

УДК 665.64.097.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМИ ОБМОТОК СТРУМІВ ВИСОКОЧАСТОТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ З ДИСКРЕТНОЮ УСТАНОВКОЮ СТРУМУ

Калініна Г.В.

RESEARCH FORM OF CURRENTS HIGH-FREQUENCY TRANSFORMER WINDING CHARGER WITH DISCRETE INSTALLING CURRENT

Kalinina H.V.

Дуже швидкий розвиток електроніки, вдосконалення її елементної бази призвели до появи спеціалізованих мікросхем зарядних пристроїв, здатні автоматично забезпечити заряд акумуляторної батареї за заданим алгоритмом і призначені для заряду акумуляторів будь-якого типу. Зарядні пристрої швидко вдосконалюються, стрімко дешевшають, з'являються нові функції, наприклад, деякі типи мікросхем крім заряду забезпечують вимірювання ємності акумулятора або акумуляторної батареї і ступеня її розряду. Дається опис зарядного пристрою з дискретною установкою струму. Запропоновано схему заміщення трансформатора в складі зарядного пристрою. Наведено рівняння, що описують форму струмів трансформатора.

Ключові слова: зарядний пристрій, струм, трансформатор, коротке замикання, напруга.

1. Вступ. Акумулятори мають велике значення у сучасному житті. Швидкий розвиток електроніки робить все більшу кількість побутової техніки портативною, з'являються нові пристрої, зростає потреба в компактних переносних пристроях. Поширення акумуляторів в побуті розповсюджене, без них не було б мобільних телефонів і портативних комп'ютерів. Вимоги до енергоємності акумуляторів все зростають. Розробляються нові й удосконалюються існуючі акумулятори та акумуляторні батареї. З моменту винаходу першого акумулятора пройшло більше 140 років, за цей час було винайдено більше десятка електрохімічних принципів роботи акумуляторів. За цей час акумуляторні батареї багато разів збільшили свою ємність, термін служби і безпеку. Виробництво акумуляторів стало наносити меншої шкоди навколишньому середовищу, в наші дні держави обмежують виробництво сильнотоксичних акумуляторів, замінюючи їх менш шкідливими.

2. Аналіз публікацій за темою досліджень

Результати моделювання. У режимі холостого ходу вхідний струм зарядного пристрою дорівнює нулю.

Такий режим існує, коли напруга джерела U_2 (Або $U_{5,4}$) вторинної обмотки трансформатора при відключенні її від вхідних затисків випрямляча. Якщо знехтувати впливом активних опорів резисторів R_1 і R_2 , то амплітуда напруги U_{2a} визначається амплітудою напруги U_{1a} (300 В) джерела V_1 і ставленням взаємної індуктивності M до індуктивності первинної обмотки L_1 :

$$U_{2a} = \frac{M}{L_1} U_{1a} = \frac{21.3}{58.4} 300 = 109.4 \text{ В} \quad (1)$$

Аналіз форми обмоток струмів високочастотного трансформатора. Форма струму i_l первинної обмотки - пилоподібна, зі округленими вершинами. Для визначення математичних виразів, що характеризують цю форму, цілком припустимо нехтувати впливом активних опорів резисторів R_1 і R_2 . Тоді на основній частині висхідного ділянки пили, що має протяжність $T/2 - T_{fr}$, похідна струму i_l позитивна і дорівнює U_{1a}/L_1 .

В області вершини пили похідна струму визначається формулою (2):

$$\frac{di_l}{dt} = \frac{U_{1a}(T - 4t)}{2T_{fr} L_1} \quad (2)$$

де час t вимірюється за момент переходу струму i_l через нульове значення. Шляхом інтегрування виразу (U_{1a}/L_1) , котре визначає похідну струму i_l на першій ділянці $(0 \leq t \leq T/4 - T_{fr}/2)$, і формула (2) на другій ділянці $(T/4 - T_{fr}/2 \leq t \leq T/4)$ знайдена формула для розрахунку амплітуди струму первинної обмотки трансформатора в режимі холостого ходу:

$$I_{1max} = \frac{U_{1a}(T - T_{fr})}{4L_1} \quad (3)$$

При підстановці відповідних значень вхідних в (3) величин знайдена амплітуди струму первинної обмотки: $I_{1max} = 97,6$ А. За отриманою при моделюванні режиму холостого ходу осцилограмами струму первинної обмотки знайдений практично в той же результат: $I_{1max} = 97,4$ А (див. таблицю 1).

Чинне значення струму I_1 дорівнює 64 А. Чисельні значення зазначених величин занесені в таблицю.

