

УДК 621.31

А. В. САПРЫКА, канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства, г. Харьков

АНАЛИЗ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ ПРИ ПОДАЧЕ НА ЕГО ВХОД ИМПУЛЬСНОГО И СИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЙ

Представлены результаты анализа энергосбережения в последовательном колебательном контуре осветительной установки при подаче на его вход импульсного и синусоидального напряжений. Показано, что для получения удвоенного напряжения на поджигающем конденсаторе целесообразно использовать импульсное питающее напряжение. В этом случае мощность, потребляемая контуром меньше, чем в случае синусоидального напряжения на входе контура.

Представлені результати аналізу енергосбереження в послідовному коливальному контурі освітлювальної установки при подачі на його вхід імпульсного і синусоїдального напруги. Показано, що для отримання подвоєного напруги на підпалюють конденсаторі доцільно використовувати імпульсне напругу живлення. У цьому випадку потужність, споживана контуром менше, ніж у випадку синусоїдальної напруги на вході контура.

Введение

Источники питания разрядных ламп называются пускорегулирующими аппаратами (ПРА), от которых в значительной мере зависит качество освещения, экономичность и продолжительность срока службы, ламп габаритные размеры и стоимость светильника. Технические и экономические параметры разрядных ламп существенно зависят от параметров пускорегулирующих аппаратов, без которых не могут работать практически все разрядные лампы. Лампа и ПРА образуют единый комплект, элементы которого находятся в неразрывной взаимосвязи. Для разрядных ламп важным вопросом энергосбережения электроэнергии является усовершенствование схем и применяемых конструкций ПРА.

Анализ литературных данных и постановка проблемы

Исследования специалистов и ученых показывают актуальность и необходимость исследования современных систем питания ламп высокой интенсивности [1–7]. 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 определить потребляемую мощность при подаче на вход контура напряжений.

Основная часть

Целью настоящей работы является исследование и обоснование рационального режима питания установок наружного освещения в последовательном колебательном контуре при подаче на его вход импульсного и синусоидального напряжений. Здесь необходимо отметить один момент. Когда мы подаем на вход контура постоянное напряжение амплитудой U_0 , то установившийся режим наступает через 2×10^{-4} секунд для выбранных значений элементов цепи (рис. 1). Следовательно, мы можем ограничить во времени длительность постоянного напряжения и перейти к импульсным сигналам. Форма такого сигнала показана на рис. 2.

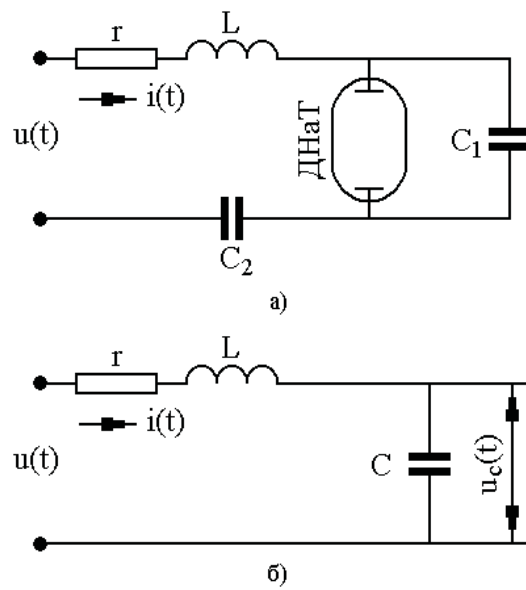


Рис. 1. Условное изображение разрядной лампы с индуктивно емкостным балластом (а) и эта же схема до момента поджига лампы (б).

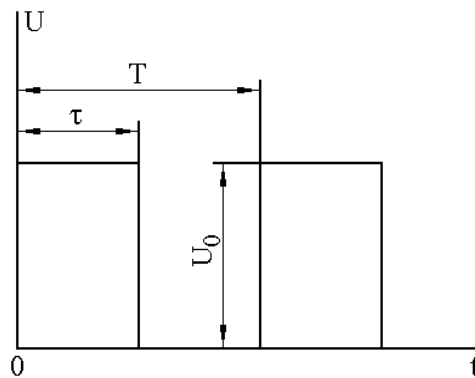


Рис. 2. Форма импульсного сигнала.

Здесь $U_0 = 220 \text{ В}$, $\tau = 2 \times 10^{-4} \text{ с}$ представляет собой длительность импульса, а T_u – период. И при половинном заполнении $T_u = 2\tau = 4 \times 10^{-4} \text{ с}$. Отсюда можем найти, что частота следования импульсов $f_c = 1/T_u = 2,5 \text{ кГц}$.

