



ИЗГРАЖДАНЕ НА КАСКАДЕН УМНОЖИТЕЛ НА НАПРЕЖЕНИЕ ЗА ЛАБОРАТОРНИ ЦЕЛИ

Мартин Златков
dj_marti79@mail.bg

**Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
София, ул. „Гео Милев № 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: ТВН, техника на високите напрежения, лаборатория, изпитвателна високоволтова уредба, трекингоустойчивост, пропълзващ ток, пробив, изолация, изолатор, импулсен генератор, искроустойчивост, дъгоустойчивост.

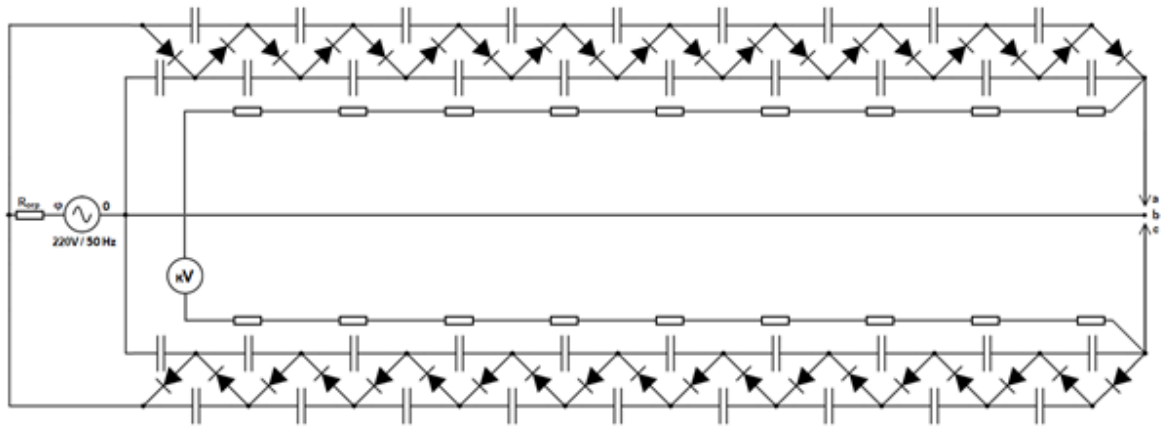
Резюме: Предметът „Техника на Високите Напрежения“ задължително присъства в учебната програма на висшите училища, които изучават енергетика. Това налага илюстрацията на някои от процесите, които протичат по време на работа на оборудването за високо напрежение. Тези процеси биха могли да бъдат пресъздадени частично в учебна лаборатория с помощта на специално оборудване. Тестовите системи за високо напрежение са неразделна част от оборудването на съвременна лаборатория по „Техника на високите напрежения“. Генераторът Cockcroft-Walton често се използва там, където се изисква използването на високо постоянно напрежение.

В докладът е описан начинът по който е направен каскадният умножител на напрежение. Дадени са основните и монтажни схеми, съгласно които е реализирано съоръжението. Схемата на генератора осигурява симетрично двуполлярно високо напрежение, което за около 15 секунди достига 5.7kV на рамо. Към веригата са добавени балансиращи и токоограничаващи резистори. Задачата за балансиране е да се изравнят напреженията върху кондензаторите и впоследствие да се разредят остатъчните напрежения след изключване на системата.

Високоволтовият генератор ще бъде използван за тестове с високо напрежение в бъдещата лаборатория по „Техника на Високите Напрежения“ във Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“ Целта е да бъдат създадени добри възможности за провеждане на упражнения по дисциплината „Техника на Високите Напрежения“ със студенти и запознаване с устройството и принципа на действие на умножителя на напрежение, както и използване на прототипа като източник на високо захранващо напрежение за други изпитвателни уредби.

