

МОДЕРНИЗАЦИЯ НА СТАТИЧЕН ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ТИП PS 01 ЗА ТРАМВАЙНА МОТРИСА

*Любомир Секулов, Георги Павлов, Васил Тодоров, Петър Бодуров,
Мартина Томчева*

res_start@abv.bg, g_pavlov61@abv.bg, vt_todorov@abv.bg, bodurov.ptid@abv.bg, mtomcheva@vtu.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
гр. София, ул. „Гео Милев” 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: статичен преобразувател, електрически транспортни средства, трамвайна мотриса, градски транспорт

Резюме: Статичните преобразуватели (СП) са устройства, които намират широко приложение в електрическите транспортни средства (ЕТС) за постоянен и променлив ток. Основната им функция е да осигурят необходимите захранващи напрежения и тяхната стабилизация за спомагателните консуматори в ЕТС, както и да поддържат заряда на акумулаторните батерии и работата на електромагнитните спирачки (ЕМС).

Статичните преобразуватели от типа PS 01 се използват в трамвайни мотриси които имат по-малки габарити за монтаж. Силовата им схема е реализирана посредством IGBT транзистори и микропроцесорен модул на първичната страна за управление с ниска тактова честота 4MHz и бавни обратни връзки от вторичната страна към първичната, което създава определени затруднения в експлоатацията и намалява надеждността на устройството.

В доклада са представени проектирането и модернизацията на управлението на силовата част на статичния преобразувател, посредством съвременни нов бърз микропроцесорен модул за управление с тактова честота 32MHz нови бързи драйверни устройства за IGBT транзисторите, нов алгоритъм на работа и нов софтуер. Системата за управление е модернизирана, така че да отговаря на изискванията на съвременната IGBT технология.

ВЪВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМА

Столичният електротранспорт играе основна роля в икономическия и социален живот на почти двумилionenната ни столица, поради това той трябва да функционира надеждно и ефективно. Всяко възникване на повреди и аварии в системите му води до влошаване на качеството на живота на столичани.

Електрическите транспортни средства (ЕТС) са основно звено от структурата на наземния градски електротранспорт (НГЕТ). Те представляват сложни технически съоръжения, работещи при изключително тежки експлоатационни и климатични условия и в почти непрекъснат режим на работа. Това до голяма степен обяснява все по-високите изисквания, които се поставят и ще се поставят към градските транспортни

системи, безопасност, влияние върху околната среда, чрез шум, фини прахови частици и осветеност.

Общи сведения за статичните преобразователи

Преобразувателите на електрическа енергия са технически средства за преобразуване на електрическа енергия, използвани в електротехниката. Преобразуването е необходим процес за преноса и потреблението ѝ, при което се запазва физическата същност на енергията и става възможно да се удовлетворят конкретните нужди на потребителите по отношение на нейните основни параметри – напрежение, честота, брой на фазите, форма на сигнала. Процесът на преобразуване не е едностъпален, а комбинация от последователни трансформации във веригата производство – потребление на електроенергия. Един най-прост пример за преобразуване в бита са зарядните устройства на батерии за телефони и други уреди, в които променливото мрежово напрежение 220 V се преобразува например в 5 V постоянно напрежение.

Многократните преобразувания на електрическия ток и напрежение са в основата на апаратите и устройствата на радиоелектрониката, комуникационната техника, изчислителната техника, медицинската апаратура и други приложения на електрониката и се разглеждат в описанията на съответните електрически вериги за обработка на информационни и управляващи електрически сигнали.

Широкото навлизане на електрическата енергия в бита, производството, транспорта и комуникациите е обусловено от възможността тя да се произвежда в електроцентрали далеч от потребителите и да се пренася до тях по електроснабдителни мрежи. При преноса на електроенергия се налага използването на електромеханични, електромагнитни технически средства или такива, изградени по схеми от пасивни и активни електронни компоненти.

