

МАТЕМАТИЧЕТО МОДЕЛИРАНЕ НА ВИСОКОЧЕСТОТНИ

ГЕНЕРАТОРИ

асп. Анастасия Димитрова Шишкова

канд. доц. Анастасия Петрова Крушева

Технически Университет - София, 1997 г.

Промишлените приложения на индустриалната електроника обхващат диапазон на честоти над 40kHz при мощности над 10kW, при който ламповите генератори нямат алтернативни решения с полупроводникови прибори.

Уточненият анализ на тези генератори е обект на редица публикации [1-5], които са свързани с приложения на индукционното нагряване в този диапазон за прецизни технологии като високочестотни плазмотрони, израстване на монокристали и др.

Предлага се модел на високочестотен лампов генератор и анализ на неговите режими на работа, като е изследван и преходният процес в системата.

От известните методи за математическо моделиране на електронни схеми [3]: операторен, основан на трансформациите на Лаплас; честотен, основан на трансформациите на Фуриер; метод за решаване на нехомогенна система линейни диференциални уравнения с постоянни коефициенти, е избран методът на променливите на състоянието. Този метод е свързан с матричен запис на система диференциални уравнения, съставени в нормална форма. Обикновено численото ѝ интегриране се осъществява по метода на Рунге - Кута, в който се използват производни от p - висок ред от Тейлоровото развитие на функцията, за да се получи допълнителен корекционен наклон в интервала h . Гчита се, че се постига

по - голяма точност на резултата.

В настоящата работа е използван пакетът приложни програми на Kordland International [31], в които израсите са числено интегрирани във следния вид:

$$y_{n+1} = \Phi(y_n) + \frac{h}{n+1} \left(f_0(y_0) + f_1(y_1) + f_2(y_2) + \dots + f_n(y_n) \right)$$

$$E_{0,1} = \Phi(y_0) = \Phi(x_0, y_0, \dots, y_m, t_0)$$

$$E_{1,1} = \Phi(y_1) = \Phi(x_0 + 0,5 \cdot h, y_0 + 0,5 \cdot h, \dots, y_0 + 0,5 \cdot h, t_0 + 0,5 \cdot h)$$

$$E_{2,1} = \Phi(y_2) = \Phi(x_0 + 0,5 \cdot h, y_1 + 0,5 \cdot h, \dots, y_1 + 0,5 \cdot h, t_0 + 0,5 \cdot h)$$

$$E_{3,1} = \Phi(y_3) = \Phi(x_0 + h, y_2 + h, \dots, y_2 + h, t_0 + h)$$

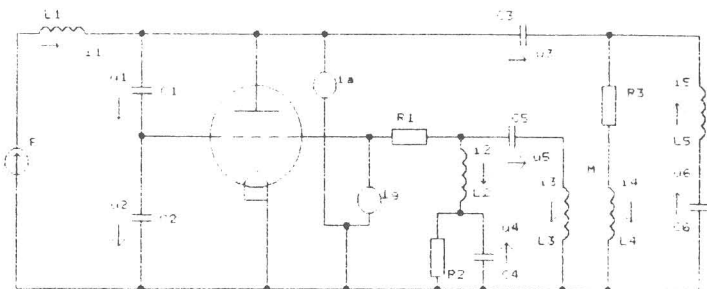
По този начин е ясно, че е приложен методът на Рунге - Кута от четвърти ред.

На фиг. 1. е представена реална схема на лампов автогенератор с трансформаторна обратна връзка.

Колелателният контур е съставен от елементите L4=RL, C4=RC, C5=RC, K3=RL, които са определени във основни параметрите на индуктора и протичащия технологичен процес. Захранването на генераторната схема се превръща от източник на постоянно напрежение означено с E.

Входата е представена чрез два различни източника на ток i_a, i_g , които са функция на напреженията $u_a = f(u_a, u_g)$, $i_g = f(u_a, u_g)$. Върхът ето си, че в предишния раздел, за съвет на аналитично, участващи в уравненията, се намират от видове равновесия и равновесията при приток а, които са зададени такава. Това повишава точността на преобразоването на реална от теорията. Друго условие, за което е задаването на не обичайно с апроксимирани уравнения.

