

У параметрах функції "Пошук розв'язку" було встановлено: граничне число ітерацій – 1000, припустиме відхилення – 0,5 %, оцінка – квадратична, різниці – центральні, метод пошуку – спряжених градієнтів. Знайдено максимальні значення ударного струму при заданні різних моментів короткого замикання з використанням функції "Пошук розв'язку".

Було встановлено, що при заданні $t_{кз} = 2,1$ після оптимізації ця величина встановлюється $t_{кз} = 2,02$, значення ударного струму при цьому стає позитивним і рівним 248 (рис.3, а), при цьому перехідний процес носить спадаючий характер, як це наведено на рис.2. При заданні $t_{кз} = 2,7$ після оптимізації ця величина встановлюється $t_{кз} = 3,0288$ і значення ударного струму при цьому стає від'ємним, рівним -248, при цьому перехідний процес носить зростаючий характер (рис.3, б).

Таким чином, наведена методика аналізу режиму трифазного короткого замикання в нерозгалуженому ланцюзі дозволяє зробити відповідні розрахунки в електронних таблицях MS Excel. При аналізі було забезпечено розрахунки попереднього режиму живлення навантаження й режиму короткого замикання, наочно відображених на рис.3. Було вирішено завдання пошуку моменту короткого замикання, при якому ударний струм є максимальним.

1. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. – М.: Энергия, 1970. – 520 с.
2. Крючков И.П., Неклепаев Б.Н., Старшинов В.А. и др. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 416 с.
3. Вильям Орвис. EXCEL для ученых, инженеров и студентов. – К.: Юниор, 1999. – 528 с.

Отримано 08.12.2010

УДК 628.971:351.811.111.5

В.Ф.ХАРЧЕНКО, В.Г.ЯГУП, доктора техн. наук,
Н.И.ШПИКА, канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ РАБОТЫ УСТАНОВОК НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Рассмотрены вопросы электроснабжения и управления режимом работы установок наружного освещения с применением в качестве коммутационных аппаратов тиристорных контакторов.

Розглянуто питання електропостачання та управління режимом роботи установок зовнішнього освітлення із застосуванням у якості комутаційних апаратів тиристорних контакторів.

The questions of power supply and management are considered by office hours by the options of outward illumination with application as interconnect vehicles of thyristor contactors.

Ключевые слова: электроснабжение, тиристорные контакторы, установка наружного освещения, управление режимом работы наружного освещения.

Городские установки наружного освещения управляются по каскадной схеме, предусматривающей последовательное включение отдельных участков сети. Каждый участок осветительной сети через коммутационный аппарат (К) подключен к источнику питания (ИП), в качестве которого, в основном, используются общегородские трансформаторные подстанции (рис.1).

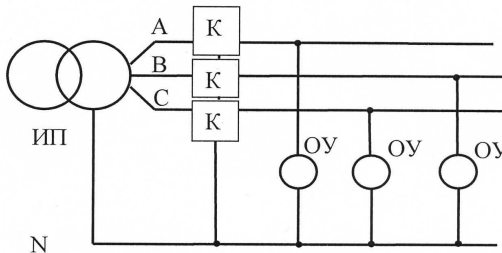


Рис.1 – Схема электроснабжения осветительных установок (ОУ)

Надежная работа каскада наружного освещения в значительной степени определяется надежностью работы коммутационных аппаратов. Применяемые в настоящее время в качестве коммутационных аппаратов контакторы переменного тока и схемы их включения не обеспечивают надежное электроснабжение осветительных установок по условиям эксплуатации. Исследования установок наружного освещения показывают, что отклонения напряжения в реальных осветительных сетях выходят за нормативные значения и порой составляют более 20%, что негативно сказывается на работе контакторов переменного тока. При уровне напряжения на катушке менее 85% номинального, контактор может создавать шум с уровнем, превышающем 70 дб. Кроме того, катушка контактора в этих условиях выходит из строя и участок осветительной сети отключается, что приводит к аварийной ситуации.

Как показывает анализ, эксплуатационные характеристики контакторов и надежность системы электроснабжения осветительных установок можно повысить за счет использования новой схемы управления контакторами каскада наружного освещения [1]. Однако такие схемы не решают в целом проблему, поскольку контактор в системе

електроснабження освітельної установки обладает низкими показателями по надежности. С развитием силовой полупроводниковой техники появилась возможность замены таких контакторов в системе электроснабжения [2]. В качестве силовых элементов таких аппаратов используются симметричные тиристоры (симисторы), как наиболее удобный вид вентиля для работы в сетях переменного тока. К тому же появляется возможность использовать тиристорный коммутатор для управления режимом работы осветительной установки [3].