Статичните преобразователи намират широко приложение в градските електрически транспортни средства (метро, трамваи и тролейбуси). Те запазват всички спомагателни електромеханичните устройства в ЕТС, както и поддържат заряда на акумулаторните батерии. За тази цел запазващото напрежение от контактната мрежа (КМ) се преобразува до необходимите стандартни стойности на напрежението за работа на спомагателните устройства. Основната функция на СП е да осигуряват необходимото стабилизирано електрозахранване на тези съоръжения, като по този начин поддържат нормалната работа на силовите тягови агрегати и управлението на ЕТС. [1]

В момента в Столичен електротранспорт се експлоатират основно три вида СП, като най-широко приложение в трамвайния транспорт имат 2 UKSBR-DR и PS 1 . Преимуществото на PS 1 пред 2 UKSBR-DR е по-малкият габарит, по високото КПД вследствие високата честота на работа и от там и по-ниските нива на шум.

1. ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СТАТИЧЕН ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ТИП PS 01

СП PS 01 е силов агрегат предназначен за захранване на акумулаторната батерия и електрическите спомагателни устройства с $U_H=24V$ от напрежението на контактната мрежа (КМ). В устройството се осъществява галванично разделяне на входното (650V DC) и изходно напрежение (22-30V DC). Конструкцията и дизайна на преобразувателя, виж 4—40— 504036 от техническата документация (ТД), са съобразени с разположението му под трамвая и с изпълнение за тропическа среда. Поради тези причини, силовата и регулираща част на преобразувателя са херметически затворени в алуминиев шкаф. Топлинните загуби от силовите части се отвеждат с помощта на охладител, който е част от шкафа. Охлаждането е естествено.

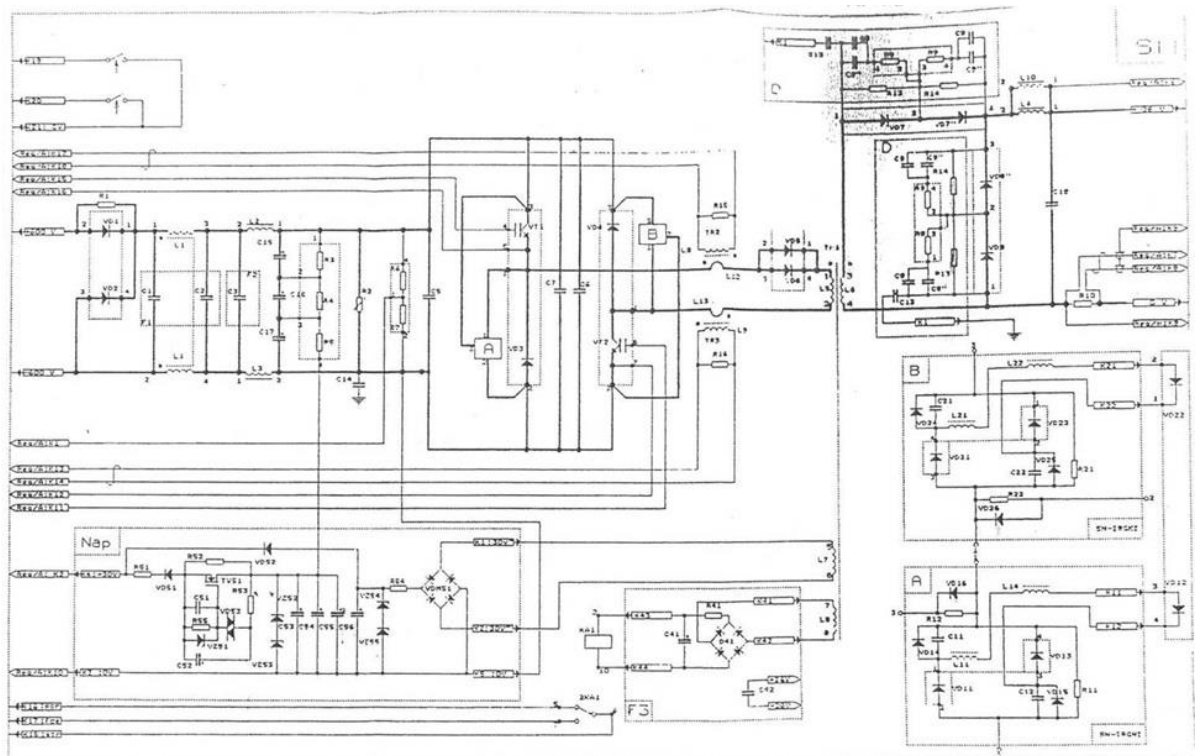
При монтиране, преобразувателят може да се държи в обърнато положение. Работното му положение, обаче, е само отвесно съгласно чертеж 4-40-504036 от ТД.

