

## 6. Висновки

Запропоновано алгоритм системного аналізу складних технологічних систем як об'єктів автоматичного керування. Показано застосування названого вище алгоритму для дослідження процесу екструзії та розробки системи керування ним.

З проведеного дослідження видно, що повний цикл процесу екструзії є складним технологічним проце-

сом який потребує синтезу системи керування досить складної структури. На різних етапах роботи система керування повинна забезпечувати виконання різних задач.

З метою підвищення ефективності роботи екструдера запропоновано синтезувати адаптивну систему керування з елементами штучного інтелекту. Така система дозволить знизити енерговитрати та підвищити якість готової продукції.

## Література

1. Ким, В.С. Теория и практика экструзии полимеров [Текст] / В.С. Ким. – М.: КОЛОСС, 2005. – 568 с.
2. Торнер, Р.В. Оборудование заводов по переработке пластмасс [Текст] / В.С. Ким, М.С. Акутин. – М.: Химия, 1986. – 400 с., ил.
3. Радченко, Л.Б. Основы моделирования и конструирования червячных экструдеров [Текст] / Л.Б. Радченко, В.І. Сівецький. – К.: Видавництво «Політехніка», 2002. – 152 с.
4. С.А. Schwartz, J.M. Berg, R. Chang, M. Mears. Neural-network control of an extrusion. 1995, Amer. Contr. Conf., pp. 1782-1786.
5. Rauwendaal C. // Advances in Polymer technology. 1989, V. 9. №4. pp. 331-336.
6. Rauwendaal C. Polymer extrusion. 2001, p. 788.
7. Jurkovic, M. Jurkovic, S. Buljan. Optimization of extrusion force prediction model using different techniques. Journal of Achievements in materials and manufacturing engineering. Vol. 17. 2006.
8. Neelam Shihani, B.K. Kumbhar, Manoj Kulshreshtha. Modeling of extrusion process using response surface methodology and artificial neural networks. Journal of engineering science and Technology. Vol. 1, No. 1(2006).
9. Tadmor Z., Gogos C. G. Principles of Polymer Processing. – Wiley – Interscience, 2006. – 961p.
10. Popescu, O., Popescu, D. C., Wilder, J., Karwe, M. V. A new approach to modeling and control of a food extrusion process using neural networks and expert system. – Journal of Food Process Engineering. – 2001, 24(1), pp. 17-36.

*У даній статті зроблено аналіз перехідних процесів в послідовному коливальному контурі, який використовується для запалювання ламп високої інтенсивності типу ДНаТ. Проведені дослідження показали, що в перехідному режимі напруга на резонансному підпалюючому конденсаторі може в кілька разів перевищувати напругу, що підводиться до контуру*

*Ключові слова: розрядна лампа, пускорегулюючі апарати, модель, розжарювання, баласт, пробій, електротехнічне обладнання*

*В данной статье сделан анализ переходных процессов в последовательном колебательном контуре, который используется для поджига ламп высокой интенсивности типа ДНаТ. Проведенные исследования показали, что в переходном режиме напряжение на резонансном поджигающем конденсаторе может в несколько раз превышать напряжение, подводимое к контуру*

*Ключевые слова: разрядная лампа, пускорегулирующий аппарат, модель, разгорание, балласт, пробой, электротехническое оборудование*

УДК 621.31

# АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

**А. В. Сапрыка**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра электроснабжения городов  
Харьковская национальная академия  
городского хозяйства

ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61002

E-mail: a\_sapryka@mail.ru

## 1. Введение

С изменением напряжения сети изменяются как электрические, так и световые характеристики ис-

точников света. Это связано с тем, что изменяется электрический режим горения лампы и температурные условия работы лампы. Особенности разрядных ламп (РЛ) являются: высокая светоотдача;

длительный срок службы в широком диапазоне температур окружающей среды. К этим лампам относятся: металлогалогенные, натриевые и ртутные.

В общем случае ПРА – это изделие, с помощью которого осуществляется питание РЛ от сети, обеспечивающее необходимые режимы работы лампы: пусковой (пробой межэлектродного промежутка, т.е. зажигание лампы); переходной (процесс установления рабочих параметров лампы после ее зажигания, т.е. разгорание лампы); установившийся режим работы лампы в контуре. Кроме основных функций ПРА может подавлять радиопомехи, создаваемые лампой, снижать пульсации ее светового потока, обеспечивать высокий коэффициент мощности схемы.

