

Алетдинов Р. Ф., Волкова Т. А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ В ДУАЛЬНО-ИНВЕРСНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ ПУТЁМ СРАВНЕНИЯ РАЗМЕРНОСТЕЙ

Алетдинов Р. Ф., Волкова Т. А.

R. F. Aletdinov, T. A. Volkova

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ В ДУАЛЬНО-ИНВЕРСНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ ПУТЁМ СРАВНЕНИЯ РАЗМЕРНОСТЕЙ

DEFINING FUNCTIONAL RELATIONS IN DUAL INVERSION ELECTRODYNAMICS BY MEANS OF COMPARING DIMENSIONS

Алетдинов Рустам Фларидович – начальник электротехнической лаборатории ОАО «НЕФАЗ», (Россия, Нефтекамск); 452689, г. Нефтекамск, ул. Строителей, 87Б, кв. 27; +79874915830.

E-mail: rustikose@yandex.ru.

Mr. Rustam F. Aletdinov – head of electrical laboratory of ОАО «NEFAZ», (Russia, Neftekamsk); 452689, 87B Stroiteley str., apt.27, Neftekamsk city, Russian Federation; +79874915830.

E-mail: rustikose@yandex.ru

Волкова Татьяна Александровна – аспирант кафедры электромеханики УГАТУ (Россия, Уфа); 450005, г. Уфа, ул. Мингажева 156, кв. 47; (347)253-15-63. E-mail: volkovausatu@yandex.ru.

Ms. Tatyana A. Volkova – PhD candidate, Ufa State Aviation Technical University, Department of Electromechanics (Russia, Ufa); 450005, 156 Mingazhev str., apt.47, city of Ufa, Russian Federation. E-mail: volkovausatu@yandex.ru

Аннотация. Определены функциональные связи между элементами дуально-инверсной электродинамики. Рассмотрены их размерности и проведён анализ характеристик с применением LTM-физики.

Summary. The paper define functional relations between the elements of dual version electrodyamics. Their dimensions are considered and characteristics analyzed using the LTM-physics.

Ключевые слова: анализ размерностей; дуально-инверсная электродинамика; сопротивление; проводимость; ёмкость; индуктивность; электромагнитная энергия.

Key words: dimensional analysis; dual inversion electrodyamics; resistance; conductivity; capacitance; inductance; electromagnetic energy.

УДК 621.313; 530.1

Введение

Во многих областях физики и смежных наук – теплотехнике, гидромеханике и др. – метод, получивший название анализа размерностей (АР), нашёл широкое применение, так как АР предлагает унифицированную форму представления любой количественной зависимости между физическими величинами [11]. Однако в теории дуально-инверсной электродинамики он не применялся.

В работе применён метод АР для элементов дуально-инверсной электродинамики и произведено их качественное сравнение. Для этого приведены уравнения LTM-физики в системе размерности СГС и СИ. В [3] доказывается несостоятельность размерностей в системе СГС, хотя он широко применяется для анализа многими физиками. В [11] говорится о том, что нет необходимости расширять LMT-базис дополнительными размерностями, такими как: ϵ , μ , I и т.д. Но при определении размерностей индуктивности и ёмкости C и L в системе СГС мы окажемся в некотором тупике, ведь в системе СГС $\dim[C]$ и $\dim[L]$ имеют одинаковое значение L , выражающее пространственную величину. Хотя это упрощает некоторые виды анализа, но здесь не учитываются различия, которые проявляются при сравнении свойств электрического и магнитного полей таких, как ϵ и μ . Но так как $\epsilon \neq \mu$, то и $\dim[C] = L \neq \dim[L] = L$. Первое имеет истоки и стоки, т.е. силовые линии имеют начало и конец и прерываются на

проводящих поверхностях; второе всегда замкнуто. Поэтому значения размерностей приводятся в двух системах.

Метод АР состоит в получении критериев подобия без составления уравнений, описывающих данное явление, с помощью общих законов, на которых построена система единиц измерения величин, характеризующих исследуемое явление [9].