Номинални технически данни:

- Номинално входно напрежение - 600 V;
- Номинален диапазон на изменение на напрежението - 400- 820V;
- Допустим диапазон на изменение на напрежението - 350 - 950 V;
- Номинален входен ток - 10 A;
- Номинална мощност - 5,2 kW;
- Номинално изходно напрежение – 27.8V за Ni Cd акумулаторни батерии;
- Диапазон на регулиране на изходното напрежение – 22,5 – 30 V;
- Номинален изходен ток - 200A;
- Максимален изходен ток - 240 A;
- Работна честота на СП – 16kHz.
- Температура на средата -40 °С + 40 °С,
- Относителна влажност на въздуха 80 % рmi 20 °С с надморска височина до 1200 m

Описание на действието на силовата част

Подробно описание на свързването на силовата част е дадено на чертеж номер 3-39-492527 от ТД. Фиг.1 Действието на преобразувателя е основано на циклично превключване на транзисторите, свързани в диагонала на "H-моста" и на преминаването на тока през диагонала, образуван от обратните диоди, откъдето енергията се връща обратно в междинните вериги. Тази дейност изисква точно управление на напрежението на първичната страна на трансформатора, т.е. на времето за включване на транзисторите. Това време, в сравнение с времето за изключването им, при запазване на резерва за безопасност, трябва да бъде 45% до 55 % от пълния работен цикъл. Неспазването на това условие води до еднопосочно насищане на трансформатора, пренасищане и невъзможност за управление на нарастването на тока и като резултат - повреда на силовите транзистори.



Фиг. 1 Силова схема на PS 01

Намагнитващата енергия на силовия трансформатор, при положение, че не се е получило демагнетизиране, се връща през диодите VD3-VD4 в постояннотоковата междинна верига C5,C15-C17.

Диодите VD5-VD6 отделят веригите, облекчаващи мрежата и не позволяват зареждане на кондензаторите им преди включване на силовите транзистори. Тяхното частично предварително зареждане в паузата без ток би означавало, че след включване на транзисторите няма да се заредят напълно. Резултатът от това би означавало влошени условия на изключване, повишаване на загубите при изключване и възможност за повреда на силовите транзистори. Предвид изискванията за работа в зона, която е слухово неуловима, облекчаването на процеса на комутация и намаляване на загубите е неизбежно, тъй като работната честота от 16 kHz е на границата на възможностите на използваните транзистори.

Приведената схема, освен описаните части, съдържа също така и вериги, които осигуряват съвместимост със захранващата мрежа от гледна точка на радиосмущения и повишена устойчивост на системата към повреди от страна на мрежата. Също така, съдържа вериги, облекчаващи мрежата (A,B), които улесняват изключващите и включващи процеси на транзисторите, свеждащи по този начин до минимум загубите при изключване. Диодите VD1,VD2 се използват за защита на преобразувателя от повреда при евентуално грешно включване на входното напрежение. Съпротивлението R1 осигурява спадане на напрежението в междинните вериги след предхождащ момент на свръхнапрежение, който може да доведе до блокиране на действието на преобразувателя. Варисторът R2, заедно с филтъра на междинните вериги L2, L3 и C15, C16, C17 ограничава върховете на свръхнапрежението. Съпротивленията R3, R4, R5 се използват за деление на напрежението на междинните вериги на последователно свързаните кондензатори C15-C17 и за захранване на регулатора при стартиране на преобразувателя. Съпротивителният делител R6, R7 се използва за снемане на големината на входното напрежение. Датчиците на ток TR2, TR3 се използват за бързо изключване на транзисторите при нарастване на тока над граничната стойност, например при късо съединение в първичната верига или при пробив на някой от силовите елементи. RC членове "D" осигуряват динамично и статично деление на напрежението в последователно свързаните диоди D7, D8 и намаляване на ефектите от комутацията. Обратната връзка на токовия контур се затваря през шунта R10. Захранващият блок N осигурява захранване на регулиращите вериги от контактната мрежа при старта на преобразувателя. Блокът F3 поема собствената консумация при нормално действие. Дроселите L4, L10 филтрират входния ток.

