

$$b_1=24,2; b_2=60,43; b_{12}=17,52; b_{11}=-21,8; b_{22}=-4,61.$$

Среди найденных b -коэффициентов могут быть и статистически незначимые коэффициенты, которые не несут информации об объекте и должны исключаться из уравнения регрессии. Для установления зависимости b -коэффициентов использовали t -критерий Стьюдента, когда дисперсии коэффициента $\sigma_{b_i}^2$ неизвестны.

Исходя из $t_{набл.}=2,11$ при $f_t=18$ и уровня значимости $\alpha=0,05$, получаем, что коэффициент b_1 признается статистически незначимым и исключается из уровня регрессии:

$$I = 150,53 + 60,43 \cdot F + 17,52 \cdot A + 21,8 \cdot F^2 - A^2.$$

Коэффициент b_{22} оказался статистически незначимым, в опытных точках имеют место остатки $\sum_n = \bar{y}_n - \hat{y}_n$, поэтому проверяем адекватность модели. Статистическая проверка состоит в определении однородности дисперсии, воспроизводимости S_{y^2} и адекватности S_{ad}^2 * по F -критерию.

Критические значения $F_{кр}$ для уровня значимости $\alpha=0,05$ и чисел степеней свободы $f_{ад}$ берем из табличных данных. Гипотезу об адекватности модели принимаем, если $F_p < F_{кр}$. Максимальная погрешность при выбранных интервалах варьируемых величин равна 5%.

Исходя из проведенных расчетов, можно утверждать, что модель удовлетворяет условию адекватности и может быть использована для дальнейших решений в соответствии с целью эксперимента.

Получено 27.08.2001

УДК 621.327.534

Е.А.МВУДЖО

Харьковская государственная академия городского хозяйства

О ФОРМЕ ТОКА В СХЕМАХ СТАБИЛИЗАЦИИ РЕЖИМА РАБОТЫ РАЗРЯДНОЙ ЛАМПЫ С АКТИВНЫМ БАЛЛАСТОМ

На основе расчетного анализа формы тока с использованием новых форм аппроксимации проводимости разрядной лампы определены рациональные значения сопротив-

ления активного балласта.

Активные балласты в ряде случаев находят применение в схемах стабилизации газоразрядных ламп (РЛ) не только в цепях постоянного тока, но и переменного [1]. В частности, имеются осветительные и облучательные установки, в которых используются одновременно разрядные лампы и лампы накаливания. При этом тело накала последних служит балластом для разрядной лампы. Этим достигается двойная цель: с одной стороны, осуществляется коррекция спектра излучения осветительной или облучательной установки в целом, а с другой – обеспечивается частичное или полное ограничение (стабилизация) тока разряда в лампе. Кроме этого в ряде схем электронных ПРА полупроводниковые приборы могут играть роль активного сопротивления (R_G), что обеспечивается формой и крутизной их вольтамперных характеристик. Поэтому при проектировании комплектов "газоразрядная лампа - активный балласт" представляет интерес анализ формы тока в схемах с целью выявления благоприятных значений R_G , обеспечивающих необходимые режимы работы газоразрядной лампы. Существующие методики расчета схем "РЛ-ПРА" основываются на заданной форме напряжения на разрядной лампе, которая на стадии предварительного проектирования комплекта, как правило, не известна [2]. Нами предлагается использовать для приближенного расчета комплекта "РЛ-ПРА" с активным балластом аппроксимацию динамики проводимости плазмы газового разряда на переменном токе $g(t)$ на протяжении полупериода разряда, научно обоснованную для разряда низкого давления [3]. Ниже приведена процедура такого расчета.

Исходное уравнение для расчета рассматриваемой схемы можно записать в виде

$$i_n(t) = [r_n(t) + R_G] = V_c \sqrt{2} \sin \omega t, \quad (1)$$

где $i_n(t)$ – форма тока РЛ; $r_n(t)$ – закон изменения сопротивления плазмы разряда в РЛ; R_G – омическое сопротивление активного балласта; V_c – действующее значение сетевого напряжения; $\omega = 2\pi f$, f – рабочая частота.

В данном случае можно принять, что сдвиг фаз между током в РЛ и сетевым напряжением практически отсутствует.

Упомянутая выше аппроксимация динамики проводимости плазмы разряда в РЛ на протяжении полупериода разряда в [3] предложена в виде

$$g_n(\omega t) = G_0 \sin^2 \omega t, \quad (2)$$

где G_0 – максимальная проводимость, достигаемая при $\omega t = \pi/2$.

При этом для $r_n(t)$ получаем выражение

$$r_n(\omega t) = \frac{1}{G_0 \sin^2 \omega t} = \frac{R_0}{\sin^2 \omega t}, \quad (3)$$

где R_0 – минимальное сопротивление плазмы разряда ($R_0 = G_0^{-1}$).

