

# ВИСОКОЧЕСТОТНИ ГЕНЕРАТОРИ ЗА ДИЕЛЕКТРИЧНО НАГРЯВАНЕ С РЕГУЛИРУЕМО СЪГЛАСУВАНЕ НА ТОВАРА

доц.к.т.н. инж. И.Н.Немигенов  
ас.инж. В.И.Алексиев  
ВМЕИ - Габрово

Висококачествените генератори за диелектрично нагриване с мощност над няколко kW се изпълняват по блоковата схема показана на фиг.1 [1]. Тя включва високоволтов изправител, електровакуумен прибор, избираща система, обратна връзка и товар. В процеса на нагриване настъпват структурни променени в товара, при което неговите параметри се изменят в широки граници. Това води до промяна на режима на електровакуумния прибор и работната честота. За стабилизиране на режима на генератора, отдаване на постоянно ниво на мощността в товара и стабилност на честотата в схемата се включва съгласуващо устройство.

Изследванията са извършени върху висококачествен генератор за диелектрично нагриване с работна честота 13.56 MHz и изходна мощност 16 kW при слепване на дървесни плоскости. Схемата на генератора е показана на фиг.2. Изпълнен е с трансформаторна обратна връзка и двукръгова избираща система, състояща се от основен кръг  $L_k C_k$  и изходен кръг  $L_c C_n$  в който е включен товарът. Той е представен с еквивалентните си параметри  $R_L$  и  $C_L$ . Като регулируем и съгласуващ елемент в изходния кръг е включен вакуумен кондензатор  $C_n$ .

Измененията на еквивалентните параметри  $R_L$  и  $C_L$  на товара и съответстващия им  $\tan \delta$ , за един технологичен цикъл /в границите на 10 минути/, са представени на фиг.3, от където се вижда, че промените им са в границите на 200 до 300 %. При такава динамика на изменение на параметрите товара, силно се нарушава

режима на лампата и експлоатационната и надеждност, нивото на изходната високочестотна мощност и стабилността на работната честота.

Въвеждането на регулируем елемент  $C_H$  в изходния кръг има за цел да се даде възможност по време на технологичния процес да се поддържа оптималното натоварване на лампата в границите на допустимото изменение на работната честота [2,3]. За да се определят необходимите зависимости между условията за оптимално натоварване и честотна стабилност в границите на изменение на регулирания елемент при промяна на товара, е извършен сравнителен анализ между при схемни структури на избирателни системи - с трансформаторна и автотрансформаторна връзка и еднокръгова система, показани на фиг.4. Към тези структури се свеждат голяма част от експлоатираните генератори за диелектрично нагряване.

Като се извърши еквивалентно преобразуване на избирателните системи в сечението gg, всички те се свеждат до вида показан на фиг.4.з, където:

$$(1) \quad X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1}, \quad X_c = x_{1c} + \frac{r_{1c}^2}{x_{1c}}, \quad R_c = r_{1c} + \frac{x_{1c}^2}{r_{1c}},$$

където  $r_{1c}$  и  $x_{1c}$  имат следния вид:

- при трансформаторна връзка

$$(2) \quad r_{1c} = r_1 + (r_2 + r_0) \frac{x_m^2}{(r_2 + r_0)^2 + (x_2 + x_0)^2},$$

$$(3) \quad x_{1c} = x_1 - (x_2 + x_0) \frac{x_m^2}{(r_2 + r_0)^2 + (x_2 + x_0)^2};$$

- при автотрансформаторна връзка

$$(4) \quad r_{1e} = r_1 + \frac{r_2(x_0 - x_m)^2 + r_0(x_2 + x_m)^2 + r_2 r_0 (r_2 + r_0)}{(r_2 + r_0)^2 + (x_2 + x_0)^2},$$

(5)

$$x_{1e} = x_1 + x_m + \frac{r_2^2(x_0 - x_m) + r_0^2(x_2 + x_m) + (x_2 + x_0)(x_0 - x_m)(x_2 + x_m)}{(r_2 + r_0)^2 + (x_2 + x_0)^2};$$

