



ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗРАБОТВАНЕ НА ЛАБОРАТОРНА ТОКОИЗПРАВИТЕЛНА СТАНЦИЯ ЗА 1000 V ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

Явор Исаев, Георги Павлов, Любомир Секулов, Тодор Лалев, Румен Стоицев
jzi1986@abv.bg, g_pavlov61@abv.bg, res_start@abv.bg

**ВТУ „Тодор Каблешков” – София, ул. „Гео Милев” 158, София 1574
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** лабораторна токоизправителна станция, инвертор, импулсен преобразувател.*

***Резюме:** Лабораторните токоизправителни станции (ЛТС) са устройства, които намират широко приложение при провеждане на лабораторни упражнения, изпитване, изследване и диагностика на електрически уредби и прилежащите към тях управление и периферни устройства.*

Лабораторните токоизправителни станции са мобилни захранващи устройства, при които е създадена възможност за плавно регулиране на ефективната стойност на напрежението в широки граници. Снабдени са с токоограничаващ блок, който предпазва станцията и изпитваните обекти от претоварване и къси съединения. Те осигуряват сигурност и безопасна работа, поради реализираното двойно галванично разделяне между изхода и входа на станцията.

В доклада са представени проектирането и модернизацията на силовата част, управлението и защитите на ЛТС ТЕС 150. Модернизацията е извършена посредством съвременни IGBT съставни транзистори, микропроцесорно управление и защиты.

ВЪВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМА

Лабораторните токоизправителни станции намират широко приложение при провеждане на лабораторни упражнения, изпитване, изследване, ремонт и модернизация на електрически устройства, машини и апарати. Служат за захранване със стабилизирано постоянно напрежение, което може да се регулира в широки граници. Тези възможности ги правят универсални захранващи източници. В момента в лабораториите на катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане на транспорта” се експлоатират следните видове ЛТС:

- ТЕС 100V/4A;
- ТЕС 40V/10A;
- ТЕС 40V/2.5A;
- DC Power Suplay 30V/30A;
- ТЕС 40V/1A.

С напредъка на техниката и технологиите в енергетиката и електрическият транспорт и адаптиране на обучението към изискванията на съвременния пазар на

труда се налага разширяване на цикъла от лабораторни упражнения по редица основополагащи и профилиращи дисциплини. Провеждането на допълнителни лабораторни упражнения изисква изграждането на нови стендове с възможности за повишаване на напреженията до номиналните стойности на захранващите напрежения на тяговите мрежи на електрическият транспорт.[1]

За провеждане на лабораторни упражнения в областта на електрическият транспорт е необходимо да се онагледяват основните параметри на всички елементи на тяговата енергоснабдителна система. Проектираната ЛТС реализира необходимите захранващи параметри, като това дава възможност да се изследват комутационните преходни процеси в мрежата и взаимното им влияние. Чрез нея може да се провеждат изпитвания на отделни електрически апарати и устройства, използвани в градският електрически транспорт и метрополитен. ЛТС е реализирана със съвременни полупроводникови компоненти и микропроцесорно управление и защиты.

В доклада са представени проектирането, симулацията и конверсията на повишаваща микропроцесорна токоизправителна станция за напрежение до 1000V. Тя представлява иновативно техническо решение реализирано на базата на повишаващ инвертор и импулсен регулатор, асемблирани с IGBT компоненти. До този момент е модернизирана една станция, която е предназначена да захранва изградените стендове с конвекционални релейни защиты в лаборатория «Релейни защиты и измервателна техника».

1. ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЛАБОРАТОРНАТА ТОКОИЗПРАВИТЕЛНА СТАНЦИЯ

Номинални технически данни:

- Номинално входно напрежение - 240 V AC;
- Номинален входен ток - 20A;
- Номинално изходно напрежение - 1000 V DC;
- Диапазон на изменение на изходното напрежение – 1 – 1000 V DC;
- Номинален изходен ток - 4.5 A;
- Максимален изходен ток - 12 A.

Токоизправителната станция се състои от следните функционални групи :