Цель данной работы – исследовать возможность применения тиристорных коммутаторов в системе электроснабжения и управления режимами работы установками наружного освещения.

Особенностью симисторных контакторов для установок наружного освещения (рис.2) является введение в схему блока управления БУ контактора устройства токовой защиты УТЗ с элементами автоматического повторного включения АПВ [4].

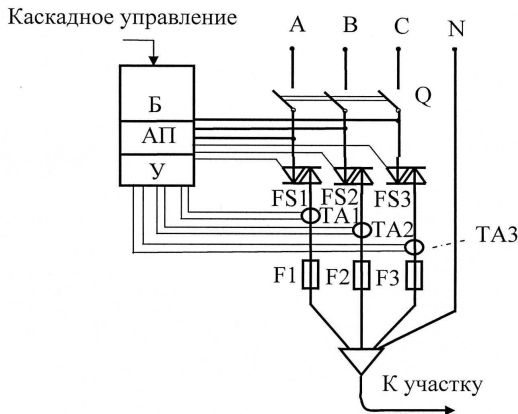


Рис.2 – Схема симисторного контактора на пункте питания наружного освещения

Такой вид силового коммутатора в сети наружного освещения обеспечивает отключение любого фазного провода от источника питания при возникновении тока короткого замыкания, не допуская сгорания плавких вставок предохранителей F1-F3. Блок управления симистора, установленного в поврежденной фазе, через выдержку ($T_{ПВ} = 2-3$ мин), вновь делает попытку отпирания симистора. Выдержка повторного включения выбирается из условия максимально возможного времени зажигания разрядных ламп после аварийного погасания. Такая технология контактора позволяет существенно сократить время на устранение аварий воздушных линий, которые, как правило,

имеют место при порывах ветра. Применение симисторных контакторов в пунктах электроснабжения осветительных установок является переходом на более качественную ступень эксплуатации, поскольку данный вид контакторов можно не только использовать при регулировании мощности осветительной сети, но и при организации управления режимом работы осветительными установками.

Применение данного вида контактора в каскадных схемах делает независимыми их цепи управления от величины напряжения фазных проводов управления ночной и вечерней фазам, что также увеличивает надежность работы каскада наружного освещения в целом.

Симисторы контактора могут работать как в режиме полной проводимости, так и в режиме фазового регулирования. В последнем случае контактор дополнительно выполняет функции ограничителя напряжения. Это позволяет эксплуатировать источники света в номинальном режиме, обеспечивающем их максимальный срок службы и дополнительную экономию электроэнергии [5].

Симисторы могут использоваться для системы передачи информации в сетях наружного освещения с использованием фазовой отсечки (рис.3).

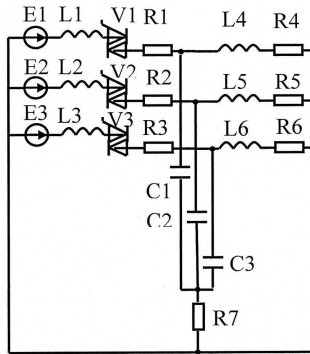


Рис.3 – Схема замещения осветительной сети при передаче импульсов управления фазовой отсечкой

При анализе динамических режимов вентильных схем предложено использовать сигнальные графы, которые дают возможность наглядным путем найти коэффициенты уравнений для метода переменных состояний и составления дифференциальных уравнений любой конфигурации с полупроводниковыми устройствами [6].

Главной задачей при этом является составление дифференциальных уравнений первого порядка относительно переменных состояния.

