

**ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ
ПРИ ЭКСПОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

**ОСНОВНІ ЕТАПИ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ
ПРИ ЕКСПОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ДІЯХ**

**PRINCIPAL STAGES OF THE DEVELOPMENT OF THE ELECTRICAL CIRCUIT
THEORY WITH EXPROFUNCTIONAL EXCITATIONS**

Аннотация. Выделены четыре этапа развития теории электрических цепей при экспофункциональных воздействиях; дано описание и краткая характеристика этих этапов.

Анотація. Виділено чотири етапи розвитку теорії електричних кіл при експофункціональних діях; дано опис та стисла характеристика цих етапів.

Summary. Four stages of the development of the electrical circuit theory with exprofunctional excitations are distinguished; description and short character of these stages are given.

С открытием нового явления материального мира возникает проблема осознания специалистами сути этого явления. Это связано с тем, что научное мировоззрение исследователей мешает адекватно воспринимать суть нового явления. Исследователь, опираясь на знания своего научного мировоззрения, пытается проникнуть в суть нового явления. Как правило, ему не удается это сделать, так как новое явление определенным образом дополняет старое научное мировоззрение, внося коренное изменение в уровень познания материального мира. Новое явление закладывает основы развития нового научного мировоззрения, знание которого могут объяснить научные факты, которые не могли быть объяснены с позиций старого научного мировоззрения. Такое положение требует достаточно серьезного осмысления нового явления, что сопряжено с длительным процессом изучения этого явления. В истории науки известен факт достаточно медленного признания идей Ньютона: десятки лет (больше 40 лет) его идеи не могли проникнуть в общественное сознание [1]. Для ускорения признания новых идей существует научный метод. Приведем цитату из [1]: «Мы говорим в науке о строгой логике фактов, о точности научного знания, о проверке всякого научного положения опытным или наблюдательным путем, о научном констатировании факта или явления, об определении ошибки, т. е. возможных колебаний в данном утверждении. И, действительно, эти черты отношения человека к предмету исследования являются наиболее характерными. Наука и научное мировоззрение являются результатом такой, ни перед чем не останавливающейся и всепроникающей, работы человеческого мышления. Этим путем создано огромное количество точно исследованных фактов и явлений. Применяя к ним логические приемы работы как путем дедукции, так и индукции, наука постепенно уясняет, расширяет и строит свое мировоззрение». При доказательстве реальности существования нового явления прежде всего необходимо применять проверку этого явления опытным путем. О значении опыта сказано в [2] следующее: «Опыт – единственный источник истины: только опыт может научить нас чему-либо новому, только он может вооружить нас достоверностью. Эти два положения никто не может оспорить». Отсюда следует, что, если опыт хорошо согласуется с теорией, то это стопроцентная гарантия достоверности полученных результатов. Этим нужно руководствоваться при изучении нового явления.

Сказанное выше относится и к новому явлению – явлению выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи, открытому в 1994 году [3]. Это явление появляется при экспофункциональных воздействиях на электрическую цепь, содержащую реактивные элементы. Новое явление стимулировало развитие теории электрических цепей, а позже и электродинамики, при экспофункциональных возбуждениях. Большое количество научных работ, написанных по указанной теме, ставит задачу систематизации знаний в этой области. Однако, в литературе отсутствует публикация, из которой можно было бы получить представление о том, что сделано к настоящему времени в теории электрических цепей при экспофункциональных воздействиях. Поэтому целью данной статьи является краткое описание и характеристика основных этапов развития теории электрических цепей при экспофункциональных воздействиях.

С 1994 года по настоящее время прошло 16 лет достаточно активной работы по развитию теории электрических цепей при экспофункциональных воздействиях. С позиций сегодняшнего дня более отчетливо видно начало пути, который привел к осознанию существования нового явления, описанного в работе [3]. А начиналось все задолго до 1994 года – в конце 70-х годов прошлого века. В этот период автор данной работы начал читать студентам раздел курса теории электрических цепей «Символический метод анализа гармонических колебаний в электрических цепях» с применением введенных им комплексных преобразований гармонических функций [4]. В работе [5] показано, что эти преобразования можно применить и к изучению обобщенного символического метода анализа электрических цепей, т.е. анализа электрических цепей при экспогармонических воздействиях, т.е. воздействиях, которые можно описать функциями от времени t вида

$$f(t) = e^{\pm\lambda t} F_m \sin \omega t, \quad (1)$$

где $\lambda > 0$ – параметр экспоненциальной части сигнала; $F_m > 0$; ω – угловая частота синусоиды. Позже эти преобразования были распространены и на многомерные экспогармонические воздействия [6, 7]. Указанную выше работу можно отнести к первому этапу развития теории электрических цепей при экспофункциональных воздействиях. Этот этап условно можно назвать этапом неосознанного движения к открытию.

