

ГРАНИЦИ НА ИЗМЕНЕНИЕ НА КОЕФИЦИЕНТА НА ЗАПЪЛВАНЕ НА УПРАВЛЯВАЩИТЕ ИМПУЛСИ ПРИ РЕГУЛИРАНЕ НА УСИЛВАТЕЛ В РЕЖИМ КЛАС "Е"

доц. д-р инж. Илия Нейков Немигенчев
ст.ас. инж. Владимир Иванов Алексиев
Технически университет - Габрово

This report is development of the investigation of the possibilities for matching of the load in the class "E" by variation of the duty factor [3]. Now the results are applied that have been researched for limitation of the current and voltage of the transistor in the optimal mode of operation.

Въведение

За използване на предимствата на режим клас Е в практически устройства често се налага регулиране на мощността в товара. При работа на фиксирана честота, освен амплитудната модулация, която е подрбно анализирана в [1,2], другата възможност е ШИМ. Извършените изследвания [3] позволяват получаване на ограничителните условия за запазването на оптималния режим на работа при регулиране с коефициента на запълване на управляващите импулси.

Настоящата работа е продължение на [3] и предлага определяне на възможния обхват за регулиране и гранични стойности на токовете и напреженията за схемата, които са основни параметри при проектиране на система за управление на стъпалото.

Изчисление на схемните елементи

За оразмеряване на елементите на изходната верига е необходимо комплексното реактивно съпротивление в заместващата схема - фиг.2,б в [3] да бъде разделено на:

- идеален сериен трептящ кръг с елементи L_0 и C_0 , настроен на работната честота - ω

$$(1) \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}} \quad ;$$

- jX - реактивен елемент, отчитащ разстройката на кръга спрямо тази честота;

- товарно съпротивление R_L .

* Изчисление на товарното съпротивление.

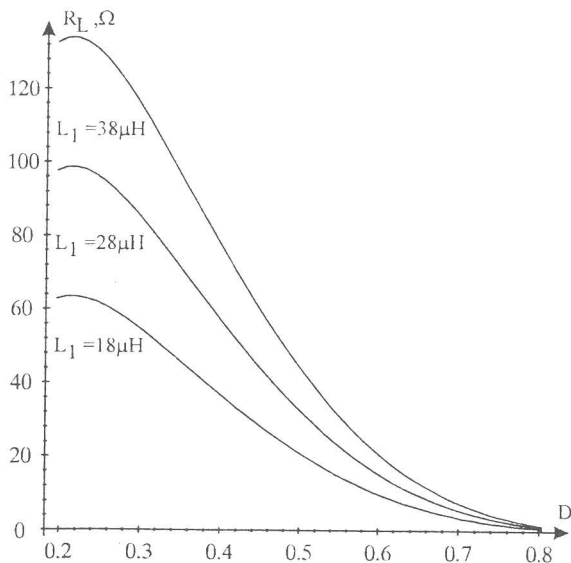
При липса на загуби в схемата, кпд е 100% при което от формула (1) в [3] следва

$$(2) \quad R_L = \frac{U_{DC} I_{DC}}{I_{0m}^2},$$

където I_{DC} има вида

$$(3) \quad I_{DC} = \frac{\omega}{2\pi} \left[\int_0^{\pi DS} i_{21} dt + \int_{\frac{2\pi}{\pi DS}}^{\omega} i_{22} dt \right],$$

а съответно i_{21} и i_{22} са дефинирани чрез (6) и (9) в [3].



Фиг.1

На фиг.1 са показани семейство характеристики за изменението на товарното съпротивление от коефициента на запълване на управляващите импулси D , при параметър стойността на ذخранващия дросел. Останалите числени стойности са:

$$(4) \quad U_{DC} = 16V; f = 1\text{MHz} \text{ и } K_1 = 1.22.$$

* Допълнително реактивно съпротивление.