Входите i_a, i_g са функцията $i_a = f(u_a, u_g)$, $i_g = f(u_a, u_g)$



Фиг. 1.

капацитети $C1=C0a$, $C2=C0k$.

Схемата на даден генератор с трансформаторна обръзка връзка е описана чрез система обикновени диференциални уравнения, съставена от законите на Кирхоф:

$$\frac{du_1}{dt} = \frac{1}{C1} (i_1 - i_2 - i_3 - i_4)$$

$$\frac{du_2}{dt} = \frac{1}{C2} (i_1 - i_2 - i_3 - i_4 - i_5)$$

$$\frac{du_3}{dt} = \frac{1}{C3} (i_4 - i_5)$$

$$\frac{du_4}{dt} = \frac{1}{C4} (i_2 - i_4/R2)$$

$$\frac{du_5}{dt} = \frac{1}{C5} i_3$$

$$\frac{du_6}{dt} = \frac{1}{C6} i_5$$

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{1}{L1} (E - u_1 - u_2)$$

$$d_{i2} = \frac{1}{1 + (U_1 + U_2 - U_1) \cdot R_{i1}} \\ \text{от } (17)$$

$$d_{i3} = \frac{U_2 \cdot (1 + M) + U_1 \cdot (1 + n) \cdot M + U_3 \cdot (1 + U_2 + U_1) \cdot R_{i1} \cdot L_4 + 4 \cdot M \cdot R_3}{1 + U_1 \cdot R_{i1}} \\ \text{от } (17), (18)$$

$$d_{i4} = \frac{U_1 \cdot (1 + U_2) \cdot R_{i1} \cdot M + U_2 \cdot (1 + U_1) \cdot R_{i1} \cdot M + U_3 \cdot (1 + U_1) \cdot R_{i1} \cdot M + U_1 \cdot R_{i1} \cdot M}{1 + U_1 \cdot R_{i1}} \\ \text{от } (17), (18)$$

$$d_{i5} = \frac{U_1 \cdot R_{i1} \cdot M}{1 + U_1 \cdot R_{i1}} \\ \text{от } (17), (18)$$

резултата на токовете и напреженията и теорията е разработена в най-голям обем от прегледа [10]. За определяне на изчисления начални условия, а вие всеки следващ момент t , то е възможно да съставите на u_{i0} , i_{i0} по същият закон на изменение напрежението и тока на кондензаторите. За да изследване на преходните процеси в системата изходните условия са приети за нулеви.

Извършено е нормиране на всички величини, двете данни в дробната част: напрежението e по отношение спрямо за равнящото напрежение E ; токовете i спрямо тока $I_0 = E/R_0$, където $R_0 = \sqrt{(L_4 + L_5)/C_6}$ е характеристичното съпротивление на анодния контур; капацитетите c спрямо $C_6 = Ct$; индуктивностите l спрямо $L_4 + L_5 = Lt$; времето τ спрямо периода на честотата $\omega = 1/\sqrt{(L_4 + L_5) \cdot C_6}$.

На фиг. 2. и 3. графично са представени резултатите от числения анализ на генератор и трансформаторна обратна връзка с мощност $P = 100 \text{ W}$, честота $f = 440 \text{ kHz}$, на базата на триод ГУ-58Б, чийто характеристики са въведени в таблица.

Фиг. 2. а. е показва преходния процес в системата при нулеви начални условия. На фиг. 2. а. е представен преходният процес за еа и ег. За същият режим на фиг. 2. б. е представен i_a и i_g на фиг. 2. в. - i_d . Като се вижда от графиките условията на работа

на генератора отговарят на пренапрегнат режим $U_{\text{вд}} = U_{\text{вд}}$, има спад в средата на $i_{\text{д}}$ и значителна стойност на $i_{\text{г}}$.