Анализ схемы последовательного колебательного LC -контура с потерями при экспосинусоидальном воздействии вида (1) для нижнего знака при λ показал, что отношение максимального значения напряжения на емкости и максимального значения входного напряжения на соответствующих периодах колебаний при определенных условиях может быть значительно больше добротности колебательного контура Q_k , которая рассчитывается для синусоидальных колебаний по формуле [8]

$$Q_k = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{R}, \quad (2)$$

где R, L, C – элементы колебательного контура (L и C – реактивные элементы). Известно [8], что указанное отношение для синусоидальных колебаний на резонансной частоте контура равно Q_k . Этот теоретический факт говорил о том, что с помощью экспосинусоидального сигнала вида (1) можно уменьшить потери в колебательном контуре. Исследование в этом направлении привело к разработке нового способа компенсации потерь резонансного контура [9]. Таким образом, кроме известных к тому времени двух способов повышения добротности резонансного контура: технологического и схмотехнического, появился еще один способ – сигнальный способ повышения добротности резонансного контура. Попытка объяснить физику процессов, происходящих в колебательном контуре при экспосинусоидальном воздействии, используя знания сложившегося к тому времени научного мировоззрения, не привела к желаемому результату. Появилось ощущение, что мы имеем дело с неизвестным явлением материального мира. Опыт (эксперимент), выполненный на макете [3], подтвердил теоретические рассуждения, описанные в [3, 9]. С указанным экспериментом можно познакомиться также в работе [10]. Этот эксперимент подтвердил достоверность полученных результатов и реальность существования нового явления. Все, что описано после этапа неосознанного движения к открытию, составляет содержание второго этапа развития теории электрических цепей при экспофункциональных воздействиях.

Наконец, в 1994 году удалось объяснить физику процессов, происходящих в электрических цепях, содержащих реактивные элементы при экспосинусоидальных воздействиях. С этого момента начитается третий этап развития теории электрических цепей при экспофункциональных воздействиях – этап сознательных теоретических и экспериментальных исследований по изучению нового явления материального мира. Это явление названо явлением выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи. В этом названии, хотя оно и является парадоксальным, заключена основная суть нового явления, т.е. с помощью экспосинусоидальных сигналов реактивный элемент поглощает или отдает во внешнюю цепь электрическую энергию, т.е. выделяет активную мощность. Теоретическое доказательство этого факта приведено в работах [11 ... 14] различными путями: 1) с применением обобщенного символического метода [5]; 2) во временной области; 3) для периодических экспосинусоидальных функций с помощью разложения в ряд Фурье; 4) с проведением исследований энергетических свойств реактивных элементов.

Если ток индуктивности L и напряжение на емкости C имеют вид экспосинусоиды (1), то на основании результатов, полученных в работе [12], можно записать активную P и реактивную Q мощности для некоторого фиксированного значения t :

– для индуктивности:

$$P = \pm \frac{1}{2} \lambda L I_{Lm}^2 e^{\pm 2\lambda t}, \quad (3)$$

$$Q = \frac{1}{2} \omega L I_{Lm}^2 e^{\pm 2\lambda t}; \quad (4)$$

– для емкости:

$$P = \pm \frac{1}{2} \lambda C U_{Cm}^2 e^{\pm 2\lambda t}, \quad (5)$$

$$Q = \frac{1}{2} \omega C U_{Cm}^2 e^{\pm 2\lambda t}. \quad (6)$$

Из выражений (3) и (5) видно, что индуктивность и емкость выделяют в данном случае активную мощность, если $\lambda \neq 0$. Верхний знак при λ означает, что индуктивность и емкость потребляют часть электрической энергии, а нижний знак – отдают во внешнюю цепь часть электрической энергии. Если $\lambda = 0$, т.е. функция вида (1) является синусоидальной, то указанных выше процессов не наблюдается, так как $P = 0$.