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

$$\frac{dV_{C1}}{dt} = \frac{1}{C_1}(i_{L1} - i_{L4}); \quad (1)$$

$$\frac{dV_{C2}}{dt} = \frac{1}{C_2}(i_{L3} - i_{L6}); \quad (2)$$

$$\frac{dV_{C3}}{dt} = \frac{1}{C_3}(i_{L2} - i_{L5}); \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{di_{L1}}{dt} = & \frac{1}{L_1} \{ V_{E1} - V_{C1} - R_1 i_{L1} - R_7 \times \\ & \times [i_{L1} + i_{L2} + i_{L3} - i_{L4} - i_{L5} - i_{L6}] - V_{B1}(i_{B1}) \}; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{di_{L2}}{dt} = & \frac{1}{L_2} \{ V_{E2} - V_{C3} - R_2 i_{L2} - R_7 \times \\ & \times [i_{L1} + i_{L2} + i_{L3} - i_{L4} - i_{L5} - i_{L6}] - V_{B2}(i_{B2}) \}; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{di_{L3}}{dt} = & \frac{1}{L_3} \{ V_{E3} - V_{C2} - R_3 i_{L3} - R_7 \times \\ & \times [i_{L1} + i_{L2} + i_{L3} - i_{L4} - i_{L5} - i_{L6}] - V_{B3}(i_{B3}) \}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{di_{L4}}{dt} = & \frac{1}{L_4} \{ V_{C1} - R_6 i_{L4} + R_7 \times \\ & \times [i_{L1} + i_{L2} + i_{L3} - i_{L4} - i_{L5} - i_{L6}] \}; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \frac{di_{L5}}{dt} = & \frac{1}{L_5} \{ V_{C3} - R_5 i_{L5} + R_7 \times \\ & \times [i_{L1} + i_{L2} + i_{L3} - i_{L4} - i_{L5} - i_{L6}] \}; \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \frac{di_{L6}}{dt} = & \frac{1}{L_4} \{ V_{C2} - R_4 i_{L6} + R_7 \times \\ & \times [i_{L1} + i_{L2} + i_{L3} - i_{L4} - i_{L5} - i_{L6}] \}. \end{aligned} \quad (9)$$

Решение систем дифференциальных уравнений представляет достаточно трудоемкую задачу, поскольку требуется определять моменты изменения состояний симисторов в ходе интегрирования этих уравнений. Для нелинейных элементов вольтамперные характеристики выражаются в общем случае с использованием экспоненциальных функций. Однако, при реальных уровнях напряжений и токов, в системе

была использована кусочно-линейная аппроксимация вольтамперных характеристик тиристоров, что позволило линеаризовать математическую модель. Для практических расчетов электромагнитных процессов в исследуемой системе использовался пакет программ "СИМПАТ" [6].

Анализируя результаты, полученные на модели в фазе "А" (рис.4), следует отметить, что при формировании импульсов управления в осветительной сети на базе симисторов, включенных в разрез питающей линии, появляется "пауза" тока, которая может негативно отразиться на работе разрядных источников света.

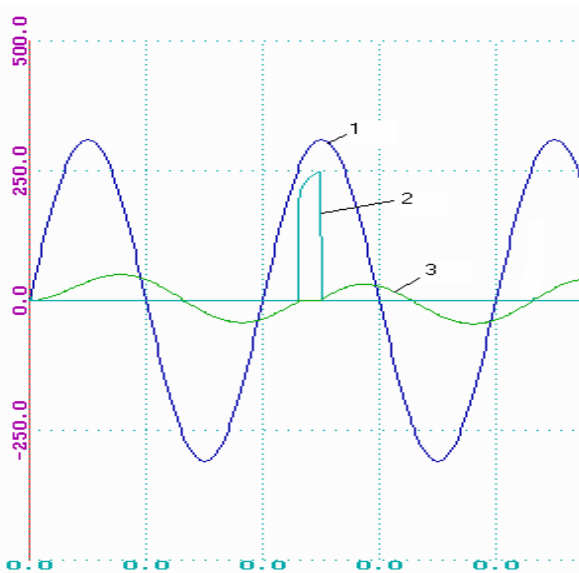


Рис.4 – Осциллограмма напряжения фазы "А" ($U_A - 3$), тока в линии ($i_A - 3$), напряжения на симисторе ($U_K - 2$), работающего в ключевом режиме (смещение угла открывания симистора 90°)

Так, при формировании импульсов в фазе "А" и смещении угла открывания симистора $\alpha = 90^\circ$ (рис.4) «пауза» тока в осветительной сети составляет $\alpha_n = 36^\circ$. Как показывают исследования, в реальных осветительных сетях, такая "пауза" тока ведет к погасанию разрядных источников света. Меняя угол регулирования симистора, можно добиться уменьшения "паузы" тока.

Осциллограмма напряжения и тока (рис.5) получена при управле-

нии симистора в фазе "А" с углом смещения $\alpha = 72^0$, что дает возможность уменьшить паузу тока до $\alpha_n = 21^0$.

