

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ
 В ОБЛАСТИ ВТОРИЧНОЙ ОБМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРА ТЕСЛА**

**ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ
 У ОБЛАСТІ ВТОРИННОЇ ОБМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРА ТЕСЛА**

**ELECTROMAGNETIC FIELD IN THE REGION
 OF THE SECONDARY WINDING OF THE TESLA TRANSFORMER**

Аннотация. Показано, что трансформатор Тесла является генератором экспосинусоидальных колебаний. Поэтому для описания электромагнитных процессов вблизи вторичной обмотки трансформатора можно использовать теорию экспофункционального поля.

Анотація. Показано, що трансформатор Тесла є генератором експосинусоїдальних коливань. Тому для опису електромагнітних процесів поблизу вторинної обмотки трансформатора можна використовувати теорію експофункціонального поля.

Summary. Tesla transformer – generator of sinusoidal oscillations is shown. Therefore, for the description of electromagnetic processes near transformer secondary winding can be used theory ekspofuncshional field.

В процессе развития той или иной области знания иногда возникает проблема научного объяснения экспериментальных фактов. Одной из причин такого положения может быть отсутствие знания о явлении, с помощью которого необходимо доказывать наблюдаемый факт. Подобное наблюдается с трансформатором (катушкой) Тесла (первые опыты демонстрировались в США Николой Теслой в 1891 году). Трансформатор Тесла – это прибор, который был запатентован в США Николой Теслой 22 сентября 1896 года с названием «Аппарат для производства электрических токов высокой частоты и потенциала» [1]. Кроме основных функций указанного трансформатора: получения токов высокой частоты (до 150 кГц) и высокого потенциала (несколько МВ), наблюдаются при работе трансформатора побочные эффекты – на выходе трансформатора образуются длинные искровые разряды (до 4,5 м), напоминающие молнию, и появляется треск (при больших мощностях гремит гром). Эти данные приведены в Википедии. Однако указанные побочные явления не имеют своего научного объяснения и в литературе отсутствует описание электромагнитных процессов, происходящих в области вторичной обмотки трансформатора Тесла. Поэтому **цель** данной статьи – дать такое описание.

На рис. 1 изображена схема простейшего трансформатора Тесла, которая приведена в Википедии, где описан принцип действия этого устройства. Первичная обмотка и конденсатор образуют последовательный колебательный контур. Вторичная обмотка также образует параллельный колебательный контур, где роль конденсатора главным образом выполняют емкость между выходом и землей и собственная межвитковая емкость вторичной обмотки. Эти колебательные контуры настроены на одну и ту же частоту. При зарядке конденсатора после достижения между электродами разрядника напряжения пробоя в нем возникает лавинообразный электрический пробой газа. Это создает генерацию высокочастотных колебаний в первичном контуре, т.е. трансформатор Тесла работает в импульсном режиме. Последнее обстоятельство делает возможным модифицировать трансформатор Тесла. Во всех типах трансформатора Тесла первичный и вторичный контуры остаются неизменными. Меняется лишь схема, обведенная пунктирной линией на рис. 1. В частности можно использовать в этом месте импульсный генератор П-образных колебаний. В этом случае включенный импульсный генератор вместе с первичной обмоткой и конденсатором образует генератор периодических посылок экспосинусоидальных колебаний в каждый период вида (последовательный колебательный LC – контур в колебательном процессе [2])

$$u_L(t) = U_m e^{-\lambda t} \sin(\omega t + \varphi), 0 \leq t < T, \quad (1)$$

где T – период повторения импульсов генератора П-образных колебаний. Такой генератор экспосинусоидальных колебаний использовался для исследований в [3, 4]. Здесь $\lambda = R/2L$, $\omega \cong 1/\sqrt{LC}$, где R – сопротивление потерь первичной обмотки; L – индуктивность первичной обмотки; C – емкость конденсатора.