В работе [11] введено понятие добротности сигнала вида (1)

$$Q_c = \frac{\omega}{2\lambda}. \quad (7)$$

Форма записи добротности сигнала Q_c взята из следующих соображений. Если числитель и знаменатель выражения (2) разделить на $2L$, то это выражение можно переписать

$$Q_k = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}} \frac{1}{2L}}{\frac{R}{2L}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \frac{1}{2\delta} = \frac{\omega_0}{2\delta}, \quad (8)$$

где $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ – резонансная частота последовательного колебательного LC -контура; $\delta = \frac{R}{2L}$ –

модуль вещественной части корней характеристического уравнения этого колебательного контура [8]. Если $\omega = \omega_0$, $\lambda = \delta$, то $Q_c = Q_k$. Последняя запись приносит удобство при решении практических задач. Например, если взять отношение обеих частей равенств (4) и (3) или (6) и (5), то получим

$$\frac{Q}{P} = \pm \frac{\omega}{\lambda} = \pm 2Q_c, \quad (9)$$

отсюда

$$|P| = \frac{Q}{2Q_c}, \quad (10)$$

т.е., если, например, $Q_c = 50$, то $|P| = 1\%$ от Q . Следовательно, по величине Q_c можно оценить ту часть энергии экспосинусоидального сигнала, которая расходуется на выделение активной мощности реактивным элементом в течение времени Δt . Необходимо подчеркнуть, что в случае использования экспосинусоидального сигнала для компенсации потерь в катушках индуктивности и конденсаторах часть энергии сигнала расходуется для компенсации указанных потерь; никакого нарушения закона сохранения энергии не наблюдается. Это следует из результатов, полученных в работах [13, 14].

После того, как пришло осознание того, что сигнал вида (1) обладает уникальными свойствами, т.е. способен заставить реактивные элементы выделять активную мощность, поставлен вопрос: является ли сигнал вида (1) единственным представителем из множества сигналов, который порождает рассматриваемое новое явление. В работе [15] получен ответ на этот вопрос. В этой работе доказано, что существует класс функций вида

$$f(t) = e^{\pm \lambda t} \tilde{f}(t), \quad (11)$$

где $\tilde{f}(t)$ – произвольная обычная функция, в том числе и обобщенная, не имеющая сомножителей $e^{\mp\lambda t}$, которые обладают свойством порождать явление выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи. Функция вида (11) названа экспофункцией, а $\tilde{f}(t)$ – ядром экспофункции. Таким образом, сигнал вида (1), входящий в класс экспофункций, не является единственным сигналом, который порождает новое явление. В работе [15] так же доказано важное свойство экспофункции, которое названо свойством консервативности экспофункции. Это свойство заключается в том, что, если правая часть линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами n -го порядка является экспофункцией, то общее решение этого уравнения является экспофункцией с тем же экспоненциальным множителем, что и у функции правой части уравнения. Это означает, как следствие, что напряжения и токи RLC -цепи со многими реактивностями при экспофункциональном воздействии являются экспофункциями с экспоненциальными множителями, равными экспоненциальному множителю воздействия.

Использование сигналов вида (1) для решения практических задач предполагает, что эти сигналы должны иметь ограниченную длительность, так как с продолжительным течением времени энергия экспофункционального сигнала значительно уменьшается для нижнего знака при λ и увеличивается для верхнего знака при λ по отношению к энергии ядра этого же сигнала. Поэтому в работе [16] решена задача по снятию ограничений на длительность экспофункционального сигнала, который должен применяться при решении практических задач, для нижнего знака при λ ; а в работе [17] – для верхнего знака при λ . Так появился новый способ (сигнальный способ) компенсации потерь электрической энергии в электрической цепи [18] без ограничений на количество реактивных элементов и длительность экспофункционального сигнала. Класс экспофункциональных сигналов произвольной длительности содержит периодические экспофункциональные сигналы [19, 20], в том числе и периодические экспогармонические сигналы [21]. В статье [21] описана разработка пригодной для практического применения принципиальной схемы устройства измерения амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) системы, содержащей LC -цепи с потерями при периодических экспогармонических воздействиях. Для сборки, испытания и отладки принципиальной схемы устройства использована среда моделирования Multisim. По указанной схеме создан макет для натуральных экспериментов [22]. С помощью изготовленного макета измерена АЧХ системы, содержащей катушечно-конденсаторный фильтр нижних частот 3-го порядка с потерями при периодическом экспогармоническом воздействии. Вследствие компенсации потерь в реактивных элементах при применении периодического экспогармонического сигнала АЧХ системы, содержащей LC -фильтр с потерями, совпадает с АЧХ LC -фильтра без потерь. Это стало возможным вследствие увеличения добротности катушки индуктивности и конденсаторов. Приведенные результаты полностью совпадают с результатами, полученными ранее в среде Multisim. Данный эксперимент подтверждает реальность существования и возможность использования явления выделения активной мощности реактивными элементами при экспогармонических воздействиях.