Кроме этого, ПРА должны обладать минимальными собственными потерями и надежностью [1-3].

**2. Анализ литературных данных и постановка проблемы**

Исследования специалистов и ученых показывают актуальность и необходимость исследование переходных процессов в последовательном колебательном контуре, который используется для поджига ламп высокой интенсивности типа дуговая натриевая трубчатая (ДНАТ), анализ которых выявил необходимость проведения исследования [1-10].

**3. Цель и задачи исследования**

Целью настоящей работы является анализ переходных процессов в последовательном колебательном контуре, который используется для поджига ламп высокой интенсивности типа ДНАТ.

**4. Основная часть**

На основании сказанного выше, для анализа поджига РЛ типа ДНАТ будем рассматривать последовательный колебательный контур (рис. 1б).

При этом искомыми величинами являются ток в контуре  $i(t)$  и напряжение на конденсаторе  $u_c(t)$ .

Здесь необходимо отметить, что до момента поджига лампа фактически представляет собой бесконечно большое сопротивление, т.е. разрыв цепи, а  $S=C_1C_2/(C_1+C_2)$ .

Кроме того, поскольку, как правило,  $C_1 \ll C_2$ , то  $S < C_1$ . Здесь  $u(t)$ ,  $u_c(t)$  и  $i(t)$  - мгновенные значения напряжений и тока,  $L$  - токостабилизирующий дроссель,  $r$  - активное сопротивление дросселя. Для поджига лампы напряжение на конденсаторе  $S$  должно в несколько раз превысить напряжение, подводимое к контуру (рис. 1б).

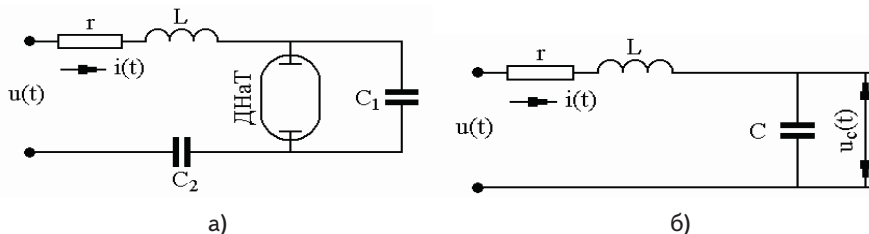


Рис. 1. Условное изображение газоразрядной лампы с индуктивно емкостным балластом (а) и эта же схема до момента поджига лампы (б)

Рассмотрим переходной процесс в контуре. Будем считать, что при рассмотрении переходного процесса зависимости между токами и напряжениями выражаются линейными уравнениями, т.е. рассматриваемая электрическая цепь с сосредоточенными параметрами является линейной. Расчет электрической цепи будем вести классическим методом, который основан на методе интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. В рамках этого метода для расчета переходных процессов уравнения по законам Кирхгофа составляются для мгновенных значений токов и напряжений в рассматриваемой цепи.

Для рассматриваемой нами схемы уравнение для мгновенных значений напряжений, составленное по второму закону Кирхгофа, имеет вид

$$u(t) = u_r(t) + u_L(t) + u_c(t). \tag{1}$$

Если теперь напряжения на отдельных элементах рассматриваемой схемы выразить через ток цепи  $i(t)$ , то получим интегродифференциальное уравнение вида

$$u(t) = i(t)r + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int i(t)dt. \tag{2}$$

Продифференцировав левую и правую части выражения (2) по времени, можем записать

$$\frac{du(t)}{dt} = L \frac{d^2i(t)}{dt^2} + r \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} i(t). \tag{3}$$

Мы получили неоднородное линейное дифференциальное уравнение для определения тока  $i(t)$  в рассматриваемой электрической схеме.

Для определения напряжения на конденсаторе  $u_c(t)$  учтем, что

$$i = \frac{dq(t)}{dt} = C \frac{du_c(t)}{dt}, \tag{4}$$

где  $q(t)$  - заряд на одной из обкладок конденсатора емкостью  $C$ . После подстановки выражения (4) в уравнение (2), получим

$$u(t) = LC \frac{d^2u_c(t)}{dt^2} + rC \frac{du_c(t)}{dt} + u_c(t). \tag{5}$$

Таким образом, ток  $i(t)$  и напряжение на конденсаторе  $u_c(t)$  в рассматриваемой электрической цепи даются решением соответствующих уравнений (3) или (5).

В качестве следующего шага проанализируем изменение во времени  $u_c(t)$  при различных начальных условиях.