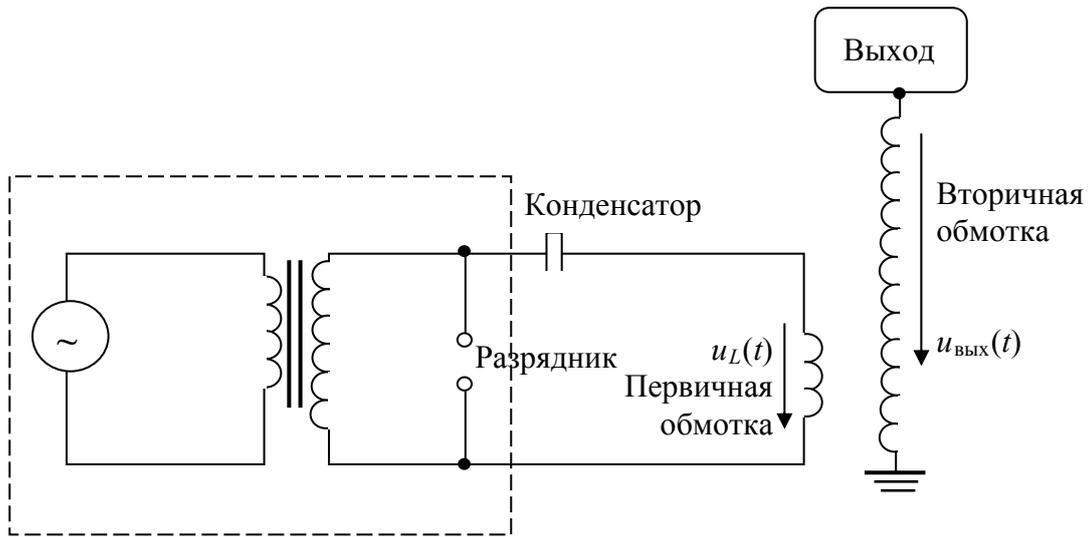


Рисунок 1 – Схема простейшего трансформатора Тесла (Википедия)

Вторичная обмотка трансформатора изменяет напряжение $u_L(t)$ в n раз, где n – коэффициент трансформации трансформатора, т.е. напряжение на вторичной обмотке трансформатора имеет вид

$$u_{\text{ВЫХ}}(t) = nu_L(t) = nU_m e^{-\lambda t} \sin(\omega t + \varphi), 0 \leq t < T. \quad (2)$$

Из этого выражения видно, что $u_{\text{ВЫХ}}(t)$ является периодическим экспосинусоидальным сигналом, т.е. трансформатор Тесла является генератором экспосинусоидальных колебаний. Подобная схема моделировалась в среде Multisim (рис. 2). На этом рисунке $T1$ – идеальный трансформатор (так назван трансформатор в среде Multisim) в том смысле, что в нем не учтены потери в связанных катушках индуктивности. Эти потери моделируются с помощью сопротивления $R1$. На рис. 3 – 5 изображены осциллограммы, наблюдаемые на экранах приборов XSC1 – XSC3.

По причине того, что трансформатор Тесла является генератором экспосинусоидальных (из класса экспофункциональных [5, 6]) колебаний, вблизи вторичной обмотки образуется экспофункциональное поле. Это поле возбуждается сторонними токами, имеющими форму экспофункции [6]. В этом случае вектор объемной плотности стороннего тока проводимости имеет вид

$$\vec{j}^{\text{ст}} = e^{\pm \lambda t} \vec{j}^{\text{ст}}, \quad (3)$$

где $\lambda > 0$; $\vec{j}^{\text{ст}}$ – ядро экспофункции – вектор с произвольной функциональной зависимостью координат от времени t , не имеющей сомножителя $e^{\mp \lambda t}$. В частности, экспофункция может иметь вид экспосинусоиды (1).