Большую положительную роль для дальнейшего развития теории линейных электрических цепей при экспофункциональных воздействиях сыграли схемы замещения для неэкспофункциональных частей токов и напряжений индуктивности и емкости, введенные в работе [15], и позже названные схемами замещения для ядер экспофункций электрической цепи. Первоначально эти схемы замещения применялись для анализа электрических цепей при экспофункциональных воздействиях, а позже с помощью указанных схем замещения достаточно удобно было пояснять суть нового явления, рассчитывать величину параметра экспоненциальной части экспофункционального сигнала λ , необходимого для полной компенсации потерь в реактивных элементах частотно-избирательных устройств (в частности, фильтров), компенсации потерь в линиях передачи сигналов и т.д. И это не удивительно, так как в работе [23] показано, что схема замещения для ядер экспофункций является схемой замещения реального устройства, построенного в виде макета [22], на котором еще раз подтверждена реальность существования явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи и на котором проводились многократные эксперименты, подтверждающие результаты теории.

Все исследования, описанные выше, сопровождалось изучением возможности применения явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи для решения практических задач. Постепенно начал появляться четвертый этап развития теории электрических цепей при экспофункциональных воздействиях, в рамках которого формировалась прикладная часть

указанной выше теории. В этом случае широко использовалась среда моделирования Multisim и разработанный указанный выше макет. Наиболее удачное применение явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи для средств телекоммуникаций и радиотехники связано с решением задач компенсации потерь в реактивных элементах частотно-избирательных устройств и потерь в линиях передачи информации. В области компенсации потерь в реактивных элементах LC-фильтров проведены обширные исследования, которые опубликованы в ряде работ (см., например, [24, 25]). Достаточно полные исследования выполнены при решении задач по компенсации потерь в линиях передачи информации (см., например, [26 ... 29]). Существенным вопросом в указанных прикладных задачах является нахождение величины параметра экспоненциальной части экспофункционального сигнала λ , которая обеспечивает удовлетворительную компенсацию потерь. Наиболее общее выражение для расчета первого приближения этой величины для фильтров можно рассчитать по формуле

$$\lambda = \frac{\left(\sum_{k=1}^n \frac{R_k}{L_k} \right) / n + \left(\sum_{k=1}^m \frac{G_k}{C_k} \right) / m}{2}, \quad (12)$$

где n – количество катушек индуктивности; m – количество конденсаторов; L_k – индуктивность k -й катушки индуктивности; R_k – сопротивление потерь в последовательной схеме замещения k -й катушки индуктивности; C_k – емкость k -го конденсатора; G_k – проводимость потерь в параллельной схеме замещения k -го конденсатора. Точное значение, если первое приближение не удовлетворяет поставленным требованиям к АЧХ фильтра, можно найти методом подбора. Для линий передачи информации с произвольными первичными параметрами найдены точные аналитические формулы для расчета величины λ [28, 29]. Обратим внимание, что формула (12) дана без каких-либо ограничений на соотношения между величинами добротности катушек индуктивности и конденсаторов, т.е. эта формула соответствует самому общему случаю потерь в реактивных элементах фильтра.

Из анализа результатов, полученных в третьем и четвертом этапах развития теории электрических цепей при экспофункциональных воздействиях, можно сделать вывод о том, что заложены начала нового раздела теории электрических цепей со своими особенностями, которые порождаются уникальными свойствами экспофункциональных сигналов, их способностью вызывать явление выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи. При этом новый раздел построен с применением аксиоматического принципа [30], как и вся существующая теория электрических цепей, в основе которой лежат два постулата – два закона Кирхгофа. Это гарантирует правильность результатов и выводов построенного раздела теории линейных электрических цепей, так как все положения указанного раздела получены путем строгих логических рассуждений с дальнейшей проверкой этих положений с помощью проведения экспериментов.

