

УДК 623.311

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОВ КИРХГОФА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ APPLICATION OF KIRCHHOFF'S LAWS IN CONSTRUCTION

С.П. Петрова, Д.А. Шестакова

Научный руководитель – Л.И. Новикова, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

S. Petrova, D. Shestakova

Supervisor – L. Novikova, Senior Lecturer
Belarussian national technical university, Minsk

Аннотация: В данном докладе рассматривается использование законов Кирхгофа в строительстве при электроснабжении конструкций.

Abstract: This report examines the use of Kirchhoff's laws in construction for power supply of structures application of Kirchhoff's laws in construction.

Ключевые слова: первый закон Кирхгофа, второй закон Кирхгофа.

Keywords: Kirchhoff's First Law, Kirchhoff's Second Law.

Введение

Современное строительство немислимо без сложных и разветвленных систем электроснабжения. Надежность, безопасность и эффективность этих систем являются критически важными факторами для эксплуатации любого здания – от жилого дома до промышленного комплекса. Проектирование и монтаж электроустановок не могут основываться лишь на эмпирических данных. Они требуют точного инженерного расчета. Фундаментальной теоретической основой для таких расчетов служат законы Кирхгофа, которые, несмотря на свою как кажется простоту, являются практичным инструментом для анализа электрических цепей любой сложности.

Законы Кирхгофа, которые были сформулированы Густавом Кирхгофом в 1845 году, являются следствием фундаментальных законов сохранения энергии и заряда применительно к электрическим цепям.

Первый закон Кирхгофа гласит, что сумма токов, входящих в узел электрической цепи, равна сумме токов, выходящих из него. Это можно также понимать как то, что в любом узле электрической цепи общий ток будет равен нулю [1]:

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0 \quad (1)$$

Значит, сколько тока втекает в узел, столько же и вытекает из него. Иначе говоря, заряд не будет накапливаться в узле.

Пример (Рис. 1) [2]: в узле сходятся пять проводов: I_1 (втекает), I_2 (вытекает), I_3 (втекает), I_4 (вытекает), I_5 (втекает).

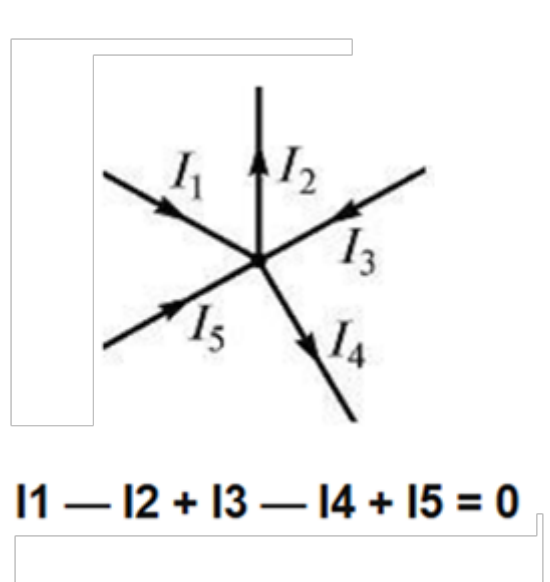


Рис. 1 – Пример выполнения первого закона Кирхгофа.

Второй закон Кирхгофа (Закон напряжений): Алгебраическая сумма ЭДС, действующих в замкнутом контуре, равна алгебраической сумме падений напряжения на всех резистивных элементах в этом контуре [3]:

$$\sum_{k=1}^n I_k R_k = \sum_{k=1}^m E_k \quad (2)$$

Пример: Уравнение будет иметь вид [2]:

$$E_1 - E_2 + E_3 = I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_4 R_4$$

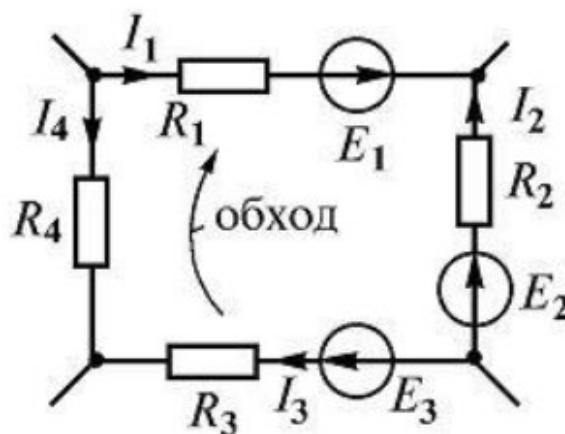


Рис. 2 – Схема для примера выполнения второго закона Кирхгофа.

Основная часть

Проектирование и расчет распределительных щитов. Электрический щит – это «сердце» электроснабжения здания. Предназначается для приема и распределения электрической энергии, нечастого включения и отключения линий групповых цепей, а также для их защиты при перегрузках и коротких замыканиях. Он содержит множество узлов (клеммников, шин) и контуров.