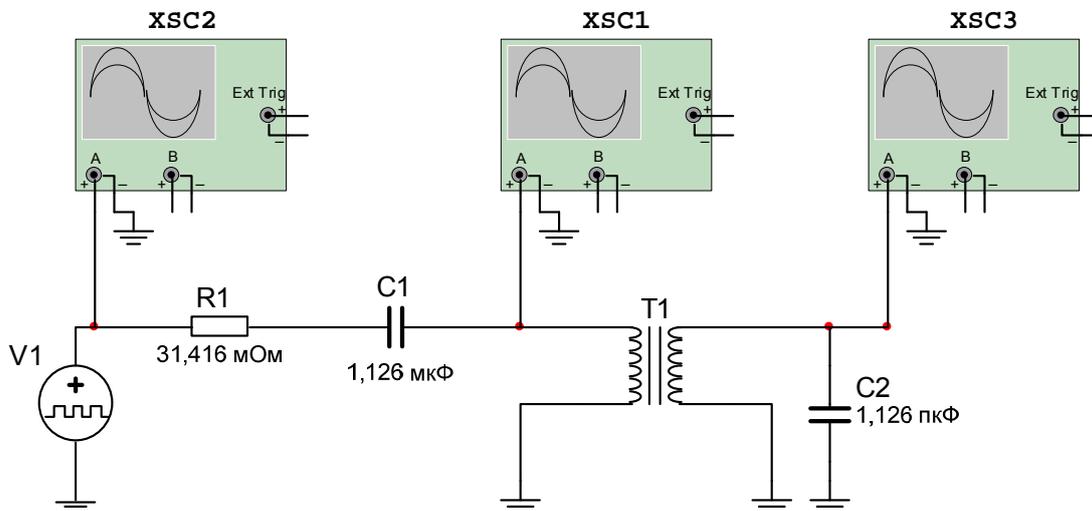


Рисунок 2 – Модель трансформатора Тесла в среде Multisim

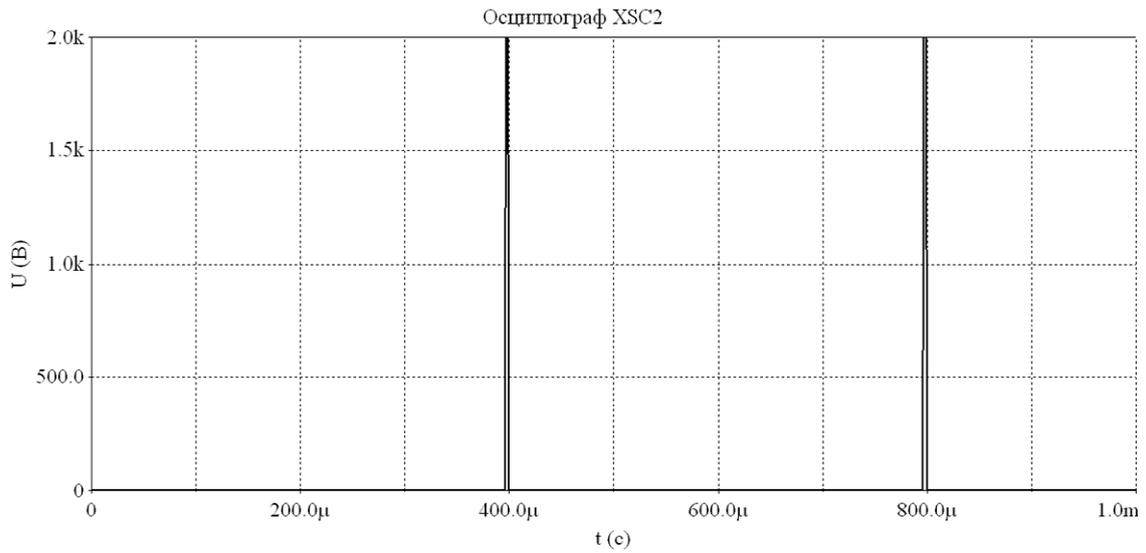


Рисунок 3 – Осциллограмма, наблюдаемая на экране прибора XSC2

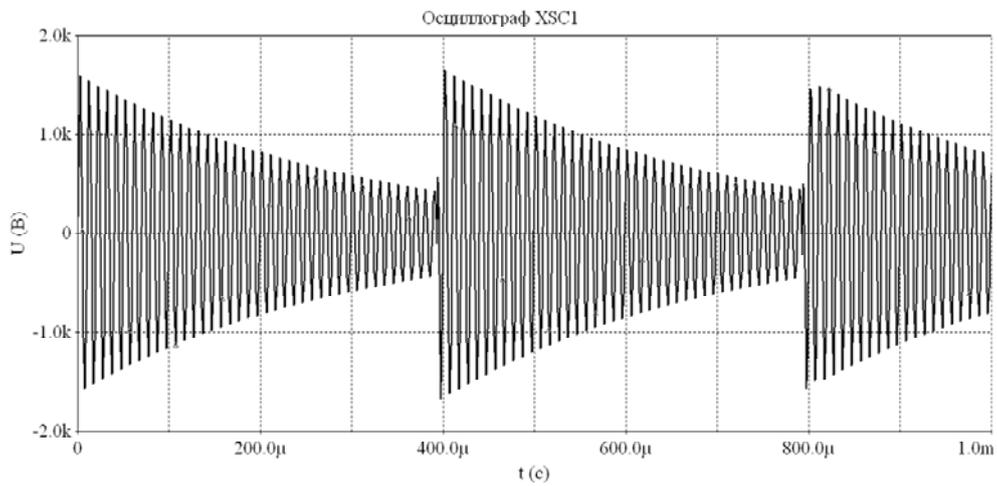


