

УДК. 628.971

В. Ф. Харченко, докт. техн. наук,
Н. В. Хворост, докт. техн. наук,
О. Ю. Полищук асп.

*Харьковская национальная
 академия городского хозяйства*

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ В СЕТЯХ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ГОРОДОВ

Введение. Организация управления режимом работы сетей наружного освещения с разрядными лампами, в силу специфики формирования их излучения, приемлема при установке в светильниках наружного освещения индивидуальных регулирующих звеньев. К таким простым, но эффективным способам регулирования мощности разрядных ламп относятся: введение в схему светильников дополнительных дросселей или управляемых полупроводниковых ПРА. Наиболее сложным этапом в реализации такого способа регулирования является дистанционное воздействие диспетчера на регулирующий орган каждого светильника.

Постановка задачи исследования. Управление режимом работы осветительных установок в наружном освещении городов связано с организацией канала информации от городской трансформаторной подстанции, которая осуществляет питание установок, до светильника, где и регулируется световой поток газоразрядной лампы. Наиболее простой способ организации канала информации является прокладка дополнительных проводов управления вдоль сетей наружного освещения. Данное мероприятие экономически оправдано только при создании новых осветительных сетей, и должно рассматриваться на стадии проектирования. Однако при выполнении осветительных сетей наружного освещения кабельными линиями это связано со значительными материальными затратами.

Анализ публикаций по управлению режимов работы осветительными сетями городов показал, что наиболее перспективным является управление осветительной установкой с использованием в качестве канала информации питающие сети освещения [1-2].

Результаты исследований. При организации канала информации от источника питания в сетях наружного освещения 0,4 кВ возможна реализация ее в двух вариантах. По первому варианту – передача команд управления производится формированием импульсов тока в одной из фаз, при этом предыдущая фаза, при условии прямого чередования фаз, является фазой управления, к которой подключаются входы всех приемных устройств (рис.1). Ключ управления (КУ) устанавливается между одной из фаз питающей сети и нулевым проводом (N). Эта фаза является информационной, к которой в осветительной сети подключаются блоки приема информации (ПИ). Блоки приема информации воздействуют на осветительную установку (ОУ). Такая схема управления наиболее простая, однако, имеет низкую надежность, поскольку в аварийных ситуациях (когда происходит обрыв провода) нет возможности управлять режимом осветительной установкой.

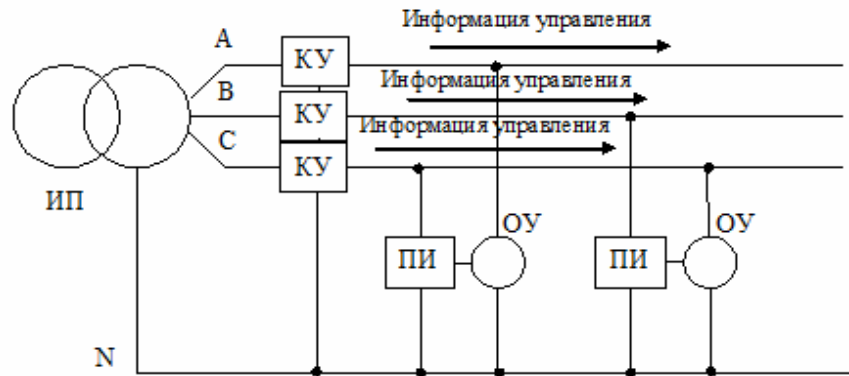


Рис. 1 - Формирование импульсов тока в одной фазе осветительной сети

Более сложной задачей является реализация второго варианта, предусматривающего поочередное формирование токовых импульсов в нескольких фазах, а это возможно либо при установке однофазного ключевого звена КЗ с силовым электромеханическим переключателем (рис. 2), либо при построении ключевого звена в трехфазном варианте (рис. 3) [3].

