

МОДЕЛИРАНЕ НА ВЕНТИЛНИ СХЕМИ

(непрекъснат подход)

Цеков И.Б. Борисов В.И.

ТУ - ВАРНА

Широкото разпространение и функционираните особености на силовите полупроводникови схеми дават основание те да се обособят в самостоятелен клас електрически вериги, чието моделиране има специфичен проблемно ориентиран математически характер. Предложеният в настоящата работа метод по-добре бърка език на триединствите, въвеждащи при съставление и обработка на математическото описание.

От гледна точка на алгоритмичните и начислителни особености на провеждания език, опростените функциониращи модели на полупроводникобите прибори [1] могат да бъдат класифицирани в две групи: модели, в които участващото съвместно отвличащо се съпротивление на включението и на изключението вентил - съвпадащо в етапа на решаване (лоша обусловленост на алгебричната част, "търърга" СДУ); пределно изединени модели ("изединен ключ") - в общия случай е невъзможно да бъде избрани фиксирана координатна система.

Могат да се обособят два подхода, изочиени като отстъпление на алгоритмичните проблеми във схеми с изединени вентили:

- универсален систематичен подход, в който може да се съчини например Техническият език на Крон [2]

- формулиране на съвкупност от емпирични, ограничено балидни, но достатъчно широко приложими предположения за избор на координатни системи. Опит да разбие да този подход представлява изложението в настоящата работа метод.

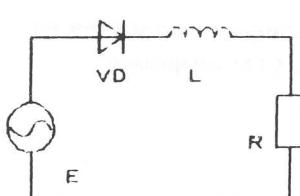
Въведение в същността на метода е езикът на четири базови едноконтурни схеми. Вентилите, участващи в тях, са **неизправляеми** и изменението в тяхното състояние винаги еднозначно от електрическите величини, т.е. налице е "переметрична комутация". Базовите схеми са разгледани при предположението: **вентилите са в прободящо състояние и положителната посока на тока съпада с посоката на пропускане на вентила.**

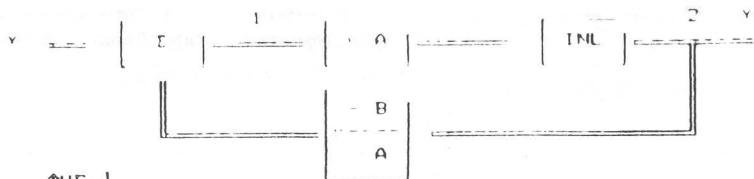
Първа базова схема

В най-общ вид едноконтурна, съвръвща боядисаните величини $x(E)$ и неядисаната $y(I)$ идентифицира се така:

$$\frac{dy}{dt} + B \cdot y = A \cdot x, \text{ където } A = \begin{pmatrix} 1 & R \\ L & L \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} - & - \\ - & - \end{pmatrix}$$

Решението на горната система може да се получи с помощта на следните структурни (начислителни) схеми:



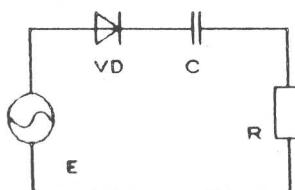


Фиг.1

В този, както и в следващите структурни схеми се използва символичната на програмното осигуряване [3], с чиято помощ (както и с помощта на произвдителен програмен пакет, решаваш СДУ и съдържащ подобни оператори) може да се реализира предложената методика. Блокът INL реализира операция интегриране при ограничен от 0 до + изход. Важно е да се отбележи, че когато изходът на интегратора има стойност 0 (запущено състояние на бентила) в т.1 на изчислителната схема се получава напрежението бърху запушения диод, а при положителна стойност (отпушен бентил) в т.2 се формира диодният ток.

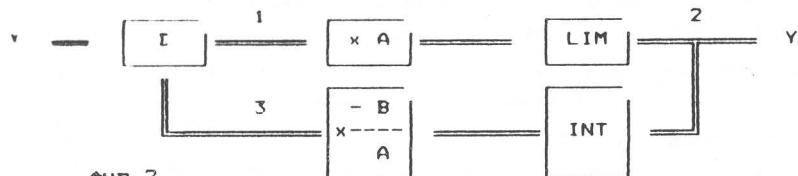
Втора базова схема

Връзката между електрическите величини $x(E)$ и $y(I)$ има вида :



$y + B \int y \cdot dt = A \cdot x$, където $A = \frac{1}{R}$, $B = -\frac{1}{R \cdot C}$

Структурната схема, реализираща тази зависимост има вида :

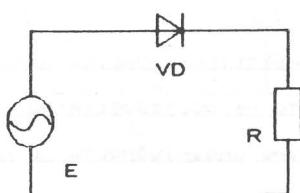


Фиг.2

Блокът INT реализира операция интегриране, а LIM е ограничител, чийто изходен сигнал е в диапазона от 0 до + ∞ . При нулен сигнал в т.2 (запущен бентил) изходът на INT и U_C не се изменят, в т.1 се формира напрежението бърху диода, а в т.3 напрежението на кондензатора ($-U_C$)

Трета базова схема

Веригата е елементарна, поради което ще съставим направо структурната схема .



