

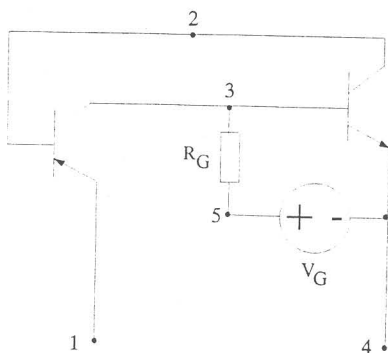
ДВУТРАНЗИСТОРЕН PSPICE МОДЕЛ НА ТИРИСТОР

гл.ас.инж. Пеша Данева Петрова
Технически университет - Габрово

Abstract: A two-transistor model for a thyristor is presented. This simple model effectively simulates thyristor for study and design of power electronics circuits using a PSPICE program. The thyristor model can be used as a subcircuit in circuits with more than one thyristors. The results obtained are compared with similar ones from data sheets.

Важен етап в процеса на компютърното проектиране на тиристорни схеми се явява моделирането на електромагнитните процеси в тях. Точността на резултатите при моделирането в голяма степен зависи от моделите на тиристорите. Сравнително опростени са вариантите на ключовите модели [1]. Основен недостатък при приложението им е необходимостта от оценка на особеностите на всяка схема и избор на подходящ модел. Съществуват и сравнително по-сложни модели [2,3,4], за пресмятане на параметрите на които се изисква голямо количество информация, която не винаги се съдържа в каталозите на фирмите - производителки.

Тъй като тиристорът представлява четирислойна структура с три PN прехода, той може да се представи чрез два транзистора, свързани по подходящ начин - фиг.1.



фиг.1

Непроводимото състояние на тиристора се симулира при условие, че транзисторите са в режим на отсечка. Нискоомно съпротивление или проводимо състояние се симулира при условие, че транзисторите са в режим на насищане. Елементите, свързани между

базата и емитера на NPN транзистора, съответстващи на гейта и катода на тиристора, привеждат транзисторите в наситено състояние.

За ефективно симулиране на характеристиките на тиристора с пакета PSPICE е необходимо за транзисторите да се използват модели за режим на голям сигнал. Такъв се явява заложеният в пакета модел на Гумел - Пун, който при недостиг на параметри автоматично се модифицира в модел на Еберс-Мол. Капацитетите на преходите, които са от $2pF$ до $5pF$, могат да се определят чрез съпоставяне на производствени и симулирани с модела характеристики на тиристора.

За обезпечаване на управляващ ток между базата и емитера на NPN транзистора се свързват последователно съпротивление и източник на напрежение. Източникът се симулира чрез периодично импулсно напрежение, чието закъснение съответствува на ъгъла на отпушване на тиристора. Стойността на съпротивлението R_G се определя, изхождайки от следните съображения:

- R_G предпазва източника от пълно късо съединение, когато е изключен и по такъв начин моделът симулира проводимо състояние, докато токът на тиристора намалява до нула. Съпротивлението на R_G трябва да бъде значително по-голямо от еквивалентното съпротивление при наситено състояние на NPN транзистора, за да ограничи колекторния му ток, който протича през управляващата верига в режим на проводимо състояние.

- R_G трябва да е с достатъчно малка стойност, за да обезпечи отвеждане на тока на насищане на транзисторите, когато те са в режим на отсечка. По такъв начин се предотвратява усилването на този ток, което би довело до неочаквано проводимо състояние.

Моделът на тиристора, съвместно с управляващата верига, може да се опише като двуполусник спрямо анод и катод във вид на подсхема за работа с PSPICE пакета чрез следния файл:

```
.SUBCKT XTHYR 1 4
```

```
* TWO - TRANSISTOR MODEL OF THYRISTOR
```

```
*
```

```
* DESCRIPTION OF TRANSISTORS
```

```
Q1 3 2 1 MODP
```

```
Q2 2 3 4 MODN
```

```
* CJE - BASE - EMITTER CAPACITANCE
```

```
* CJC - BASE - COLLECTOR CAPACITANCE
```

```
* IS - SATURATION CURRENT
```

```
.MODEL MODP PNP ([CJE] [CJC] [IS])
```

```
.MODEL MODN NPN ([CJE] [CJC] [IS])
```

```
*-----  
*   GATING ELEMENTS
```

```
VG 5 4 PULSE(V1 V2 TD TR TF PW PER)
```

```
RG 5 3 [R]
```

```
*   V1 - INITIAL VALUE OF FIRING PULSE
```

```
*   V2 - PULSE VALUE OF FIRING PULSE
```

```
*   TD - TIME CORRESPONDING TO THE FIRING *
```

```
*   ANGLE OF THYRISTOR
```

```
*   TR - RISE TIME OF FIRING PULSE
```

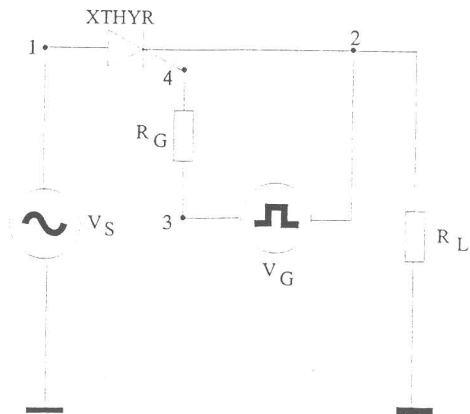
```
*   TF - FALL TIME OF FIRING PULSE
```

```
*   PW - WIDTH OF FIRING PULSE
```

```
*   PER - PERIOD OF FIRING PULSE  
*-----
```

```
.ENDS XTHYR
```

Адекватността на модела се потвърждава от резултатите, получени чрез симулация на схемата от фиг.2.