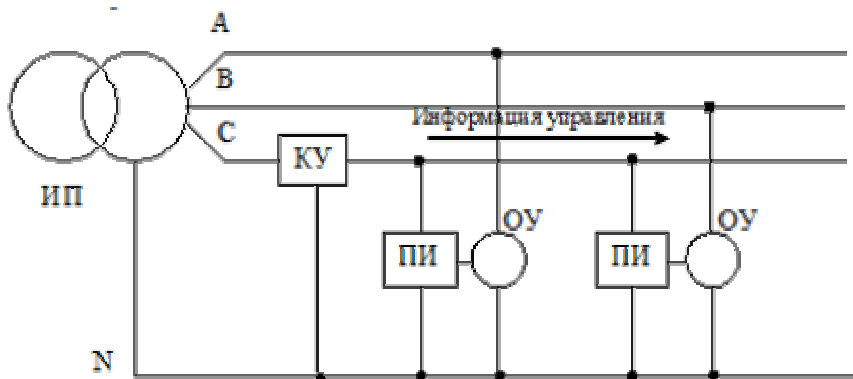


Рис. 2 - Формирование импульсов тока в нескольких фазах с помощью переключающегося контактора К

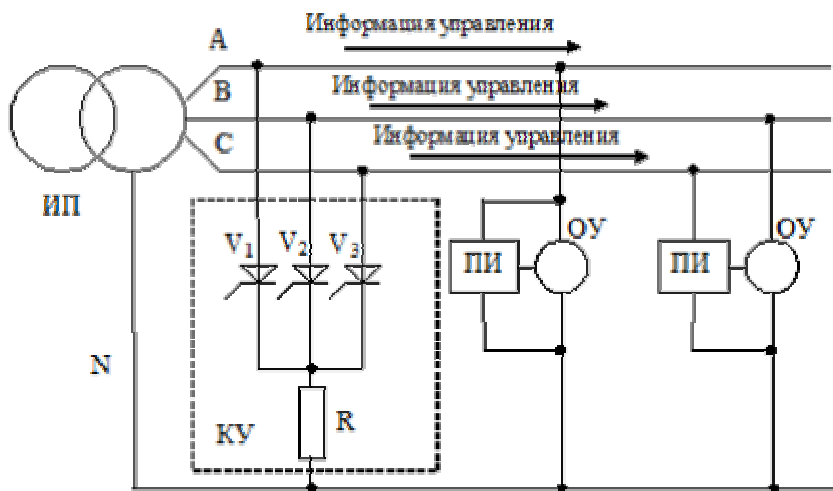


Рис. 3 - Формирование импульсов тока в трех фазах осветительной сети

В первом случае переключающий контакт (К) обеспечивает в качестве канала информации две фазы (В и С). Это дает возможность разделить каналы на две части. По одному каналу регулировать мощность осветительной установки, например, части светильников в ночное время, а по другому – в вечернее время.

Во втором случае техническое решение повышает надежность передачи команд управления, поскольку в качестве канала информации используются все три фазы осветительной сети. Исследования также показали, что это решение более приемлемо, так как исключается самопроизвольная коммутация симисторов при работе механического переключателя. Поскольку формирование импульсов тока производится синхронно с полуволнами фазных напряжений, схемным решением трехфазного ключевого звена можно предусмотреть подсоединение катодов симисторов непосредственно к нейтрале сети, что позволяет применять в данном варианте простую однофазную схему блока управления.

Формирование импульсов управления в осветительных сетях возможно при организации передачи информационно-командных сообщений формированием фазовой отсечки в полупериод сетевого напряжений заданной полярности. Реализация данного способа передачи сигнала управления предусматривает установку в разрыв фазного провода между источником питания и нагрузкой осветительной сети. Фазный провод в данном случае несет дополнительную функцию провода управления (рис. 4).

К проводам и нулевому проводу подключены приемники информации, выход которых соединен с управляющим входом светильника. Поскольку длительность информационной паузы тока измеряется миллисекундами, коммутационное устройство выполняется на базе симисторного или транзисторного ключа.

