

# ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТОКОВ ТРАНСФОРМАТОР ЗА ЕДНОПОЛЯРНИ ТОКОВИ ИМПУЛСИ

Михаела Славкова, Костадин Миланов и Минчо Минчев

**Резюме:** В статията се предлага решение за нов начин на натоварване на токови трансформатори, което позволява приложението им и за измерване на еднополярни токови импулси. Предлага се схемно решение, при което товарът на токовия трансформатор за работната част от периода и за паузата има различна стойност. По този начин при широк диапазон на изменение на модулацията на импулсите са избегнати насищането на магнетопровода на токовия трансформатора и появата на систематични грешки.

**Ключови думи:** еднополярни токови импулси, токови трансформатори, товар на токови трансформатори

## INVESTIGATION OF CURRENT TRANSFORMER FOR UNIPOLAR CURRENT PULSES

Michaela Slavkova, Kostadin Milanov and Mintcho Mintchev

**Abstract:** The article offers a solution for a new way of loading of current transformers that also allows their application for measurement of unipolar current pulses. Circuit diagram where the load of the current transformer is different for the operation period and pause interval is proposed. Thereby, in a wide range of variation of pulse modulation, the saturation of magnetic core and the appearance of systematic errors of current transformer are avoided.

**Key words:** loading of current transformer, current transformer, unipolar current pulses.

### 1. Въведение

Токовите трансформатори са класическо средство за измерване на променливи токове в установени режими [1], [2], [3]. При специални изпълнения те удовлетворяват изискванията и при преходни процеси при включване на вериги с активно-индуктивен товар [4]. Специални изпълнения се изискват и при свързване на някои електронни електромери към захранващата мрежа когато се изисква да работят и при еднополупериодно изправен ток на товара [5], [6], [7].

При полупроводниковите преобразователи с широчинно импулсна модулация съществува проблем да се измерват токовете през различни елементи и клонове. При малки мощности този проблем се решава сравнително леко като се измерва пад на напрежение върху прецизни резистори, както и други сензори [8]. Прилагат се и специални сензори на база на Хол елементи [9].

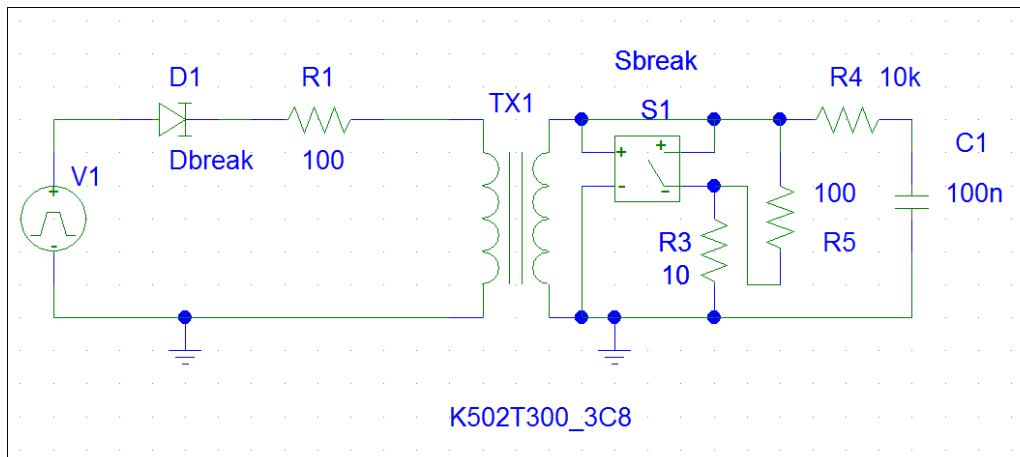
Тези решения отстъпват по простота и надеждност на класическите токови трансформатори. Тяхното приложение в схемите на преобразователите е ограничено и обикновено се препоръчват само за измерване на променливата компонента на токовете. При широк диапазон на изменение на модулацията на импулсите се появяват систематични грешки поради насищане на магнитопровода на трансформаторите. Поради тези особености приложението им се избягва.

В работата се предлага решение за нов начин на натоварване на токови трансформатори, който избягва посочения съществен недостатък. Реализира се със схемно решение, при което товарът на токовия трансформатор за работната част от периода и за паузата има различна стойност.

## 2. Същинска част

С помощта на програмния продукт PSpice (ORCAD) е съставена заместваща схема на токовия трансформатор. Реализирано е хранване с еднополярни токови импулси чрез импулсния източник V1. Използван е нелинеен токов трансформатор от библиотеката с елементи на продукта като на вторичната страна на трансформатора е присъединен ключ, с който е реализирано превключването на товара в двата полупериода. Чрез резисторите R3 и R5, се реализира различната степен на натоварване на трансформатора. В единия работен полупериод токът протича само през резистор R3 ( $10\Omega$ ), а през периода на паузата и през R5 ( $100\Omega$ ).

