

УДК 338.26.015:658.5

О ЗАКОНЕ СОХРАНЕНИЯ ПОТОКА ЭНЕРГИИ

Петров Андрей Евгеньевич, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированного проектирования и дизайна ФГБОУ высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Аннотация

В 1981 году автор обнаружил постоянство мощности при изменении соединения отдельных ветвей в сеть. Пусть в каждой ветви есть одинаковые источники тока и напряжения, т.е. рассеивающие, выделяющие одинаковую мощность. Оказалось, что если ветви соединить в сеть, то в ней рассеивается половина суммы мощностей источников. Позднее выяснилось, что другая половина мощности находится в двойственной сети, в которой замкнутые и разомкнутые пути меняются местами. Т.е. контуры в одной сети соответствуют разомкнутый путь в двойственной сети, и наоборот. Постоянство мощности при изменении структуры, т.е. соединений является следствием инварианта двойственности сетей. Этот инвариант выражается как постоянство суммы метрических тензоров двойственных сетей при изменении их структуры. Закону сохранения энергии соответствует симметрия времени, закону сохранения импульса соответствует симметрия (однородность) пространства, закону сохранения момента импульса соответствует симметрия направлений в пространстве (изотропия). Закону сохранения потока энергии, который измеряется мощностью, соответствует двойственность пространства. На основе тензорного метода расчета процессов при изменении структуры соединения элементов созданы сетевые модели технических, экономических систем. Данная статья является началом изложения заявки на открытие закона сохранения потока энергии, которая было написана в 2012-2013 гг.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: закон сохранения потока энергии, научное открытие, тензоры, двойственные сети.

THE LAW OF CONSERVATION OF ENERGY FLOW

Petrov Andrey Evgenievich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of CAD and Design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education NSTU "MISiS"

Abstract

In 1981, the author discovered the constancy of power when changing the connection of individual branches to the network. Let each branch have the same current and voltage sources, i.e. dissipative, emitting the same power. It turned out that if the branches are connected into a network, then half of the sum of the sources' powers is dissipated in it. Later it turned out that the other half of the power is in a dual network in which closed and open paths are reversed. Thus, a circuit in one network corresponds to an open path in the dual network, and vice versa. Constancy of power when changing the structure, i.e. connections is a consequence of the duality invariant of networks. This invariant is expressed as the constancy of the sum of metric tensors of dual networks when their structure changes. The law of conservation of energy corresponds to the symmetry of time, the law of conservation of momentum corresponds to the symmetry (homogeneity) of space, the law of conservation of angular momentum corresponds to the symmetry of directions in space (isotropy). The law of conservation of the energy flow, which is measured by power, corresponds to the duality of space. Based on the tensor method for calculating processes when changing the structure of the connection of elements, network models of technical and economic systems were created. This article is the beginning of the presentation of the application for the discovery of the law of conservation of energy flow, which was written in 2012-2013.

KEYWORDS: law of conservation of energy flow, scientific discovery, tensors, dual networks.

Закон постоянства суммы рассеиваемых мощностей в двух электрических цепях с двойственной структурой

Область науки

Открытие относится к области физики, раздел электротехника. В результате поиска закономерности изменения рассеиваемой мощности при изменении соединения ветвей в

электрической цепи найден неизвестный ранее закон постоянства суммы мощности, рассеиваемой в двух электрических цепях с двойственной структурой, при любом соединении ветвей. В этом состоит экспериментальное выражение открытия, полученное в результате проведения численных опытов по расчету мощности, рассеиваемой в электрических цепях с разными соединениями ветвей, т.е. с различной структурой.

Теоретическое выражение открытия относится к области математики и состоит в постоянстве суммы метрических тензоров двух сетей с двойственной структурой при изменении соединения ветвей этих сетей, сохраняющем отношения двойственности. Преобразования структуры состоят в соединении и разъединении элементов сетей.