Рисунок 4 – Осциллограмма, наблюдаемая на экране прибора XSC1

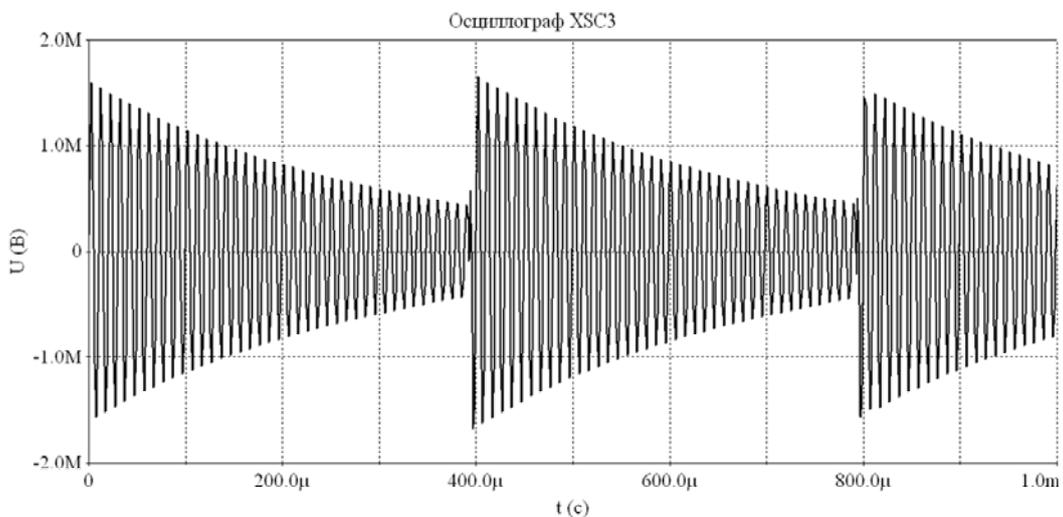


Рисунок 5 – Осциллограмма, наблюдаемая на экране прибора XSC3

В работе [5] показано, что при \vec{j}^{cr} формы (3) векторы напряженностей электрического и магнитного полей можно записать в виде:

