



ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА ТЯГОВ ИМПУЛСЕН РЕГУЛАТОР ЗА ЕЛЕКТРИЧЕСКО ПРЕВОЗНО СРЕДСТВО

Мартин Златков
dj_marti79@mail.bg

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

Ключови думи: *електромобил, импулсен регулатор, контролер, широчинно импулсен регулатор, постояннотоков електродвигател, тягово електрораздвижване, ШИМ.*

Резюме: *В доклада е показана технологията за изграждане на силовата, драйверната и управляващата част на импулсен регулатор. Той работи на принципа на широчинно-импулсна модулация. Използва се за регулиране на мощността на всякакви постояннотокови консуматори, включително електродвигатели. В конкретния случай е предвиден за регулиране на мощността на тягово постояннотоков колекторин електродвигател за електрическо превозно средство.*

Импулсния регулатор намира приложение от малки до много големи тягови електрораздвижвания. Например: електротротинетки, инвалидни колички, електроскутери, електроциклети, голф колички, градинска техника, водими електрокари, високоповдигачи, електрически влекачи, електрокари, електромобили, трамваи, тролейбуси, метромотриси, електровози и др.

В конкретния случай специфичните особености са няколко:

- паралелна работа на множество MOSFET транзистори (48 броя);
- паралелна работа на множество импулсни диоди (48 броя);
- прецизното организиране на охлаждането на изброените по-горе елементи;
- механичното закрепване на изброените по-горе елементи;
- извеждането на силовите тоководещи шини от корпуса на контролера;
- снемането на тяговия ток от тоководещите шини и разпределянето му към електронните елементи;

ИМПУЛСЕН РЕГУЛАТОР

При проектирането и изграждането на силов електронен блок - импулсен регулатор е необходимо да бъдат съобразени доста технически особености:

- Корпуса на целия апарат трябва да бъде здрав и добре затворен тъй като ще се използва в превозно средство. В същото време корпусът трябва да осигурява добро охлаждане, здраво механично закрепване на електронните елементи в него и добра изолация на електронните елементи от него;



Фиг. 2. Разположение на 48-те импулсни диода върху алуминиевия охладител



Фиг. 3. Голяма (плюсова) входно-изходна шина

ТРАНЗИСТОРНИ ГРУПИ

Транзисторните групи са закрепени и свързани аналогично на диодните (фиг. 4). На малката анодна шина са запоени 48-те дрейна на MOSFET транзисторите (фиг. 4). Разположени са от лявата и дясната страна на радиатора. Минусова (дясна) входна шина притиска 24 транзистора (на фиг. 4 все още не е поставена). Минусовата (лява)

изходна шина притиска другите 24 транзистора (фиг. 4). Изводите на транзисторите са удължени и цялостно изолирани с шлаух. Медните проводници с които са удължени спомагат за допълнително отвеждане на топлина а също така действат като балансиращи нискоомни резистори. Дрейновете завършват със спойка върху „малката” анодна шина. От нея 12 проводника са свързани с болтове към (лявата) минусова изходна шина, която отива към електродвигателя според горната половина на силовата схемата на фиг. 1. Шината (отляво) притиска 24 MOSFET транзистора [4], като освен че ги държи механически, спомага и за тяхното охлаждане и от предната им страна (фиг. 4). Сорсовете завършват със спойка върху малка сорсова шина. От нея 12 проводника са свързани с болтове върху минусовата (на фиг. 4 все още не е поставена отдясно) входна шина (захранване „-“) според долната половина на силовата част на схемата на фиг. 1. Шината (отдясно) притиска другите 24 MOSFET транзистора.



Фиг . 4. Транзисторни групи и силови шини.

СИЛОВИ ШИНИ

Силовите входно-изходни шини на контролера са изработени от месинг със сечение 120mm^2 . По този начин, при номинално натоварване токовата плътност в тях, не надвишава 2 A/mm^2 . Те осигуряват връзки на силовите кабели на батерията с контролера и с електродвигателя. За удобство при монтажа на контролера и опроводяване на схемата на електрозадвижването силовите шини са изведени двустранно. Позволяват единия извод на шината да е вход а другия изход (за плюсовата), тоест през вътрешността на контролера може да протече целия тягов ток. Отворите в краищата на шините са $\Phi 10$ и са предвидени с болт $M10$ да се закрепят кабелните обувки на силовите кабели.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ТЕСТОВЕТЕ

Тестовите на контролера бяха направени с електродвигател модел ДКБ 4/2,2/28ТАН-1 монтиран на мястото на ДВГ на автомобил Форд Фиеста.