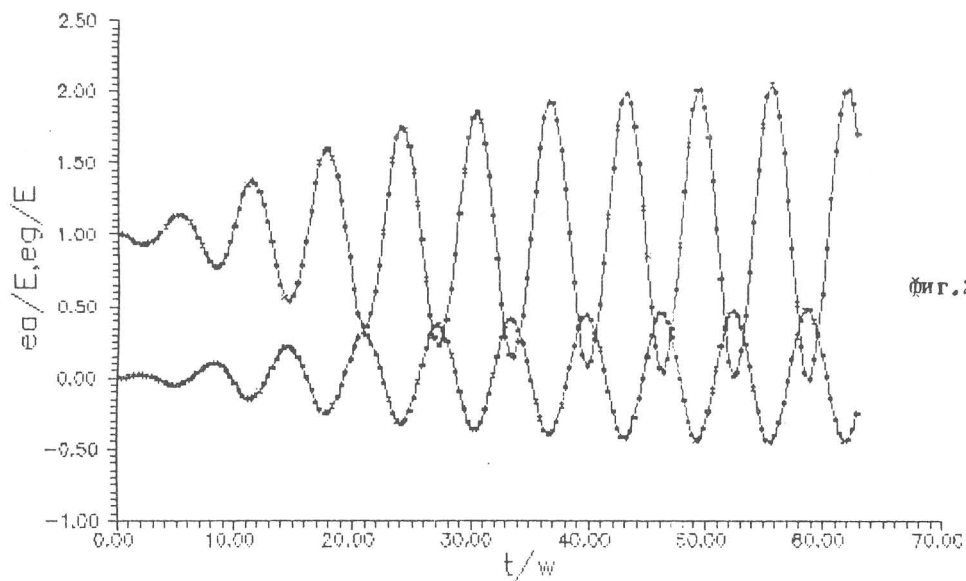
Фиг. 1а на фиг. 10 при друга стойност на $U_{\text{вд}}$ и $U_{\text{вд}}$ друго натоварване в установен режим (2) показва на фиг. 3, а, б) съответно за $U_{\text{вд}} = U_{\text{вд}}$ и $U_{\text{вд}} = U_{\text{вд}}$ на фиг. 3, в) и $U_{\text{вд}} = U_{\text{вд}}$ на фиг. 3, в).

Фауктоциите в графиките на $i_{\text{д}}$, $i_{\text{г}}$, $U_{\text{вд}}$, $U_{\text{вд}}$ доказат не дискретния характер на таблично въведените стойности на характеристиките $i_{\text{д}} = f(U_{\text{вд}}, U_{\text{вд}})$, $i_{\text{г}} = f(U_{\text{вд}}, U_{\text{вд}})$.

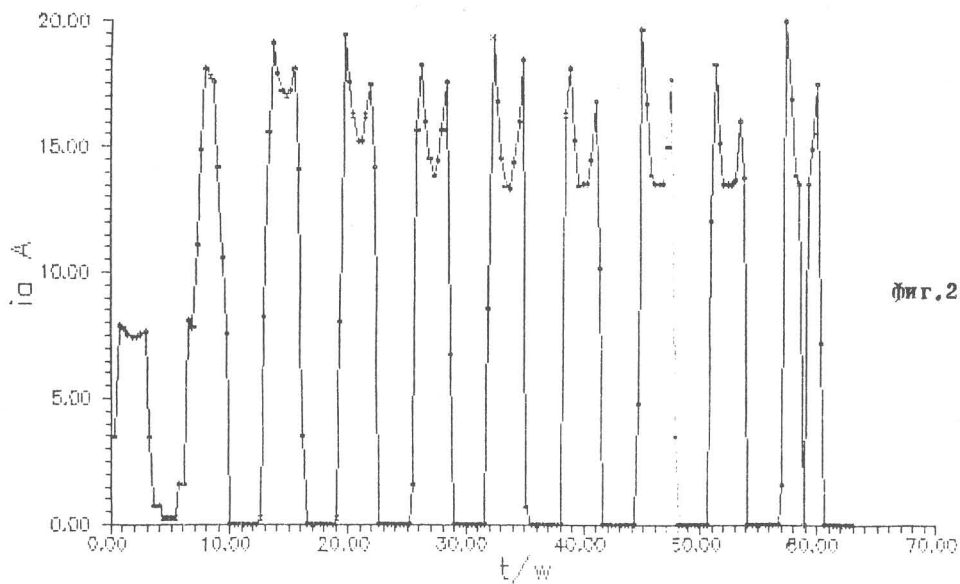
Подобен математически модел е възможно да се използва за каква да е схема на автогенератор за пълно обхващане режимите на работа, особено тези различни от гранични и изясняване областите на допустимите параметри.