- при съгласуващ филтър

$$(6) \quad r_{1e} = r_1 + r_0, \quad x_{1e} = x_1 + x_0;$$

както:

$$(7) \quad r_0 = \frac{R_L}{1 + \omega^2 C_L^2 R_L^2}, \quad x_0 = -\frac{1 + \omega^2 R_L^2 C_L (C_L + C_n)}{\omega C_n (1 + \omega^2 R_L^2 C_L^2)},$$

$$(8) \quad x_1 = \omega L_1, \quad x_2 = \omega L_2, \quad x_m = \omega M, \quad M = k\sqrt{L_1 L_2}.$$

Оптималния режим на работа на генератора и съответната резонансна честота се определят от уравненията

$$(9) \quad r_{1e} + \frac{x_{1e}^2}{r_{1e}} = R_{e,ap},$$

$$(10) \quad \frac{1}{\omega C_1} = x_{1e} + \frac{r_{1e}^2}{x_{1e}},$$

където  $R_{e,ap}$  е еквивалентното съпротивление за граничен режим на работа на лампата в генератора.

От (9) и (10) се получава уравнението

$$(11) \quad \frac{1}{\omega C_1} = x_{1e} \left( 1 + \frac{r_{1e}}{R_{e,ap} - r_{1e}} \right),$$

което позволява да се определи работната честота на генератора при оптимално натоварване на лампата, като функция на стойността на настройващия кондензатор.

Теоретичното изследване хода на характеристиките  $\omega(C_n)$  от (11), за десет стойности на товара от фиг.3, за прите вида съгласуващи системи е показано на фиг.5

За решаване на уравнението са използвани числени методи при входни данни  $R_{e,sp}=1.2k\Omega$ ,  $r_1=0.1\Omega$  и

-схема с трансформаторна връзка - фиг.5а:

$L_1=2.12\mu H$ ,  $C_1=65pF$ ,  $L_2=0.12\mu H$ ,  $k=0.12$ ,  $r_2=0.05\Omega$  ;

-схема с автотрансформаторна връзка - фиг.5б:

$L_1=2.12\mu H$ ,  $C_1=65pF$ ,  $L_2=80nH$ ,  $k=0.1$ ,  $r_2=0.05\Omega$  ;

-схема със съгласуващ филтър - фиг.5в:

$L_1=2\mu H$ ,  $C_1=100pF$ .

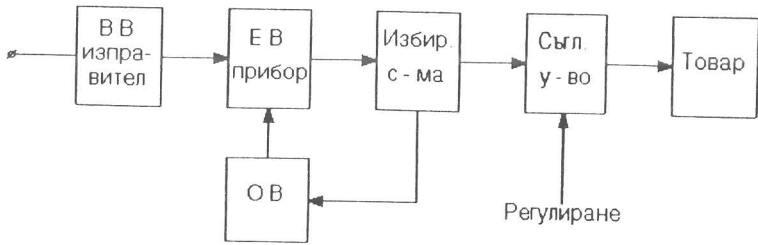
От получените резултати, се вижда, че съществува точно определена, физически реализуема стойност, на настройващия кондензатор  $C_n$ , за целия обхват на изменение на товара, при която се удовлетворяват изискванията за стабилност на честотата и оптималност на режима на високочестотния генератор.

Литература :

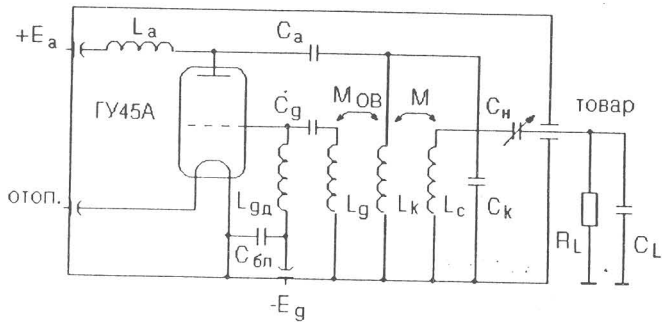
1. K.M.NG, S.Hinchliffe, L.Hobson, An RFclass C amplifier for dielectric heating applications, Int. J. Electronics, 1987, v.62, N4.

