

ЗАРЯДНИ УСТРОЙСТВА ЗА ТЯГОВИ АКУМУЛАТОРНИ БАТЕРИИ – ПРОБЛЕМИ И РЕШЕНИЯ

ст.ас. Атанас Иванов Димитров, БСУ

CHARGING DEVICES FOR TRACTION BATTERIES – PROBLEMS AND SOLUTIONS

Atanas Ivanov Dimitrov

Abstract: *This paper addresses some problems in multilevel DC-DC converters suitable for traction batteries charging. A modified scheme of three level DC-DC converters based on the two full bridge converters with reduced number of active components is suggested. The functionality of proposed DC-DC converter is analyzed for wide range of input and battery voltage.*

Key words: *3-level DC-DC converter, traction battery*

Въведение

Бързите темпове, с които се разраства автомобилният парк в световен мащаб, непрекъснато увеличаващата се цена на петрола и налагането на все по-големи мерки от правителствата за ограничаването на вредните емисии отделяни от конвенционалните превозни средства, постави нови предизвикателства пред автомобилната промишленост. Предприетите действия от страна на производителите доведоха до разработването на алтернативни транспортни средства, в които двигателите с вътрешно горене (ДВГ) имат второстепенна роля, или биват изцяло заменени от електродвигатели.

Основният енергиен източник в електро-мобилите са тяговите акумулаторни батерии (ТАБ). Възстановяването на капацитета им е сложен електрохимичен процес, а изборът на подходящ алгоритъм за реактивирането на активният материал на плочите най-често се влияе, както от достъпното време за заряд, така и от мощността на зарядното устройство [1]. По дефиниция на **Advanced Lead Acid Battery Consortium** – ALABC [2, 3], при използване на алгоритъм за бърз заряд, времето за пълното зареждане на батерията не трябва да надхвърля 4 часа, като 80% от капацитета и трябва да бъде възстановен за не повече от 15 минути и/или 50 % за не повече от 5 минути. Това налага използването на мощни зарядни устройства (ЗУ), осигуряващи ток на заряд до 2 пъти номиналният им капацитет. Конвенционалните ЗУ (ферорезонансни, линейни и тиристорни) са подходящи предимно за стационарна употреба, заради големите си габарити и тегло. Те все по-често биват заменени от високочестотни мощни преобразуватели, които освен намалени физически параметри имат по-голям коефициент на полезно действие и намалени пулсации на изходното напрежение и ток [4].

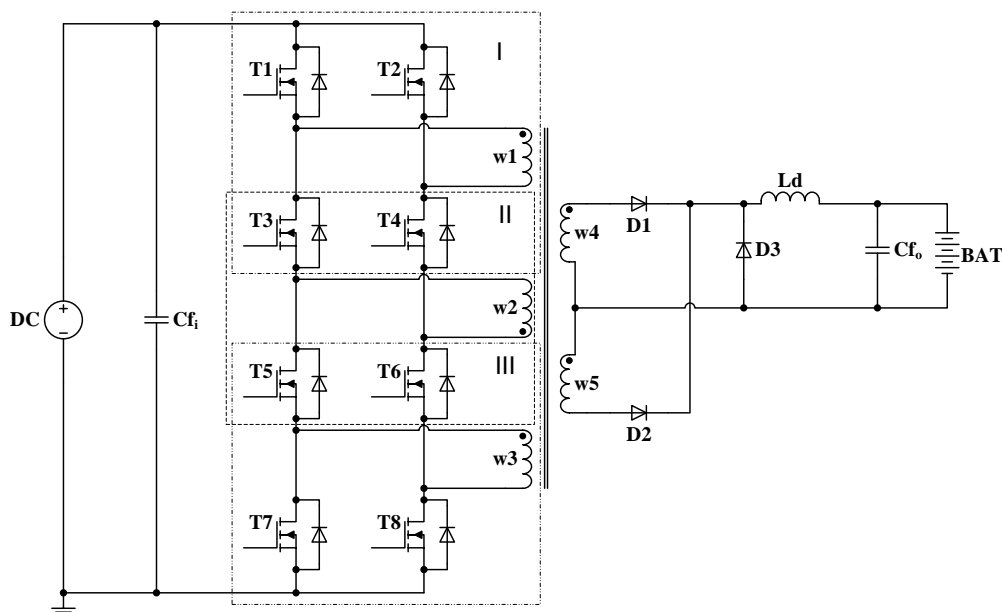
Постигането на необходимата мощност на ЗУ, често налага използването на многозвенни импулсни преобразуватели, които са съставени от еднотипни звена