Получение функциональных связей

Для получения функциональных связей выделим величины пространства и времени L и T , т.к. любой процесс преобразования содержит в себе явное или неявное пространственно-временные соотношения – расстояния и промежутки времени, изменения в пространстве и во времени [7]. Пространство L – это совокупность соотношений, характеризующих координацию, протяженность и структуру материальных объектов. Время T – это совокупность отношений, характеризующих координацию сменяющих друг друга состояний материальных объектов, их последовательность и длительность процессов. За материальный объект примем массу электромагнитного поля m_0 , которая характеризуется способностью поля иметь при данной скорости определенную меру движения

$$m_0 = \frac{1}{c^2} (\overline{E} \cdot \overline{D} + \overline{H} \cdot \overline{B}).$$

В уравнениях индуктивных машин складываются напряжения (свойство последовательных цепей), в уравнениях же ёмкостных машин – токи (свойство параллельных цепей), так как в уравнениях индуктивной и ёмкостной машин с одной системой на статоре и на роторе видно, что уравнения, определяющие электрическое состояние машины, являются уравнениями напряжения для индуктивной машины и уравнениями тока для ёмкостной [4].

Математически эти уравнения совершенно аналогичны и одни могут быть получены из других, если произвести замену величин по следующему принципу [2; 4; 5]:

u	i	r	g	L	C
i	u	g	r	C	L

Таким образом, можно отметить три пары аналогий:

$$1) u - i; 2) r - g; 3) L - C.$$

1) Напряжение U связано с силой тока I и мощностью P постоянного тока соотношением:

$$P = IU, \text{ отсюда } U = P/I.$$

Размерность напряжения U :

$$\dim U = \frac{\dim P}{\dim I} = \frac{L^2 M T^{-3}}{L^{3/2} M^{1/2} T^{-2}} = L^{1/2} M^{1/2} T^{-1},$$

тока I :

$$\dim I = L^{3/2} M^{1/2} T^{-2}.$$

2) Единицей сопротивления является сопротивление проводника, по которому течёт ток, равный единице силы тока, при разности потенциалов на концах этого проводника, равной единице потенциала.

Размерность сопротивления R :

$$\dim R = L^{-1} T,$$

проводимости G :

$$\dim G = L T^{-1}.$$

Как видно из размерности, проводимость – величина, обратная сопротивлению.

3) Размерность индуктивности L :

$$\dim L = L,$$

ёмкости C :

$$\dim C = L.$$

Как видно из приведённого АР, первая пара, представляющая напряжение и ток, отличается показателями пространства и времени.

Метод определения функциональных связей не ограничивается АР базисных величин, поэтому также следует обратить внимание к непосредственному анализу характеристик преобразования электрической или магнитной энергии ёмкостным и индуктивным ЭМПЭ.

Единство выражений энергии при описании механических, электрических и магнитных систем можно записать следующим образом:

$$\text{Джоуль} = \text{Ньютон} \cdot \text{метр} = \text{Вольт} \cdot \text{Кулон} = \text{Ампер} \cdot \text{Вебер}.$$

Джоуль – это единица измерения механической работы, принятой в СИ [8].

Характерными различиями между электрическим и магнитным полями являются [5; 6]:

- 1) Силовые линии электрического поля незамкнуты, они начинаются и оканчиваются на заряженных телах;
- 2) Магнитные силовые линии всегда замкнуты; они не имеют ни начала, ни конца.

При рассмотрении размерностей энергии электрической и магнитной систем можем видеть следующие соотношения (в СИ):

- для ёмкостных компонент

$$U \cdot Q = [L^{1/2} M^{1/2} T^{-1}] \times [L^{3/2} M^{1/2} T^{-1}] = L^2 M T^{-2}; \quad (1)$$

- для индуктивных компонент

$$I \cdot B = [L^{3/2} M^{1/2} T^{-2}] \times [L^{3/2} M^{1/2} T^{-1}] = L^3 M T^{-3}. \quad (2)$$

Из соотношений (1), (2) видно, что для реализации конструкции индуктивной или ёмкостной машины необходимым условием является:

- для индуктивной машины сосредоточение магнитного потока должно занимать весь объём ферромагнитного потокопровода машины;
- для ёмкостной машины сосредоточение электрического поля должно обеспечиваться поверхностями электродов, заключённых в объёме диэлектрической оболочки машины (при условии, что поля не накладываются друг на друга).