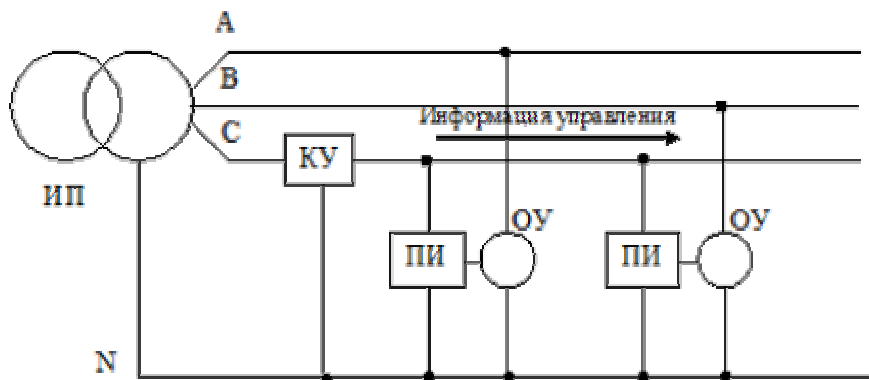


Рис. 4 - Передача информации управления фазовой отсечкой в однофазном исполнении

Коммутационное устройство работает в двух режимах: полной проводимости и однократной фазовой задержки. В первом режиме проводимость ключа составляет 180°. В режиме передачи командной информации коммутатор однократно включает цепь в полупериод определенной полярности с заданным фазовым углом α . По результатам исследований величина угла для сетей освещения с разрядными лампами не превышает 60°. Данный способ передачи сигналов телеуправления выполнен в однофазном исполнении, что также несколько снижает надежность передачи информации. Для повышения надежности ключ управления можно выполнить в трехфазном исполнении (рис. 5).

Такое построение наиболее перспективное, так как ключ управления можно использовать при построении осветительных сетей с полупроводниковыми контакторами

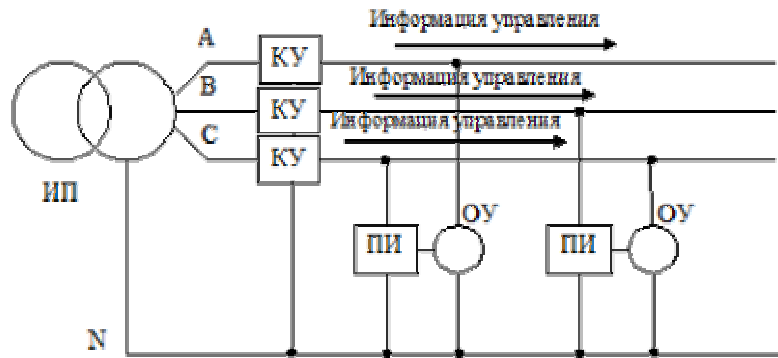


Рис. 5 - Передача информации управления фазовой отсечкой в трехфазном исполнении

При организации канала управления и контроля в осветительных сетях все устройства формирования информации представляют собой комплект, содержащий формирователь информационных импульсов тока, установленный или в конце линии освещения или в ее начале в зависимости от выполняемых задач. Полупроводниковые устройства имитируют в осветительных сетях или короткие "набросы" нагрузки или фазовую задержку питающей сети. В первом и втором случаях в осветительных сетях на время включения тиристоров или симисторов происходит переходный процесс, в результате которого выделяется "полезный" сигнал и он используется при организации канала управления.

При моделировании и анализе динамических режимов вентильных схем были использованы сигнальные графы, которые дают возможность найти коэффициенты уравнений для метода переменных состояния и составить дифференциальные уравнения любой конфигурации с полупроводниковыми устройствами.