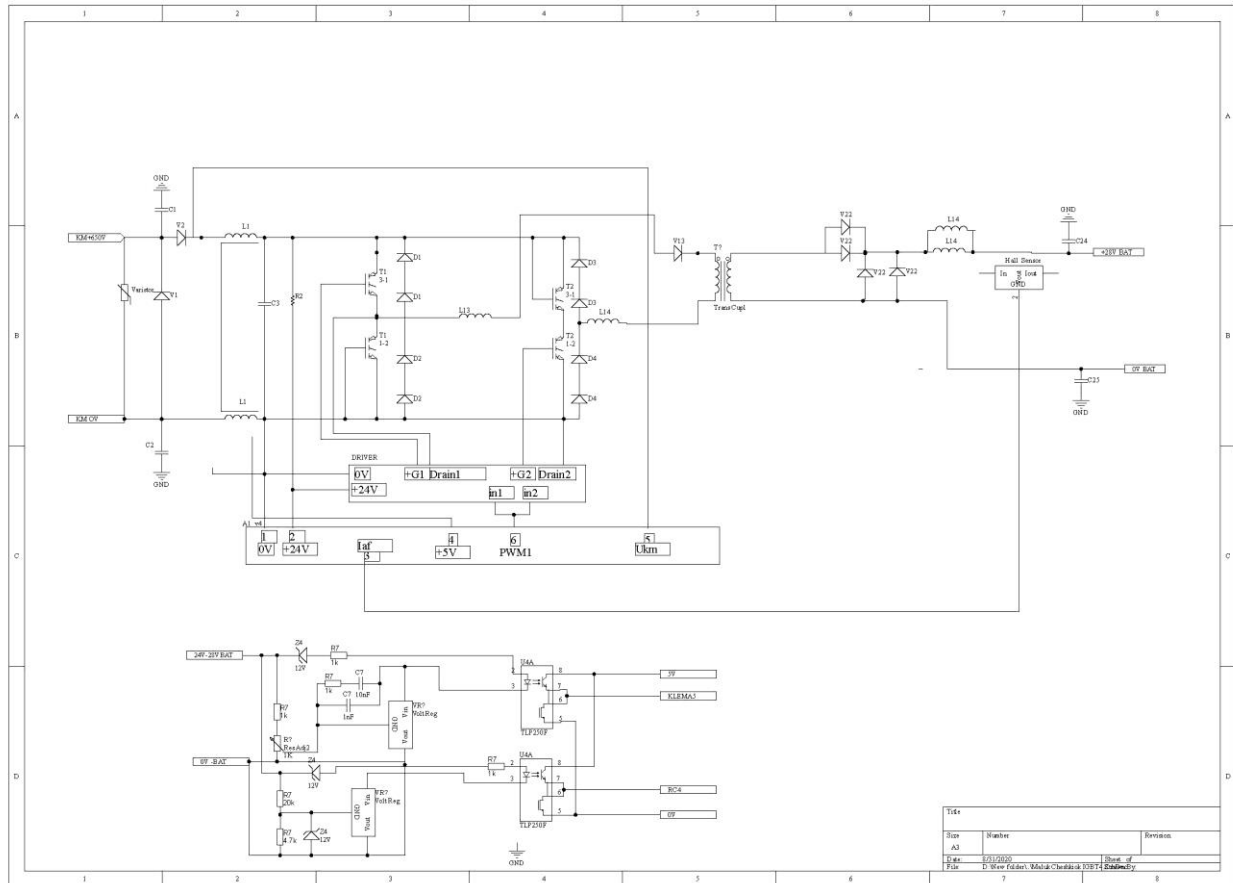
Действието на силовата верига е следното:

След включване на транзистора, токът нараства в зависимост от товара. Едновременно с това се получава зареждане на кондензаторите на филтриращата верига C11 и C12 чрез последователното им включване към L11, L14 и VD12, със синусоидални трептения с малка стръмнина на тока, които не са опасни за транзистора, докато не се удвои големината на захранващото напрежение. След изчезване на трептението, двата кондензатора са свързани паралелно през диодите VD11, VD14 и са заредени до потенциала на колектора на транзистора.

При изключване на транзистора токът на товара се поема от тези кондензатори и по време на изключването, напрежението на товара се поддържа на нивото на това на колектора. Транзисторът изключва без пренапрежение и без принудителен ток. Зарядът на двата кондензатора се отвежда в товара. С включването на транзистора, филтриращата верига е приготвена за повторно действие.