$$\vec{E} = e^{\pm\lambda t} \vec{\tilde{E}}, \quad (4)$$

$$\vec{H} = e^{\pm\lambda t} \vec{\tilde{H}}, \quad (5)$$

где $\vec{\tilde{E}}, \vec{\tilde{H}}$ – ядра экспофункций (4) и (5), которые можно найти из первого и второго уравнений Максвелла:

$$\text{rot}_+ \vec{\tilde{H}} = \sigma \vec{\tilde{E}} \pm \varepsilon_a \lambda \vec{\tilde{E}} + \varepsilon_a \frac{\partial \vec{\tilde{E}}}{\partial t} + \vec{j}^{\text{cr}}; \quad (6)$$

$$\text{rot}_- \vec{\tilde{E}} = \pm \mu_a \lambda \vec{\tilde{H}} + \mu_a \frac{\partial \vec{\tilde{H}}}{\partial t}, \quad (7)$$

здесь $\text{rot}_+ \dots \equiv \text{rot} \dots$; $\text{rot}_- \dots \equiv -\text{rot}_+ \dots$; ε_a, μ_a – абсолютная диэлектрическая, магнитная проницаемости среды соответственно; σ – удельная проводимость среды. Для нашего случая вторичная обмотка помещена в воздушную среду, поэтому $\varepsilon_a \cong \varepsilon_0 \cong \frac{1}{36\pi} 10^{-9}$ [Ф/м] – электрическая постоянная (погонная емкость в физическом вакууме [7]); $\mu_a \cong \mu_0 \cong 4\pi \cdot 10^{-7}$ [Гн/м] – магнитная постоянная (погонная индуктивность в физическом вакууме [7]); $\sigma \cong 0$, а уравнения (6) и (7) принимают форму для нижнего знака при λ , как указано в (1), (2):

$$\text{rot} \vec{\tilde{H}} = -\varepsilon_0 \lambda \vec{\tilde{E}} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{\tilde{E}}}{\partial t} + \vec{j}^{\text{cr}}, \quad (8)$$

$$-\text{rot} \vec{\tilde{E}} = -\mu_0 \lambda \vec{\tilde{H}} + \mu_0 \frac{\partial \vec{\tilde{H}}}{\partial t}. \quad (9)$$

Эти уравнения справедливы и для физического вакуума [5].

При $\lambda = 0$ в равенствах (1) и (2) записаны чисто синусоидальные функции, т.е. обыкновенные функции (неэкспофункциональные). Для них уравнения (8) и (9) имеют вид:

$$\text{rot} \vec{H} = \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \vec{j}^{\text{cr}}, \quad (10)$$

$$-\text{rot} \vec{E} = \mu_0 \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}, \quad (11)$$

где $\vec{H} = \vec{\tilde{H}}, \vec{E} = \vec{\tilde{E}}$. Уравнения (10) и (11) существенно отличаются от уравнений (8) и (9), у которых имеются дополнительные слагаемые $(-\varepsilon_0 \lambda \vec{E})$ и $(-\mu_0 \lambda \vec{H})$ соответственно. Из уравнений (10) и (11) видно, что среда содержит распределенные в объеме чистые реактивности: емкости и индуктивности; а из уравнений (8) и (9) видно, что к реактивностям присоединяются отрицательные проводимости и отрицательные сопротивления, отражающие наличие активной мощности. Это отличие связано с тем, что экспофункциональные (экспосинусоидальные) сигналы, воздействуя на реактивности, порождают новое явление материального мира – явление выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи [8] (в данном случае электромагнитной среды). Так как распределенные по объему проводимости и сопротивления являются отрицательными, то среда является активной [9], которая в противоположность поглощающей среде отдает энергию электромагнитному полю.