Литература:

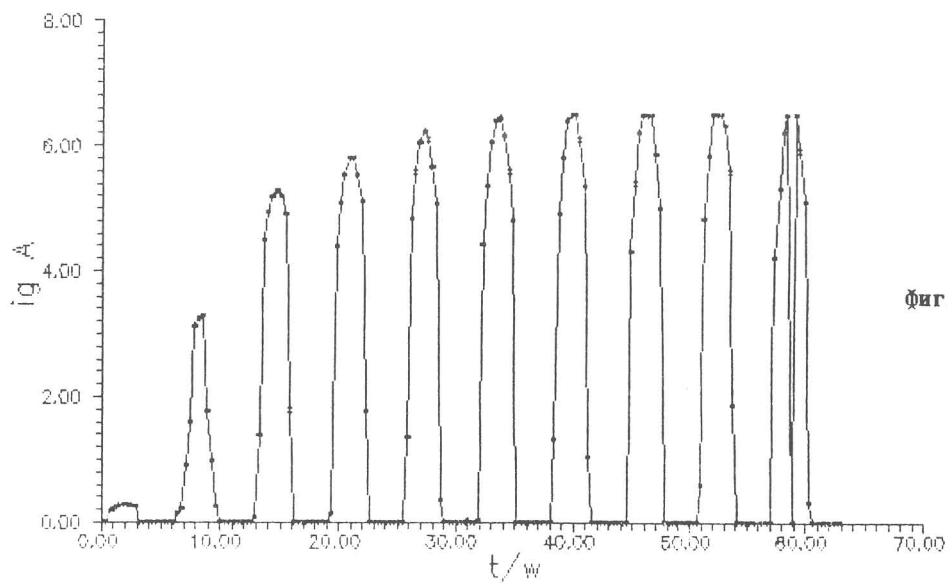
1. Васильев А.С., С.Г.Гуревич, Ю.С.Юффе, Источники питания электротехнических установок, Л. Энергоатомиздат, 1985
2. Васильев А.С., С.Г. Гуревич, Моделирование промышленно-лабораторных генераторов на ЭВМ, Электротехника, 1987, №1
3. Холд Дж., Дж. Уатт, Современное численное методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений, Москва, Мир, 1976
4. Turbo Toolbox, Reference manual, Iceland, International Inc.
5. Ogihara H., S. Nagai, M. Nakahara, S. Hamada, THE STATE-OF-THE-ART ADVANCED DEVELOPMENTS OF SERIES-RESONANT HIGH-FREQUENCY INVERTER USING STATIC INDUCTION TRANSISTORS/POWER MODULES, 1991