С 2000 года начались исследования в области классической электродинамики по изучению электромагнитных полей при экспофункциональных возбуждениях [31]. В рамках указанных исследований появилась возможность описания с большей степенью достоверности механизма физических процессов, протекающих при возбуждении физического вакуума экспофункциональным сторонним источником тока, описываемым функцией вида (11) [32]. Приведенный механизм физических процессов в [32] по существу выражает суть явления поляризации и намагниченности физического вакуума. В данном случае речь идет не о рождении виртуальных пар частиц-античастиц из физического вакуума [33], а о рождении реально существующих одинаково ориентированных пар электро-позитрон, имеющих свои электрические заряды, образующие электрические диполи, и спины, образующие магнитные диполи, т.е. возникают дипольные электромагнитные образования (ДЭМО), которые, в частности, могут являться атомами ортопозитрония, а, в общем случае, вполне вероятно, что расстояния между электроном и позитроном в этих дипольных образованиях может быть меньше диаметра атома ортопозитрония. Такие ДЭМО возникают в период времени аннигиляции ортопозитрония ($1,4 \cdot 10^{-7}$ с). В этот период времени электрон и позитрон приближаются друг к другу, а следовательно, расстояние между ними становится меньше атома ортопозитрония. Во время действия экспофункционального возбуждения рождаются из фотонов реальные одинаково ориентированные пары электрон-позитрон, расстояние между которыми увеличивается, но не более диаметра атома ортопозитрония. Указанные ДЭМО воспринимаются как реализация дуально заряженных макрочастиц [34] в физическом вакууме. Все описанное выше дополняет то, что сказано

относительно физического вакуума в [31, 32]. Явление поляризации и намагниченности физического вакуума поясняет более глубокие причины возникновения явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи, т.е. явление поляризации и намагниченности физического вакуума и является первопричиной появления явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи.

В связи с тем, что понятие «физический вакуум», «является одним из основных в том смысле, что его свойства определяют свойства всех остальных состояний, так как любое из них может быть получено из вакуумного действием операторов рождения частиц» [35], то становится понятным, что гипотеза, высказанная в [3, 11], относительно распространения явления выделения активной мощности реактивными элементами на любые динамические системы является верной. Это подтверждено [36] на примере пьезокерамического резонатора, который является электромеханическим преобразователем.

Еще один вопрос можно поставить: кто из исследователей в области теории электрических цепей и теоретической радиотехники мог бы прийти к осознанию существования явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи; кто каким-то образом пришел к указанному выше первому этапу развития теории электрических цепей при экспофункциональных воздействиях?

Для ответа на поставленный вопрос потребуется знания формулы открытия явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи, которую можно найти в описании к заявке на открытие, опубликованному в [3]. Сформируем эту формулу на языке оригинала: «Установлено невідоме раніше явище виділення активної потужності реактивними елементами електричного кола, яке характеризується тим, що при дії на реактивний елемент електричним сигналом у виді синусоїди з амплітудою, яка змінюється з плином часу за експонентою, виникає активна потужність на реактивному елементі, зумовлена його фізичною сутністю та виявлена при компенсації втрат у пристроях, які реалізують реактивний елемент». Приведем эту же формулу на русском языке: «Установлено неизвестное ранее явление выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи, которое характеризуется тем, что при воздействии на реактивный элемент электрическим сигналом в виде синусоиды с амплитудой, которая изменяется с течением времени по экспоненте, возникает активная мощность на реактивном элементе, обусловленная его физической сущностью и обнаруженная при компенсации потерь в устройствах, которые реализуют реактивный элемент». Главные признаки формулы открытия явления – это описание условий, при которых возможно наблюдение явления, и характеристика явления. В процитированной формуле описание условий, при которых возможно наблюдение явления, – это «при воздействии на реактивный элемент электрическим сигналом в виде синусоиды с амплитудой, которая изменяется с течением времени по экспоненте»; а характеристика явления – «возникает активная мощность на реактивном элементе».

Анализ литературы показал, что первый признак формулы открытия явления имеется в работе Б.И. Блажкевича [37], где дан обобщенный символический метод анализа линейных электрических цепей, т.е. метод анализа при воздействии сигналом в виде синусоиды с амплитудой, которая изменяется с течением времени по экспоненте. Однако в работе [37] отсутствуют какие-либо сведения о том, что указанный сигнал является особенным, который может вызывать исследуемое явление. Таким образом, Б.И. Блажкевич находился в начале пути неосознанного движения к открытию.

