

УДК 533.31

ОДНОПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ: РАСЧЕТ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Герасимов С.А.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, e-mail: gsim1953@mail.ru

Работа представляет собой подробное описание процедуры расчета так называемой «вилки Авраменко», дополненной конденсаторами небольшой емкости, моделирующими ток смещения между нагрузкой и корпусом генератора синусоидального напряжения низкой частоты. Экспериментальная зависимость величины падения напряжения на нагрузке от частоты не является линейной. Это – единственная особенность, которая находится в противоречии с результатами расчета.

Ключевые слова: незамкнутый проводник, нелинейные цепи, передача электрической энергии

THE SINGLE CONDUCTOR TRANSMISSION OF ELECTRIC ENERGY: CALCULATION AND MEASUREMENTS

Gerasimov S.A.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: gsim1953@mail.ru

The work is a description in detail of a calculating procedure of the so-called «Avramenko's fork» with condensers of small capacitance modeling the displacement current between the earth of generator and the load. The experimental dependence of the output voltage versus the frequency is not linear. This is the only feature that is in contradiction with calculation results.

Keywords: unclosed single conductor, nonlinear circuits, electric energy transmission

В настоящей статье подробно, теоретически и экспериментально, анализируется работа устройства, схема которого представлена на рис. 1. Это – модель так называемой «вилки Авраменко», которая, как полагают, позволяет обеспечить передачу электрической энергии по одному незамкнутому проводнику [1]. Несмотря на известную популярность темы [2], какие-либо более или менее серьезные расчеты, в той или иной мере относящиеся к данному устройству, до настоящего времени не проводились. Известное наиболее подробное и последовательное рассмотрение [3], лишенное разного рода домыслов и необоснованных утверждений, в наибольшей степени интерпретирует результаты Н. Тесла и потому к данному варианту «однопроводной передачи энергии» имеет косвенное отношение. Причина отсутствия результатов теоретического описания понятна: традиционные методы расчета не позволяют рассматривать незамкнутые токи [4]. Именно по этой причине расчетная модель дополнена двумя емкостями C_1 и C_2 , моделирующими токи смещения между корпусом генератора G и нагрузкой C и R . В экспериментальной установке конденсаторы C_1 и C_2 , разумеется, отсутствуют. Известные экспериментальные результаты [5, 6] пока не позволяют достаточно достоверно выяснить, какой из двух механизмов «однопроводной передачи энергии» [2, 7] имеет место.

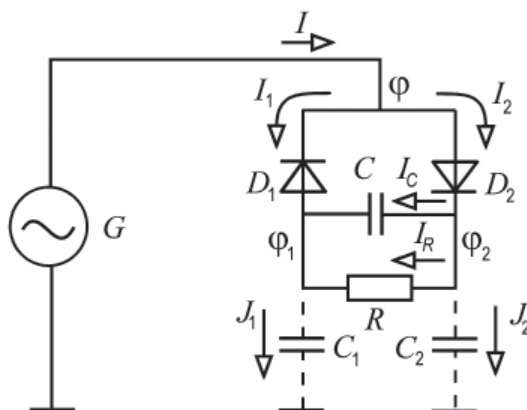


Рис. 1. Модель «однопроводной передачи энергии»

1. Расчет

Источником переменного напряжения

$$\phi = U_m \cos \omega t$$

является генератор G . Пусть $I_1 = I_1 \{\phi - \phi_1\}$ и $I_2 = I_2 \{\phi - \phi_2\}$ – токи, текущие через диоды D_1 и D_2 . Типичная вольт-амперная характеристика реального диода показана на рис. 2. Удачной аппроксимацией этой характеристики является зависимость

$$I_2 = \begin{cases} 40(\phi - \phi_2)^7; & \phi - \phi_2 > 0 \\ 0 & \phi - \phi_2 \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

для разности потенциалов, измеренной в вольтах, а для тока – в амперах. Поскольку

токи через диоды выражениями, аналогичными в уравнении (1), определены, то это позволяет записать разность потенциалов на нагрузке, представляющей собой параллельное включение емкости C и резистора R :

$$\frac{1}{C} \int I_C dt = \phi_2 - \phi_1, \quad (2)$$

$$RI_R = \phi_2 - \phi_1, \quad (3)$$

где потенциалы ϕ_1 и ϕ_2 связаны с токами J_1 и J_2 , текущими через емкости «смещения» C_1 и C_2 , следующими выражениями:

$$\frac{1}{C_1} \int J_1 dt = \phi_1, \quad (4)$$

$$\frac{1}{C_2} \int J_2 dt = \phi_2. \quad (5)$$

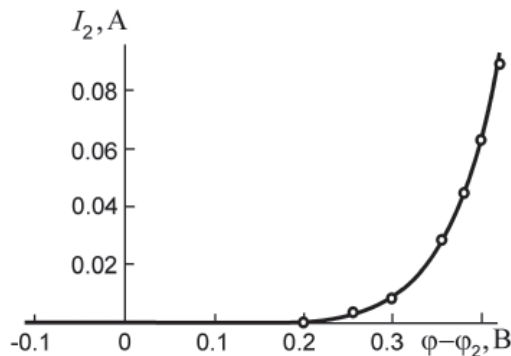


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика диода и ее аппроксимация (1) (сплошная кривая). Точки – эксперимент