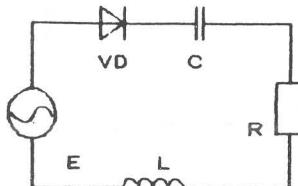
Фиг.3

В този случай самата бходна величи-

на (отнобо б т.1) представлява напрежението на запушения диод

Червърта базова схема

Уравнението, описващо процесите в тази верига има вида :

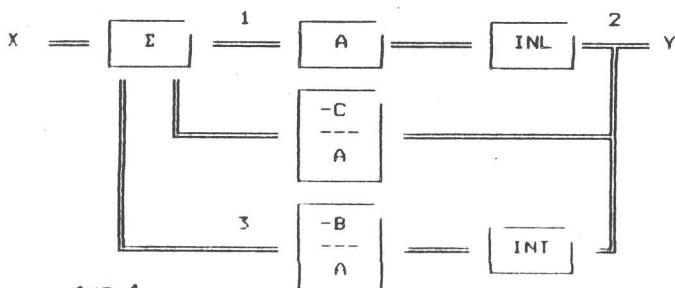


$$\frac{dy}{dt} + C.y + B \int y.dt = A.x, \text{ където}$$

$$C = \frac{R}{L}, \quad B = \frac{1}{L.C}, \quad A = \frac{1}{L}$$

Структурната схема, реализираща

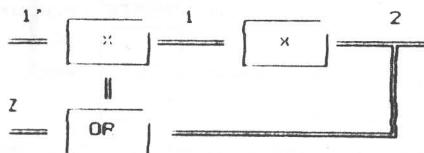
тази зависимост е показана на Фиг.4



Фиг.4

Величините, формирани в т.т. 1,2,3 имат аналогичен на разгледания в предходните схеми смисъл.

При управляеми еднооперационни бентили (еднооперационни тиристори) като т.1 и т.2 (Фиг.1 до Фиг.4 се присъединява показаната на Фиг.5 нова структура.



Фиг.5

В т.1' се подава сигналът от т.1 (Фиг.1 до Фиг.4). Блокът OR осъществява логическа операция ИЛИ бързо сигнали,

дефинирани като лог '1' при

стойност по-голяма от 0 и лог. '0' в противен случаи. При подаване на положителен инпутичен сигнал Z структурата от Фиг.5 синхронира действието на идеален тиристор.

При управляеми двоичнорачници бентили (двоичнорачни тиристори или тринистори) като т.1 и т.2 (Фиг.1 до Фиг.4) се присъединява показваната на Фиг.6 структура.



ЗАБЕЛЕЖКА : Поради наличи

ето на последователно съдо-

ване импулсността е място

пъстрило от юнито на тозица бентил с емите от фиг.1 и фиг.1

Онзицирвите се видимити и структурни същността им позволяват да се извежат такива съществени заключения:

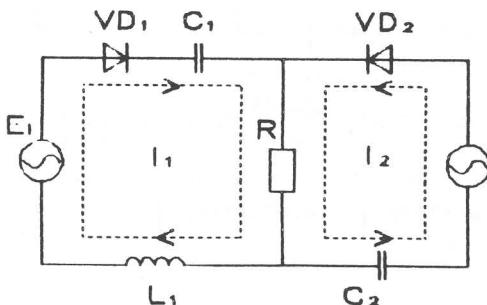
А. Асоцииращи действието на идеалния бентил с протичаща през него ток и извършадки подходящи операции върху тока и надбисоката му произходна можем адекватно да отразим настъпилите бъд бентигата параметрични изменения, независимо от предположението за прободяло състояние на бентилите, при което са съставени уравненията.

В. Получените в т.1 на четирите структурни схеми електрически величини имат двойствен смисъл: при отпускан бентил те отразяват напрежение съответно върху L, R, C, L елементите. Смисълът на тези величини при непрободял бентил вече не еясен, в зависимостта на тази констатация процъртича от проблемите, бъзникващи при описание на многоконтурни бентилни схеми.