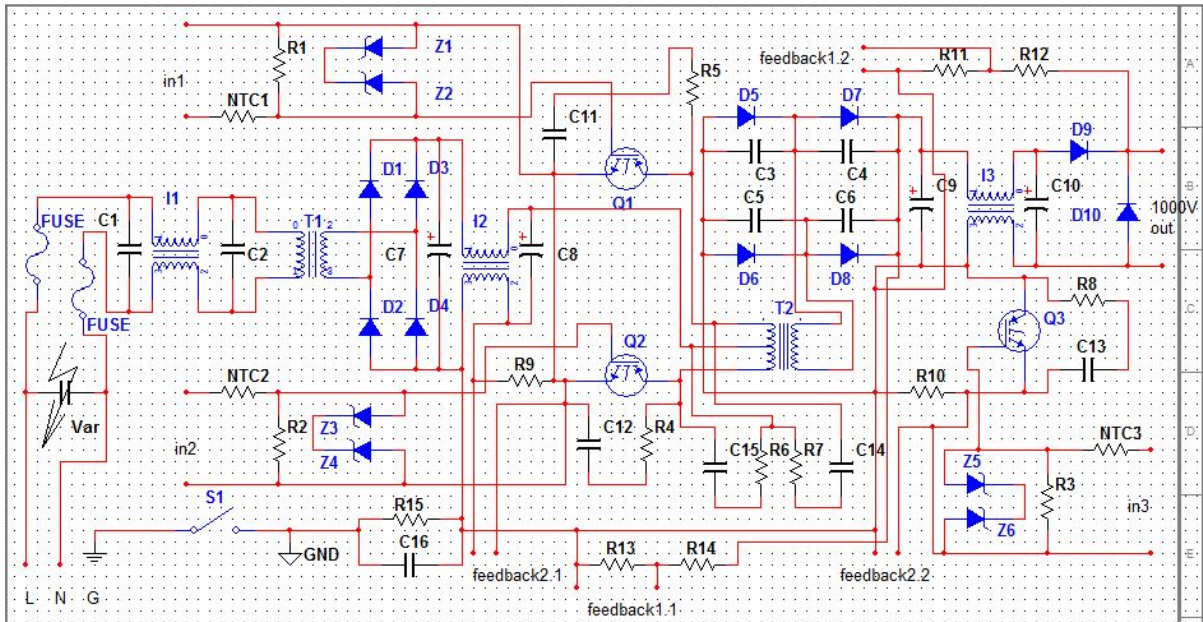
- Входен блок – състоящ се от максималнотокова, максимално-напреженова защита и мрежов филтър;
- Първи преобразователен блок – състоящ се от мрежов трансформатор, изправител, LC филтър; [1,3,4,5,6]
- Втори преобразователен блок – DC/AC преобразовател, импулсен повишаващ трансформатор, изправител, LC филтър;[1,2,5]
- Регулиращ блок – състоящ се от честотно-импулсен модулатор, LC филтър; [1,6,7]
- Защитен блок – състои се от максималнотокова защита, максималнонапреженова, термична и защита от късо съединение на регулиращият и преобразователния блок). [1,5,6,7]

2. МОДЕРНИЗАЦИЯ НА ЛАБОРАТОРНА ТОКОИЗПРАВИТЕЛНА СТАНЦИЯ ТЕС 150

Първата стъпка от преустройството на станцията се състои в премахване на ненужните компоненти и реконструкция на шасито. Направен е обстоен преглед на

елементите от съществуващата схема, които могат да се използват при модернизацията, като те са монтирани на шасито съобразно новата конфигурация на схемата.

Втората стъпка включва проектиране, софтуерна симулация и изпитване на импулсния регулатор и повишаващия инвертор. На фигура 1 е представена принципната схема на модернизираното устройство с подробни обяснения за функционалността на отделните съставни блокове.



Фигура 1. Принципна схема на LTC

На извод (L,N,G), предназначен за захранване на станцията, е монтирана варисторна група (VAR) служеща за защита от пренапрежения. След нея са свързани два предпазителя със стопяема вложка (FUSE). C₁ и C₂ са изглаждащите кондензатори на мрежовия филтър, а I₁ представлява дросел състоящ се от две индуктивности на общ магнитопровод. T₁ е мрежов трансформатор с коефициент на трансформация 1,5, чрез който се осъществява и първото галванично разделяне. Двуполупериодният неуправляем изправител е съставен от диодите D₁, D₂, D₃ и D₄. Електролитните филтрови кондензатори C₇ и C₈ служат за изглаждане на пулсациите на изхода на изправителя, съвместно с индуктивността I₂, състояща се също от две бобини монтирани върху общ магнитопровод.

Q₁ и Q₂ са ключови транзистори на повишаващия преобразувател. Те работят в инверсен режим и подават отрицателни импулси на първичната страна на трансформатора T₂ спрямо положителното напрежение подадено на средния му извод. C₁₂, R₄ и C₁₁, R₅ са RC групи, свързани паралелно на всеки транзистор. Те филтрират променливите съставни, породени от комутациите при номинален режим на работа. Аналогична е функцията на RC групите C₁₅, R₆ и C₁₄, R₇, свързани паралелно на всяка от първичните намотки на трансформатора T₂. R₉ представлява шунтово съпротивление за първата максималнотокова защита. Импулсният повишаващ трансформатор T₂ е с феритна сърцевина и работи с комутационна честота 50 kHz. Импулсните изправителни диоди D₅, D₆, D₇ и D₈ са свързани в схема на двуполупериоден неуправляем изправител. Кондензаторите C₃, C₄, C₅ и C₆ са неелектролитни, свързани паралелно на всеки един диод от изправителя. Те служат за понижаване на вътрешното съпротивление на диодите и за гасене на променливата съставна, породена от комутациите в обратна посока.

Q_3 е ключов транзистор на импулсия регулатор, посредством който е реализирано токоограничението на изхода. C_{13} и R_8 е RC група, а R_{10} е шунтово съпротивление, предназначено да подава сигнал към втората максималнотокова защита и защитата от късо съединение на изхода. C_9 и C_{10} са електролитни филтриращи кондензатори, предназначени да изглаждат пулсациите при комутация.