Сущность открытия

Причиной проведения исследования, которое привело к открытию неизвестного ранее закона постоянства суммы мощности, рассеиваемой в двух двойственных электрических цепях, стала проблема инварианта мощности Г.Крона. Эта проблема вызвала обсуждение, которое началось в 30-тых годах прошлого века, и продолжается до сих пор. Для построения тензорного анализа сетей Крон постулировал инвариант мощности, т.е. допустил, что при соединении ветвей в связанную цепь рассеиваемая мощность не меняется, поскольку не меняются источники воздействия. Это было необходимо для получения тензорной формулы преобразования напряжения. Мощность не остается постоянной, что доказано в теории графов; за это метод критиковали. Однако тензорный метод дает правильные результаты расчетов цепей, обеспечивает исследование систем с переменной структурой, например, расчет изменения процессов при изменении структуры соединения элементов; дает единую методологию моделирования сложных систем разных предметных областей.

Открытие неизвестного ранее закона получено экспериментально в 1981 году – путем расчета электрических цепей, с целью поиска зависимости рассеиваемой мощности от изменения структуры связей ветвей в цепи. Для этого автор выполнил расчеты цепей с источниками тока и напряжения, с разными способами соединения ветвей. Расчеты выполнялись для разного числа ветвей с единичными и неединичными сопротивлениями (проводимостями), при наличии как собственных, так и взаимных сопротивлений. Менялись источники воздействия, тока и напряжения, их значения и расположение в ветвях цепи. В каждом случае проводились расчеты рассеиваемой мощности и поиск закономерности ее изменения в зависимости от изменения структуры. В результате был *открыт неизвестный ранее закон, который состоит в том, что при любом соединении ветвей постоянна сумма мощности, рассеиваемой в двух электрических цепях с двойственной структурой.*

Расчеты проводились как методами электротехники, так и методами тензорного анализа сетей, с использованием матриц преобразования путей C и A . Матрицы преобразования путей описывают изменение структуры цепи. Эти матрицы обеспечивают преобразование значений величин цепи (токи, напряжения, сопротивления) при изменении структуры. Это позволило исследовать изменение мощности в зависимости от изменения структуры, и найти закон постоянства рассеиваемой мощности в двойственных цепях.

Двойственность сетей (цепей) состоит в том, что каждому замкнутому пути в одной сети соответствует разомкнутый путь в двойственной сети, и наоборот. Число линейно независимых замкнутых путей одной сети равно числу линейно независимых разомкнутых путей двойственной сети, и наоборот. При изменении числа узлов в сети меняется число независимых замкнутых путей, но противоположно меняется число разомкнутых путей, т.е. меняется размерность представляющих их подпространств. Полная размерность пространства замкнутых и разомкнутых путей сети постоянна и равна количеству элементов – ветвей. Формулы расчета двойственных цепей аналогичны формулам расчета рассматриваемой цепи, но с двойственными заменами всех величин.

Математическая сущность открытия определяется отношениями между абстрактными двойственными сетями. В сети меняется количество узлов при изменении соединений между ветвями, которые могут иметь веса – метрику. Физические, измеримые величины потоков энергии в цепи, в таких сетях рассматриваются как геометрические объекты, представленные в координатах замкнутых и разомкнутых путей в структуре сети.

Найденное постоянство мощности математически определяется постоянством суммы метрических тензоров двух двойственных сетей при изменении соединения ветвей, сохраняющем двойственность. Если собственные веса ветвей Z равны единицам, а взаимные веса равны нулю, то матрицы Z и $Y = Z^{-1}$ – это единичные матрицы I , $Z = Y = I$, и постоянство суммы метрических тензоров выражается отношениями между матрицами преобразования, т.е. получается инвариант двойственности структуры сетей (без метрики и без энергии).

$${}^m C_t ({}^m C {}^m C_t)^{-1} {}^m C + {}^m \underline{C}_t ({}^m \underline{C} {}^m \underline{C}_t)^{-1} {}^m \underline{C} = I \quad \text{или}$$

$${}^m C_t ({}^m C {}^m C_t)^{-1} {}^m C + {}^j A_t ({}^j A {}^j A_t)^{-1} {}^j A = I.$$