На главной вводной шине сходятся все групповые линии. Используя первый закон Кирхгофа, проектировщик может рассчитать суммарный ток, потребляемый всеми группами (освещение, розетки, силовое оборудование). Это дает возможность корректно выбрать номинал вводного автоматического выключателя, чтобы он не срабатывал ложно при одновременном включении всех нагрузок, но отключал сеть при реальной перегрузке.

Применение второго закона – расчет падения напряжения на каждой групповой линии от щита до самой дальней точки. Это особенно важно для длинных линий, например, уличного освещения или питания построек на участке. Чрезмерное падение напряжения может привести к некорректной работе оборудования (например, тусклому свечению ламп). На основе второго закона инженер выбирает сечение кабеля, обеспечивающее падение напряжения в пределах нормируемых значений (обычно не более 5%).

Расчет трехфазных цепей. Питание многоквартирных домов, офисных центров и промышленных объектов осуществляется по трехфазным сетям (380/220 В). Один из ключевых принципов – равномерное распределение однофазных нагрузок (квартир, офисов) между тремя фазами (А, В, С). Если этого не сделать, возникает «перекос фаз». Применяя первый закон Кирхгофа к нейтральному проводу, можно рассчитать ток в нуле. При идеально сбалансированной нагрузке ток в нуле равен нулю. При значительном перекосе ток в нейтрали может даже превысить фазный, что приводит к перегреву и пожароопасной ситуации. Законы Кирхгофа позволяют заранее спроектировать схему, минимизирующую этот риск.

Расчет токов короткого замыкания. Короткое замыкание (КЗ) – одна из самых опасных аварийных ситуаций.

Нужно определить максимально возможный ток, который может возникнуть при коротком замыкании в любой точке сети здания. От этого значения зависит выбираемая стойкость автоматических выключателей и другого оборудования.

Для расчета сложных разветвленных сетей, является электроснабжение многоэтажного здания, используются методы на основе законов Кирхгофа. Составляются системы уравнений для всех узлов и контуров цепи в аварийном режиме. Это позволяет точно определить ток КЗ в самой удаленной от трансформатора розетке и убедиться, что автомат защиты сработает достаточно быстро.

Анализ сложных систем электроснабжения. На крупных объектах (заводы, больницы, торговые центры) используются сложные схемы с несколькими источниками питания (основным и резервным), системами АВР (автоматического ввода резерва) и множеством распределительных пунктов.

Система заземления и молниезащиты. Это система, где токи растекаются по сложным путям в земле. Задачей является расчет сопротивления заземляющего устройства и распределение токов при коротком замыкании или ударе молнии.

Заземляющее устройство чаще представляет из себя не один штырь, а сложный контур (например, вокруг фундамента здания), состоящий из множества соединенных электродов. Точки их соединения – это узлы. При

попадании молнии ток растекается в землю от всей этой сети. Первый закон Кирхгофа используется для моделирования того, как ток делится между отдельными электродами контура. Это позволяет спроектировать контур такой конфигурации, который обеспечит равномерное растекание тока и минимальный рост потенциала на поверхности земли, что критически для безопасности людей и оборудования.

Моделирование и расчет. Законы Кирхгофа являются основой для составления систем уравнений, описывающих такие сети. С их помощью можно: рассчитать режимы работы при нормальной и аварийной схемах, определить потери мощности в кабелях, спроектировать селективную (избирательную) защиту, когда при аварии отключается только аварийный участок, а не все здание.

Проверка и диагностика существующих сетей. Законы Кирхгофа используются не только на этапе проектирования, но и при обследовании действующих электроустановок. Измеряя токи в разных ветвях цепи и напряжения на различных участках, специалисты могут проверить соответствие реальных параметров проектным, выявить неисправности (например, плохие контакты, несанкционированные подключения) и локализовать их.

Заключение.

Таким образом, законы Кирхгофа – это практический инструмент, без которого невозможно безопасное и грамотное строительство. От корректного расчета токов и напряжений на основе этих законов напрямую зависят: пожарная безопасность здания, стабильность и бесперебойность электроснабжения, долговечность электрооборудования, энергоэффективность объекта. Современные программы для проектирования (такие как AutoCAD Electrical, NanoCAD, Dialux) для своих расчетов используют, в конечном счете, математические модели, построенные на законах Кирхгофа. Следовательно, глубокое понимание этих законов является неотъемлемой частью компетенции любого инженера-проектировщика, электромонтажника и специалиста, отвечающего за эксплуатацию электрохозяйства в строительстве.

Литература

1. Законы Кирхгофа, формула и определение первого и второго законов Кирхгофа. [Электронный ресурс].–Режим доступа: <https://share.google/QLqgsFQ3MHtNHeWNp> – Дата доступа: 04.11.2025;
2. Закон Кирхгофа для электрической цепи для чайников. [Электронный ресурс].–Режим доступа: <https://motocarrello.ru/blog/zakon-kirhgofa.html> – Дата доступа: 04.11.2025;
3. Какая формула выражает первое правило Кирхгофа? [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://share.google/VhLayvI2rXOAzWSIV>– Дата доступа: 04.11.2025.