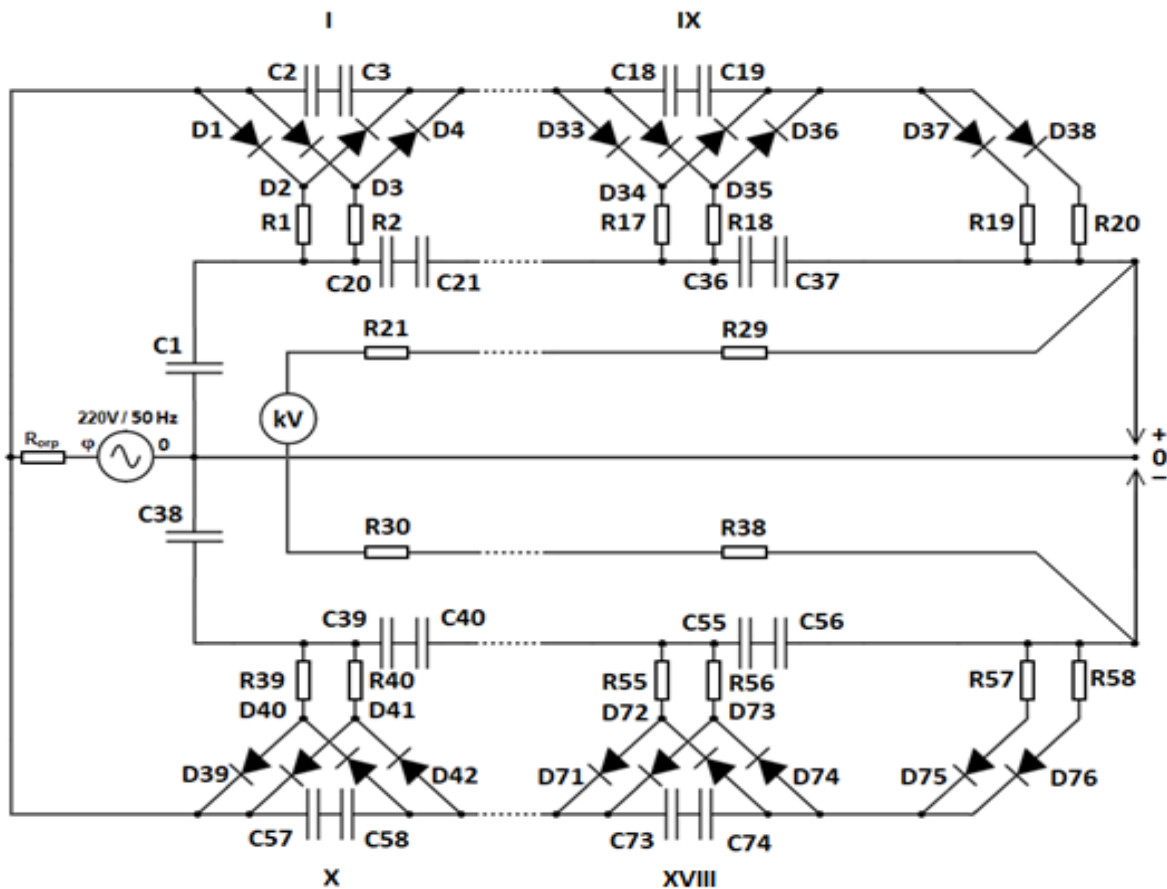
1. Схемно решение

Реализирана е схема на двуполопериоден 9+9 стъпален симетричен каскаден умножител на напрежение, която е показана на фиг.1. Схемата е осъществена според част от наличните елементи, които се явяват основните (натрупващи) кондензатори 400μF/400V.



Фиг. 1. Принципна схема на еднополупериоден 9+9 стъпален каскаден умножител

При мрежово захранване на схемата всяка двойка кондензатори биха се заредили до около 620V. Това налага последователното им свързване с което двойката кондензатори биха могли да се зарядят до 800V. Разликата от 620 до 800V е преосигуряване. За да се зарядят кондензаторите с половината от работното напрежение паралелно на тях са поставени балансиращи резистори 500kΩ (не са показани на схемата)[1]. При така избраното работно напрежение е удобно да се използват изправителни диоди с работно напрежение 1000V, които също ще бъдат значително преосигурени по напрежение. В конкретния случай са използвани „грецове“ КВРС50, чиито двойки диоди (на „+“ и на „-“) работят паралелно. Така работния ток става 100A. Освен ниската цена другото им предимство е, че разполагат с алуминиев корпус, който може да бъде закрепен на охладител. При гореописаното асемблиране на



Фиг. 2. Монтажна схема на каскаден умножител на напрежение

схемата, тя вече придобива вида показан на фиг. 2.

2. Параметри на елементите

Захранващото мрежово напрежение 220VAC/50Hz, се подава към двете рамена на каскадата през ограничителния резистор $R_{огр}$ 50Ω. 9 групи състоящи се от два диода (всеки съставен от два паралелно работещи диода) и два кондензатора на рамо (всеки от които съставен от два последователно свързани кондензатора 400μF/400V).

„Натрупващите“ кондензаторите C_{20} - C_{56} са с униполярни кондензатори 400μF/400V.

Кондензаторите C_1 и C_{38} задължително трябва да са униполярни. Техния капацитет също е 400μF/400V. Те добавят още по 310V към всяко рамо на каскадата.

