

Секция III ЭНЕРГЕТИКА

ВЫБОР МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

С. А. Жеранов

*ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения
с опытным производством», Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. А. Рудченко

Осветительные установки являются одними из наиболее распространенных технических устройств, которые присутствуют во всех сферах деятельности человека. Расчеты при проектировании осветительных установок, как правило, сопровождаются применением большого числа формул и перебором вариантов с целью нахождения оптимального. Использование информационных технологий для автоматизации вычислений позволяет не только ускорить процесс проектирования, но и исключить ошибки, обусловленные человеческим фактором. Автором была поставлена задача по разработке программы для автоматизации расчетов электрической части проекта осветительных установок.

Центральным ядром программы будет являться расчет сети освещения по потере напряжения. Для реализации программного продукта необходимо было разработать алгоритм работы программы.

Расчет осветительной сети по потере напряжения сводится к определению площади поперечного сечения и материала жил проводов и кабелей. Осветительная сеть по потере напряжения может быть рассчитана одним из следующих способов:

- с учетом индуктивного сопротивления проводников;
- без учета индуктивного сопротивления проводников.

Методика расчета сети освещения без учета индуктивного сопротивления проводов и кабелей в значительной степени снижает трудоемкость вычислительных работ. Данный способ расчета применим при условии достаточно высокого значения коэффициента мощности и небольших сечениях проводников. Известно, что для групповых линий с коэффициентом мощности нагрузки 0,95, выполненных проводниками с площадью сечения до 6 мм², погрешность вычислений составит не более 2 % [1].

Фактическая потеря напряжения в линии при этом будет определяться по формуле

$$\Delta U = \frac{M}{CF}, \%, \quad (1)$$

где C – коэффициент, зависящий от номинального напряжения, системы сети и рода тока; M – собственный момент участка сети, кВт · м; F – принятое стандартное сечение проводника, мм².

Однако в соответствии с [2] для групповых линий, питающих газоразрядные лампы единичной мощностью 125 Вт и более, допускается предусматривать аппараты защиты с уставкой тока до 63 А. Соблюдение данного требования влечет за собой увеличение сечения проводников групповой линии и, как следствие, возрастание доли реактивной составляющей в полном сопротивлении линии. Поэтому существует высокая вероятность появления погрешности, неприемлемой для инженерных расчетов.

При расчете потерь напряжения в осветительных сетях промышленных зданий следует соблюдать требование, согласно которому снижение напряжения у наиболее удаленных ламп внутреннего рабочего освещения должно составлять не более 2,5 % номинального напряжения ламп, а для аналогичных ламп аварийного освещения – не более 5 % [3]. Следовательно, во избежание нарушения требования нормативной документации следует воспользоваться методикой расчета осветительной сети с учетом индуктивного сопротивления проводов и кабелей.

Фактическая потеря напряжения с учетом индуктивного сопротивления проводников, к примеру, для трехфазной линии будет определяться по формуле

$$\Delta U = \frac{10^5 M(r_0 + x_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi)}{U_{\text{ном}}^2}, \% \quad (2)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное междуфазное напряжение сети, В; x_0 и r_0 – индуктивное и активное сопротивление принятого провода или кабеля, соответственно, Ом/км; $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности.

Именно методику расчета электрической осветительной сети с учетом индуктивного сопротивления проводников целесообразно использовать для автоматизации проектирования осветительных установок. В конечном счете, это позволит оперативно выполнить трудоемкие вычисления с наивысшей точностью при одновременном соблюдении требований нормативно-технической документации.

При выборе сечений проводников по условию нагрева необходимо учитывать поправку на фактические условия прокладки проводов и кабелей [2]. Для этого при составлении алгоритма программы следует предусмотреть возможность задания:

- фактической температуры окружающей среды;
- способа прокладки электропроводки (кабельной линии);
- количества совместно проложенных проводников.

Программа для расчета электрической осветительной сети будет представлять собой алгоритм большой сложности. Обобщенная схема алгоритма (рис. 1) раскрывает общий принцип функционирования программы для автоматизации расчетов и основные логические связи между ее отдельными модулями на уровне обработки информации.