Дроселът I_3 се състои от две съпосочно навити намотки, разположени на общ магнетопровод. D_9 и D_{10} са импулсни обратни диоди, свързани на изхода, предназначени да предпазват импулсия регулатор от обратно напрежение. Резистивният делител R_{11} и R_{12} е предназначен да подава сигнал на честотноимпулсия регулатор на напрежение за амплитудната стойност на напрежението на изхода. По аналогичен начин делителят R_{13} и R_{14} подава сигнал за амплитудната стойност на напрежението към широчинноимпулсия модулатор на повишаващия инвертор.

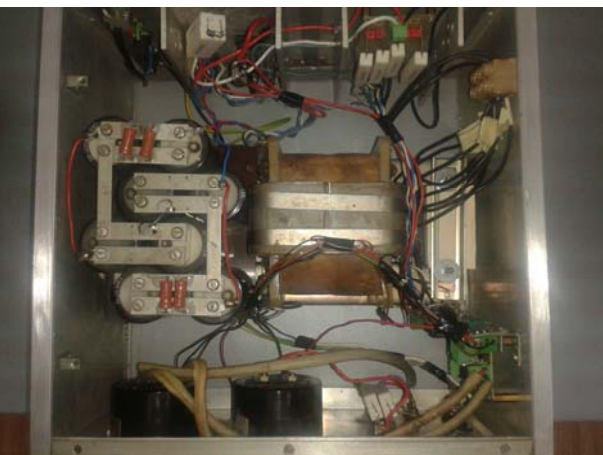
Обратната връзка Feedback 1.1 е извод за следене на амплитудната стойност на напрежението след повишаващия инвертор. Feedback 1.2 извод за следене на амплитудната стойност на напрежението след импулсия регулатор. Feedback 2.1 извод за максималнотоковата защита след повишаващия преобразувател. Feedback 2.2 извод за максималнотоковата защита на импулсия регулатор и защитата от късо съединение на изхода. In1 и In2 са изводи за управление на ключовите транзистори на повишаващия преобразувател, те са отделени от управлението посредством оптрони, които не са показани на схемата. In3 е извод за управление на ключовия транзистор на импулсия регулатор, отделен е от управлението посредством оптрон.

Out е изхода за високо напрежение 1000V. Z_1 , Z_2 , R_1 , NTC1, Z_3 , Z_4 , R_2 , NTC2 и Z_5 , Z_6 , R_3 , NTC3 представляват защитни групи за входовете на ключовите транзисторите на повишаващия преобразувател и импулсия регулатор. Състоят се от токоограничаващ резистивен делител, като единият от резисторите е термозависим и се монтира на охладителя на съответния транзистор, както и двуаноден ценеров диод, предназначен да работи с променливо напрежение и служи за ограничаване на напрежението на входа на транзистора.[1,5,6,7]

На фигура 2 е показан изглед на предния панел на ЛТС. С бутоните UP и DOWN се променя плавно амплитудната стойност на напрежението на изхода. Обхватът на уредите е променен съобразно новите параметри на станцията. На фигура 3 е показан общ изглед на устройството със свален горен капак, където може да се видят мрежовият трансформатор, кондензаторните батерии, импулсия трансформатор, ключовите транзистори и платките за управление.



Фигура 2. Челен панел на ЛТС



Фигура 3. Изглед при свален горен капак

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направената модернизация е реализирана на базата на съвременно техническо решение. Използвани са възможностите и предимствата на микропроцесорната технология, даваща редица приоритети по отношение на бързото и качествено управление и контрол на различни параметри. Това гарантира висока ефективност на устройството, лесна софтуерна настройка при необходимост в зависимост от конкретните изисквания. Висока надеждност и ниска себестойност на използваните елементи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шишков А. Полупроводникова техника, част 1. Изд. Техника, София, 1989
- [2] Сп. Радио, телевизия, електроника бр. 5. Превключване на нискочестотни вериги., 1976
- [3] Кривонос А. Оптоелектронные устройства, И. Энергия, Москва., 1978
- [4] www.datasheet.com
- [5] www.nimultisim.com
- [6] www.microchip.com

DESIGN AND CONSTRUCTION OF LABORATORY RECTIFIER PLANT 1000 V DC

Yavor Isaev, Lubomir Sekoulov, Todor Lalev, Georgi Pavlov, Rumen Stoicev
Jzi1986@abv.bg, g_pavlov61@abv.bg, res_start@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport – Sofia, 158 Geo Milev Str., Sofia 1574, BULGARIA

Key words: laboratory rectifying station, inverter, pulse converter.

Abstract: Laboratory rectifier stations are devices that are widely used in laboratory exercises, testing, repair and improvements to electrical installations and adjoining management and peripherals.

Laboratory rectifier stations are mobile power supply, where there is the possibility of fine adjustment of the effective value of the voltage over a wide range. Equipped with current limiting block which protects the station and test sites of overload and short circuit and not least ensure security and safe operation due to double galvanic isolation between input and output of the station.

The paper presents the design and modernization of the power part, management and protection of rectifying station TES 150. The modernization was performed using advanced composite IGBT transistors, microprocessor control and defend.