/tyrystora (0)
- stan blokowania diody/tyrystora (1)
- Fig.6. Voltage, current and state of switches waveforms of analyzed rectifier for  $R_R = R_D = 100\Omega$ ,  $R_F = 0.1\Omega$

and the second second	-	conducting state of diode/thyristor (2)						
	-	reverse	biased	state	of	diode/	thyristor	(0)
=	-	forward	biased	state	of	thyrist	tor (1)	



- Rys.7. Tajektoria punktu pracy prostownika z rys.3. przy zmienionych rezystancjach:  $R_{\rm p}{=}100\Omega,~R_{\rm p}{=}100\Omega,~R_{\rm p}{=}0.1\Omega$
- Fig.7. Operating point trajectory in the rectifier given in Fig.3 for  $R_{\rm B}{=}R_{\rm D}{=}100\Omega,~R_{\rm F}{=}0.1\Omega$

## 5. ZAKOŃCZENIE

- Rezultatem pracy jest program komputerowy nowego typu przeznaczony do badania procesów zachodzących w przekształtnikach z diodami i tyrystorami doskonałymi.
- Model nierównościowy przekształtnika stanowi podstawę konstrukcji programu komputerowego.
- Możliwość ustalenia struktury komutacyjnej przekształtnika stanowi novum opracowanego programu.
- Struktura komutacyjna jest to zbiór schematów zastępczych możliwych, zbiór schematów zastępczych istotnych oraz odpowiednie relacje wiążące schematy w tych zbiorach.
- 5. Struktura komutacji jest niezmienna przy: ustalonym grafie, typach gałęzi (RLCDTej) oraz wartościach rezystancji gałęzi rezystancyjnych, diodowych i tyrystorowych. Nie zmienia jej zmiana przebiegów czasowych wymuszeń i zmiennych stanu.
- Struktura komutacji jest w programie wyprowadzana w postaci list schematów możliwych oraz istotnych.
- Program realizuje obliczanie przebiegów czasowych zmiennych stanu, które wraz z napięciami i prądami wymuszeń umożliwiają określenie zbioru schematów zastępczych osiągalnych.

- Razem ze zmiennymi stanu program wyprowadza w postaci graficznej przebieg czasowej sekwencji schematów zastępczych osiągalnych.
- Wyniki uzyskiwane za pomocą opisywanego programu umożliwiają interpretację geometryczną procesu zachodzącego w przekształtniku, nawet gdy nS>2.
- 10. Uzyskana za pomocą programu struktura komutacyjna może być włączona do standardowych programów analizy ( np. PSPICE, PCNAP ), dając możliwość geometrycznej interpretacji wyników.
- 11. Wyniki uzyskane przy konstrukcji programu mogą być po odpowiedniej adaptacji zastosowane do budowy programów analizy przekształtników z diodami i tyrystorami idealnymi oraz przekształtników z zaworami sterowalnymi.
- 12.W celu zachowania pełnych możliwości obliczeniowych ustalania struktury komutacyjnej przekształtnika wraz ze zmianą rezystancji zaworów zbliżającą je do zaworów idealnych może okazać się celowe zwiększenie dokładności obliczeń.
- 13. Program został przetestowany. Analizie poddano znane przekształtniki energoelektroniczne. Wyniki analiz potwierdziły zgodność funkcjonowania programu z przewidywaniami.

## LITERATURA

- [1] Grzesik B.: Liczba schematów zastępczych i liczba komutacji enegoelektronicznego przekształtnika diodowego, XIII Seminarium z Podstaw Elektrotechniki i Teorii Obwodów Gliwice - Wisła 23-26 maj 1990, materiały seminarium str. 439-444.
- [2] Grzesik B.: Model komutacji przekształtników energoektronicznych diodowych - rozwiązanie układu nierówności, XIV Seminarium z Podstaw Elektrotechniki i Teorii Obwodów Gliwice - Wisła 22-25 maj 1991, materiały seminarium str. 257-266.
  - [3] Kaczmarczyk Z.: Badanie stałotopologicznej metody analizy przekształtników energoelektronicznych z diodami doskonałymi, Praca Dyplomowa Politechniki Śląskiej, Gliwice 1991.
- [4] Siewniak P.: Konstrukcja i analiza nierównościowego modelu matematycznego przekształtnika energoelektronicznego z diodami doskonałymi, Praca Dyplomowa Politechniki Śląskiej, Gliwice 1990.
- [5] Bellert S., Woźniacki H.: Analiza i synteza układów elektrycznych metoda liczb strukturalnych, WNT, Warszawa 1968.

- [6] Jefimow N.W., Rozendorn E.R.: Algebra liniowa wraz z geometria wielowymiarową, PWN Warszawa 1974.
- [7] Grzesik B.: Algorytm obliczeń rozwiązania podstawowego układu nierówności istotnych modelu komutacji przekształtnika energoelektronicznego, Zeszyty Naukowe Poltechniki Śląskiej Elektryka nr 124, 1991, str. 199-215
- [8] Grzesik B., Kaczmarczyk Z.: Program komputerowej analizy przekształtników diodowych z uogólnionym badaniem struktury komutacji, Zeszyty Naukowe Poltechniki Śląskiej Elektryka nr 126, 1992.
- [9] Grzesik B.: Komutacja w przekształtnikach enrgoelektronicznych z tyrystorami doskonałymi, XV Seminarium z Podstaw Elektrotechniki i Teorii Obwodów Gliwice - Wisła 20-23.05.1992, s. 299-306
- [10] Grzesik B.: Struktura komutacyjna przekształtnika energoelektronicznego z tyrystorami doskonałymi, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Elektryka nr 130

Recenzent: prof.dr hab.inż. Kazimierz Mikołajuk Wpłynęło do Redakcji dnia 4 maja 1992 r.

## Abstract

The subject of the work is a program of new type devoted to computer ananysis of perfect power electronic converters (which consists of perfect diodes and thyristors). The perfect diode is a piecewise-linear resistance. The perfect diode is a piecewise-linear resistance which has two values for u, i>0. Such models of switches enable to applyunified description of diodes and thyristors in the model of the converter. The model of the converter is described by means of  $2^{nD}*3^{nT}$  hypothetical equivalent circuits. These equivalent circuits are analized using the presented program. The program consists of following units:

 a unit for calculation of coefficient of linear inequalities; it is based on Bellert's method [5];

- a unit for analysis of each of hyphothetical equivalent circuits; it is based on theory of linear homogeneous inequalities [2], [6], [7]; it selects set of decisive equivalent circuits;

- a unit fo transient analysis which gives the waveforms of voltage, current and state of switches (fig.4 and fig.6).

Simplified block diagram of the program is depicted in fig.1. The block diagram of the procedure of selection of the current equivalent circuit which is created for given voltage/current sources is presented in fig.2. The program is constructed using Turbopascal 5.0. There is an example of a rectifier (fig.3) analyzed in the work. The results of this analysis for switches' resistance of  $R_R = R_D = 10\Omega$ ,  $R_F = 1\Omega$  are presented in fig.4 and fig.5. The analysis carried out for different switches resistance of  $R_R = R_D = 10\Omega$ ,  $R_F = 10\Omega$  are presented in fig.4 and fig.5. The analysis carried out for different switches resistance of  $R_R = R_D = 100\Omega$ ,  $R_F = 0.1\Omega$  gives results as in fig.6 and 7.