

УДК 537.8; 53.2; 53.081.5

Компьютерный практикум по изучению системы электромагнитных величин и их закономерностей

Анатолий Степанович Чуев, Николай Антонович Задорожный

МГТУ им. Н.Э. Баумана; e-mail: chuev@mail.ru, nikazador@mail.ru

Представлена разработанная и используемая в учебном процессе система физических величин и закономерностей (ФВиЗ) как физический практикум по изучению системных закономерностей электромагнитных величин. Цель практикума: углубленное изучение студентами единиц измерения, размерностей и закономерных взаимосвязей в системе электромагнитных величин.

Ключевые слова: физический практикум, система закономерностей электромагнитных величин.

В лаборатории НИРС кафедры физики МГТУ им. Н.Э. Баумана разработан и используется в учебном процессе компьютерный практикум по изучению системных закономерностей электромагнитных величин [1]. Цель практикума: углубленное изучение студентами единиц измерения, размерностей и закономерных взаимосвязей в системе электромагнитных величин.

Система физических величин и закономерностей (ФВиЗ) представляет собой сравнительно сложное многоуровневое (многослойное) образование, которое в целом трудно и даже невозможно изобразить в виде одной плоской таблицы. С целью упрощения пользования ФВиЗ путем ограничения используемых физических величин (ФВ) приходится их подразделять на отдельные физические группы по направлениям: механические величины (и их закономерности), тепловые и излучательные величины, электромагнитные величины и квантуемые ФВ. Каждый системный блок ФВ содержит в себе и соответствующие ему закономерности. Причем блок электромагнитных величин является наиболее крупным, в нем сохраняется и многоуровневость расположения ФВ. Для примера два частных изображения ФВиЗ в области электромагнетизма приведены на рис. 1 и рис. 2. Правда, в цветном изображении они смотрятся значительно лучше.

Согласно системе ФВиЗ электромагнитные ФВ подразделяются на следующие системные группы и подгруппы (названия авторские), определяемые их дополнительными размерностными коэффициентами, подробнее о которых в работе [2]:

– **базовые электромагнитные величины;** в данную группу входят такие величины как, *электрический заряд, сила тока, плотность тока, поляризованность* диэлектриков, *намагниченность* магнетиков, *напряженность магнитного поля* и т.п.;

– **полевые электромагнитные величины;** в данную группу входят: *напряженность электрического поля, индукция магнитного поля, электрический*

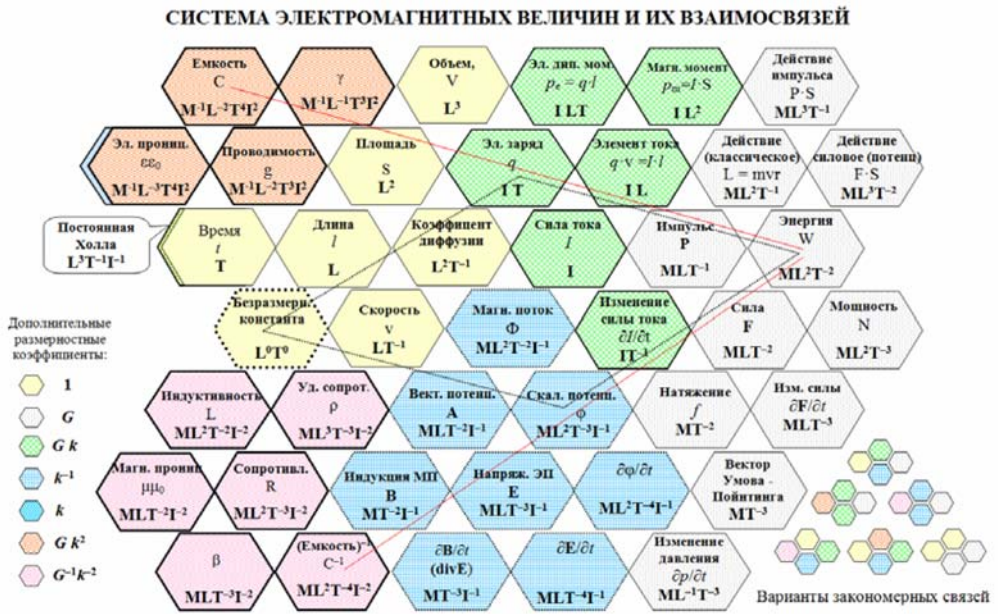


Рисунок 1. Изображение системы ФВиЗ в части электромагнитных величин. Выделенные линии иллюстрируют формулы энергии конденсатора: $W = q^2/2C$ и $W = CU^2/2$.