Как показывают исследования, в осветительной сети с нагрузкой $I_n = 35\text{A}$ на фазу, формирование "паузы" тока до $\alpha_n = 21^0$ не приводит к погасанию разрядных ламп. При моделировании осветительной сети нагрузка линии была выбрана порядка 35А (действующего тока) на фазу. Нагрузка имеет индуктивный характер, где ток отстает от напряжения питания сети на 36^0 , что характерно для параметров реальных осветительных сетей. В этом случае, как показывает осциллограмма (рис.5), угол регулирования симистора в фазе "А" должен не превышать $\alpha = 72^0$, что гарантирует нормальную работу разрядных источников света в осветительной сети.

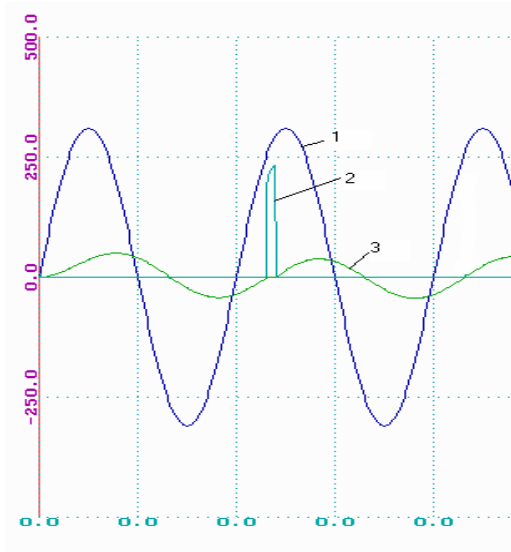


Рис.5 – Осциллограмма напряжения фазы "А" ($U_A - 1$), тока в линии ($i_A - 3$), напряжения на симисторе ($U_K - 2$), работающего в ключевом режиме (смещение угла открывания симистора 72^0)

Однако, учитывая тенденцию уменьшения нагрузки на осветительную сеть при формировании импульсов управления и увеличении чувствительности устройств "приема информации", следует уменьшать "паузу" тока до минимальной величины, которая в реальных ос-

ветительных сетях при современных полупроводниковых устройствах может не превышать $\alpha = 10^0$.

Таким образом, применение в системе электроснабжения осветительных сетей в качестве контакторов симметричных тиристоров, позволяет повысить надежность сетей, увеличить срок службы источников света и дополнительно экономить электрическую энергию в наружном освещении. Доказано, что формирование импульсов управления в осветительной сети (например в фазе "А") следует осуществлять при малых углах регулирования (не более $\alpha = 10^0$), что значительно уменьшает энергетическую нагрузку на осветительную сеть и позволяет использовать системы управления режимом работы установками наружного освещения с разрядными лампами.

1. Устройство для управления каскадом наружного освещения: А.с. 1363377. СССР. МКИ Н02J13/00 К.К. Намитоков, В.Ф. Соколов, М.И. Киселев, В.Ф. Харченко – 4038050/24-07; Заявл. 20.03.86; Оpubл. 30.12.87. Бюл. № 48. – 4с.

2. Овчинников А.Г., Соколов В.Ф., Харченко В.Ф. Автоматизация управления установками наружного освещения // Экспресс-информация. Серия: Электроснабжение и теплоснабжение. Вып.5(6). – М.: Ин-т экономики жилищно-коммунального хозяйства им. К.Д.Памфилова, 1990. – 15 с.

3. Каскадная сеть наружного освещения с лампами накаливания. А.с. 1374336. СССР. МКИ Н02J13/00 К.К. Намитоков, В.Ф. Соколов, В.Ф. Харченко, Л.Г. Кравченко – 4147030/24-07; Заявл. 14.07.86; Оpubл. 15.02.88. Бюл. № 6. – 4 с.

4. Соколов В.Ф., Степанов А.В., Харченко В.Ф. Автоматический контроль и локализация аварийных ситуаций в установках наружного освещения // Светотехника. – 1995. – №2. – С.12-14.

5. Кунгс Я.А., Файермарк М.А. Экономия электрической энергии в осветительных установках. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 157 с.

6. Ягуп В.Г. Автоматизированный расчет тиристорных схем. – Х.: Вища шк., 1986. – 160 с.

Получено 14.12.2010

УДК 628.9

А.В.САПРЫКА, канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КАЧЕСТВА ОСВЕЩЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Рассматриваются вопросы качества освещения городской среды, а также комфортность применяемых источников света.

Розглядаються питання якості освітлення міського середовища, а також комфортність вживаних джерел світла.

The questions of quality of illumination of city environment, and also comfort of the applied sources of light are examined.