Във основа на напрабените разглеждания можем да пристъпим към решаването на проблема за описание на тозица схеми. Често бъд бентилните схеми съществуват контури, образувани само от източници на напрежение, индуктиви и изолани бентили или произволна комбинация от тях. Контурите, образувани от тозица елементи са зависими. Нека една бентилна бентига е в сила следното: m - брои контури, n - брои бентили, p - брои независими индуктивности, q - брои зависими контури. Ако бентилите не участват в зависими контури, то:

1. Уравненията, описващи електрическите процеси са съставени при предположението, че бентилите са в прободяло състояние, а контурите са описаны по посока на пропускане на бентилите, така че всеки бентилен ток да бъде контурен

2. Вроят диференциални уравнения е рабен на броя независими индуктивности, а общият брои уравнения е рабен на броя на независимите контури ($m - q$).



Нека разгледаме следния пример (фиг.7):
 $m = 2$, $p = 1$, $n = 2$,
 $q = 0$. Получените при спасяване на 1 и 2 уравнения имат вида (2)

Фиг.7

$$p \cdot L_1 \cdot I_{11}(p) + \frac{I_{11}(p)}{p \cdot C_1} + R \cdot [I_{11}(p) + I_{12}(p)] = E_1(p)$$

$$\frac{I_{12}(p)}{p \cdot C_2} + R \cdot [I_{11}(p) + I_{12}(p)] = E_2(p) \quad (2)$$

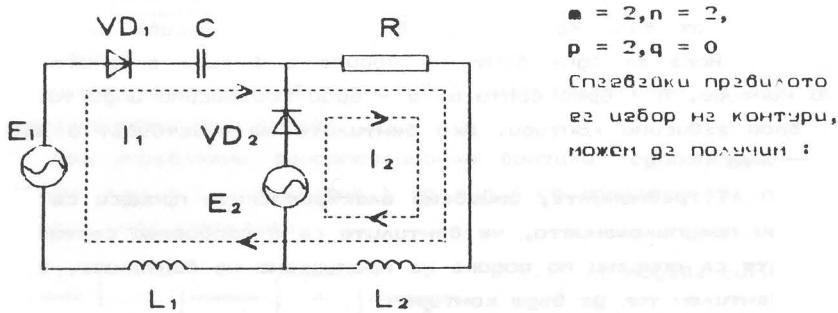
които решени спрямо произвежданите от низ-бисок ред водят до:

$$p \cdot I_{11}(p) = \frac{1}{L_1} \left[E_1(p) - R \cdot [I_{11}(p) + I_{12}(p)] - \frac{I_{11}(p)}{p \cdot C_1} \right] \quad (3)$$

$$I_{12}(p) = \frac{1}{R} \left[E_2(p) - R \cdot I_{11}(p) - \frac{I_{12}(p)}{p \cdot C_2} \right]$$

Решени в съответствие с разгледаните структурни схеми (фиг. 1 до фиг. 4) системите (2) и (3) водят до получаване на редните бентилни токове I_{11} и I_{12} .

Пример за схема, в която две неизбисими контури водят до система от две диференциални уравнения е показан на фиг. 8. Важно е да се отбележи, че не е наложително в клони, където е разположен бентилът, непрекенно да има индуктивен елемент. Такова съвпадение следва да се разглежда по-скоро като случаеност.



Фиг. 8

$$p \cdot L_1 \cdot I_{11}(p) + p \cdot L_2 \cdot [I_{11}(p) + I_{12}(p)] + \frac{I_{11}(p)}{p \cdot C} + R \cdot [I_{11}(p) + I_{12}(p)] = E_1(p)$$

$$p \cdot L_2 \cdot [I_{11}(p) + I_{12}(p)] + R \cdot [I_{11}(p) + I_{12}(p)] = E_2(p) \quad (4)$$

$$p \cdot I_{11}(p) = \frac{1}{L_1 + L_2} \cdot \left[E_1(p) - R \cdot [I_{11}(p) + I_{12}(p)] - \frac{I_{11}(p)}{p \cdot C} - p \cdot L_2 \cdot I_{12}(p) \right] \quad (5)$$

$$p \cdot I_{12}(p) = \frac{1}{L_2} \cdot \left[E_2(p) - R \cdot [I_{11}(p) + I_{12}(p)] - p \cdot L_2 \cdot I_{11}(p) \right]$$

$$\left| \begin{array}{l} p \cdot I_{12} = p \cdot I_2 \text{ при } I_2 > 0 \\ p \cdot I_{12} = 0 \quad \text{при } I_2 = 0 \end{array} \right.$$