В общем виде систему дифференциального уравнения относительно переменных состояний для любой конфигурации осветительной сети можно представить:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + f_1(t); \\ \frac{dx_2}{dt} &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + f_2(t) ; \\ &\dots \dots \dots \\ \frac{dx_n}{dt} &= a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n + f_n(t) \end{aligned}$$

где a_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$) - элементы квадратной матрицы, определяемой топологией анализируемой цепи и параметрами ее элементов;

f_i ($i = 1, 2, \dots, n$) - элементы вектора, также определяемые топологией электрической цепи и параметрами действующих в ней источников электромагнитной энергии.

Чтобы каждое уравнение было дифференциальным уравнением первого порядка относительно i_L и u_C , каждый контур и сечение должны содержать только один реактивный элемент.

В результате получен сигнальный граф осветительной сети наружного освещения при передаче команд управления (рис.6). Данный сигнальный граф был построен для схемы управления рис. 3. Используя данный сигнальный граф, получена

система дифференциальных уравнений, которая и является базой для построения модели управления канала информации в системе наружного освещения городов. Решения дифференциальных уравнений осуществлялось численными методами с использованием прикладных программ на ЭВМ. Были построены графики динамических режимов системы электроснабжения осветительной установки с учетом параметров и способов управления режимом ее работы.