мултиплицирани в зависимост от необходимата мощност. Използването на такива многозвенни структури обаче е съпроводено с редица проблеми. Един от тях е намалената ефективност заради загубите в големият брой полупроводникови елементи. Намалването на загубите в следствие на комутацията също винаги е актуален проблем. Известните схемни решения и техники, при които превключването на силовите прибори се осъществява при нулев ток и/или напрежение [5÷7], не винаги могат да се приложат при многозвенните структури заради матричната структура на свързване на звената. Несиметрията в отделните звена също може да доведе до значително натоварване на полупроводниковите елементи с по-добри показатели и от там до тяхното дефектиране. Използването на съгласуващ реактор решава в частност този проблем при паралелна работа на две звена [1]. Използването му обаче е неуспешно в случаите на три или повече звенна структура, заради увеличавения брой на съгласуващите реактори и малкият му ефект при голяма несиметрия в изходите на звената.

Целта на настоящата публикация е да представи схема на 3-звене DC-DC преобразувател с намален брой на силовите транзистори, свързани последователно спрямо входното напрежение и споделящи един трансформатор с което отпада необходимостта от използването на съгласуващи реактори, подходяща за зареждане на мощни тягови оловни АБ.

Принципна схема на 3-звене DC-DC преобразувател

На фиг.1 е показана принципната схема на 3-звене DC-DC преобразувател за заряд на ТАБ. Особеност на схемата е, че тя е съставена от два последователно свързани мостови преобразувателя с общ трансформатор с три последователно свързани първични (w_1 , w_2 и w_3) и две вторични намотки (w_4 и w_5) със средна точка. За показаната схема първото звено се състои от транзисторите T1 ÷ T4, второто звено от транзисторите T3 ÷ T6, а третото от транзисторите T5 ÷ T8.