„Подкачващите“ кондензатори са с намаляващ капацитет към високата страна, по стъпла от № I до № XVIII както следва:

- I,II,X,XI – 2x400μF/400V;
- III,IV,XII,XIII – 2x330μF/400V
- V,VI,IVX,VX – 2x220μF/400V
- VII,IX,XVI,XVII – 2x150/400V
- IX,XVIII – 2x100μF/400V

Всяка „четворка“ диоди на съответното стъпало е Грец – KBPC50 (1000V/50A). От схемата е видно, че двата диода сочещи от „-“, работят паралелно и двата диода сочещи към „+“, работят паралелно. Последователно на диодите са свързани токоограничаващи резистори 10Ω/5W, които служат за предпазване на диодите от повреда по време на разрядния процес. Направена е симулация на Matlab, която показва токове от порядъка на 1500A описана в [4]. Всяко следващо стъпало се зарежда до напрежение 2 волта по ниско от предходното, заради падовете върху диодите. Наличното преосигуряване на кондензаторите по напрежение дава възможност каскадния умножител да бъде захранен с повишено напрежение до 270V от автотрансформатор. Това е изпробвано и изходното напрежение от каскадата достига 14000V

3. Измерване на напрежението

Измерването на изходното напрежение се осъществява посредством делител на напрежение изпълнен от 2 редици с по 9 съпротивления 750kΩ свързани последователно. Делителя на напрежение е построен с резисторите R_{21} – R_{39} . По средата е свързана стрелкова измервателна система разграфена директно в киловолти. Детайлите на измервателната система се явяват с потенциал близък до този на захранващото напрежение, тъй като двата края на резисторния делител са свързани на „+“ и „-“ на високото напрежение на каскадата.

Съпротивлението $R_{огр}$ служи за ограничаване на зарядния ток при първоначално включване на схемата, тъй като кондензаторите тогава са разредени и токът без този резистор би достигнал моментни стойности няколко стотин ампера. Съпротивленията R_{1-20} и R_{39-58} свързани последователно на диодите имат същата функция при заряд и разряд.

4. Механична конструкция

Кондензаторите са монтирани със своя болт за закрепване върху изолационна плоскост от гетинакс, който е поставен върху метална рамка. На нея са монтирани колелца, които се обръщат във всички посоки с цел лено придвижване и позициониране. Изводите на кондензаторите са насочени нагоре. Две изолационни дъски от гетинакс със отвори са нанизани върху изводите. Това осигурява здравето закрепване на кондензаторите, тъй като уредбата тежи над 60kg. Едната дъска е за

положителното, а другата за отрицателното рамо, като върху тях са монтирани останалите елементи от схемата.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Dwivedi C.K., Daigavane M.B. Multi-purpose low cost DC high voltage generator (60 kV output), using Cockcroft-Walton voltage multiplier circuit. International Journal of Science and Technology Education Research, 2011, vol.2(7), pp. 109-119. 2. Cortez D.F., Barbi I. A Family of High Voltage Gain SinglePhase Hybrid Switched-Capacitor PFC Rectifiers. IEEE Transactions On Power Electronics, 2015, vol.30, no.8, pp. 4189-4198. doi:
- [2] E. Kuffel, Dean Emeritus, W.S. Zaengl, High Voltage Engineering Fundamentals Second edition ISBN 0 7506 3634
- [3] Cockroft J.D., Walton E.T.S. Experiments with high velocity positive ions. (I) Further developments in the method of obtaining high velocity positive ions. Proceedings of the Royal Society A. Mathematical, physical and engineering sciences, 1932, vol.136, no.830, pp. 619-630. doi: 10.1098/rspa.1932.0107
- [4] <https://mtc-aj.com/article.2032.ru.htm>

CONSTRUCTION OF CASCADE VOLTAGE MULTIPLICATOR FOR LABORATORY PURPOSES

Martin Zlatkov
dj_marti79@mail.bg

***Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA***

Key words: *High voltage equipment, high voltage laboratory, high voltage test system, trekking resistance, creeping current, breakdown, insulation, insulator, pulse generator, spark resistance, Cockcroft-Walton generator, arc resistance.*

Abstract: *The subject "High Voltage Engineering" is mandatory in the curriculum of higher education institutions that study energy. This requires an illustration of some of the processes that take place during the operation of high voltage equipment. These processes could be partially recreated in a training laboratory with the help of special equipment. High voltage test systems are an integral part of the equipment of a modern laboratory for "High Voltage Engineering". The Cockcroft-Walton generator is often used where the use of high DC voltage is required.*

The report describes how the cascade voltage multiplier is made. The basic and assembly schemes, according to which the facility is realized, are given. The circuit of the generator provides symmetrical bipolar high voltage, which in about 15 seconds reaches 5.7kV per arm. Balancing and current limiting resistors are added to the circuit. The task of balancing is to equalize the voltages on the capacitors and subsequently to dilute the residual voltages after shutting down the system.

The high voltage generator will be used for high voltage tests in the future laboratory of "High Voltage Engineering" at the Higher School of Transport "Todor Kableshkov" The aim is to create good opportunities for exercises in the discipline "High Voltage Engineering" with students and acquaintance with the device and the principle of operation of the voltage multiplier, as well as use of the prototype as a source of high supply voltage for other test systems.