В работе В.А. Котельникова и А.М. Николаева [38]^{*)} дано обобщение комплексного метода на амплитудно-модулированные (АМ) колебания. Рассмотрена задача анализа воздействия АМ колебаний на колебательные контуры и элементы этих контуров. Поставлен вопрос: можно ли для нахождения токов и напряжений при этом пользоваться обычным комплексным методом? Вначале рассмотрено воздействие АМ колебаний на конденсатор C с напряжением

$$u = U_m(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (13)$$

где $U_m(t)$ – амплитуда напряжения колебаний высокой частоты ω_0 , которая изменяется во времени по тому же закону, по которому изменяется передаваемый сигнал низкой частоты, т.е. по произвольному закону.

Найдено выражение тока емкости в комплексной форме I вида:

^{*)} На эту работу в 2006 году обратила внимание автора данной статьи Г.Н. Мельникова.

$$I = UY_c, \quad (14)$$

где U – напряжение АМ колебания в комплексной форме;

$$Y_c = \gamma_u C + i\omega_0 C. \quad (15)$$

Здесь $i = \sqrt{-1}$; Y_c – комплексная проводимость;

$$\gamma_u = \frac{1}{U_m(t)} \cdot \frac{dU_m(t)}{dt}. \quad (16)$$

Формулы (15) и (16) «показывают, что если амплитуда напряжения, воздействующего на конденсатор, меняется, то проводимость Y_c будет иметь активную составляющую $g_c = \gamma_u C$. Эта активная составляющая положительна, когда амплитуда напряжения возрастает, и отрицательна, когда амплитуда напряжения убывает» [38]. Далее там же показано, «что энергия, которая как бы тратится в активной проводимости $\gamma_u C$ конденсатора за некоторое время от t_1 до t_2 , равна приращению средней энергии поля конденсатора за это время». Аналогичная картина наблюдается и для индуктивности.

Краткое описание результатов, представленных в [38], говорит о том, что в работе В.А. Котельникова и А.М. Николаева отсутствует первый признак формулы открытия рассматриваемого нового явления. Что касается второго признака, то и его так же нет. Однако имеется слабый намек на его существование, высказанный в фразе «энергия, которая как бы тратится в активной проводимости $\gamma_u C$ конденсатора за некоторое время от t_1 до t_2 ».

Следовательно, как в работе [37], так и в работе [38] отсутствуют главные признаки формулы открытия явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи. Однако, развивая каждую из указанных работ, можно было прийти к осознанию существования нового явления. Автор данной статьи прошел этот путь, начиная с работы [37].

Можно было бы прийти к открытию обсуждаемого явления, развивая работу [38]. Покажем это. Если положить

$$U_m(t) = e^{\pm \lambda t} \quad *) \quad (17)$$

то

$$\gamma_u = \pm \lambda. \quad (18)$$

Подставив выражение (18) в формулу (15), получим

$$Y_c = \pm \lambda C + i\omega_0 C. \quad (19)$$

Комплексная проводимость (15) с выражением для γ_u , описываемая формулой (16), является комплексной проводимостью двухполюсника с переменными от времени параметром $\gamma_u C$, так как γ_u меняется в общем случае по произвольному закону от t , т.е. Y_c описывает нестационарный двухполюсник. Поэтому трудно было увидеть истинную энергетическую картину, которая наблюдается в активной проводимости $\gamma_u C$. Отсюда появилось выражение «энергия, которая как бы тратится в активной проводимости $\gamma_u C$ ».

Комплексная проводимость (19), в которой учтено выражение (18), описывает проводимость стационарного двухполюсника. Подставив выражение (17) в равенство (13), получим формулу вида (1), а, следовательно, можно продолжить развитие теории электрических цепей по второму, третьему и четвертому этапам, которые описаны выше.

В заключении можно сказать следующее. В данной работе выделены четыре этапа развития теории электрических цепей при экспофункциональных воздействиях; дано описание и краткая характеристика указанных этапов. Завершено описание с большой степенью достоверности механизма физических процессов, протекающих при возбуждении физического вакуума экспофункциональным сторонним источником тока. Таким образом, в целом описана суть явления поляризации и намагниченности физического вакуума, которое является первопричиной появления явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи.

*) Такую подстановку предложила сделать Г.Н. Мельникова.