където

(6)

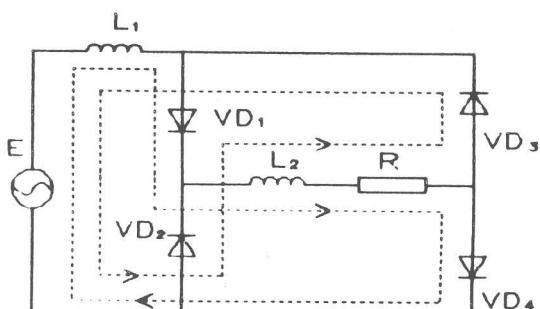
$$\left| \begin{array}{l} p \cdot I_{11} = p \cdot I_1 \text{ при } I_1 > 0 \\ p \cdot I_{11} = 0 \quad \text{при } I_1 = 0 \end{array} \right.$$

От (6) става ясно, че е необходимо не само да се интегрира СДУ, но и да се решава записана в някоя форма система алгебрични уравнения (САУ) спрямо произходните на търсените величини. Тогава цената, която следва да се заплати за лесното формирание и управление на СДУ и физическата нагледност на получаваните резултати. Предвидъв бъдоможностите на съвременните програмни продукти, например използвания тук [3], от това не пристичат съществени затруднения.

3. Ако всеки бентилен ток е представен чрез линейна комбинация от токове през индуктивности, се постига съгласно 1 и 2 невадисимо от участията на никакви бентили в забисими контури.

Като илюстрация на 3 ще разгледаме схемата на еднофазен мостоб изградител с индуктивност в променливи токове страни, работещ на индуктивен токар, която $m = 3$, $n = 4$, $p = 2$, $q = 1$.

Невадисимо от наличието на контур, създаден само от диоди, спрямвани 3 можем да получим следната система уравнения :



Фиг. 9

$$p \cdot I_{11}(p) = \frac{1}{L_1 + L_2} \left[E(p) - R \cdot [I_1(p) + I_2(p)] - p \cdot [L_2 - L_1] \cdot I_{22}(p) \right] \quad (7)$$

$$p \cdot I_{12}(p) = \frac{1}{L_1 + L_2} \left[-E(p) - R \cdot [I_1(p) + I_2(p)] - p \cdot [L_2 - L_1] \cdot I_{22}(p) \right]$$

Където $p \cdot I_{11}(p)$ и $p \cdot I_{12}(p)$ са дефинирани икто (6).

За (7) при прободящи бентили в баланс на контурните напрежения участвуват само реални напрежителни параметри, но не и напрежениия бърку непрободящи бентили. При непрободящи VD2 и VD3 блокът INL

(фиг.1 до фиг.4) ще отстрани напрежителният пад бърку общото за I_1 и I_2 съпротивление, а условието (6) - пада бърку общите индуктивности L_1 и L_2 . В същото време $p.(L_1+L_2).I_2(p)$ дава сумата от обратните напрежения бърку египчаните бентили.

4. При недължност към схемата да бъдат приложени 1, 2 и 3, то за такава версия в общия случаи не е бъвношно валидране на **независими** (диференциални или алгебрични) изразнения за всеки бентилен ток.

Така например, ако в схемата от фиг.7 се разменят местата на R и L , то в получена схема съгласно 1 следва да се вземе изборът на независими контури, но тогава води до съставяне на две диференциални уравнения, което противоречи на 2. Ако в схемата от фиг.9 L_1 бъде вземен с активно съпротивление, то бентилните токове не са представими като линейна комбинация на токове през индуктивности (правило 3). В тези случаи е необходимо провеждане на допълнителен топологичен анализ за явно отдаване на съществувашите в схемата бръзки и модифицирани схеми от фиг.7 и фиг.9 бентилните токове са еднакви (сумата им е независима величина).

В заключение е необходимо да се уточни, че предложените структурни схеми са приложими при използване на групи методи за числено интегриране на СДУ (**RUNGE-KUTTA, EULER** и т.н.).

Използвана литература

1. Жуков В.Я. и др., Автоматизированное проектирование силовых электронных схем, Техника, 1988г., Киев
2. Kron G., Tensor analysis of networks, New York, John Wiley and Sons, Inc., 1965
3. Bosch P.P. J. van den , PSI - User's Manual BOZIA automaticering, 1987, Holland