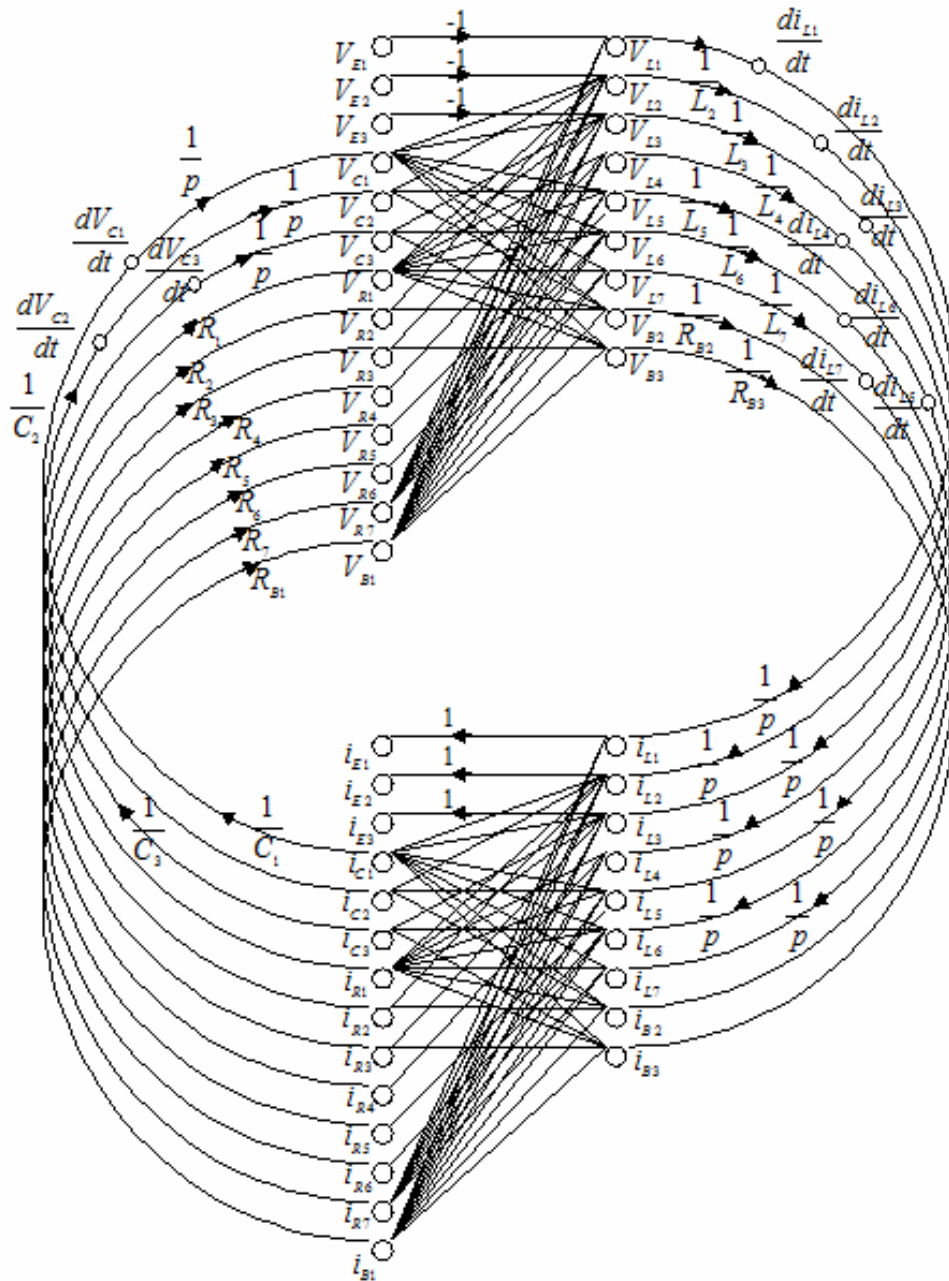


Рис. 6 - Сигнальный граф осветительной сети наружного освещения при передаче команд управления (для схемы управления рис. 3)

При анализе схемы замещения осветительной сети использовалась модель, построенная на базе схемы рис. 3. Мощность трансформатора, используемая для осветительных сетей наружного освещения, выбиралась от величины мощности городских распределительных сетей 10/0,4 кВ, и варьировалась от 400 кВА до 2500 кВА. Тиристоры, установленные на источнике питания могут работать как поочередно, через 1-2 полуволны напряжения, так и в режиме однократного включения одного

тиристора. При формировании импульса тока в фазе A угол регулирования выбирался в пределах $\alpha = 30^\circ - 150^\circ$. Для регулирования угла и мощности передающего сигнала в фазе B угол регулирования менялся в пределах $\alpha = 150^\circ - 270^\circ$. При формировании импульса тока в фазе C угол регулирования выбирался в пределах $\alpha = 270^\circ - 390^\circ$. Линия осветительной сети наружного освещения представлялась как активная нагрузка со средними параметрами $R1 = R2 = R3 = 8(\text{Ом})$. В качестве нагрузки осветительной сети использовалась активно-индуктивная нагрузка с расчетом наиболее неблагоприятных условий передачи информационных импульсов управления (питающий трансформатор загружен до номинального тока $I_p = I_n$).

Получены зависимости параметров осветительной сети от мощности формируемого импульса в одной из ее фаз (в фазе A), рис. 7.