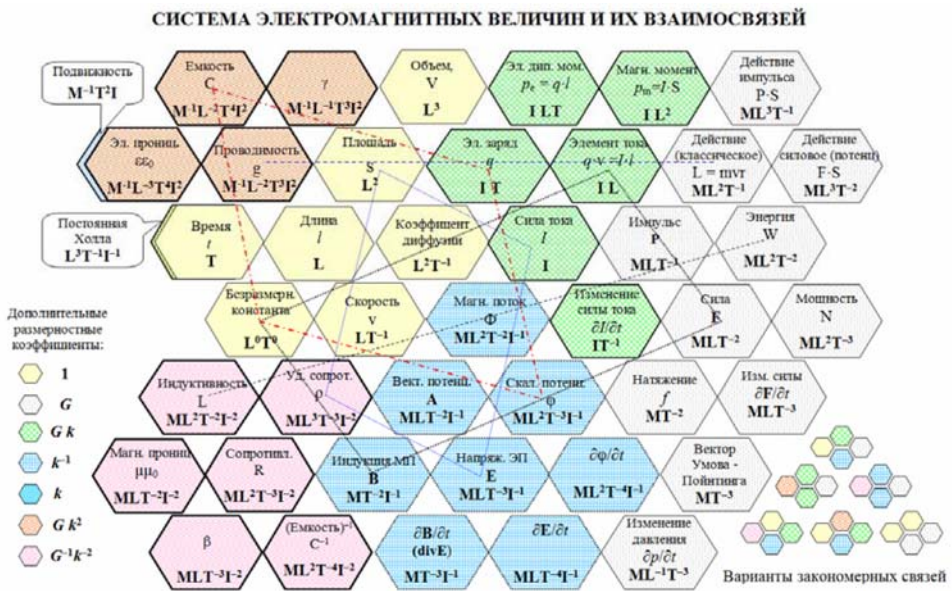


Рисунок 2. Изображение системы ФВиЗ в части электромагнитных величин. Выделенные параллелограммы и линии иллюстрируют системные (природные) закономерности.

скалярный потенциал, магнитный векторный потенциал и т.п.;

– **структуро-средовые электромагнитные величины первой подгруппы**; в подгруппу входят: *электрическая емкость, проводимость, электрическая постоянная* (диэлектрическая проницаемость вакуума) и т.п.;

– **структуро-средовые электромагнитные величины второй подгруппы**; в подгруппу входят: *индуктивность, электрическое сопротивление, магнитная постоянная* (магнитная проницаемость вакуума) и другие системно подобные величины.

Кроме электромагнитных величин система ФВиЗ содержит **общие базовые ФВ**, подразделяемые на **кинематические** и **динамические** (названия авторские), без которых не обойтись, поскольку они участвуют во многих системных взаимосвязях, относящихся к природным закономерностям.

В прилагаемых к лабораторной работе иллюстрациях ФВ, входящие в различные системные группы, имеют свою отличительную окраску.

Система ФВиЗ строится на упорядоченно расположенных *LT*-размерностных элементах, представляющих собой базовый системный уровень из *кинематических общих базовых ФВ* (выделены желтым цветом). ФВ всех других системных уровней, будучи представленными по размерности в СИ, отличаются от данного базового уровня на дополнительные размерностные коэффициенты (см. рис. 1 и рис. 2). Эти коэффициенты содержат два множителя (*G* и *k*), имеющие ту или иную степень. *G* – это, по сути, гравитационная постоянная, а *k* – соотношение между единицами *силы тока* и *массы*, равенство размерностей которых заложено в *LT*-основание данной системы [3].

Каждому системному уровню ФВ соответствует свой дополнительный размерностный коэффициент. В пределах одного и того же системного уровня ФВ, выделенные одним цветом, имеют упорядоченные *LT*-размерностные связи. При переходах между соседними элементами (ФВ) одного системного уровня: слева направо происходит умножение на размерность скорости (LT^{-1}), а при переходах сверху вниз – путем деления на размерность длины (*L*) или времени (*T*), в зависимости от склонения такого перехода влево или вправо.