Это также доказывается при получении основных уравнений из первого и второго уравнений Максвелла. Для ёмкостных машин интегральное преобразование Гаусса приводит к поверхностному интегралу, в то время как для индуктивных машин использование теоремы Стокса даёт контурный интеграл. Это различие отражается, прежде всего, на принципиальных сторонах конструкции машин. Так, из указанных математических теорем непосредственно следует, что активные элементы ёмкостных машин должны иметь форму материальных поверхностей, тогда как в индуктивных машинах активные элементы должны представлять собой материальные линии (контур) [6].

Также использование различного рода полей приводит и к различию в основных конструкционных материалах. Если в индуктивных машинах основными являются проводниковые и ферромагнитные материалы, то в ёмкостных машинах – проводниковые и диэлектрические материалы. Вместе с тем различие полей находит свое отражение в том, что в индуктивных машинах обязательно наличие замкнутого потокопровода, тогда как в ёмкостных машинах, в связи с прерывностью потока вектора электрического смещения, замкнутого потокопровода нет.

Полученные размерности отличны друг от друга величинами L и T . Преобразованные размерности постоянных сред для диэлектрической и магнитной сред в LT -размерности (при условии, что $\dim[q] = L^3 T^{-1}$) (см. прим. 1) будут:

$$\dim[\varepsilon_0] = T^2, \quad \dim[\mu_0] = L^2.$$

Таким образом, можем видеть, что при участии длины (пространственной протяженности) токовое взаимодействие становится электромагнитным или сильным (амперовским). При участии времени токовое взаимодействие становится электростатическим (кулоновским) (см. прим. 1). При обращении к механическим аналогам электрических величин видим,

что аналогом электрического тока является механическая сила; механическим аналогом электрического напряжения является скорость. При этом должна осуществляться взаимная симметричная связь между элементами i и k системы:

$$\frac{\partial i_i}{\partial u_k} = \frac{\partial i_k}{\partial u_i}$$

Для понимания физического смысла по времени обратимся к характеристикам переходных процессов, протекающих в индуктивностях и емкостях (см. рис. 1 – 2) [10].

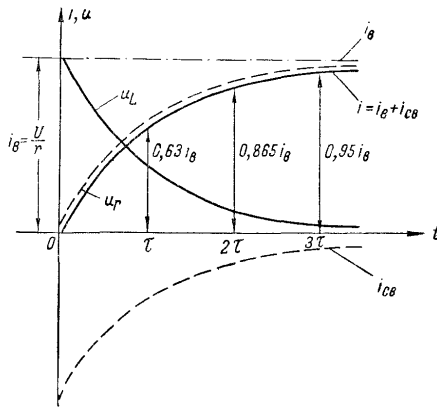


Рис. 1. Характеристика переходного процесса индуктивности

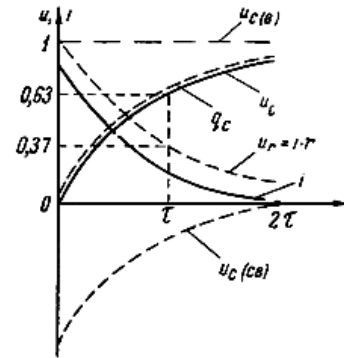


Рис. 2. Характеристика переходного процесса ёмкости

Ток в индуктивной машине будет стремиться достичь установившегося значения. Таким образом, работа индуктивной машины будет происходить в приграничной зоне установившегося режима. Также из графиков видно, что время, для достижения установившегося режима в ёмкостной машине составляет 2τ , тогда как для индуктивной машины – 3τ .