фиг. 2

Симулацията на схемата е извършена чрез файла:

EXAMPLE WITH TWO - TRANSISTOR MODEL

```
*-----  
*   INPUT AC VOLTAGE SOURCE
```

```
VIN 1 0 SIN(0 310 50 0 0)
```

```
*-----  
*   LOAD
```

RL 2 0 [R]

*

* CALL SUBCIRCUIT

.LIB THYR.LIB

X XTHYR 1 2

*

* OPTIONS

.OPT NUMDGT=7 ABSTOL=1N VNTOL=50U TRTOL =4

*

* ANALYSIS

.TRAN/OP TSTEP TSTOP

.PROBE

*

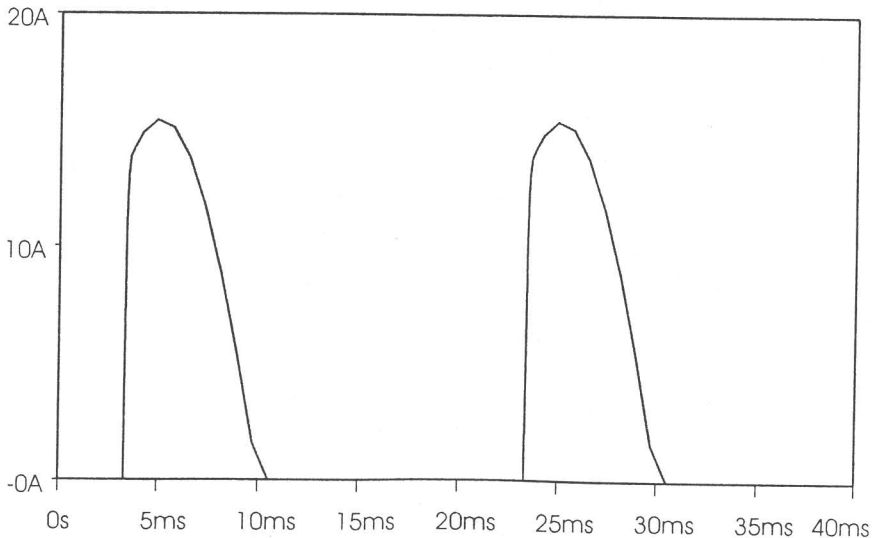
.END

Изменението на тока през товара е представено на фиг.3, а на
напрежението върху тиристора - на фиг.4.

EXAMPLE

Date/Time run: 10/29/98 15:16:11

Temperature: 25.0



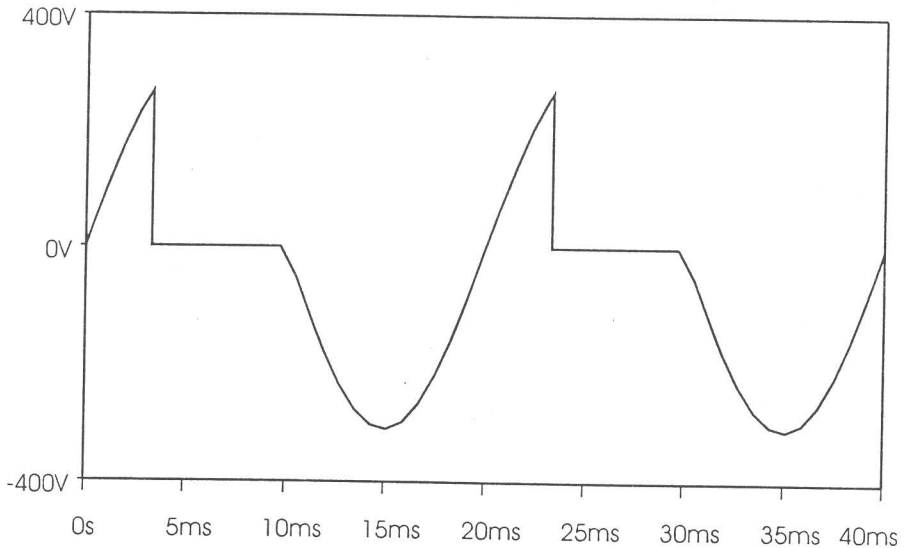
фиг.3

EXAMPLE

Date/Time run: 10/29/98

15:26:11

Temperature: 25.0



фиг.4

Резултатите от симулацията на различни видове тиристорни схеми потвърждават достоверността на двутранзисторния модел и възможността за ползуването му при компютърен анализ с PSPICE пакета.

Литература

1. Жуйков В.Я., В.Е. Сучик, П.Д. Андриенко, М.А. Ерменко. Автоматизированное проектирование электронных схем, Киев, Техніка, 1988
2. R.L. Avant and F.C. Lee. The J3 Model Applied To Resonant Converter Simulation, IEEE Transection of Idustrial Electronics, Vol. IE31, N1, Februari, 1985
3. Lawrence J., Giacioletto, Life Fellow. Simple SCR and Triac PSPICE Computer Models, IEEE Transections of Industrial Electronics, Vol.36, N3, August, 1989
4. Vineeta Agrawal, Avant K. Agarwal and Krishna Kaunt. A study of Single - Phase to Three - Phase Cycloconverters Using SPICE, IEEE Transections of Industrial Electronics, Vol.39, N2, August, 1992