Закономерные системные взаимосвязи ФВ обнаруживаются по правилу выделенного параллелограмма или выделенной линии (когда выделяемый параллелограмм смотрится как бы сбоку). В системных связях, иллюстрирующих ту или иную природную закономерность, произведения (отношения) размерности элементов (ФВ) на противоположных (смежных) вершинах выделенного параллелограмма – обязательно равны между собой. При этом происходит и взаимное уничтожение дополнительных размерностных коэффициентов, о которых говорилось

выше. Все это позволяет алгоритмизировать поиск в системе ФВиЗ закономерных взаимосвязей или, не особенно вдаваясь в детали, пользоваться наглядной подсказкой из цветных пиктограмм, приводимых на наших рисунках в правом нижнем углу.

Для облегчения овладения студентами правил пользования системой ФВиЗ и выполнения ими определенного набора практических заданий, разработан электронный компьютерный вариант системы [4], используемый в качестве лабораторной работы для студентов, выполняющих физический практикум данного направления в лаборатории НИРС.

Компьютерный практикум по изучению системных закономерностей электромагнитных величин предусматривает применение в двух режимах: обучающем и поисковом. Для руководства в работе с программой в лаборатории НИРС имеется «Инструкция пользователя» [5].

При подготовке к выполнению данной компьютерной лабораторной работы студенты изучают и частично конспектируют учебное пособие [1], знакомятся с рекомендуемыми источниками и «Инструкцией пользователя». В предварительно подготавливаемом конспекте обязательно даются определения: единицы измерения, размерности физической величины, уравнения связи. Приводятся их примеры. Даются определения основных и производных физических величин. В конспекте приводится один из вариантов цветного однорисуночного представления системы ФВиЗ (по типу рис. 1 или рис. 2).

Практическая часть лабораторной работы включает в себя следующие задания.

Задание 1. Изобразить графически в виде структурно-логической схемы местоположение электромагнитных величин во всей совокупности физических величин. Привести размерностное деление электромагнитных ФВ на различные системные группы.

Задание 2. Для каждой из групп электромагнитных величин привести (в табличной форме) несколько величин (не менее 3-х в каждой группе), указав в системе СИ их единицы измерения, размерности и определяющие уравнения связи. В той же таблице привести аналогичные данные в LT – системе размерностей (для варианта размерности *электрического заряда* – L^3T^{-1}), определив при этом дополнительный размерностный коэффициент, на который различаются размерности физических величин.

Уяснив родство электромагнитных величин, объединяемых в отдельные группы по значению дополнительного размерностного коэффициента, изобразить структурно-логическую схему деления электромагнитных величин по данному признаку.

Задание 3. Используя учебный файл «ЭЛЕКТРО-показ.lts» компьютерной программы, познакомиться с порядком размещения и визуального выделения

физических величин в системных элементах, а также с примерами визуализации (выделенным параллелограммом и выделенной линией) природных закономерностей.

По результатам выполнения задания сделать вывод о возможной классификации природных закономерностей, иллюстрируемых с помощью программы.

Задание 4. Используя учебный файл компьютерной программы «ЭЛЕКТРО-учебный.lts» найти, отобразить и запомнить в виде своих файлов (через программу Paint и клавишу Print Scrn) системную визуализацию на экране компьютера следующих пяти закономерностей (вариант дается преподавателем при выполнении работы):

Вариант А:

- 1) Определяющее уравнение связи для электрического потенциала;
- 2) Определяющее уравнение связи для магнитного потока;
- 3) Энергия заряженной емкости (выражение через напряжение);
- 4) Сила Ампера;
- 5) Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.

Вариант Б:

- 1) Определяющее уравнение связи для напряженности электрического поля;
- 2) Определяющее уравнение связи для магнитной индукции;
- 3) Энергия катушки индуктивности с током (выражение с участием силы тока);
- 4) Закон Кулона;
- 5) Работа по перемещению заряда в электрическом поле.

Вариант В:

- 1) Определяющее уравнение связи для напряженности магнитного поля;
- 2) Определяющее уравнение связи для поляризованности диэлектрика;
- 3) Мощность в цепи постоянного тока;
- 4) Сила Лоренца;
- 5) Плотность энергии электрического поля.