Подстановка (3) в (1) после некоторых преобразований приводит к следующему выражению для формы тока в РЛ:

$$i_n(\omega t) = \frac{V_c \sqrt{2}}{R_0} \frac{\sin^3 \omega t}{1 + R_G / R_0 \cdot \sin \omega t}. \quad (4)$$

Для практического использования формулы (4) необходимо выразить R_0 через заданные параметры газоразрядной лампы (имея ввиду условие $i(t) \neq 0$). Введем среднее за полупериод разряда значение проводимости и сопротивления в виде

$$\bar{G} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} g_n(\omega t) d(\omega t). \quad (5)$$

Используя аппроксимацию (2) и проинтегрировав (5), получим

$$\bar{G} = -\frac{G_0}{4\pi} (\sin 2\omega t - 2\omega t) \Big|_0^{\pi} = \frac{1}{2} G_0. \quad (6)$$

С другой стороны, величину \bar{G} можно представить как отношение действующих значений тока I_n и напряжения V_n на РЛ. Найденные по этим зависимостям значения R_0 для некоторых распространенных типов люминесцентных ламп приведены в таблице.

Задавая различные значения R_G для исследуемого типа лампы с известными мощностью и рабочим током (или известными значениями V_n и I_n) можно проанализировать форму тока в конкретной схеме "РЛ-ПРА".

Возможен также расчет других характеристик схемы, представляющих интерес на стадии предварительных исследований при создании новых комплектов "РЛ-ПРА" с активным балластом.

Для определения рационального значения R_G введем параметр

$$a^2 = \frac{R_0}{R_0 + R_G} \quad (7)$$

и выразим I_L как

$$I_L = \left(\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i_L^2(\omega t) d(\omega t) \right)^{1/2} \quad (8)$$

Значения параметра R_0 для люминесцентных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	V_L , В	I_L , А	Световой поток, Лм	$\frac{1}{2}R_0$, Ом
ЛБ4-1, ЛБ4-2	4	30	0,15	100	200
ЛБ6-1, ЛБ6-2	6	46	0,15	220	306
ЛБ8-1, ЛБ8-2	8	61	0,17	330	360
ЛБ13-1, ЛБ13-2	13	95	0,175	700	540
ЛД15-4	15	54	0,33	590	162
ЛДЦ-20-4	20	57	0,37	820	154
ЛБ30-4	30	104	0,36	2100	290
ЛХБЦ-40	40	110	0,43	2400	256
ЛХБ65 БЛ	65	110	0,67	3470	164
ЛДЦ 80-5	80	102	0,865	3740	118
ЛХБ 125-2	125	190	2,1	6200	90
ЛХБ 150	150	90	1,9	8000	46
ЛХБ 200	200	65	3,5	10000	38

Используя выражение (4), после необходимых вычислений получим формулу

$$I_L = \frac{V_c \sqrt{2}}{R_0} a^2 F_1(a); \quad F_1(a) = \left(\frac{1 - 5a^2 + 5a^3 - a^5}{2(1 - a^2)^3} \right)^{1/2} \quad (9)$$

Введя параметр $m = V_L / V_c$ и учитывая (6), из (9) получим уравнение для определения значения a , по которому затем находим R_G :

$$\sqrt{2} a^2 F_1(a) = m / 2. \quad (10)$$

Определение a удобно проводить с помощью графика, представленного на рис.1.

Коэффициент амплитуды тока K_a устанавливаем по формуле

$$K_a = I_m / I_L = 1 / F_1(a). \quad (11)$$

Усредненное за полупериод значение тока I_{cp} вычисляем как

$$I_{cp} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i(\omega t) d(\omega t) = \frac{2V_c \sqrt{2}}{\pi(R_0 + R_6)} F_2(b), \quad (12)$$

где

$$F_2(b) = \frac{1}{b^2} \left(1 - \frac{1-b^2}{2b} \ln \frac{1+b}{1-b} \right), \quad b^2 = \frac{R_6}{R_0 + R_6} = 1 - a^2. \quad (13)$$

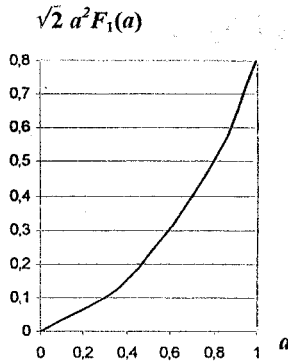


Рис.1 – График для определения значения параметра a

Наконец, потребляемую мощность лампы рассчитываем по формуле

$$P_{л} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i_n^2 r_{л}(\omega t) d(\omega t) = \frac{2V_c^2}{R_0} F_3(a), \quad (14)$$

где

$$F_3(a) = \frac{2 - 3a + a^3}{2(1 - a^2)^2} a^4. \quad (15)$$

Для удобства проведения инженерных расчетов на стадии предварительного проектирования комплектов "РЛ-ПРА" целесообразно использовать специально построенные графики функций $F_1(a)$, $F_2(b)$, $F_3(a)$.