На підставі отриманих для першого і другого ділянок виразів, що описують форму струму

первинної обмотки трансформатора, було знайдено вираз для діючого значення цього струму:

$$I_1 = \frac{U_1 \sqrt{5T^3 - 20TT_{fr}^2 + 16T_{fr}^3}}{4\sqrt{15T}L_1} \approx \frac{U_1 T}{4\sqrt{3}L_1} \quad (4)$$

На рис. 2 показані осцилограмами, отримані при моделюванні пристрої для безконтактної передачі електроенергії при вихідному на пряженого випрямляча, рівному 50 В.

Таблиця 1

Результати моделювання

U_{out}, B	I_{out}, A	U_{2a}, B	I_{2a}, A	I_2, A	I_{1a}, A	I_1, A
0	109,5	0	0	0	97,6	59,2
0,97	109,2	1,36	1,06	1,06	97,3	59,3
13,9	101,7	26,4	16,0	16,0	104,9	62,6
53,1	76,8	100,3	60,9	60,9	132,9	77,1
80,9	51,8	153,5	93,1	93,1	152,9	90,5
98,0	26,8	186,5	113,0	113,0	165,4	99,6
104,5	1,82	199,2	121,6	121,6	170,1	103,1

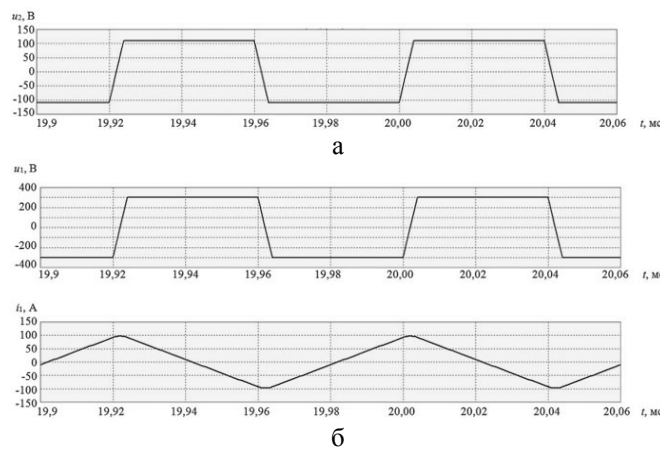


Рис.1. Осцилограми, відповідні режиму холостого ходу: а – напруги вторинної обмотки, б – напруги і струму джерела V1

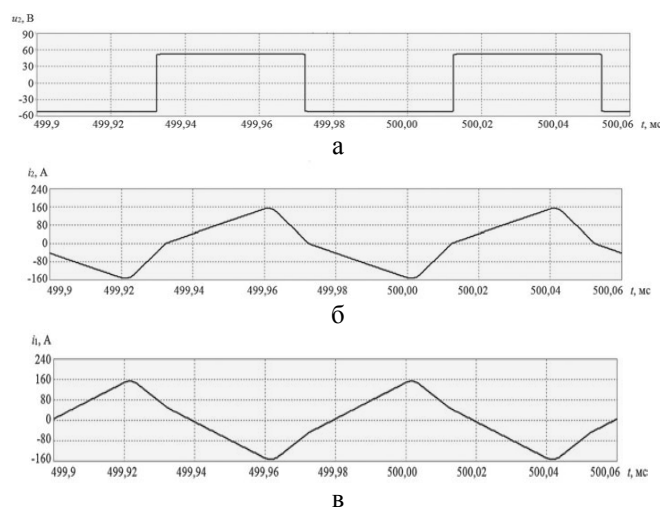


Рис. 2. Осцилограми при вихідній напрузі випрямляча, що дорівнює 50 В: а – напруги вторинної обмотки, б – струму вторинної обмотки, в – струм первинної обмотки

Амплітуда напруги вторинної обмотки становить 51,8 В. Вона перевершує вихідне напруга на 1,8 В, що рівне падінню напруги в двох діодах (рис. 2, а). Амплітуди струму вторинної обмотки становить 153,5 А, а діюче значення цього струму дорівнює 93,1 А.

Струм, що проходить через джерело напруги V2 (струм навантаження), являє собою випрямлений струм вторинної обмотки. Амплітуда струму первинної обмотки дорівнює 152,9 А, а діюче значення цього струму становить 90,5 А.

Аналогічний набір значених величин був знайдений при інших напругах на виході випрямляча: 100 В, 75 В, 25 В і 0. Останнє значення відповідає коротко замиканню вихідних затискачів випрямляча (для забезпечення можливості моделювання режиму короткого замикання замість нульового напруги джерела знехтуємо малу напругу - 1 мВ). Всі отримані при моделюванні данні є наведені в таблиці. У ній використані наступні позначення:

U_{out} і I_{out} - середні значення напруги і струму на виході випрямляча;

U_{2a} - амплітуда напруги на вторинній обмотці трансформатора;

I_{2a} і I_{1a} - амплітуди струмів вторинної та первинної обмоток;

I_2 і I_1 - діючі значення струмів вторинної та первинної обмоток.