Таким образом, рассмотрим потребляемую контуром мощность за период при подаче на его вход импульсного и синусоидального напряжений. Мгновенную мощность, потребляемую контуром, можем определить из работ [4,8,9]

$$p(t) = u(t)i(t). \tag{1}$$

Тогда среднюю за период мощность можно найти из выражения

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt. \tag{2}$$

Входящее в уравнение (1) мгновенное значение тока в случае импульсного напряжения определяется выражением

$$i(t) = I_0 e^{-\beta t} \sin(\omega_1 t), \quad (4)$$

Напряжение при этом постоянное и равно 220 В. В случае синусоидального входного напряжения $u(t)$ описывается соотношением

$$u(t) = U_m \sin(\omega t), \quad (5)$$

а мгновенное значение тока $i(t)$ будет определяться уравнением

$$i(t) = I_m \sin \omega t - I_m e^{-\beta t} \frac{\omega_0}{\omega} \sin \omega_0 t, \quad (6)$$

Здесь $U_m = 220$ В. Поскольку напряжение на конденсаторе достигает удвоенного значения приложенного напряжения к контуру за промежуток времени от нуля до 1×10^{-6} с, то, видимо, более правильно будет вычислить мощность, потребляемую контуром, именно за этот интервал времени. При вычислении учтем, что в этот период времени $i(t)$, определяемый уравнением (5), меньше нуля, поэтому необходимо взять $|i(t)|$. Тогда выражение (2) в случае импульсного и синусоидального напряжений на входе контура примет вид

$$P_u = \frac{1}{T_u} 220 \int_0^{1 \times 10^{-6}} I_0 e^{-\beta t} \sin(\omega_1 t) dt, \quad (7)$$

$$P_c = \frac{1}{T_c} \int_0^{1 \times 10^{-6}} U_m \sin(\omega t) \left| I_m \left(\sin(\omega t) - e^{-\beta t} \frac{\omega_0}{\omega} \sin(\omega_0 t) \right) \right| dt. \quad (8)$$

В этих выражениях, как и выше, $I_0 = U_0 / L \omega_1 \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \omega_1$, $\omega_0 = 1 / \sqrt{LC}$, $\beta = r / 2L$, $L = 1 \times 10^{-4}$ Гн, $r = 5$ Ом, $C = 1 \times 10^{-9}$ Ф, $f = 50$ Гц, $\omega = 2\pi f$, $T_c = 1/f = 0,02$ с, $I_m = U_m / \sqrt{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$.

После подстановки числовых значений в выражение (7) получим, что при подаче на вход анализируемого контура импульсного напряжения потребляемая мощность $P_u = 3,824 \times 10^{-8}$ Вт. Если же входное напряжение синусоидальное, то тогда из выражения (8) найдем, что потребляемая мощность $P_c = 7,444 \times 10^{-7}$ Вт.

Выводы

Анализ энергосбережения в последовательном колебательном контуре в режиме поджига лампы высокой интенсивности типа ДНаТ при подаче на его вход импульсного и синусоидального напряжений показал, что для получения удвоенного напряжения на поджигающем конденсаторе целесообразно использовать импульсное питающее напряжение. В этом случае мощность, потребляемая контуром значительно меньше, чем в случае

синусоидального напряжения на входе контура.

Список литературы

1. Козловская В. Б. Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 255 с.
2. Рохлин Г. Н. Разрядные источники света / Г. Н. Рохлин. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 720 с.
3. Фугенфиров М. И. Газоразрядные лампы / 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. Клыков М. Е. Моделирование электрических цепей с натриевыми лампами высокого давления / М. Е. Клыков, 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 / А. Ю. Вставский, Е. В. Вставская, В. И. Константинов [и др.] // Вестник ЮУрГУ. – 2010. – № 22. – С. 66–69.
7. Айзенберг Ю. Б. Справочная книга по светотехнике / Ю. Б. Айзенберг. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Знак, 2006. – 972 с.
8. Бронштейн И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М.: Госуд. изд-во технико-теоретич. лит-ры, 1954. – 608 с.
9. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления: В 2-х т. / Н. С. Пискунов. – М.: Наука, 1972. – Т. 2. – 576 с.

ANALYSIS OF ENERGY SAVING SERIES RLC CIRCUIT, WHEN ITS INPUT PULSE AND SINE STRESS

A.V. SAPRYKA, PhD. tech. Sciences

The results of the analysis of energy efficiency in a series RLC circuit lighting system when applying to the input pulse and sinusoidal voltages. It is shown that in order to double the voltage on the capacitor should be used incinerate impulse voltage. In this case, the power consumed by the circuit is less than in the case of a sinusoidal voltage at the input circuit.

Поступила в редакцию 18.03 2013 г.