Здесь I – единичная матрица. Величины двойственной сети подчеркнуты, индекс m обозначает подматрицу замкнутых путей, а j – разомкнутых путей. Если матрицы Z и Y не единичные, то постоянство суммы метрических тензоров приобретает вид, например:

$$Y = {}^m C_t ({}^m C Z {}^m C_t)^{-1} {}^m C + \underline{Z} {}^m \underline{C}_t ({}^m \underline{C} \underline{Z} {}^m \underline{C}_t)^{-1} {}^m \underline{C} \underline{Z}, \quad \text{или}$$

$$(Z)^{-1} = {}^m C_t ({}^m C Z {}^m C_t)^{-1} {}^m C + Y {}^j A_t ({}^j A Y {}^j A_t)^{-1} {}^j A Y.$$

Из этих соотношений видно, что постоянство мощности при изменении структуры в двойственных цепях обеспечивается свойством самой структуры и материальных свойств (метрики) электрических цепей, и не зависит от источников энергии, воздействующих на цепи, от потоков энергии, протекающих в цепях. Это фундаментальное свойство сетей, представляющих структуру электрических цепей.

Сущность открытия постоянства мощности при изменении структуры. В 1981 году автор обнаружил закономерность постоянства мощности в *одной цепи* при условии, что равны мощности источников тока и напряжения, заданные в каждой ветви. Оказалось, что сумма мощности, рассеиваемой в замкнутых путях связанной цепи и в разомкнутых путях связанной цепи равна мощности источников тока *или* источников напряжения. Найденная закономерность постоянства мощности не следует из ранее известных теоретических положений и экспериментальных фактов. Это самостоятельная физическая закономерность, которая определяется свойствами структуры и проявляется при прохождении потока энергии в электрической цепи.

В 1982 году автор нашел неизвестный ранее закон постоянства мощности, рассеиваемой в *двух двойственных цепях* при изменении структуры связей ветвей. Оказалось, что сумма мощности, рассеиваемой в двух двойственных цепях при возбуждении источниками ЭДС, ${}^mP_c + {}^m\underline{P}_c$, постоянна и равна мощности источников, т.е. мощности, рассеиваемой этими источниками в свободных ветвях mP_0 . Аналогично, сумма мощности, рассеиваемой в двух двойственных цепях при возбуждении источниками тока, ${}^jP_c + {}^j\underline{P}_c$ постоянна и равна мощности источников, т.е. мощности, рассеиваемой в свободных ветвях jP_0 . Если заданы источники тока и напряжения одновременно, то получим общую формулу постоянства мощности при изменении структуры двойственных цепей.

$${}^mP_c + {}^m\underline{P}_c + {}^jP_c + {}^j\underline{P}_c = {}^mP_0 + {}^jP_0 = {}^m\underline{P}_0 + {}^j\underline{P}_0.$$

где мощности представлены через измеримые величины в ветвях цепи.

Если в ${}^mP_c + {}^m\underline{P}_c = {}^mP_0$ подставить выражения компонент, то для замкнутых путей, источников напряжения, постоянство мощности в двойственных цепях принимает вид:

$$e_\alpha Y e_\alpha = e_\alpha {}^mC_t ({}^mC Z {}^mC_t)^{-1} {}^mC e_\alpha + \underline{e}_\alpha \underline{Z} {}^m\underline{C}_t ({}^m\underline{C} \underline{Z} {}^m\underline{C}_t)^{-1} {}^m\underline{C} \underline{Z} e_\alpha,$$

где e_α – вектор источников напряжения. Для разомкнутых путей, источников тока, представленных вектором I^α , постоянство мощности в двойственных цепях принимает вид.

$$I^\alpha (Z)^{-1} I^\alpha = I^\alpha \underline{j} \underline{A}_t (\underline{j} \underline{A} Z \underline{j} \underline{A}_t)^{-1} \underline{j} \underline{A} I^\alpha + I^\alpha Y \underline{j} \underline{A}_t (\underline{j} \underline{A} Y \underline{j} \underline{A}_t)^{-1} \underline{j} \underline{A} Y I^\alpha.$$

Постоянство рассеиваемой мощности в двойственных цепях при изменении структуры представляет собой закон, который не вытекает из ранее известных законов. В его

основе математический закон – инвариант двойственности структуры сетей, который проявляется физически при прохождении потока энергии, например, в электрических цепях с двойственной структурой.