То се изчислява от системата уравнения

$$(5) \quad U_{Sm} = I_{0m} R_L \sqrt{1 + \frac{X^2}{R_L^2}}, \quad \varphi_1 = \varphi_0 + \arctg\left(\frac{X}{R_L}\right)$$

с две неизвестни X и φ_1 , където U_S е

$$(6) \quad U_{Sm} = \frac{\omega}{\pi} \left[\begin{array}{c} 2\pi D S \\ \int_0^{\omega} u_{11} \sin(\omega t + \varphi_1) dt \\ 0 \end{array} \right],$$

а

$$(7) \quad u_{11} = U_{DC} - L_1 \frac{di_{11}}{dt}.$$

При решаване на системата, се получава уравнение от четвърта степен с корени

$$(8) \quad X_{1,2} = \frac{1}{2} \frac{c1X_{em} \pm \sqrt{4csX_{em} I_0 \pi (K_1^2 - 1) - 4\pi^2 I_0^2 R_L^2 (K_1^2 - 1)^2 + c1X_{em}^2}}{I_0 \pi (K_1^2 - 1)}$$

(9)

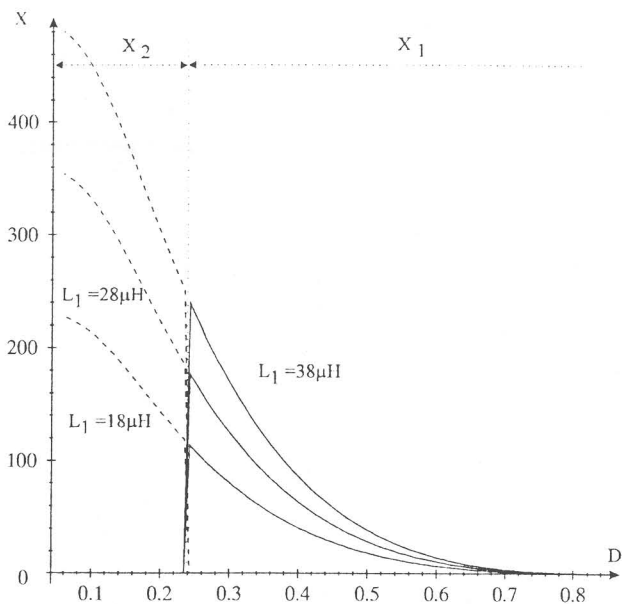
$$X_{3,4} = \frac{1}{2} \frac{-c1X_{em} \pm \sqrt{-4csX_{em} I_0 \pi (K_1^2 - 1) - 4\pi^2 I_0^2 R_L^2 (K_1^2 - 1)^2 + c1X_{em}^2}}{I_0 \pi (K_1^2 - 1)},$$

където коефициентите $c1X_{em}$, csX_{em} , за дадени в Приложение 1.

Физически смисъл има само решението без имагинерна част.

Два от корените - X_3 и X_4 за входните данни (4), са комплексни числа, за целия обхват на D . Изменението на останалите два корена - X_1 и X_2 , при параметрично изменение на L_1 и $D=(0.1-0.9)$, е показано на фиг.2.

Двата корена напълно покриват целия диапазон на D , като крайната стойност на X_2 и началната на X_1 е точката $D=0.2368$, при $X=182.6776$ (за $L_1=28\mu H$).



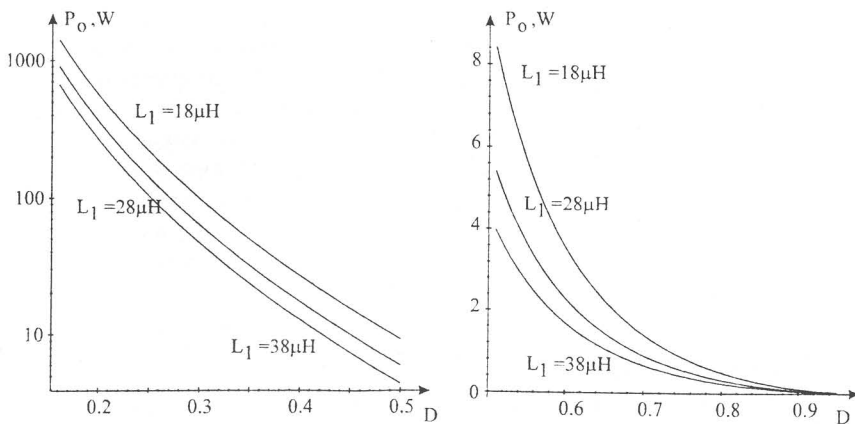
Фиг.2

Получените стойности за корените са положителни и следователно имат характер на индуктивност.

