

## **ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМОГО ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ВИСОКОЧАСТОТНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЛАСТМАСОВИХ ПАЛІТУРОК**

Розрахунок високочастотних генераторів для діелектричного нагріву проводиться, виходячи з умови віддачі генератором достатньо великої потужності при відносно високому значенні коефіцієнта корисної дії. Для забезпечення такого режиму вибирають компромісне значення кута відсічки  $\theta$  в межах  $60\text{--}80^\circ$ .

Однак в установках для високочастотного зварювання палітурок та інших виробів з пластику цю умову не можна вважати оптимальною. Тут на перший план виступає питання граничної інтенсифікації процесу, можливості швидкого зварювання великих площин. Власне, швидкодія й була одною з важливих властивостей високочастотного нагріву діелектриків, завдяки якій цей прогресивний спосіб обробки матеріалів знайшов таке широке застосування. Тому основним критерієм оптимального режиму роботи таких генераторів нагріву повинно бути одержання максимально можливої корисної потужності в анодному контурі.

Для збільшення потужності, віддаваної генератором, доцільно збільшити кут відсічки до  $90\text{--}100^\circ$ . Дальше збільшення кута  $\theta$  небажане, бо це значно знижує коефіцієнт корисної дії генератора при невеликому збільшенні потужності. Збільшення кута відсічки в діючих установках легко здійснити шляхом зменшення опору автоматичного зміщення.

Важливим резервом підвищення корисної потужності є можливість роботи генератора з перевантаженням. Працюючи в імпульсному режимі, генераторна лампа може віддавати потужність більшу, ніж у неперервному режимі.

Імпульсний режим роботи високочастотних установок для виготовлення пластмасових палітурок має специфічні особливості. По-перше, час одного робочого циклу сумірний із сталою часу нагріву анода лампи. По-друге, в межах циклу час роботи генератора менший від часу паузи не більше, ніж у 5 разів (за винятком хіба спеціальних аплікаційних робіт, де він ще менший). У зв'язку з цим для оцінки перевантажної здатності високочастотного генератора доцільно виходити з розгляду теплових перехідних процесів генераторної лампи.

Введемо поняття коефіцієнта термічного перевантаження лампи  $\delta$  як відношення кількості тепла, що виділяється на аноді лампи за одиницю часу при імпульсному ( $Q_{i,мн}$ ) і неперервному ( $Q_\infty$ ) режимах,

або як відношення відповідних потужностей, розсіюваних анодом у імпульсному ( $P_{i,мп}$ ) і неперервному ( $P_{\infty} = P_{ном}$ ) режимах генератора:

$$\delta = \frac{Q_{i,мп}}{Q_{\infty}} = \frac{P_{i,мп}}{P_{\infty}}. \quad (1)$$

З умови теплового балансу анода генераторної лампи маємо:

$$Q_{i,мп} dt = C d\tau + A\tau dt, \quad (2)$$

де  $Q_{i,мп}$  — кількість тепла, що виділяється на аноді за одиницю часу;

$t$  — час;

$C$  — теплоємність анода;

$A$  — тепловіддача анода;

$\tau$  — перевищення температури анода над температурою середовища.

При початковій температурі робочого періоду  $\tau_1$  і періоду паузи  $\tau_2$  розв'язок рівняння (2) знайдемо в такому вигляді: для робочого періоду

$$\tau_2 = \frac{Q_{i,мп}}{A} \left( 1 - e^{-\frac{t_p}{T_n}} \right) + \tau_1 e^{-\frac{t_p}{T_n}}, \quad (3)$$

для періоду паузи

$$\tau_1 = \tau_2 e^{-\frac{t_0}{T_n}}.$$

З графіка зміни температури, зображеного на рисунку, видно, що в імпульсному режимі максимальна температура  $\tau_{макс} = \tau_2$  завжди менша усталеної температури  $\tau_y$ , якої лампа досягла б при неперервній роботі з тим самим навантаженням. Це положення приховує можливість імпульсного перевантаження лампи.