Возникающая активная среда вблизи вторичной обмотки трансформатора Тесла создает красивые эффекты, связанные с образованием различных видов газовых разрядов. При проведении экспериментов с трансформатором в Колорадо Спрингс (1899) были зафиксированы грозоподобные разряды, исходящие от металлического метрового шара, используемого в качестве выхода и укрепленного на 60-метровой мачте. Гром был слышен на расстоянии до 24 км. Таким образом, более ста двадцати лет тому назад наблюдалось внешнее проявление вышеупомянутого нового явления материального мира; это проявление не находило до сих пор своего научного объяснения. Такое объяснение, как видно из всего сказанного выше, удалось получить с помощью недавно открытого

явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи. Кроме этого, используя результаты работы [10], можно сделать вывод, что наблюдения в области вторичной обмотки трансформатора Тесла доказывают реальность существования открытого недавно нового явления – явления возникновения в диэлектрике направленного движения одновременно электрических и магнитных монополей [11]. Физическая трактовка новых явлений [8, 11] дана в [12 – 14] с большой степенью достоверности. По существу были открыты квазисвободные электрические и магнитные монополи, возникающие при поляризации и намагниченности физического вакуума [14].

В заключении отметим, что в работе показано, что трансформатор Тесла является генератором экспофункциональных колебаний, и дано описание электромагнитных процессов, происходящих в области вторичной обмотки трансформатора.

Литература

1. Pat. 568,176 USA. Apparatus for producing electric currents of high frequency and potential / Nikola Tesla. Patented Sept. 22, 1896.
2. *Атабеков Г.И.* Основы теории цепей / Атабеков Г.И. – М.: Энергия, 1969. – 424 с.
3. Пат. 24456А України на винахід, МПК НОЗН 7/03, НОЗН 11/06. Спосіб компенсації втрат резонансного контура / Іваницький А.М.; заявник і патентоодержувач Іваницький Анатолій Мечиславович. – № 94076326; заявл. 21.07.94; опубл. 21.07.98, Бюл. № 5.
4. *Іваницький А.М.* Явище виділення активної потужності реактивними елементами електричного кола / Іваницький А.М. // Винахідник України. – 1999. – № 2; – 2000. – №1. – С. 121-126.
5. *Іваницький А.М.* Экспофункциональные поля / А.М. Иваницкий // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2001. – № 1. – С. 18-21.
6. *Іваницький А.М.* Реактивные элементы при экспофункциональных воздействиях / А.М. Иваницкий // Информатика и связь; сб. научн. тр. Украинской государственной академии связи им. А.С. Попова. – 1996. – С. 236-240.
7. *Черенков В.С.* Техническая электродинамика / В.С. Черенков, А.М. Иваницкий – Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2006. – 160 с.
8. *Іваницький А.М.* Явище виділення активної потужності реактивними елементами електричного кола / Диплом на відкриття НВ № 3, зареєстровано 12.01.99; пріоритет від 31.11.94 // Винахідник України. – 2'1999 / 1'2000. – С. 121 – 126.
9. *Никольский В.В.* Электродинамика и распространение радиоволн / Никольский В.В., Никольская Т.И. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Наука, 1989. – 544 с.
10. *Іваницький А.М.* Экспериментальное доказательство существования направленного потока магнитных монополей / А.М. Иваницкий // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2004. – № 3. – С. 3-9.
11. *Іваницький А.М.* Явище виділення в діелектрику направлено руху одночасно електричних і магнітних монополів / Диплом на відкриття НВ № 011, зареєстровано 12.01.06; пріоритет від 13.10.00.
12. *Ivanitskiy A.M.* Expofunctional excitation in classical electrodynamics / A.M. Ivanitskiy // Proc. of the 12-th International Conference on MMET 2008, Odessa, Ukraine, June 29 – July 02, 2008. – 2008. – P. 279-281.
13. *Іваницький А.М.* Необходимые условия справедливости существования закономерности нарушения непрерывности магнитного потока / А.М. Иваницкий // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2008. – № 1. – С. 3-11.
14. *Іваницький А.М.* Основные этапы развития теории электрических цепей при экспофункциональных воздействиях / А.М. Иваницкий // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2011. – № 2. – С. 8-16.