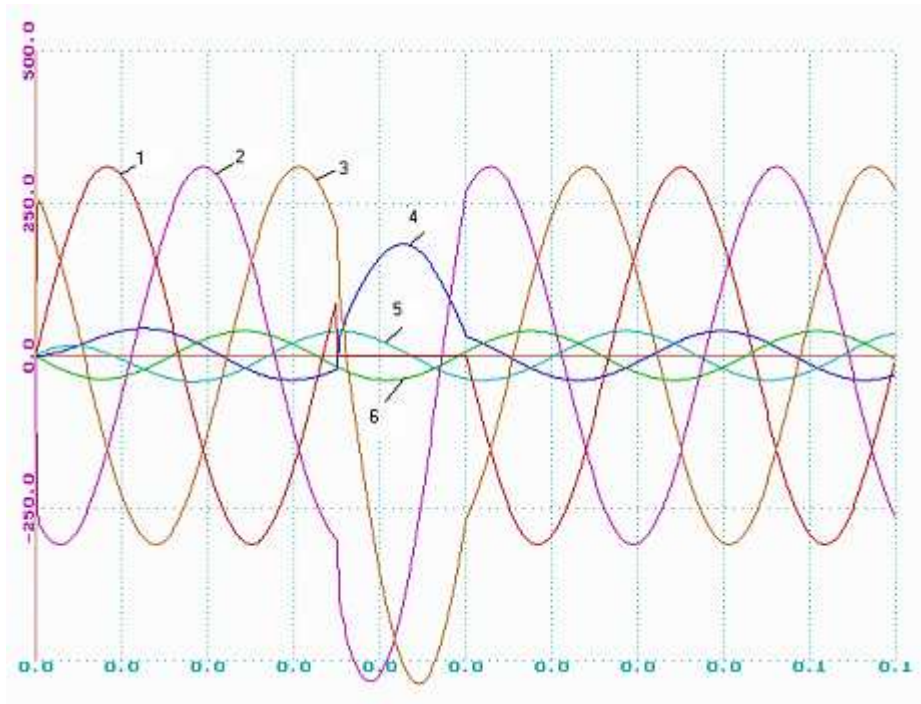


Рис. 7 - Осциллограмма напряжений в месте формирования импульса тока в фазах $U_A - 1$, $U_B - 2$, $U_C - 3$ (импульс тока в фазе A , угол смещения открывания тиристора равен 9°) и токов ($i_A - 4$, $i_B - 6$, $i_C - 5$) в осветительной сети в фазах A, B, C .

Из полученных осциллограмм напряжений и токов при формировании импульса тока в фазе A видно, что в месте формирования импульса напряжения в фазе B и фазе C возрастают, при этом возрастает ток в фазе A . В конце линии освещения напряжения в фазах B и C практически остаются неизменными. Однако изменяется ток в нулевом проводе датчика приема информации, появляется кратковременный импульс тока. Появление импульса тока связано с кратковременной несимметрией сети, которая появляется в период работы тиристора в фазе A .

Выводы

1. Формирование импульсов управления (в фазе A) следует осуществлять при малых углах регулирования $\alpha = 9^\circ$, что значительно уменьшает энергетическую нагрузку на осветительную сеть.

2. В конце линии освещения изменения напряжения практически не происходит, за исключением фазы в которой формируется импульс управления. Снижение напряжения кратковременное и носит характер незначительного искажения напряжения питания осветительной сети.

3. Исследования при формировании импульсов управления в осветительных сетях показали, что создание датчиков приема информации возможна только на базе датчиков тока, установленных в нулевых проводах нагрузки осветительных сетей.

Литература

1. Овчинников А.Г., Соколов В.Ф., Харченко В.Ф. Автоматический контроль и управление наружным освещением // Жилищное и коммунальное хозяйство. – 1991. - № 11. С. 16 – 19.

2. Харченко В.Ф. Исследование и разработка систем контроля и управления установок наружного освещения с газоразрядными лампами: Дис. ... канд. техн. наук: 05.09.07.- М., 1991.- 247с.

3. Гриб О.Г., Гаряжа В.М., Харченко В.Ф., Ягуп В.Г. До питання передачі інформаційних імпульсів в мережах зовнішнього освітлення // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 37 "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Том 1. – Харків: ХНТУСГ, 2005. – С.19-23.

ДО ПИТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КАНАЛУ УПРАВЛІННЯ В МЕРЕЖАХ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ МІСТ

В. Ф. Харченко, М. В. Хворост, О. Ю. Поліщук

Досліджен канал управління режимом роботи освітлювальних установок в зовнішньому освітленні з використанням дротів живлення установок, отримані математичні моделі передачі інформації за допомогою напівпровідникових пристроїв та видані рекомендації щодо використання данного способу в зовнішньому освітленні міст.

TO THE QUESTION OF DESIGN AND RESEARCH OF MANAGEMENT CHANNEL IN THE NETWORKS OF OUTWARD ILLUMINATION OF CITIES

V. F. Harchenko, N. V. Hvorost, O. U. Polishchuk

The channel of management the mode of operations of the lighting settings is investigational in outward illumination with the use of wires of feed of settings, the mathematical models of information transfer by semiconductor devices and dany of recommendation of the use of this method are got in outward illumination of cities.