Для решения уравнения (3) составим характеристическое уравнение. Считаем, что, до момента времени  $t = 0$  к рассматриваемой схеме не были подключены никакие источники напряжения, тогда уравнение (5) перепишем в виде

$$\frac{d^2 i(t)}{dt^2} + \frac{r}{L} \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{LC} i(t) = 0. \quad (6)$$

Мы имеем линейное однородное дифференциальное уравнение второго порядка, частные решения которого будем искать в виде

$$i = e^{kt}, \text{ где } k = \text{const}, \quad (7)$$

$$\text{тогда } \frac{di}{dt} = k e^{kt}, \quad \frac{d^2 i}{dt^2} = k^2 e^{kt}.$$

После подстановки полученных значений производных в уравнение (6), найдем

$$e^{kt} \left( k^2 + \frac{r}{L} k + \frac{1}{LC} \right) = 0.$$

Так как  $e^{kt} \neq 0$ , то значит

$$k^2 + \frac{r}{L} k + \frac{1}{LC} = 0. \quad (8)$$

Таким образом, мы получили характеристическое уравнение (8) по отношению к уравнению (6). В результате решения уравнения (8) найдем

$$k_{1,2} = -\frac{r}{2L} \pm \sqrt{\frac{r^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}.$$

Введем обозначения

$$\frac{r}{2L} = \beta, \quad 1/LC = \omega_0^2, \quad (9)$$

Тогда

$$\begin{aligned} k_1 &= -\beta + \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2}, \\ k_2 &= -\beta - \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2}. \end{aligned} \quad (10)$$

Характер решения дифференциального уравнения (6) будет зависеть от знака подкоренного выражения в соотношениях (10).

Значения элементов рассматриваемой цепи выбирались в соответствии с используемыми L, r, C ПРА разрядных ламп типа ДНаТ [5, 6]. При таких параметрах элементов, входящих в рассматриваемый контур, выполняются условия аperiodического процесса, т.е.  $r > 2\sqrt{L/C}$ .

---

## 5. Выводы

---

Проведенные исследования показали, что в переходном режиме напряжение на резонансном поджигающем конденсаторе может в несколько раз превышать напряжение, подводимое к контуру. Именно такой режим представляет практический интерес для поджига лампы типа ДНаТ.

Подобное явление имеет место при подаче на вход рассматриваемой цепи как постоянного, так и переменного напряжений.

Поэтому, чтобы понять, какая форма напряжения на входе ПРА предпочтительнее с точки зрения энергосбережения, необходимо провести исследования и определить потребляемую мощность при подаче на вход контура постоянного и синусоидального напряжений.

---

## Литература

1. Козловская, В.Б. Электрическое освещение: справочник [Текст] / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 255 с.
2. Рохлин, Г.Н. Разрядные источники света [Текст] / Г.Н. Рохлин. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 720 с.
3. Фугенфиров, М. И. Газоразрядные лампы [Текст] / М.И. Фугенфиров. – М.: Энергия, 1975. – 128 с.
4. Курс теоретических основ электротехники / [Аржанников Е.П., Брунов Б.Я., Гольденберг Л.М., Наумов Н.А.]; под ред. Б.Я. Брунова. – Л.: Изд-во Военной краснознаменной академии связи, 1957. – 572 с.
5. Клыкков, М.Е. Моделирование электрических цепей с натриевыми лампами высокого давления [Текст] / М.Е. Клыкков, О.Г. Корягин, А.Е. Краснопольский // Светотехника. – 2003. - № 4. – С. 2-6.
6. Вставский, А.Ю. Улучшение характеристик электронного балласта для газоразрядных ламп с частотным управлением мощностью [Текст] / А.Ю. Вставский, Е.В. Вставская, В.И. Константинов [и др.] // Вестник ЮУрГУ. – 2010. - № 22. – С. 66-69.
7. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов [Текст] / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Госуд. изд-во технико-теоретич. лит-ры, 1954. – 608 с.
8. Пискунов, Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления: В 2-х т. [Текст] / Н.С. Пискунов. – М.: Наука, 1972. – Т. 2. – 576 с.
9. Ртутные лампы высокого давления. Под ред. И.М. Весельницкого, Г.Н. Рохлина. – М.: Энергия, 1971 – 328с.
10. Айзенберг, Ю. Б. Энергосбережение в освещении [Текст] / Ю.Б. Айзенберг. М.: Издательство «Знак», 1999. – 264 с.