В предельном случае $R_6 / R_0 \ll 1$ имеем $a \approx 1$, $b \approx 0$. Выполняя предельный переход в приведенных выше формулах, получим:

$F_1(a) \approx 0,56$, $F_2(b) \approx 0$, $F_3(a) = 0,50$. При этом $K_a \cong 1,8$;
 $I_{cp} \approx 0,62 V_c / R_0$, где $P_n = V_c^2 / R_0$.

Соответствующая форма тока представлена на рис.2. Она характеризуется выраженной токовой паузой в начале и в конце полупериода разряда, а также недопустимо высоким значением K_a . Рациональное значение параметра a , например, для ЛЛ мощностью 40 Вт при $m = 110 / 220 = 0,5$ (по графику на рис.1) получается равным $a \approx 0,54$. Тогда $R_{\sigma} = R_0 \left(\frac{1}{a^2} - 1 \right) = 2,45 R_0 \approx 314$ Ом (см. таблицу).

При этом $K_a \approx 1,56$. Это значение удовлетворяет известному условию $K_a < 1,7$, предусмотренному в руководящих нормативных документах [2]. Соответствующая форма тока показана типичными кривыми на рис.2. Наиболее приемлемые формы тока для эффективной работы комплекта "РЛ-ПРА" можно оценить по таким кривым, построенным при вариациях параметров a и b .

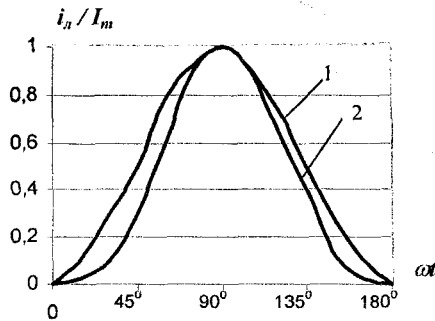


Рис.2 – Форма тока при $R_{\sigma} / R_0 \ll 1$ – кривая 1 и при $R_{\sigma} / R_0 = 2,45$ – кривая 2

Таким образом, предлагаемая методика позволяет определить рациональное значение сопротивления активного балласта для работы с газоразрядной лампой на стадии предварительного проектирования при известных значениях V_n и I_n и проследить характер изменения тока лампы за полупериод сетевого напряжения питания в зависимости от значения отношения R_{σ} / R_0 .

1.Намитокв К.К., Пахомов П.Л., Харин С.Н. Математическое моделирование

процессов в газоразрядной плазме. – Алма-Ата: Наука, 1988. – 208 с.

2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 525 с.

3. РТМ 16800, 721-79. Методы расчета схем ПРА для газоразрядных ламп. Введен с 01.03.80. – М., 1979. – 134 с.

Получено 08.08.2001

УДК 621.3 : 628.5

И.В.КАПУСНИК

Государственное управление экологии и природных ресурсов в Харьковской области

А.И.МАЛЕЕВ

Харьковская государственная академия городского хозяйства

В.Д.СПИВАКОВ

Научно-производственное предприятие ООО "Эко", г.Харьков

В.А.ПОДОЙНИЦЫН

Государственный департамент СФД МЧС Украины, г.Харьков

ПЕРЕРАБОТКА ВЫШЕДШИХ ИЗ СТРОЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

Рассматривается проблема утилизации люминесцентных ламп, находившихся в эксплуатации. Приведены данные о существующих установках утилизации, предложена перспективная установка, использующая процессы замкнутого цикла.

Проблема обращения с токсичными отходами в Украине является сейчас очень актуальной. Согласно официальным данным, количество накопленных токсичных отходов оценивается в 4,4 млрд. т, причем ежегодно оно увеличивается на 100 млн. т [1]. По объему образования доминируют отходы, содержащие тяжелые металлы. Отдельную группу особо опасных отходов составляют вышедшие из строя люминесцентные лампы (ЛЛ), каждая из которых содержит в среднем 120 мг ртути. Пары ртути чрезвычайно токсичны ($ПДК_{Hg} = 0,01 \text{ мг/м}^3$), поэтому каждая разбитая лампа способна отравить 12000 м^3 воздуха, что примерно соответствует общему объему помещений современной школы или крупного магазина. В связи с этим эффективное использование вышедших из строя люминесцентных ламп (и других ртутьсодержащих приборов, например, термометров) стало большой проблемой как у нас в стране, так и за рубежом. Прежде всего следует решить сложную экологическую задачу: полностью исключить попадание ртути в окружающую среду. При разбивании ЛЛ ртуть растекается по земле мелкими каплями и активно испаряется, заражая почву, воздушную и водную среду. Дожди, снег, ветры, водные потоки разносят ее на большие расстояния. При этом следует иметь в виду, что даже при