Підставивши значення  $\tau_1$  з виразу (4) в формулу (3), одержимо

$$\tau_2 = \frac{Q_{i,мп}}{A} \cdot \frac{1 - e^{-\frac{t_p}{T_n}}}{1 - e^{-\frac{t_p + t_0}{T_n}}}. \quad (4)$$

Очевидно, що в імпульсному режимі допустимий такий же перегрів анода, як і в неперервному режимі

$$\tau_{доп} = \frac{Q_{\infty}}{A}. \quad (5)$$

Прирівнюючи праві частини виразів (5) і (6), одержимо розрахункову формулу для визначення коефіцієнта термічного перевантаження

$$\delta = \frac{1 - e^{-\frac{t_p + t_0}{T_n}}}{1 - e^{-\frac{t_p}{T_n}}}. \quad (6)$$

Величина сталої  $T_n$ , що входить у формулу (7), може бути обчислена, виходячи з паспортних даних лампи: допустимої на протязі часу  $t_k$  короткочасної потужності  $P_k$  і номінальної потужності лампи  $P_{ном}$

$$\delta_k = \frac{1}{1 - e^{-\frac{t_k}{T_n}}} = \frac{P_k}{P_{ном}}, \quad (7)$$

звідки

$$T_n = t_k : \ln \frac{1}{1 - \frac{P_{ном}}{P_k}}. \quad (8)$$

Використання формули (7) у виробничих умовах натрапляє на певні труднощі, зв'язані не лише з відносною громіздкістю обчислень, але й з необхідністю визначення величини  $T_n$ , дані для чого (зокрема  $t_k$ ,  $P_k$ ) не завжди наводяться в довідниках. Спростимо розрахункову формулу (7). Для цього розкладемо в ряд показникові функції чисельника й знаменника

$$1 - e^{-\frac{t_p + t_0}{T_n}} = \frac{t_p + t_0}{T_n} - \frac{1}{2} \left( \frac{t_p + t_0}{T_n} \right)^2 + \frac{1}{6} \left( \frac{t_p + t_0}{T_n} \right)^3 - \dots,$$

$$1 - e^{-\frac{t_p}{T_n}} = \frac{t_p}{T_n} - \frac{1}{2} \left( \frac{t_p}{T_n} \right)^2 + \frac{1}{6} \left( \frac{t_p}{T_n} \right)^3 - \dots$$

У практичних умовах час циклу не перевищує 20—30 сек., що більш як у 4—5 разів менше сталої часу нагріву генераторних ламп (ГУ-80, ГУ-5А, ГУ-5Б і т. д.), які застосовуються у височастотних установках. Ця обставина дозволяє нехтувати вищими членами розкладу, починаючи з другого, з огляду на їх малість. Тоді для  $\delta$  одержимо спрощений вираз

$$\delta = \frac{t_p + t_0}{t_p}. \quad (9)$$

Отже, потужність, яку може віддавати лампа в заданому імпульсному режимі, дорівнюватиме

$$P_{имп} = \delta P_{ном}. \quad (10)$$

Для збільшення корисної потужності в  $\delta$  разів треба в стільки ж разів збільшити анодний струм.

Разом з тим необхідно мати на увазі, що граничне значення постійної складової анодного струму  $I_{a0}$  визначається допустимим імпульсом анодного струму лампи, який не повинен перевищувати паспортної величини  $i_e$ :  $I_{a0} < \alpha_0 i_e$ , або при  $\theta = 90^\circ$   $I_{a0} < 0,33 i_e$ .

Тому гранично допустиме значення коефіцієнта термічного перевантаження

$$\delta < 0,33 \frac{i_e}{I_{a0ном}}, \quad (11)$$

де  $I_{a0ном}$  — номінальне значення постійної складової анодного струму.