Очевидно:

$$J_1 = I_C + I_R + I_1, \quad (6)$$

$$I_2 = I_C + I_R + J_2. \quad (7)$$

Подстановка (4) и (6) или (5) и (7) в (2) с учетом (3) позволяет записать систему дифференциальных уравнений

$$C \frac{d\phi_1}{dt} - (C_2 + C) \frac{d\phi_2}{dt} + I_2 \{\phi - \phi_2\} - \frac{1}{R} (\phi_2 - \phi_1) = 0, \quad (8)$$

$$C \frac{d\phi_2}{dt} - (C + C_1) \frac{d\phi_1}{dt} + I_1 \{\phi - \phi_1\} + \frac{1}{R} (\phi_2 - \phi_1) = 0, \quad (9)$$

составляющих основу численного расчета токов и напряжений с начальными условиями: $\phi_1(0) = 0$; $\phi_2(0) = 0$.

Пример выходного сигнала в виде разности потенциалов на емкости C , она же – падение напряжения на резисторе R , показан на рис. 3. Однако в большей степени интерес представляет зависимость среднего или эффективного падения напряжения на нагрузке R от значений емкостей «смещения» C_1 и C_2 . На первый взгляд может показаться, что подобное изображение на рис. 3, будет происходить и при $C_1 = C_2 = 0$, поскольку $C_1 \ll C$ и $C_2 \ll C$. Это не оправдалось: единственным результатом решения системы дифференциальных уравнений (8), (9) является нулевая разность потенциалов $\phi_2 - \phi_1$, поскольку сумма $I_2 \{\phi - \phi_2\} + I_1 \{\phi - \phi_1\} = 0$ уравнений (8) и (9) при $C_1 = C_2 = 0$ имеет единственное решение $\phi_2 - \phi_1 = 0$. Более того оказалось, что среднее значение падения напряжения на нагрузке U_R от величин C_1 и C_2 при фиксированной частоте входного сигнала $\omega = 2\pi f$ зависит линейно с очень высокой точностью и в очень широком диапазоне значений емкостей C_1 , C_2 и емкостей нагрузки C (рис. 4).

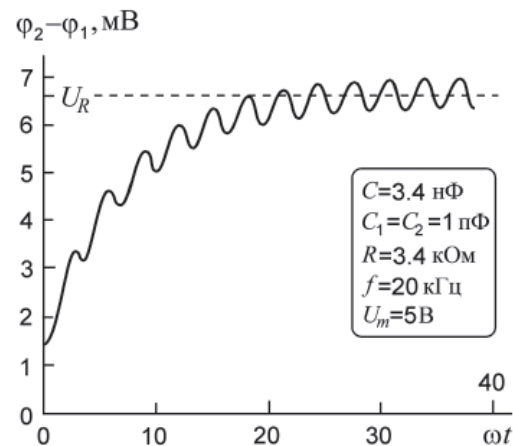


Рис. 3. Форма выходного сигнала как функция времени

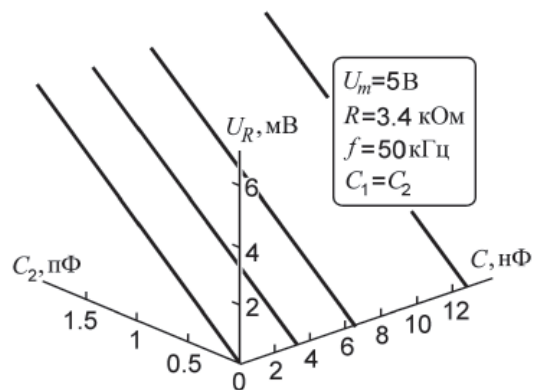


Рис. 4. Постоянная составляющая выходного сигнала как функция емкостей смещения C_1 и C_2 при различных C

К сожалению, значение емкостей смещения C_1 и C_2 нам не известны. Нет возможности и их измерить. Диапазон же до 2 пФ появился неслучайно. Он является результатом экспериментального моделирования системы [5], к сожалению, оставляющего ряд вопросов открытыми. Поэтому чуть ли не единственной возможностью продолжения становится изучение влияния измеряемых параметров устройства и входного напряжения на величину выходного сигнала.

2. Эксперимент

Зависимость выходного напряжения U_R от амплитуды входного U_m нелинейна и должна быть нелинейной, а сравнивать две линейности, экспериментальную и расчетную, – вовсе не следует. Остается единственная возможность – подробно изучить зависимость среднего или эффективного значения выходного напряжения U_R от частоты синусоидального напряжения генератора. При этом следует быть чрезвычайно аккуратным: к диодам ДЗ11, вольт-амперная характеристика которых представлена на рис. 2, применимо понятие частотной характеристики, то есть зависимости выходного выпрямленного напряжения от частоты входного синусоидального напряжения. При этом имеет смысл учитывать частотную характеристику диодов в диапазоне тех значений частот и U_R , при которых проводится расчет. Оказалось, что в диапазоне частот $f < 50$ кГц, выходное напряжение от частоты зависит крайне слабо, правда, при использовании магнитомеханического измерительного прибора М273/21 с ценой деления 10^{-7} А/дел и входным сопротивлением 1,6 кОм (рис. 5). Длина линии «однопроводной передачи энергии» – 0,9 м. Источником синусоидального напряжения служил генератор ГЗ-36А.