Область научного и практического значения

Открытие позволило впервые объяснить, в чем состоит инвариант мощности Крона. Это, в свою очередь, дает обоснование тензорному методу в теории систем, что особенно важно для сетевого моделирования систем с переменной структурой. Инвариант двойственности сетей необходим для моделирования, расчета, анализа процессов и структуры сложных систем различной природы. Таким образом, открытие объясняет научные факты и эксперименты, которые не находили ранее объяснения.

Научное значение открытия состоит в том, что для сохранения потока энергии, измеряемого рассеиваемой мощностью, необходимо рассматривать две цепи с двойственной структурой.

Постоянство рассеиваемой мощности должно выполняться не только для потоков электрической энергии. Аналогичные законы постоянства рассеиваемой мощности должны существовать и для других видов энергии. Математические формы двойственности потоков могут отличаться. Магнитный поток, например, распространяется не через одномерные ветви, а через двумерные поверхности. Разные виды энергии представляют разные стороны *закона сохранения потока энергии*. Каждый вид энергии может создавать в пространстве свои структуры – каналы распространения потоков энергии, которые взаимодействуют с потоками энергии других видов. Это требует дальнейших исследований. Таким образом, это физико-структурный закон, поскольку понятие потока указывает на ограниченный в пространстве «канал», путь его движения. Совокупность таких каналов образует структуру. Это связывает физику потока энергии и структуру путей его распространения.

Практическое значение состоит в возможности применения результатов открытия для создания сетевых моделей физических, технических, экономических, социальных, биологических систем. Автор разработал сетевую модель межотраслевого баланса, в которой контурными и узловыми токами с использованием двойственности замкнутых и разомкнутых путей, представлены потоки продуктов (производство, ресурсы, поставки, спрос). Напряжения представляют стоимости продуктов, потенциалы узлов – цены производителей. Двойственная сеть представляет потоки денежных средств через счета в банках. Крон создал модели для электрических машин, уравнений Максвелла, Шредингера, Навье-Стокса, лопаток турбин, строительных конструкций, ядерного реактора и т.д.

Открытие позволило автору разработать алгоритмы декомпозиции и расчета систем по частям. Подсети изменений структуры в исходной сети соответствует изменяемая подсеть в двойственной сети. Полученные алгоритмы расчета систем при изменении структуры обладают высокой эффективностью за счет отсутствия итераций благодаря тому, что через постоянство мощности взаимодействие частей сохраняется в двойственной сети изменений. Уменьшению мощности в исходной сети при разрывании или соединении соответствует увеличение мощности в двойственной сети, и наоборот. Сеть изменений структуры по размерности меньше полной сети; это многократно уменьшает объем вычислений, поскольку время обращения матрицы, на которое приходится основной объем вычислений, пропорционально кубической степени порядка матрицы. Алгоритм расчета по частям сетевой модели межотраслевого баланса методом декомпозиции обеспечивает многократное ускорение плановых расчетов.

На основе открытия получены формулы расчета матриц решения двойственных сетей при уменьшении и увеличении числа узлов в сети. Эти формулы охватывают все виды расчета процессов в сетях с переменной структурой при изменении связей, включая декомпозицию и расчет по частям. Изменения структуры могут представлять собой изменения соединений внутри связанной сети, подключение или отключение элементов или целых подсетей к основной сети, разделение целого на части, или соединение частей в целое. Созданные на этой основе сетевые модели предметных областей можно рассчитывать по частям с применением ЭВМ с параллельной архитектурой, включая применение суперЭВМ для расчета крупномасштабных систем. Таким образом, открытие может стать основой новых направлений в области сетевого моделирования и распределенных вычислений.

Продолжение следует.

Литература

1. Крон Г. Тензорный анализ сетей. — М.: Советское радио, 1978. — 720 с.
2. Крон Г. Исследование сложных систем по частям (диакоптика). — М.: Наука, 1972. — 542 с.
3. Петров А.Е. Тензорная методология в теории систем. — М.: Радио и связь, 1985. — 152 с.
4. Петров А.Е. Тензорный метод двойственных сетей. М.: ООО ЦИТиП. http://www.unidubna.ru//images/data/gallery/70_971_tenzorny_method25_02.pdf — 2009. — 496 с.