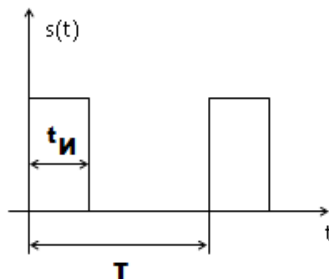
През периода на паузата общото товарно съпротивление на вторичната страна на токовия трансформатор е  $110\Omega$  - значително по-висока стойност в сравнение с товара през работния период. По този начин е реализирана и разлика в напреженията на вторичната страна на токовия трансформатор, което от своя страна води до различна скорост на изменение на магнитната индукция в двете части на периода. Тогава магнитопроводът е в състояние да възстанови изходната си работна точка и токовият трансформатор може да работи при широк диапазон на изменение на модулацията на импулсите. Скоростта на изменение на магнитната индукция може да се види, чрез симулация на процесите в схемата посредством интегралното звено, което е включено на вторичната страна на токовия трансформатор, реализирано чрез кондензатора C1 и резистора R4 след товара.



Фиг.1. Електрическа схема за симулационно изследване на ток в трансформатор чрез PSpice

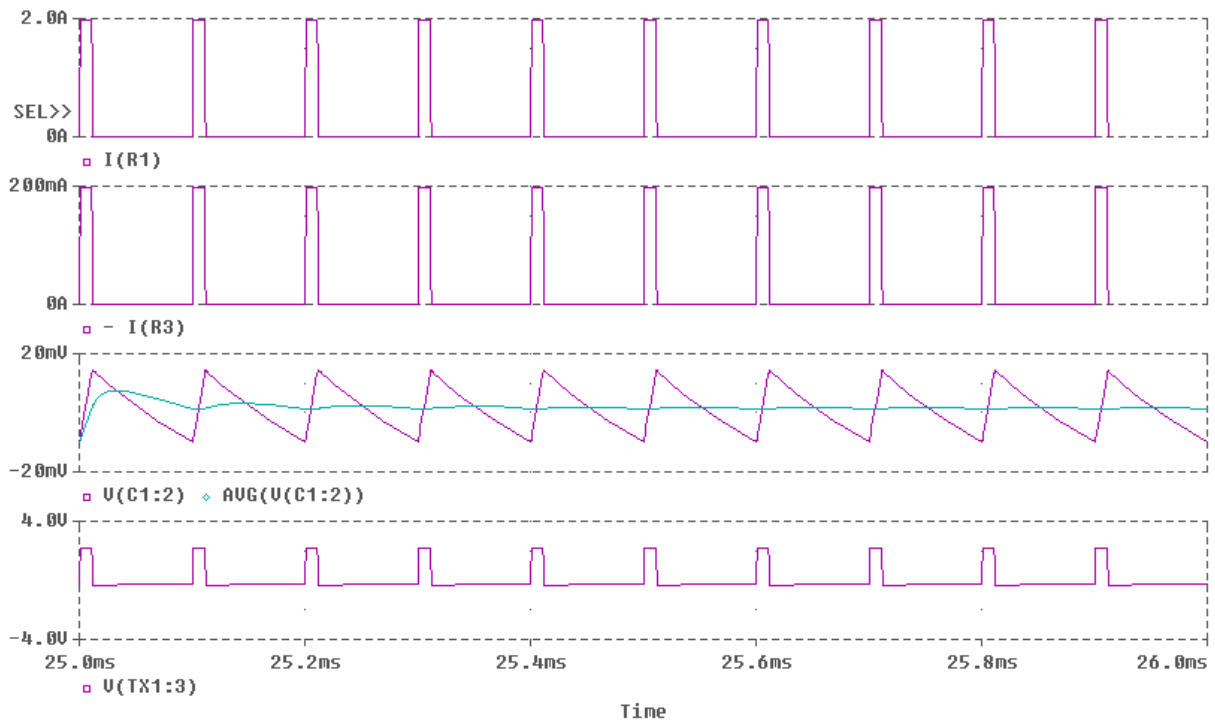
Коефициентът на запълване на импулса гама се определя от зависимостта (1) [10], [11]. Той се дефинира като отношение на продължителността на импулса  $t_{И}$  към периода  $T$ .