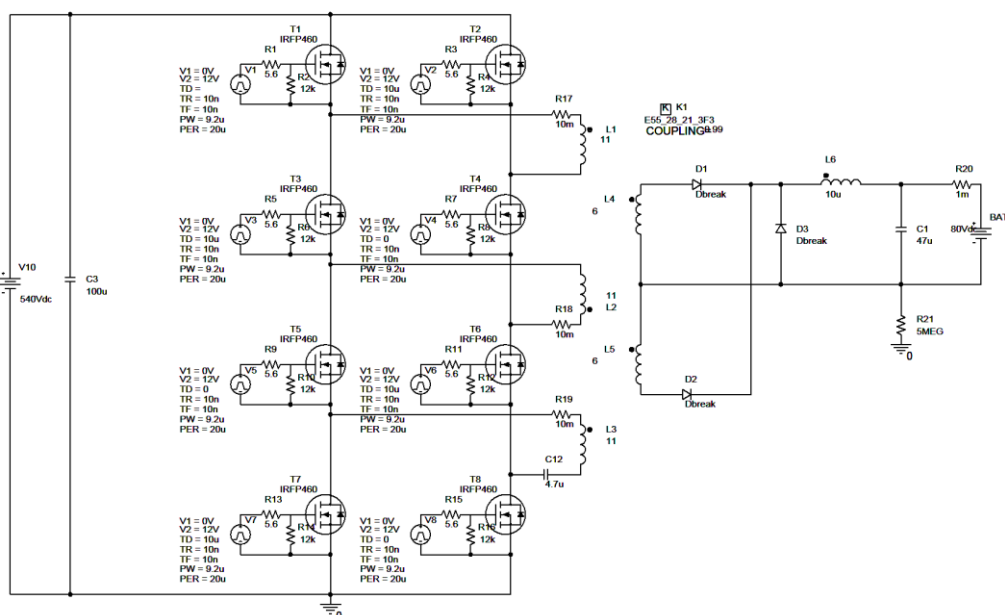


Фиг.1 Принципна схема на тризвене DC-DC преобразувател

Последователното свързване на преобразувателите изисква в даден момент от време в единият полупериод да са отпушени транзисторите T1, T4, T5 и T8, а в другият полупериод транзисторите T2, T3, T6 и T7.

Симуляционни резултати

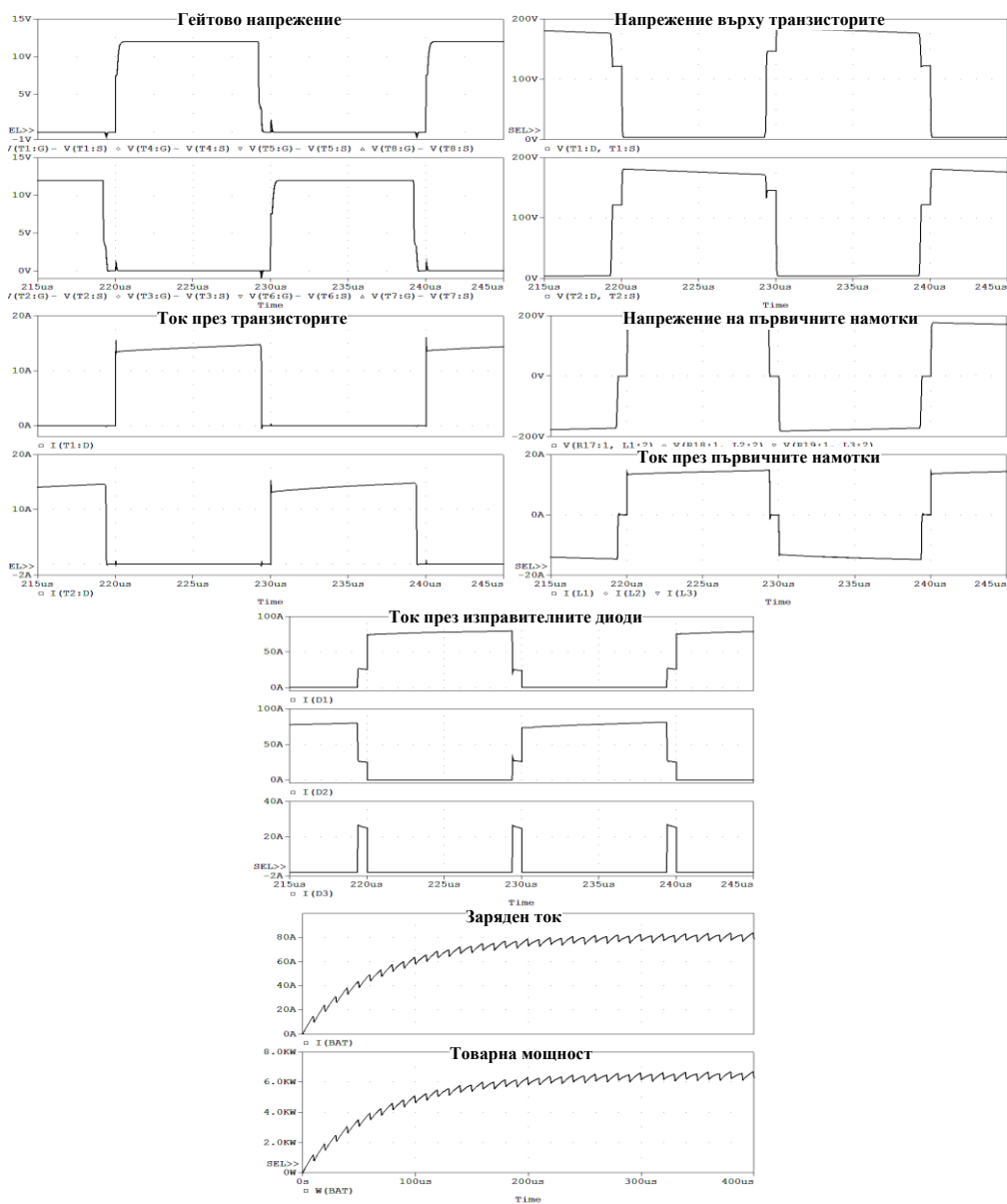
За нуждите на анализа на действието на схемата е разработен еквивалентен PSpice модел показан на фиг. 2. Прието е, че схемата се захранва с постоянно напрежение $V10 = 540V$, получено след двуполупериодно изправяне и изглаждане на трифазно напрежение със схема Ларионов. В еквивалентният модел, акумулаторната батерия е моделирана посредством линеен модел на Тевенен състоящ се последователно свързани източник на напрежение със стойност 80V и резистор R20, отразяващ вътрешното съпротивление на батерията. Източниците на импулси от V1÷V8 моделират управляващите импулси подавани към гейтовете на транзисторите. За трансформатора е използван модел на магнитна сърцевина E55_28_21_3F3 на фирмата Ferroxcube и е оразмерен за изходна мощност 6 kW, като броят на навивките е $w1=w2=w3=11$ и $w4=w5=6$. За транзисторите е използван модел на фирмата International Rectifier IRFP460, а диодите са моделирани чрез идеализирани модели.