Исходната мощност може да бъде получена от

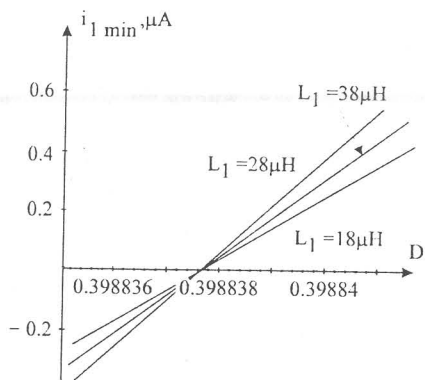
$$(10) P_L = \frac{I_{om}^2}{2} R_L$$

и е показана на фиг.3. Поради динамичното изменение на процеса графиката е разбита на две части $D=0.2-0.5$ фиг.3,а и $D=0.5-0.9$ фиг.3,б.



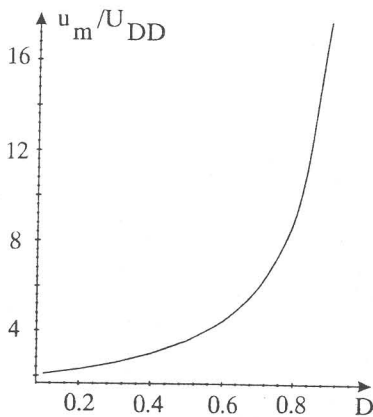
Фиг.3

Ограничителни условия при регулиране



Фиг.4

вижда, че достигането на нула на тока през дросела е при стойност 0.3988379 и не зависи от L_1 .



Фиг.5

Заключение

Получените аналитични изрази и резултати позволяват разработването на съвременна система за управление на стъпало работещо в режим клас "Е" при динамично изменение на товара и регулиране с коефициента на запълване на управляващите импулси.

Изчислената за работната честота индуктивност е от $(10 \div 60) \mu\text{H}$ при $L_1 = 28 \mu\text{H}$, което е физически реализуема стойност.

След определена стойност на коефициента на запълване, токът през захранващия дросел за част от периода става отрицателен. При практическа реализация това не бива да се допуска, поради опасността от включване на транзистора през този период, което би довело до значителен напреженов пик и дефектиране на прибора. На фиг.4 е показано изменението на минималната стойност на тока през дросела като функция на D , при параметрично изменение на L_1 . От фигурата се

Увеличението на коефициента на запълване е съпроводено от напреженов пик върху затворения ключ, надвишаващ 7 пъти (при $D=0.8$) захранващото напрежение. Точката на максималната стойност може да се намери от екстремума на (7), а стойността на функцията в тази точка трябва да бъде ограничаващ фактор при избора на транзистор при проектирането. Зависимостта на амплитудата на напрежението върху ключа, като функция на коефициента на запълване в нормиран вид е показана на Фиг.5.

Приложение

$$\begin{aligned}c1Xem &= 2*((\cos(1/K1*Pi)^2-1)*A \\ &+ B*\sin(1/K1*Pi)*\cos(1/K1*Pi))*\cos(\bar{f}io) \\ &+ 2*((-\cos(1/K1*Pi)^2+1)*K1*B \\ &+ A*K1*\sin(1/K1*Pi)*\cos(1/K1*Pi))*\sin(\bar{f}io)+Io*Pi \\ csXem &= 2*((\cos(1/K1*Pi)^2-1)*K1*B \\ &- A*K1*\sin(1/K1*Pi)*\cos(1/K1*Pi))*\cos(\bar{f}io) \\ &+ 2*((\cos(1/K1*Pi)^2-1)*A+ \\ &B*\sin(1/K1*Pi)*\cos(1/K1*Pi))*\sin(\bar{f}io)\end{aligned}$$

Литература

1. Albul, M., An explicit design criterion for the RF choke reactance, on the class E power amplifiers and frequency multipliers, Transactions of the South African Institute of Electrical Engineers, Vol: 85, Iss: 2, p. 37-42, June 1994, ISSN: 0038-2221,

2. Albul, M.; Radu, S. Second order effects in collector amplitude modulation of class E power amplifier, Archiv fur Elektronik und Uebertragungstechnik, Vol: 49, Iss: 1, p. 44-9, Jan. 1995, ISSN: 0001-1096

3. Немигенчев, И.Н., В.И.Алексиев, Работа в режим клас "Е" при крайна стойност на захранващия дросел и променлив коефициент на запълване, Национална научно-приложна конференция по електронна техника, Созопол, 1997.