Вариант Г:

- 1) Определяющее уравнение связи для намагниченности магнетика;
- 2) Определяющее уравнение связи для магнитного векторного потенциала;
- 3) Энергия заряженной емкости (выражение через заряд на емкости);
- 4) Вращательный момент, действующий на контур с током в магнитном поле;
- 5) Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.

Вариант Д:

- 1) Определяющее уравнение связи для силы электрического тока;
- 2) Определяющее уравнение связи для плотности потока электромагнитного поля (вектор Пойнтинга);
- 3) Энергия заряженной емкости (выражение через заряд и емкость);

- 4) Вращательный момент, действующий на электрический диполь в электрическом поле;
- 5) Закон Ома в дифференциальной форме.

Два изображения из пяти скопировать на свой флэш-носитель информации, распечатать и приложить к отчету по лабораторной работе.

Задание 5. С помощью компьютерной программы найти системные взаимосвязи с участием электромагнитных величин, которые соответствуют системным закономерностям, но о них нет информации в приложении к известному учебнику И.В. Савельева. (Таблица с формулами выдается преподавателем). Найденным взаимосвязям (не менее двум) дать наименования и дополнительные пояснения, привести возможные математические выражения и сохранить в программном файле под своим оригинальным именем.

Изображения найденных системных взаимосвязей запомнить через клавишу Print Scrn и программу Paint, сохранить, распечатать и приложить к отчету по работе.

Задание 6. Научиться пользоваться однорисуночным изображением системы электромагнитных величин (варианты изображений приведены в Приложении к лабораторной работе). Задание 6 проверяется при защите лабораторной работы.

При защите проверяется умение пользоваться системой ФВиЗ и знание ответов на сопутствующие контрольные вопросы.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Дайте определение следующих понятий: физическая величина, единица измерения физической величины, размерность физической величины.
2. Сформулируйте определения для: системы физических величин и системы единиц физических величин. Приведите примеры. В чем отличия этих понятий?
3. Назовите семь основных и две дополнительные физические величины международной системы единиц СИ. Назовите единицы измерения этих величин, их обозначения. Как обозначаются размерности этих величин?
4. Какие системы единиц называются естественными? Какие единицы физических величин называют планковскими и каков порядок их величин?
5. В чем принципиальное отличие основных и производных физических величин любой системы единиц? Что такое определяющее уравнение связи?
6. Назовите две основные группы, которые образуют механические физические величины.
7. Как отличаются по размерности механические величины системы СИ от содержащих их LT–размерностных системных элементов?
8. Назовите три основные группы электромагнитных физических величин в изучаемой системе. Как отличаются по размерности физические величины этих групп (в системе СИ) от содержащих их LT–размерностных элементов?

9. Как производится поиск закономерностей в системе размерностных взаимосвязей физических величин в бумажном и электронном вариантах исполнения? Приведите примеры из электромагнетизма. В каких случаях системная закономерность имеет вид прямой линии?

10. На какие системные группы можно разделить известные Вам физические закономерности в области электромагнетизма?

В завершение контрольных вопросов проверяется практическое умение студентом пользоваться бумажным вариантом исполнения системы ФВиЗ.

Литература

1. Чуев А.С., Задорожный Н.А. Методические указания к лабораторной работе ЭВМ-8 «Изучение системных размерностных взаимосвязей электромагнитных величин». МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. (<http://fn.bmstu.ru/phys/2course/labs/index3s.html>).
2. Чуев А.С. Системный подход в физическом образовании инженеров [Электронный ресурс] / Наука и образование: электронное научно-техническое издание.- 2012.- № 2.- Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/299700.html> (2.02.2012).
3. Чуев А.С. Физическая картина мира в размерности «длина-время». Серия «Информатизация России на пороге XXI века». – М.: СИНТЕГ, 1999. 96 с.
4. Чуев А.С., Легейда А.С. Система физических величин в электронном исполнении. Необратимые процессы в природе и технике: Тезисы докладов Четвертой Всероссийской конференции 29-31 января 2007 г. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, ФИАН, 2007. С. 626-630.
5. Инструкция пользователя к компьютерной лабораторной работе «Изучение системных размерностных взаимосвязей физических величин». МГТУ им. Н.Э. Баумана. Лаборатория НИРС, 2009 г.