Механика Транспорт Комуникации

ISSN 1312-3823 (print)
ISSN 2367-6620 (online)
том 19, брой 3, 2021 г.

Научно списание **http://www.mtc-aj.com** **статия № 2148**

КАЛИБРИРАНЕ НА КИЛОВОЛТМЕТЪР ЗА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

Ирена Божичкова
milenium_26@abv.bg

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

Ключови думи: *ТВН, техника на високите напрежения, изпитвателна високоволтова уредба, пробив, каскаден умножител на напрежение, разряд, делител на напрежение, волтметър.*

Резюме: *В докладът е показан начина, по който се осъществява измерването на високото постоянно напрежение произведено на изхода на генератора на Cockcroft–Walton. Изработен е делител на напрежение, съставен не от един, а от множество последователно свързани високоомни резистори. Това е направено за да се удължи еквивалентното тяло на резистора с цел увеличаване на изолационното разстояние между двата му края.*

Представено е рационално предложение за калибриране на измервателната система. С четири цифрови измервателни уреда се отчитат напреженията на по няколко стъпала от каскадата, като така е обхваната цялата каскада. Показанията им се заснемат и сумират. Измервателната система се настройва според получения резултат.

Изпитвателната уредба за високо постоянно напрежение ще бъде полезно попълнение при окомплектоването на оборудването в бъдещата лаборатория по ТВН на ВТУ „Тодор Каблешков“. Целта е да се създаде възможност да бъдат провеждани упражнения по дисциплината ТВН със студенти и те да се запознаят нагледно с устройството и принципът на действие на схемата, а също така прототипът да се използва като източник на високо захранващо напрежение.

УВОД

В учебната програма на факултетите, които изучават енергетика задължително присъства предмета „Техника на високите напрежения“. Това налага необходимостта от онагледяване на някои от процесите, които протичат по време на работа на високоволтовите съоръжения. Тези процеси биха могли да бъдат пресъздадени частично в учебна лаборатория с помощта на специална апаратура. Там, където е необходимо използването на високо постоянно напрежение често се използва генератора на Cockcroft–Walton. Той представлява умножител на напрежение с няколко каскадирани полупериодни удвоители [1]. Апаратът е именуван на английският и ирландски физици John Douglas Cockcroft и Ernest Walton. Умножителят на напрежение намира приложение в различни апарати, като например йонизатори на въздуха,

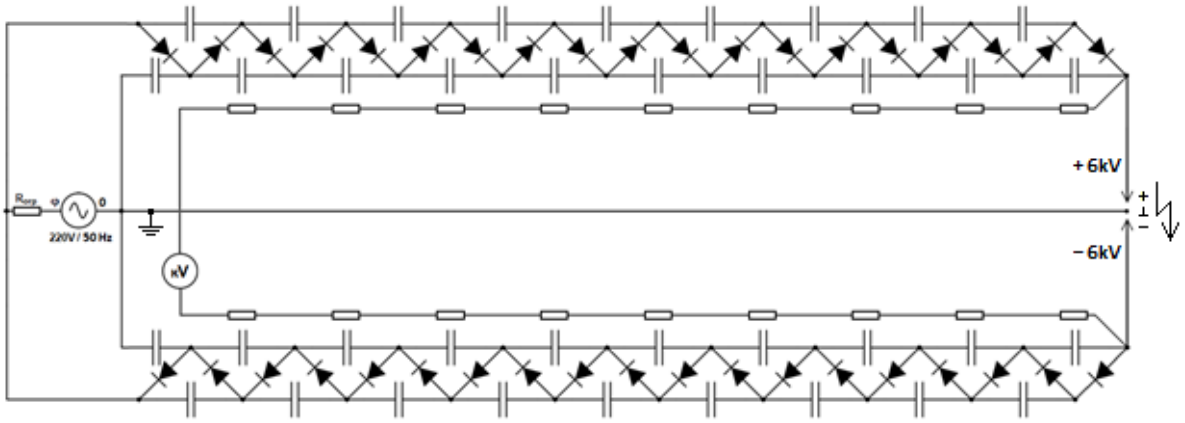
промишлени електрофилтри, електрошокови палки, ускорители на частици, каскади за кинескопи, апарати за високоволтови изпитания.

Екип от специалисти от ВТУ проектира и изгради такъв каскаден умножител на напрежение. Следва този апарат да бъде оборудван с контролноизмервателна апаратура. За измерване степента на зареденост на кондензаторите, т.е. напрежението на изхода на каскадния умножител, е необходимо наличието на високоволтов волтметър (киловолтметър), калибриран по подходящ начин.

1. НАЧИНИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ВН

При измерване на високо напрежение има няколко подхода:

- Използването на цифров измервателен уред - не е препоръчително поради огромните пикови стойности на измерваното напрежението в момента на разряда, който е твърде вероятно да предизвикат повредата му;
- Електростатичния киловолтметър не е удачен, тъй като е съпроводен с множество отчитания на температура, налягане и влажност на въздуха. Освен това в конкретния случай измерваното напрежение не е особено високо;
- При измерванена променливо напрежение се използва извод за измервателната система на 100V от ниската страна на високоволтовата (вторична) намотка. Този способ е точен, но е приложим само за променливо напрежение и високоволтови уредби използващи трансформатор, поради което е невъзможно осъществяването му в конкретния случай;
- Бихме могли да измерим напрежението на едно от стъпалата на каскадата и да го умножим по броя на стъпалата. Този подход няма да даде точни резултати, тъй като във всяко следващо стъпало от каскадата напрежението е по ниско с толкова, колкото е падът в диодите на стъпалото.
- Използването на резисторен делител включен в цялата каскада в комбинация със стрелкова измервателна система (фиг. 1.) е удачният вариант за конкретния случай [2][3]. Предимство е, че този метод за измерване на високи напрежения не изисква допълнително захранване или електроника към измервателния уред.



Фиг. 1. Схема на каскаден умножител с резисторен делител на киловолтметъра

2. КОНЦЕПЦИЯ

Високоомната част на резисторния делител е разделена на толкова отделни резистора, колкото са стъпалата на изградения каскаден умножител - генератор на Cockcroft–Walton. По този начин напрежението на съответното стъпало от каскадата е близко по стойност до напреженито на същия номер на резистора от резисторния делител. В същото време съответния резистор се намира физически на съответното

стъпало, като по този начин потенциалната разлика между резистора и стъпалото е почти „нула“ и няма опасност от пробив по между им.

Нискоомната част на резисторния делител е самото вътрешно съпротивление на стрелковата измервателна система и прилежащия ѝ резистор. Така токът, който тече през волтметъра е минималин. Всъщност, това е токът на измервателната система, който е под 1mA за крайно отклонение на стрелката. Финната настройка на показанието стрелковия измервателен уред се извършва чрез добавяне на допълнителен резистор във веригата на делителя.

Представено рационално предложение за калибриране на измервателната система, а именно: четири цифрови мултицета, повдигнати на изолационна подложка измерват едновременно напрежението на по няколко стъпала от умножителя. Заснемането и сумирането на показанията им гарантира точност при калибрирането на стрелковия измервателен уред (киловолтметъра) (фиг.2).

Фиг. 2. Калибриране на стрелкови измервателен уред

3. ИЗПЪЛНЕНИЕ

При измерването на високото напрежение с цифрови измервателни уреди за калибрирането на стрелковата измервателна система на киловолтметъра е направено с достатъчно раздалечени електроди на на разрядника, така че да няма възможност за разряд в него. Това е направено с цел да не се получи разряд, който би предизвикал повреда на цифровите измервателни уреди по време на калибрирането.

Измервателната система е поставена в средата на резисторния делител, който е свързан между положителното и отрицателното раммо на каскадата. Захранването от мрежата също се явява в средата между положителното и отрицателното раммо на каскадата. Така частите на измервателния уред са приблизително с потенциал близък до този на захранващата мрежа, което е мярка за обезопасяване на измервателния прибор.

Фиг. 3. Разграфяване на скалата на стрелковия измервателен уред

Разграфяването на скалата е осъществено направо в киловолти, както е показано на фиг. 3. Стрелката сочи директно измерваната стойност и не е необходимо преизчисляване на показанието.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Калибрирането на стрелковия измервателен уред с помощта на цифрови измервателни уреди допринася за точност при отчитането на напрежението.

Заснемането на момента на отчитане допринася за точност при калибрирането на измервателната система.

Конструирането на измервателната част е осъществено по начин, който осигурява безопасност на персонала работещ с уредбата.

Директното показание на измервателния уред ще улесни работата с уредбата.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Cockcroft%E2%80%93Walton_generator
[2]https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB_%D0%BD%D0%B0_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5
[3] Б. И. Албертинский, М. П. Свиньин КАСКАДНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ, Атомиздат 1980.

CALIBRATION OF VOLTOMETER FOR HIGH VOLTAGE

Irena Bozhichkova
milenium_26@abv.bg

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

Key words: *high voltage equipment, high voltage test system, breakdown, cascade voltage multiplier, discharge, voltage divider.*

Abstract: *The report shows how the measurement of the high DC voltage produced at the output of the Cockcroft-Walton generator is performed. A voltage divider is made, consisting not of one, but of many series-connected high-resistance resistors. This is done to extend the equivalent body of the resistor in order to increase the insulation distance between its two ends.*

A rational proposal for calibration of the measuring system is presented. With four digital measuring devices the voltages of several steps of the cascade are read, thus covering the whole cascade. Their testimonies are recorded and summarized. The measuring system is adjusted according to the obtained result.

The test system for high DC voltage will be a useful addition to the equipment in the future laboratory of High Voltage Engineering at the University of Transport "Todor Kableshkov". The aim is to create an opportunity to conduct exercises in the discipline "High Voltage Engineering" with students and to get acquainted with the device and the principle of operation of the scheme.