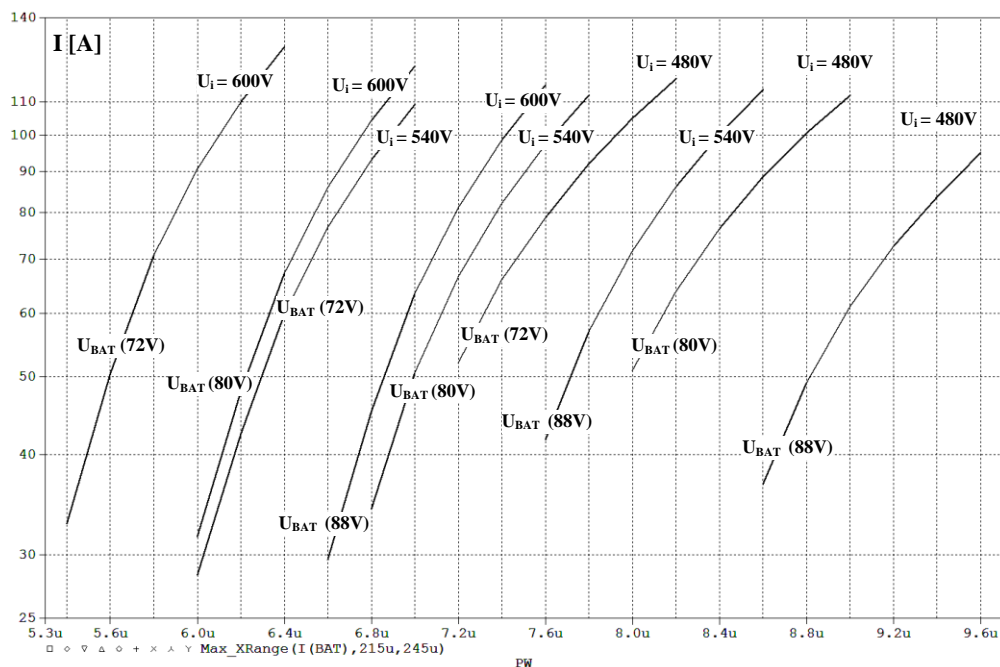
Фиг. 2 Еквивалентен PSpice модел на предлаганият 3-звенов DC-DC преобразувател

Времедиаграмите описващи принципа на действие на преобразувателя са показани на фиг.3. От тях се вижда, че заради последователното свързване на DC-DC преобразувателите, входното напрежение на всяко звено е приблизително три пъти по-малко от захранващото напрежение, като по този начин се дава възможност при оразмеряването на схемата да се изберат транзистори с напрежение на пробив между дрейна и сорса по-малко от захранващото и по този начин да се избегне задължението да се използват високоволтови и високочестотни транзистори, които респективно биха увеличили себестойността на устройството.