2. Bereza J., Sadowski J., Energetically optimum output circuits of H.F.Generators for induction heating, 10<sup>th</sup> Congress UIE, Stockholm, Sweden,1984.

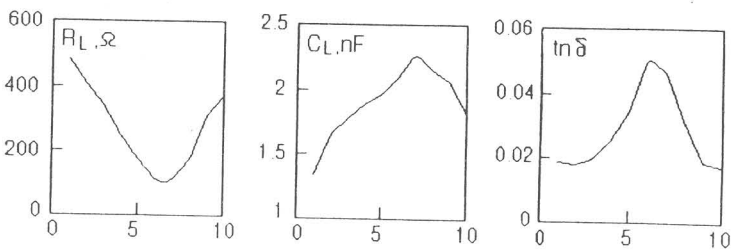
3. И.Н.Немизенчев, В.И.Алексиев, Н.И.Георгиева, Връзка между режима на работа и честотната стабилност при високочестотни генератори за диелектрично нагряване. Юбилейна научна сесия, 27/28 май 1993г., В.Търново.



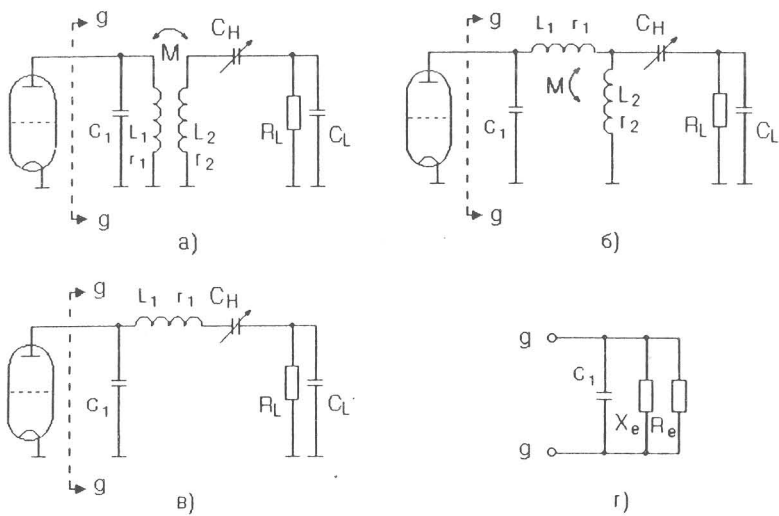
фиг.1



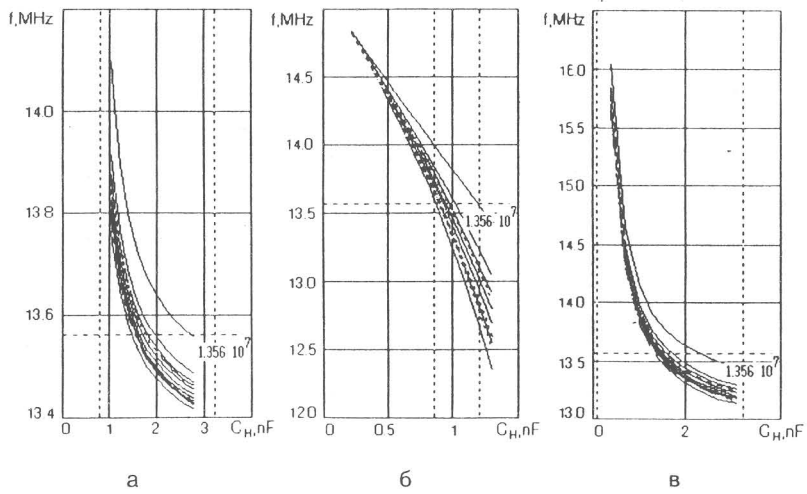
фиг.2



фиг.3



фиг. 4



фиг. 5