Наприклад, для лампи ГУ-5А установки ЛГЕ-3Б

$$\delta < 0,33 \frac{7}{0,9} = 2,5.$$

Отже, анодний струм може бути збільшений лише до значення

$$I_{a0\max} = 2,5 \cdot 0,9 \approx 2,2 a.$$

Таким чином, виходячи з теплового балансу анода генераторної лампи, анодний струм лампи може бути збільшений у  $\delta$  разів. Для збереження критичного режиму, при якому коефіцієнт корисної дії генератора має оптимальне значення, сітковий струм повинен бути збільшений приблизно в стільки ж разів.

Регулювання анодного й сіткового струмів генераторної лампи здійснюється зміною індуктивності анодного контура та індуктивності зворотного зв'язку: для збільшення анодного струму треба зменшити індуктивність анодного контура, для збільшення сіткового струму треба збільшити індуктивність зворотного зв'язку. З цією метою доводиться, як правило, вводити деякі незначні конструктивні зміни в схему генератора, бо використовувані на підприємствах височастотні установки звичайно мають регулювальні пристрої, які не можуть забезпечити зміни параметрів у діапазоні, достатньому для потрібного збільшення корисної потужності. Індуктивність анодного контура практично можна зменшувати шляхом закорочення окремих її витків перемичками. Для збільшення індуктивності зворотного зв'язку можна рекомендувати введення в коло зворотного зв'язку додаткової індуктивної котушки, регульованої закорочуючою перемичкою.

В результаті розгляду теплового режиму роботи генераторної лампи ми прийшли до простих формул (9), (10) і (11), які показують, наскільки можна збільшити віддавану потужність установок височастотного нагріву в імпульсному режимі при збереженні допустимого теплового балансу лампи генератора.

Треба застерегти, що користування формулою (9) допустиме тільки при умові  $t_p + t_0 < 4 T_n$ . Коли на практиці зустрінуться режими з більшою тривалістю циклу, застосування формули (9) може дати істотну похибку в бік завищення значення  $P_{\text{имп}}$ , особливо при малих значеннях шпаруватості (відношення  $\frac{t_p + t_0}{t_p}$ ). У цьому випадку необхідно користуватися формулою (7).

Використання перевантажної здатності височастотних генераторів дозволяє виконувати практично всі роботи по виготовленню пластмасових палітурок і білових виробів на установках номінальної потужністю до 2—3 квт. Це означає, що нема потреби в дорогих десятикіловатних установках типу ЛГД-10 і ЛГД-12, які, до речі, працюють завжди із значним недовантаженням; для великих форматів можна використовувати, наприклад, двокіловатні установки ЛГЕ-ЗБ у форсованому режимі. Треба підкреслити, що при значних перевантаженнях може виявитися необхідною заміна газотронів випрямляча на потужніші.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. І. А. Волошак. Шляхи збільшення корисної потужності височастотних генераторів. Тези доповідей наукової конференції УПІ ім. Ів. Федорова, Львів, 1962.
2. А. В. Нетушил, Б. Я. Жуковичкий, З. Н. Кудин, Е. П. Порини. Высоочастотный нагрев диэлектриков и полупроводников. ГЭИ, 1959.
3. В. П. Андреев и Ю. А. Сабинин. Основы электропривода. ГЭИ, 1956.

*И. А. ВОЛОЩАК*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ ПЕРЕГРУЗКИ  
ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ УСТАНОВОК  
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛАСТМАССОВЫХ ПЕРЕПЛЕТОВ**

Резюме

Предлагается метод определения перегрузочной способности генераторных ламп высокочастотных установок для изготовления пластмассовых переплетов. Излагаются практические пути повышения полезной мощности действующих и проектируемых установок диэлектрического нагрева.

*I. A. VOLOSHTCHAK*

**THE DEFINITION OF PERMISSIBLE OVERLOAD IN HIGH FREQUENCY  
INSTALLATIONS FOR MAKING FLEXIBLE PLASTIC-COATED CASES**

Summary

A method of high frequency installation electron-power tube permissible overload definition for making flexible plastic-coated cases is suggested. The practical ways of increasing effective power for acting and projected dielectric heaters are stated in this article.

---