$$(1) \quad \gamma = \frac{t_{И}}{T}, [-]$$

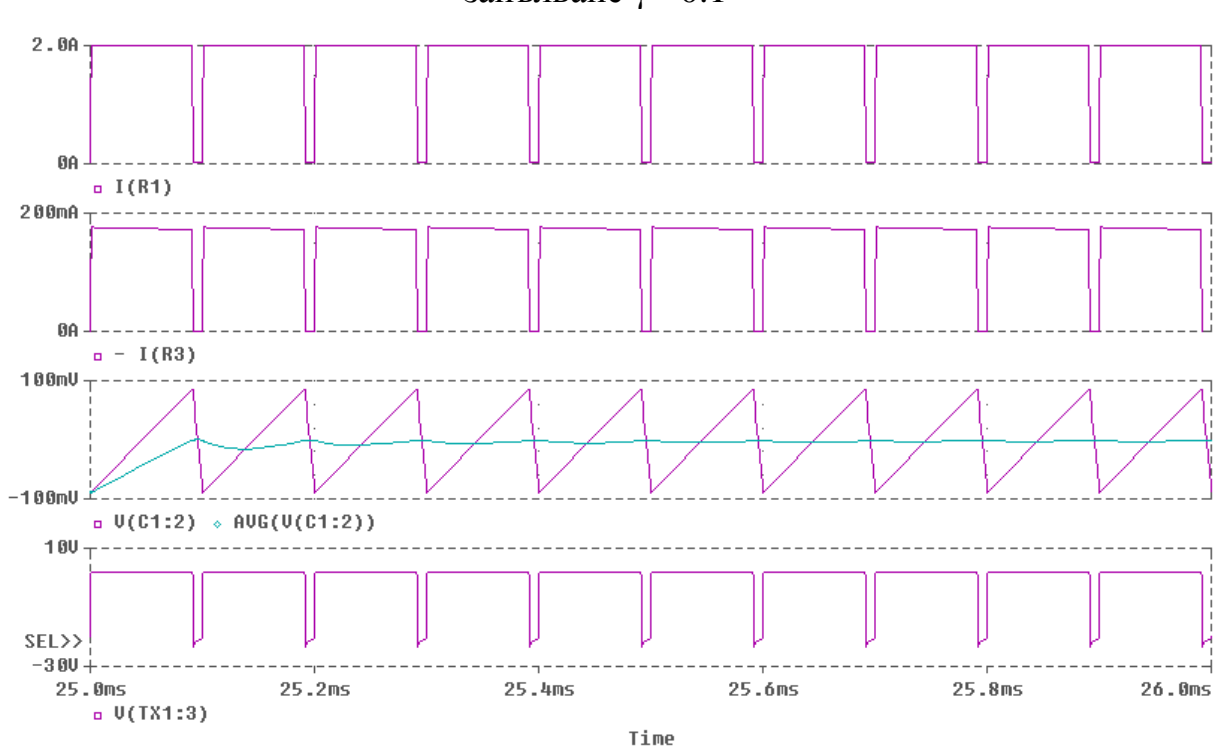


Фиг.2. Съотношение на продължителността на импулса ( $t_{И}$ ) - работен период на токовия трансформатор и периода ( $T$ ).

Симулациите са направени при две гранични стойности на гама 0.1 и 0.9. Идеята е да се докаже, че токовите трансформатори могат да работят при коефициент на запълване на импулса ( $\gamma$  – гама) по-голям от 0.5 при предложеното изменение на товара. Изменението на магнитната индукция в магнитопровода е най-показателния параметър, който демонстрира работоспособността на предложеното решение. Вижда се, че и при  $\gamma = 0,9$  работната точка на магнитопровода се възстановява до началната си стойност за периода на работа.



Фиг.3. Резултати от симулацията с помощта на PSpice с коефициент на запълване  $\gamma=0.1$



Фиг.4. Резултати от симулацията с помощта на PSpice с коефициент на запълване  $\gamma=0.9$

Това схемно решение може да бъде реализирано с полупроводникови елементи. Отношението на стойностите на двете съпротивления трябва да се избира така, че то да е по-голямо от стойността  $1 / \gamma$ .

### 3. Заключение

С предложеното изменение на стойността на съпротивлението на товара в периодите на „работа” и на „пауза” става възможно приложението на токови трансформатори и за измерване на еднополярни токови импулси.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бонев, С.Г., Писарев, А.Н., Измерителни трансформатори, Техника, София, 1980 г.
- [2] Сирота, И.М., Переходные режимы работы трансформаторов тока, АН УССР, Киев, 1961
- [3] Афанасьев, В., Н. Адоньев и др., Трансформаторы тока, Энергия, Ленинград, 1980
- [4] Ценева Р., С. Бонев, А. Писарев, И. Миленов, Токов трансформатор за измерване на токове на къси съединения, "Електротехника и електроника", бр. 3-4, с. 3-5, 1993
- [5] М. Славкова, Ъглова грешка на токови трансформатори при еднополупериодно изправен първичен ток, "Електроника и електротехника", 3-4, 2006
- [6] VAC, Current transformers for electronic watthour meters, VACUUMSCHMELZE 2006.
- [7] IEC 687/92; IEC 1036/90; IEC 145/63; BDS 17371-95
- [8] М. Браун, Токозахранващи устройства, ДИ Техника, София, 1997
- [9] LEM <http://www.lem.com/hq/en/content/view/262/201/>
- [10] Минчев, М., Й. Шопов, Е. Рац, Преобразувателна техника, Авангард Прима, София 2006, ISBN-10: 954-323-233.
- [11] Фархи, С., С. Папазов, Теоретична електротехника част I, Техника, София, 1992.

#### Автори:

маг. инж. Михаела Славкова – главен асистент в катедра “Електрически апарати”, email: [michaela\\_ds@tu-sofia.bg](mailto:michaela_ds@tu-sofia.bg)

маг. инж. Костадин Миланов - асистент в катедра “Електрически апарати”, email: [k.milanow@abv.bg](mailto:k.milanow@abv.bg)

проф. дтн. Минчо Минчев – дългогодишен преподавател в катедра “Електрически апарати”, email: [mintchev@tu-sofia.bg](mailto:mintchev@tu-sofia.bg)