Данни на електродвигателя:

- $U_H - 22V$
- $I_H - 236A$
- $P_H - 4kW$
- $F_H - 2800 \text{ об/мин}$

Електрически параметри на контролера в работно състояние:

- Напрежение на входа на контролера под товар – $U_{bat} = 22 V$
- Напрежение на изхода на контролера под товар – $U_{nomT} = 21,4 V$
- Номинален ток през контролера – $I_{nom} = 300 A$;
- Максимален ток през контролера (с претоварен електродвигател) – $I_{max} = 600 A$
- Топлина в радиатора на контролера – не е отчетена.

Номиналната мощност подавана към тяговия електродвигател се изчислява с формулата:

$$(1) \quad P_{nomT} = U_{nomT} \cdot I_{nomT} = 21,4 \cdot 300 = 6420, W$$

Консумираната мощност от токоизточника се изчислява с формулата:

$$(2) \quad P_{bat} = U_{bat} \cdot I_{nom} = 22 \cdot 300 = 6600, W$$

Коефициента на полезно действие на разработения импулсен регулатор при конкретните условия описани по-горе е:

$$(3) \quad \eta = \frac{P_{nomT}}{P_{bat}} = \frac{6420}{6600} = 0,972$$

ИЗВОДИ:

След проведените тестове, измервания и изчисления бяха направени следните изводи:

- С потенциометъра на контролера се управлява коефициента на запълване тоест-напрежението, поради което ускорението на електродвигателя не е достатъчно плавно. Необходимо е преработка на управлението така че то да се извършва по ток.

- Извеждането на силовите шини от двете страни на контролера създава изключително удобство при монтажа и асемблирането му в електрическото превозно средство.

- Получените резултати опровергават твърдението, че нисковолтовите тягови електрозадвигания не са рентабилни и реализират големи загуби.

- Доброто топлоотвеждане на топлината от корпусите на транзисторите създава предпоставка за ниската температура на кристалите им. Поради това импулсния регулатор издържа по-големи претоварвания от предвидените по предварителни изчисления при температура на кристала на транзистора $T_C=100^\circ C$.

- Осьществено е охлаждане от конвективен тип (самовентилация), което е от съществено значение при конкретното приложение в електрическо превозно средство. Естественото охлаждане има значителни преимущества пред принудителното охлаждане, където имаме зависимост от работоспособността на вентилатора, шум и замърсявания с прах.

- Съществува разминаване между теоретичния к.п.д $\eta_T=0,98$ и реалния к.п.д $\eta_P=0,972$. Това вероятно се дължи на неточно отчитане на напрежението поради

импулсия му характер на изхода от контролера. Поради това обстоятелство е необходимо провеждане на допълнителни задълбочени изследвания на разработения силов електронен блок.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] <https://www.quartz1.com/price/PIC/415N0072200.pdf>
- [2] <https://eandc.ru/catalog/detail.php?ID=8682>
- [3] https://eandc.ru/pdf/diod/2d213_kd213.pdf
- [4] <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/68169/IRF/IRF530N.html>

DESIGN AND BUILDING OF LOW-VOLTAGE ELECTRIC PWM MOTOR SPEED CONTROLLER

Martin Zlatkov
dj_marti79@mail.bg

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

Key words: *electric car, pulse regulator, controller, wide pulse, regulator, direct current, electric motor, PWM, electric vehicles, traction electric drive.*

Abstract: *The report shows the technology for building the power, driver and control part of a pulse regulator. It works on the principle of pulse width modulation. It is used to regulate the power of any direct current consumers, including electric motors. In the specific case, it is intended to regulate the power of a traction DC collector electric motor for an electric vehicle.*

The impulse regulator is used in small to very large traction electric drives. For example: electric scooters, wheelchairs, electric scooters, electric bicycles, golf carts, garden equipment, guided electric trucks, forklifts, electric tractors, electric trucks, electric cars, trams, trolleybuses, metro trains, electric locomotives, etc.

In this particular case, there are several specific features:

- *parallel operation of multiple MOSFET transistors (48 pieces);*
- *parallel operation of multiple pulse diodes (48 pieces);*
- *the precise organization of the cooling of the elements listed above;*
- *the mechanical fastening of the elements listed above;*
- *removing the power busbars from the controller housing;*
- *the removal of the traction current from the current-carrying busbars and its distribution to the electronic elements;*