Рассматривая индуктивную и ёмкостную составляющую электрических машин методом АР, получили следующие немаловажные характеристики каждой из машин. Для обобщения полученные результаты сведем в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики размерностей электрических машин

	Тип электрической машины	
	индуктивная	ёмкостная
Размерность пространства	L^3	L^2
Размерность времени	T^3	T^2

По результатам, полученным в [13], можно заметить, что, несмотря на высокое значение относительной диэлектрической проницаемости (до 700), равные значения относительной диэлектрической проницаемости и относительной магнитной проницаемости лежат в пределах 30 единиц при составе шихты 40 % титаната бария и 60 % никель-цинкового феррита. Таким образом, для выполнения индуктивно-ёмкостных преобразователей следует соблюдать соотношение два к трём.

В [12] для двух дуальных электрических цепей показано, что должна соблюдаться пропорция между напряжениями и токами и удовлетворять условию:

$$\frac{u_L}{i_C} = \frac{u_C}{i_L} = K.$$

Вывод

Рассмотрев размерности электромагнитной и электростатической энергии, а также характеристики переходных процессов, можно сделать вывод: для достижения установившегося режима ёмкостной машиной потребуется меньше времени, чем для индуктивной машины. Это можно назвать одним из преимуществ ёмкостных ЭМПЭ по сравнению с индуктивными ЭМПЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бальчитис, А. А. Ёмкостная подобласть индукционных процессов преобразования потоков энергии / А. А. Бальчитис. – Вильнюс: Минтис, 1973. – 307 с.
2. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учеб. / Л. А. Бессонов. – 11-е изд., перераб. и доп. – М.: Гардарики, 2006. – 701 с.
3. Зайцев, Г. П. Об ошибочности системы единиц СГС / Г. П. Зайцев // ЖРФМ. – 1994. – № 1 – 4.
4. Каплянский, А. Е. Введение в общую теорию электрических машин: моногр. / А. Е. Каплянский. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1941. – 96 с.
5. Каплянский, А. Е. Теоретические основы электротехники: учеб. пособие для эл. техн. и энерг. спец. вузов / А. Е. Каплянский, А. П. Лысенко, Л. С. Полотовский [и др.]. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1972. – 448 с.
6. Левитов, В. И. Электростатические генераторы с жестким ротором. Ч. 1. Электростатические генераторы с транспортерами-проводниками / В. И. Левитов, А. Г. Ляпин. – М.: ЦИНТИПРИБОРЭЛЕКТРОПРОМ, 1963. – 191 с.
7. Милях, А. Н. Принцип взаимности и обратимость явлений в электротехнике / А. Н. Милях, А. К. Шидловский. – Киев: Наукова думка, 1967. – 316 с.
8. Сена, Л. А. Единицы физических величин и их размерности / Л. А. Сена. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1977. – 336 с.
9. Тетельбаум, И. М. Модели прямой аналогии / И. М. Тетельбаум, Я. И. Тетельбаум – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1979. – 384 с.
10. Тихомирова, А. Е. Специальный курс электротехники, радиотехники и электроники / А. Е. Тихомирова, П. Л. Тихомиров. – Л.: Гостоптехиздат, 1960. – 484 с.
11. Филиппов, Г. Г. Теория размерностей и ЛТМ-физика / Г. Г. Филиппов. – М.: КомКнига, 2007. – 96 с.
12. Челухин, В. А. Математическое моделирование процессов преобразования энергии на основе дуально-инверсной электродинамики / В. А. Челухин. – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 63 с.
13. Челухин, В. А. Электрооборудование с ёмкостными компонентами / В. А. Челухин. – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 72 с.

ПРИМЕЧАНИЕ

1. Чуев, А. С. Фундаментальные физические постоянные – взаимосвязь размерностей и единство числовых значений в системе размерностей – ЛТ / А. С. Чуев. – Режим доступа: <http://chuev.narod.ru/fundam.htm>.