Литература

1. Вернадский В.И. О науке. Том I / Вернадский В.И. – Дубна: Изд. центр «Феникс», 1997. – Режим доступа к книге: <http://elibrary.ru/books/vernadsky/1.1.1.htm>.
2. Пуанкаре Анри. О науке; пер. с франц. / Анри Пуанкаре. – М.: Наука, 1983. – 560 с.
3. Іваницький А.М. Явище виділення активної потужності реактивними елементами електричного кола / Диплом на відкриття НВ № 3, зареєстровано 12.01.99; пріоритет від 30.11.94 // Винахідник України. – 2'1999/1'2000. – С. 121-126.
4. Іваницький А.М. Единый подход к изложению методов анализа линейных электрических цепей / А.М. Іваницький // Содержание и технология подготовки специалистов и магистров связи : науч. метод. конф., 13-14 нояб. 1995 г. : тезисы докл. – Одесса, 1995. – С. 16-17.
5. Іваницький А.М. Обобщенный символический метод анализа электрических цепей : учебн. пособ. / Іваницький А.М. – Одесса : УГАС им. А.С. Попова, 1994. – 27 с.
6. Іваницький Анатолій. Комплексне перетворення багатовимірних функцій / Анатолій Іваницький // Математичне моделювання в електротехніці й електроенергетиці : 1-ша міжн. наук-техн. конф., вересень 19-22 1995, Україна, Львів : тези доп. – Львів, 1995. – С. 50.
7. Іваницький А.М. Основы теории многомерных аналоговых и дискретных цепей : учебн. пособ. / Іваницький А.М. – Одесса : ОНАС, 2003. – 38 с.
8. Атабеков Г.И. Основы теории цепей / Атабеков Г.И. – М.: Энергия, 1969. – 424 с.
9. Пат. 24456А Україна, МПК Н03Н 7/03, Н03Н 11/06. Спосіб компенсації втрат резонансного контура / Іваницький А.М.; винахідник і заявник Іваницький А.М. – № 94076326; заявл. 21.07.94; опубл. 30.10.98, Бюл. № 5.
10. Іваницький А.М. Экспериментальное доказательство существования направленного потока магнитных монополей / А.М. Іваницький // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2004. – № 3. – С. 3-9.
11. Іваницький А.М. Эффект выделения активной мощности реактивными элементами / А.М. Іваницький // ТЕМА. Техніка майбутнього. – Одеса, 1997. – № 5-6. – С. 29, 30.
12. Іваницький А.М. Простое доказательство существования явления выделения активной мощности реактивными элементами / А.М. Іваницький // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2007. – № 1. – С. 3-5.
13. Іваницький А.М. Доказательство существования явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи с помощью рядов Фурье / А.М. Іваницький // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2010. – № 1. – С. 3-10.
14. Іваницький А.М. Исследование энергетических свойств R , L , C –элементов теории электрических цепей при экспогармонических воздействиях / А.М. Іваницький // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2011. – № 1. – С.
15. Іваницький А.М. Реактивные элементы при экспофункциональных воздействиях // Информатика и связь: сб. научн. тр. Украинской государственной академии связи им. А.С. Попова. – 1996. – С. 236-240.
16. Іваницький А.М. Компенсация потерь электрической энергии в электрической цепи при воздействии сигналов произвольной длительности / А.М. Іваницький // Наукові праці УДАЗ ім. О.С. Попова. – 1999. – № 1. – С. 50-52.
17. Іваницький А.М. Применение экспофункциональных воздействий в электросвязи и электроэнергетике / А.М. Іваницький // Наукові праці УДАЗ ім. О.С. Попова. – 1999. – № 2. – С. 53-57.
18. Пат. 30905А Україна, МПК Н03Н 7/03, Н03Н 11/06, Н02М 9/10. Сигнальний спосіб компенсації втрат електричної енергії в електричному колі / Іваницький А.М.; винахідник Іваницький А.М., заявник Українська державна академія зв'язку ім. О.С. Попова. – 98063158; заявл. 17.06.1998; опубл. 15.12.2000, Бюл. № 7-11.
19. Іваницький А.М. Исследование цепей первого порядка при периодическом экспофункциональном воздействии / А.М. Іваницький, Д.Г. Паску // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2004. – № 3. – С. 40-45.
20. Іваницький А.М. Исправления к статье «Исследование цепей первого порядка при периодическом экспофункциональном воздействии» / А.М. Іваницький, Д.Г. Паску // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2005. – № 1. – С. 98.
21. Іваницький А.М. Устройство измерения амплитудно-частотных характеристик систем, содержащих реактивные элементы при периодических экспогармонических воздействиях / А.М. Іваницький, Д.Г. Паску // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2005. – № 2. – С. 66-70.