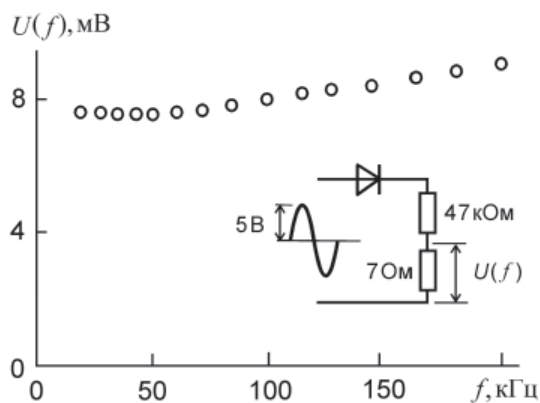


Рис. 5. Частотная характеристика диодов

Результат оказался неожиданным, вообще говоря, противоречащим другим данным [5, 6] и создающим проблемы. А именно, экспериментальная зависимость постоянной составляющей выходного напряжения от частоты оказалась нелинейной (рис. 6). Причем это происходит во всем диапазоне емкостей нагрузки C , правда, при сопротивлении R , отличающемся от соответствующих значений, при которых получены предыдущие результаты [5, 6]. Важно отметить, что расчетная зависимость выходного напряжения от частоты линейна с очень высокой степенью точности. Попытка подобрать значения C_1 и C_2 , более или менее точно отвечающие экспериментальным данным, обречена на неудачу. Различия между экспериментальными и расчетными результатами в ряде случаев составляют 50 % и более.

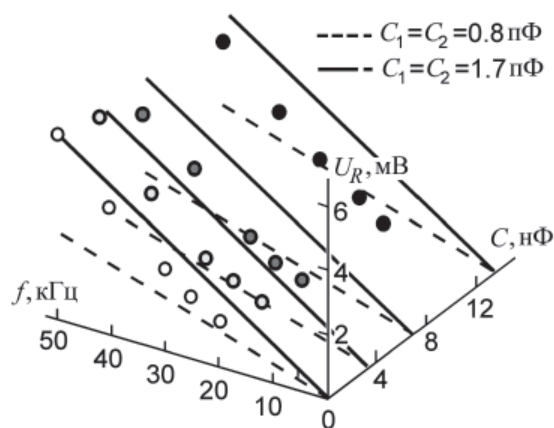


Рис. 6. Выходное напряжение, частота и емкость нагрузки. Точки – экспериментальные результаты; линии – результат расчета

Есть еще одно обстоятельство, которое обязательно следует отметить. Может возникнуть подозрение, что частотная нелинейность выходного сигнала обусловлена неидентичностью полупроводниковых приборов, используемых в экспериментальной проверке. Чтобы отказаться от этой гипотезы, в расчетной схеме достаточно изменить коэффициенты в выражении (1) для одного из диодов, скажем процентов на 10. Это не влияет на линейный характер зависимости выходного напряжения от частоты сигнала генератора. Получается, что причина такой нелинейности пока остается непонятной, что дает возможность считать, что, судя по всему, работают оба механизма: челночной передачи энергии [3, 7] и обусловленный существованием паразитных емкостей C_1 и C_2 ,

моделирующих токи смещения. Утверждать же это с абсолютной достоверностью было бы недальновидно, но и отвергать челночную передачу энергии [7] пока нет никаких оснований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авраменко С.В. Способ питания электротехнических устройств и устройство для его осуществления // Патент 2108649 C1 RU. Бюлл. изобр. 1998. № 10. С. 319.
2. Тесла Н. Лекции. – Самара.: Издательский Дом «Агни», 2008. – 312 с.
3. Barrett T.W. Tesla's Nonlinear Oscillator-Shuttle-Circuit (OSC) Theory. // Annales de la Fondation Louis de Broglie. – 1981. – Vol. 16, № 1. – P. 23–41.
4. Заев Н.Е. Однопроводная ЛЭП. // ИР. – 1994. – № 10. – С. 8–9.
5. Герасимов С.А., Добрицкий С.В. О моделировании передачи электрической энергии по незамкнутому проводнику // Вопросы прикладной физики. – 2003. – №9. – С. 99–100.
6. Герасимов С.А., Колесников Г.А. О проводимости линии однопроводной передачи электрической энергии // Техника и технология. – 2006. – №2. – С. 17–19.
7. Герасимов С.А., Попова М.Д. По одному проводу // Учебная физика. – 2009. – №4. – С. 22–26.