Слід зазначити, що зі збільшенням струму навантаження форма струму вторинної обмотки наближається до трикутної, та такої ж самої, як і струм первинної обмотки (рис. 1, б і 2, а). Цей висновок підтверджує рис. 3. Схеми, наведені на рис.2, б і 3, показують, що в режимі короткого замикання струм первинної обмотки визначається індуктивністю (присвоєної позначення L_{1k}), яка відрізняється від індуктивності L_1 :

$$L_{1k} = L_1 - M + \frac{(L_2 - M)M}{L_2} = L_1 - \frac{M^2}{L_2} \quad (5)$$

Видно, що L_{1k} менше L_1 . Отже, струм первинної обмотки в режимі короткого замикання більше, ніж в режимі холостого ходу. Для розглянутого прикладу індуктивності $L_{1k} = 33,47$ мкГн, що в 1,745 менше індуктивності L_1 . При заміні L_1 на L_{1k} у виразі (3) отримуємо, що розрахункова амплітуда струму первинної обмотки дорівнює 170,3 А.

У таблиці наведено кілька інше значення - 170,1 А, що всього на 0,12% менше. Аналогічна картина спостерігається при порівнянні розрахункового значення чинного значення струму первинної обмотки в режимі короткого замикання (103,5 А) з наведеним в таблиці (103,1 А). Із застосуванням топологічного методу аналізу схеми заміщення розглянутого пристрою отримано, що для розрахунку значень струму вторинної обмотки в

режимі короткого замикання необхідно в виразах (3) і (4) замінити індуктивність L_1 на еквівалентний індуктивності:

$$L_k = \frac{L_1 L_2 - M^2}{M} \quad (6)$$

Вираз (6) показує, що діючі значення струму первинної обмотки в режимах холостого ходу і короткого замикання, а також струму вторинної обмотки в режимі короткого замикання пропорційних періоду змінної напруги джерела або обернено пропорційні його частоті. Аналогічний висновок справедливий і для струму навантаження в режимі короткого замикання. Осцилограми на рис. 5 показують, що форма струмів обмоток трансформатора в проміжних режимах (між холостими ходами і коротким замиканням)

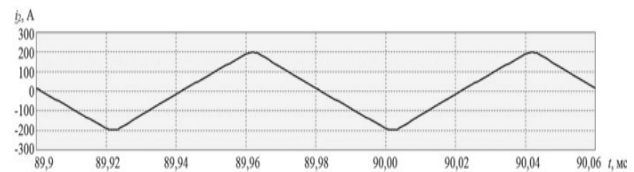


Рис. 3. Струм вторинної обмотки трансформатора при короткому замиканні вихідних затискачів трансформатора

3.Результати досліджень. За результатами розрахунку, виконаного для розглядає його прикладу за формулою, на рис. 3 побудовані зовнішня характеристика пристрої (крива 1), а також знайдені при моделюванні за допомогою програми Маїстро-Сар залежності діючих значень струмів обмоток від середнього значення струму навантаження (криві 2, 3).

Графіки на рис. 3 побудовані у відносних одиницях. В якості базисної величини напруги прийнята амплітуда напруги автономного інвертора при його холостому ході. А в якості базисної величини струму прийнято середнє значення вихідного струму пристрою при короткому замиканні на вихідних затискачах випрямляча.

Точки зовнішньої характеристики, відповідні парам наведених у таблиці значень ний U_{out} і I_{out} , після перерахунку їх у відносні одиниці, розташовуються практично на самій теоретичній кривій зовнішньої характеристики (крива 1). Виняток становить тільки одна точка, відповідна ідеальному холостому ходу пристрої ($I_{out} = 0$). Причина такої розбіжності полягає в тому, що при розрахунку за формулою (6) приймається, що падіння напруги у вентилі не залежить від струму вентиля в провідному напрямку. Тому розрахункове значення вихідного напруги випрямляча при холостому ході практично однакові з напругою при струмі

$I_{out} = 0, 97$ А. Насправді ж в околиці струму, що проходить через вентиль у прямому напрямку, падіння напруги в вентилі швидко знижується до

нуля при падінні цього струму до нульового значення.

4. Висновки. Графіки, показані на рис. 3, формули (1), (3) і (4) і зазначені зауваження про вплив частоти на напругу і струму зовнішньої характеристики, а також зауваження про співвідношення між параметрами струму вторинної обмотки допомагають вибрати параметри пристрою і оцінити шляхи і можливості його подальшого удосконалення.