22. *Иваницкий А.М.* Исследование явления выделения активной мощности реактивными элементами при экспофункциональных воздействиях / А.М. Иваницкий, Д.Г. Паску // ИВУЗ. Радиоэлектроника. – 2008. – Т. 51. – № 10. – С. 33-39.
23. *Иваницкий А.М.* Взаимосвязь между схемой замещения для ядер экспофункций и традиционной схемой замещений электрической цепи при экспофункциональном воздействии / А.М. Иваницкий // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2010. – № 2. – С. 3-7.
24. *Иваницкий А.М.* Воздействие периодических экспофункциональных сигналов на LC-фильтры с потерями / А.М. Иваницкий, Д.Г. Паску // Цифрові технології. – 2007. – № 2. – С. 113-120.
25. *Иваницкий А.М.* Метод исследования LC-фильтров с различными величинами добротностей катушек индуктивности и конденсаторов при экспофункциональных сигналах / А.М. Иваницкий, Д.Г. Паску, М.В. Рожновский // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч. техн. сб. – 2008. – Вып. 154. – С. 74-80.
26. *Иваницкий А.М.* Прохождение экспо-П-образных сигналов через длинную однородную линию без искажений / А.М. Иваницкий, М.В. Рожновский // Цифрові технології. – 2008. – № 4. – С. 93-102.
27. *Иваницкий А.М.* Телеграфные уравнения однородных линий при экспофункциональных сигналах / А.М. Иваницкий, М.В. Рожновский // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2009. – № 1. – С. 56-63.
28. *Иваницкий А.М.* Вторичные параметры однородной линии в общем виде при экспофункциональных воздействиях / А.М. Иваницкий, М.В. Рожновский // ИВУЗ. Радиоэлектроника. – 2011. – Т. 54. – № 6. – С. 58-64.
29. *Иваницкий А.М.* Компенсация потерь в линиях с частотнозависимыми первичными параметрами R и G с помощью экспофункциональных сигналов / А.М. Иваницкий, М.В. Рожновский // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2010. – № 1. – С. 93-101.
30. *Зелях Э.В.* Теория линейных электрических цепей. Раздел первый : учебное пособие / Зелях Э.В. – Одесса, 1978. – 64 с.
31. *Иваницкий А.М.* Экспофункциональные поля / А.М. Иваницкий // Наукові праці УДАЗ ім. О.С. Попова. – 2001. – № 1. – С. 18-21.
32. *Иваницкий А.М.* Необходимые условия справедливости существования закономерности нарушения непрерывности магнитного потока / А.М. Иваницкий // Наукові праці УДАЗ ім. О.С. Попова. – 2008. – № 1. – С. 3-11.
33. *Ширков Д.В.* Поляризация вакуума / Д.В. Ширков. Физика. Большой энциклопедический словарь; гл. ред. А.М. Прохоров. – [4-е изд.]. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. – 944 с.
34. *Иваницкий А.М.* Поток дуально заряженных частиц / А.М. Иваницкий // Динамика наукових досліджень '2004: III міжнар. наук.-практ. конф., 21-30 червня 2004 р. : матеріали допов. – Дніпропетровськ : Наука і освіта. – 2004. – Т. 67. – С. 8-11. – (Серія «Фізика»).
35. *Ефремов А.В.* Вакуум физический / А.В. Ефремов. Физика. Большой энциклопедический словарь; гл. ред. А.М. Прохоров. – [4-е изд.]. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1999. – 944 с.
36. *Иваницкий А.М.* Исследование пьезокерамических резонаторов при экспофункциональном воздействии / А.М. Иваницкий, М.В. Рожновский // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2010. – Вып. 161. – С. 149-156.
37. *Блажкевич Б.І.* Основи теорії лінійних електричних кіл / Блажкевич Б.І. – К.: Наукова думка, 1964. – 444 с.
38. *Котельников В.А.* Основы радиотехники. Часть I / В.А. Котельников, А.М. Николаев. – М.: Связь и радио, 1950. – 372 с.