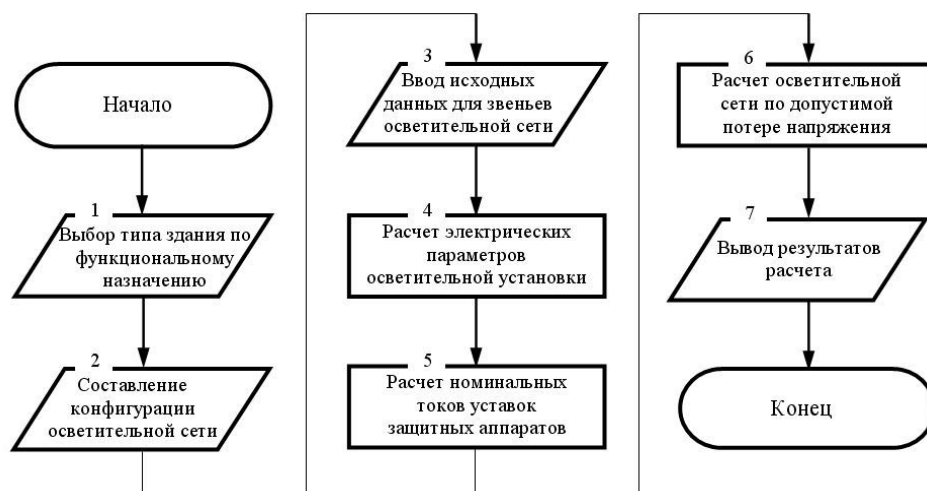


Рис. 1. Обобщенная схема алгоритма программы

Блок 1 осуществляет выбор расчетного алгоритма в зависимости от типа здания, для которого проектируется осветительная установка (общественное или промышленное). Наличие данного блока связано с тем, что для проектирования осветительных установок данных типов зданий разработаны отдельные нормативные документы, что, в свою очередь, сказывается на конечных результатах расчетов.

Блок 2 реализует автоматическую прорисовку схемы сети путем выбора шаблона конфигурации осветительной сети и задания требуемого количества элементов схемы (распределительных щитков, групповых щитков и т. д.).

В блоке 3 осуществляется ввод исходных данных, необходимых для выполнения расчета осветительной сети. Ввод данных реализован посредством заполнения пустых полей и выбора значений из выпадающего списка активного диалогового окна элемента осветительной сети.

Блок 4 выполняет расчет электрических параметров участков сети, он включает в себя совокупность выполняемых в строгой последовательности алгоритмов:

- определение электрических нагрузок;
- вычисление коэффициентов мощности;
- определение расчетных токов;
- вычисление собственных моментов;
- расчет приведенных моментов.

Блок 5 представляет собой комбинацию разветвляющегося и циклического алгоритмов расчета номинальных токов уставок защитных аппаратов. Вычисление уставок идет только по одному из имеющихся направлений, выбор которого зависит от типа аппарата защиты отходящей линии. Циклический алгоритм используется для многократного повторения действий по выбору аппарата защиты для различных участков осветительной сети.

Блок 6 содержит алгоритм выбора сечений проводников осветительной сети, который реализован в соответствии с методикой расчета осветительной сети по потере напряжения с учетом индуктивного сопротивления проводников. В блоке 6 также присутствуют «исключения», препятствующие появлению некорректных результатов расчета.

Блок 7 реализует вывод результатов расчета в удобной для восприятия форме. Для инженера-проектировщика наиболее удобным вариантом будет являться графическое отображение схем щитов с нанесением на их отходящих линиях расчетных данных.

Заключение

Анализ особенностей расчета электрической осветительной сети показал, что существуют два способа расчета: с учетом индуктивного сопротивления проводников и без его учета. В условиях автоматизации проектирования, когда математические расчеты будут выполняться посредством электронно-вычислительной машины, без участия ручного труда, целесообразно использовать методику расчета осветительной сети с учетом индуктивного сопротивления проводников. Данная методика реализована в обобщенной схеме алгоритма программы для расчета электрической осветительной сети.

Литература

1. Козловская, В. Б. Электрическое освещение : учебник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2011. – 543 с.
2. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 640 с.
3. ТКП 45-4.04-296–2014 Силовое и осветительное электрооборудование промышленных предприятий. Правила проектирования. – Минск, 2014. – 51 с.