Л и т е р а т у р а

1. Илларионов Г.Ю., Сиденко К.С., Бочаров Л.Ю. Угроза из глубины: XXI век. Хабаровск: КГУП «Хабаровская красная типография», 2011. 304 с.
2. Устройство для зарядки аккумуляторной батареи подводного объекта: Пат. 2401496 Российская Федерация. № 2009124351/09; заявл.25.06.2009; опубл. 10.10.2010, Бюл.№ 28.
3. Кувшинов Г.Е., Наумов Л.А., Филоженко А.Ю., Чупина К.В. Бесконтактная передача электроэнергии на морской подвижный объект // Матер. науч.-техн. конф. «Технические проблемы освоения мирового океана». Владивосток: Дальнаука, 2007.С. 141–146.
4. Герасимова Г.Н., Кувшинов Г.Е., Наумов Л.А., Усольцев В.К.Топологические методы анализа в электротехнике и автоматике: учебное пособие для вузов. Владивосток: Дальнаука, 2001. 232 с.
5. Калабеков Б.А., Мамзевлев И.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы: Учебник для техникумов связи. – М.: Радио и связь, 1987. – 400 с.
6. Молчанов В.А. Прикладная электроника – М.: Радио, 2009. – 67с.

R e f e r e n c e s

1. Illarionov G.YU., Sidenko K.S., Bocharov L.YU. Ugroza iz glubiny: XXI vek. Khabarovsk: KGUP «Khabarovskaya krayevaya tipografiya», 2011. 304 s.
2. Ustroystvo dlya zaryadki akkumulyatornoy batarei podvodnogo ob"yekta: Pat. 2401496 Rossiyskaya Federatsiya. № 2009124351/09; zayavl.25.06.2009; opubl. 10.10.2010, Byul.№ 28.
3. Kuvshinov G.Ye., Naumov L.A., Filozhenko A.YU., Chupina K.V. Beskontaktnaya peredacha elektroenergiina morskoy podvizhnyy ob"yekt // Mater. nauch.-tekhn. konf. «Tekhnicheskiye problemy osvoyoeniya mirovogo okeana». Vladivostok: Dal'nauka, 2007.S. 141-146.
4. Gerasimova G.N., Kuvshinov G.Ye., Naumov L.A., Usol'tsev V.K.Topologicheskkiye metody analiza v elektrotekhnike i avtomatike: uchebnoye posobiye dlya vuzov. Vladivostok: Dal'nauka, 2001. 232 s.

5. Kalabekov B.A., Mamzelev I.A. Tsifrovyye ustroystva i mikroprotsessornyye sistemy: Uchebnik dlya tekhnikumov svyazi. - M.: Radio i svyaz', 1987. - 400 s.
6. Molchanov V.A. Prikladnaya elektronika - M.: Radio, 2009. - 67 °.

Калинина А.В. Исследование формы обмоток токов высокочастотного трансформатора зарядного устройства дискретной установкой тока

Очень быстрое развитие электроники, совершенствование ее элементной базы привели к появлению специализированных микросхем зарядных устройств, способных автоматически обеспечить заряд аккумуляторной батареи по заданному алгоритму и предназначены для заряда аккумуляторов любого типа. Зарядные устройства быстро совершенствуются, стремительно дешевеют, появляются новые функции, например, некоторые типы микросхем кроме заряда обеспечивают измерение емкости аккумулятора или аккумуляторной батареи и степени ее разряда. Дается описание зарядного устройства с дискретной установкой тока. Предложена схема замещения трансформатора в составе зарядного устройства. Приведены уравнения, описывающие форму токов трансформатора

Ключевые слова: зарядное устройство, ток, трансформатор, короткое замыкание, напряжение

Kalinina H.V. Research form of currents high-frequency transformer winding charger with discrete installing current

Very fast development of electronics, improving its components led to specialized chips chargers can automatically provide the battery pack for a given algorithm and are designed to charge batteries of any type. Chargers rapidly improved rapidly becoming cheaper, new features, such as some types of circuits other than the charge provided measuring battery capacity or battery and its degree of discharge. A description of the charger with dedicated power plant. An equivalent circuit transformer composed charger. The equations that describe the shape of current transformer.

Key words: Device charger, current transformer, short circuit, voltage

Калініна Ганна Володимирівна – магістрант кафедри Електронних апаратів, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м.Сєверодонецьк). ni4ka.sed@mail.ru

Рецензент: **Смолій В.М.** – д.т.н., професор.

Стаття подана 9.01.2015