2. МОДЕРНИЗАЦИЯ НА СТАТИЧЕН ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ТИП PS 01 ЗА ТРАМВАЙНИ МОТРИСИ

Модернизацията включва проектиране и изработване на ново бързодействащо управление на СП, с нов алгоритъм и нов софтуер. Управлението е съставено от три модула, основен блок, драйверно стъпало и модул за обратна връзка. Силовата схема на модернизираният контролер и блокът за управление блокът на драйверите и схемата на обратните връзки е показана на фиг.2



Фиг. 2. Модернизирана електрическа схема на СП

Силовата част, диодите, транзисторите, дроселите и кондензаторите остават са същите от фиг.1.

Обратната връзка по ток и напрежение е реализирана посредством съвременни елементи и сензори на Хол интегрирани в токовите измерители HESS100 на производителя LEM и стабилитрон TL431, както и на бързодействащи оптрони TLP250F, които се съгласуват с микропроцесора по вход и изход. Същите елементи се използват в обратните връзки на съвременните ETC, трамвайните мотриси T8M-700 IT и тролейбусите Solaris 26Tr и 27Tr.

Драйверният блок е изграден с полумощни MOSFET комплементарни транзистори, които се управляват посредством IR2125-27, интегрална схема използвана в управлението на драйверите за IGBT транзистори във всички съвременни возила.

Блокът за управление на драйверите и обработка на сигналите от обратните връзки е изпълнен с четири входни порта, два от които следят входното напрежение и ток и два следят изходното напрежение и ток. Освен тези 4 порта има и 2 порта, които следят сигналите от обратните връзки на двата гейта на IGBT транзисторите. Управлението следи и вътрешната температура на СП, като тази обратна връзка липсва по температура я няма в изпълнението от фиг.1. Блокът за управление освен

бързодействие има и много по-малка консумация на енергия, което повишава надеждността на продукта.

Алгоритъмът на работа е заложен в софтуера и е изпълнен в пълно съответствие с първоначалните зададени параметри от производителя, като е модернизиран съобразно съвременните изисквания за експлоатация и поддръжка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направеното изделие е реализирано, тествано и се експлоатира в “Столичен електротранспорт” ЕАД. Използвани са възможностите и предимствата на IGBT и микропроцесорната технология, даващи редица приоритети по отношение на бързодействие на направените защити по ток и напрежение и по-висока надеждност на продукта. Това гарантира висока енергийна ефективност на режимът на работа на СП и безотказност на транспортното средство, автоматична софтуерна настройка в зависимост от конкретните изисквания на режима на работа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Българанов А. Електрически транспорт. София, 2009 г.
- [2] Българанов Л., Павлов Г., И. Миленов, Ч. Джамбазки. Електрозадвижване, София, 2009 г.
- [3] Павлов Г., В. Димитров. Ръководство за проектиране по електрообзавеждане, София, 2010 г.
- [4] Техническа документация на статичен преобразувател SP 01

MODERNISATION OF STATIC CONVERTORS OF THE PS 01 A TRAM MOTRICE

Lyubomir Sekulov, Georgi Pavlov, Vasil Todorov, Peter Bodurov, Martina Tomcheva

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

Key words: *static converter, electric transportation vehicles, tram motrice, public transport*

Summary: *Static converters (SC) are widely applied devices in electric transport vehicles (ETV) for direct and alternate current. Their key function is to ensure the required power-supply parameters and their stabilisation for the auxiliary loads in ETV, to maintain the power charge level of batteries and the work of the electromagnetic brakes (EMB).*

Static converters of the PS 01 type are widely used in tram carriages of smaller assembly sizes. Their power circuit is designed with IGBT transistors and a microprocessor module of the primary control side with a low cycle frequency of 4Mhz of the primary control side and slow feedback from the primary to the secondary control side, which results in certain operational difficulties and reduces the reliability of the device.

The report presents the designing and modernisation of the static converter controls by the use of a new and faster contemporary microprocessor control module with a cycle frequency of 32Mhz, new fast drivers, a new working algorithm and a new software. The control system has been modernised and made compliant with the requirements of modern IGBT technology.