Интерес представлява да се изследва функционалността на схемата за по-голям диапазон на промяна на товара, както и възможността за поддържане на неизменен заряден ток при промяна на захранващото напрежение. На фиг. 4 са показани семейство регулировъчни характеристики при промяна на захранващото напрежение $U_i=(480\div 600V)$ и промяна на напрежението на АБ от $U_{BAT}=(72\div 88V)$.



Фиг.3 Времедиаграми характеризирани функционалността на схемата



Фиг.4. Регулировъчни характеристики на изследваният 3-звенов DC-DC преобразувател

От показаните регулировъчни характеристики се вижда, че преобразувателят може да работи в голям диапазон на промяна на входното напрежение и едновременно с това да осигури постоянен заряден ток (80A), променяйки ширината на управляващите импулси в границите от $5.9\mu s \div 9.35\mu s$.

Заклучение

В доклада е представена схема на 3-звенов DC-DC преобразувател работеща с намален брой силови транзистори и подходяща за зареждане на мощни ТАБ.

Споделянето на общ трансформатор и последователното свързване на първичните намотки на трите преобразувателя премахва необходимостта от използването на съгласувачи реактори, като по този начин опростява цялостното схемно изпълнение на преобразувателя, без това да доведе до дефектирането на звеното с добри параметри.

Направеното изследване на функционалността на схемата при различни стойности на захранващото напрежение и напрежението на АБ (фиг.4) показва, че схемата може да работи в голям диапазон на промяна на тези параметри и едновременно с това да осигури заряден ток с постоянна стойност.

При по нататъшна работа по схемата може да се изследва нейната функционалност при фазово управление на звената с цел намаляване на загубите в силовите прибори.

Литература

- [1] Димитър Д. Юдов, Атанас Ив. Димитров Несиметрия в двузвнен DC-DC преобразувател предназначен за заряд на тягови акумулаторни батерии , Електротехника и Електроника 1-2/2009 стр. 57-63, 2009
- [2] C. Alaoui and Z. Salameh, "Experiments in fast charging lead acid electric vehicle batteries," *2003 IEEE 58th Vehicular Technology Conference. VTC 2003-Fall (IEEE Cat. No.03CH37484)*, IEEE, 2003, pp. 3326-3331.
- [3] Z.M. Salameh and B.G. Kim, "Advanced lithium polymer batteries," *2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting*, IEEE, 2009, pp. 1-5.
- [4] Nasser H. Kutkut, Deepak M. Divan, Donald W. Novotny, Design, Raymond H. Marion, Considerations and Topology Selection for a 120-kW IGBT Converter for EV Fast Charging *IEEE Trans. On Power Electronics*, vol. 13, no. 1, pp 169 – 178 january 1998
- [5] B.P. McGrath, D.G. Holmes, P.J. McGoldrick, and A.D. McIver, "Design of a Soft-Switched 6-kW Battery Charger for Traction Applications," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 22, 2007, pp. 1136-1144.
- [6] I. Colak and N. Tuncay, "High current, low voltage modular power converter for lead acid battery charging," *2008 IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies*, IEEE, 2008, pp. 1042-1046.
- [7] R. Liu, "Comparative study of snubber circuits for DC-DC converters utilized in high power off-line power supply applications," *APEC '99. Fourteenth Annual Applied Power Electronics Conference and Exposition. 1999 Conference Proceedings (Cat. No.99CH36285)*, IEEE, 1999, pp. 821-826 vol.2.