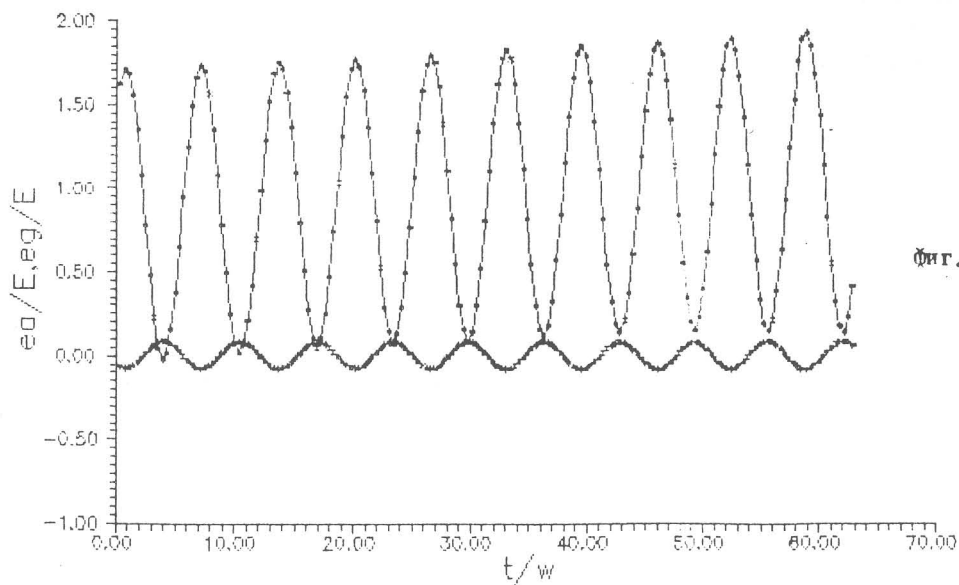
Фиг. 2а



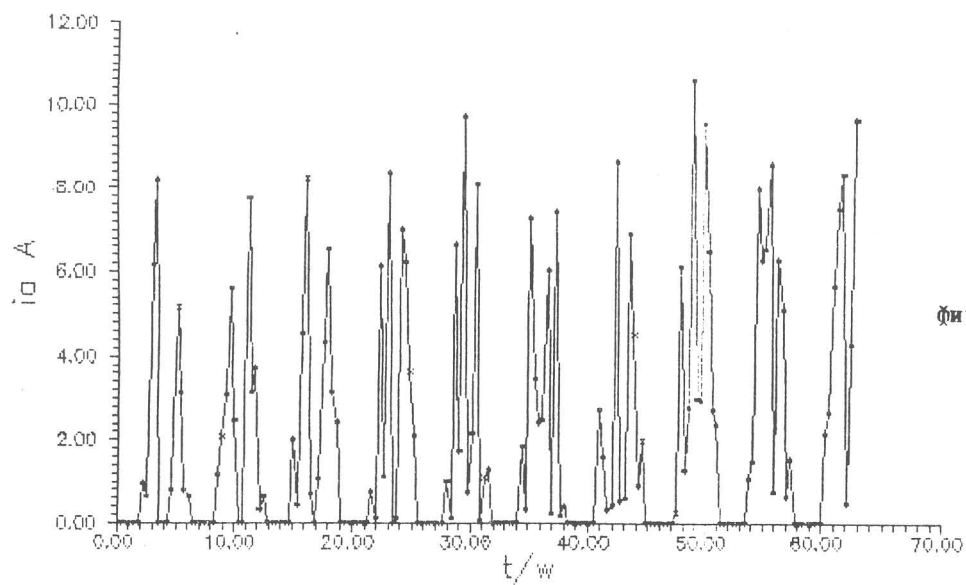
Фиг. 2б



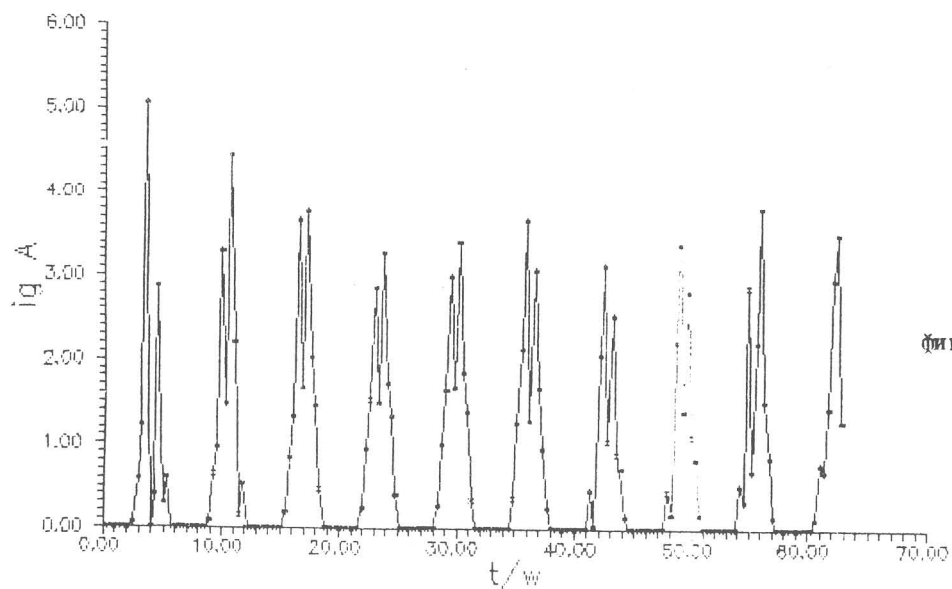
Фиг. 2в



Фиг. 3а



фиг.36



фиг.3B