



---

---

## СИНХРОНЕН ЕДНОФАЗЕН ТОКОИЗПРАВИТЕЛ – ЧАСТ-1

доц. д-р Даниела Марева  
Бургаски свободен университет, ЦИТН

## SYNCHRONOUS SINGLE-PHASE RECTIFIER – PART-1

Assoc. Prof. Daniela Mareva, PhD  
Burgas Free University, Department CITN  
e-mail: [d\\_mareva@abv.bg](mailto:d_mareva@abv.bg)

**Абстракт:** *Токоизправителите със синхронно изправяне е техника за подобряване на ефективността на преобразувателите в силовата електроника. Състои се от паралелно еднопосочно свързване на диод и транзистор (обикновено мощен MOSFET). По този начин се получава по-малък спад на напрежението в права посока в сравнение при работа само на диод. Така се намаляват загубите в силовите ключове и респективно се повишава коефициентът на полезно действие на токоизправителя и от там на цялото устройство.*

*Целта на настоящата статия е да се изследват и сравнят енергетичните характеристики на синхронен мостов токоизправител, използван в AC/DC преобразуватели.*

**Ключови думи:** *мостов токоизправител, синхронен мостов токоизправител, енергетични характеристики.*

**Abstract:** *Synchronous straightening is a technique for improving the efficiency of power converters in power electronics. It consists of a parallel connection of a diode and a transistor (usually a powerful MOSFET). In this way, a rectifier characteristic is obtained, without a significant voltage drop in the forward direction associated with the diodes in the on state. As a result, power supplies run cooler and more reliably and save significant energy costs. The design of converters at high power shows that the use of synchronous rectifier gives a significant improvement in the efficiency of the whole device.*

*The aim of this article is to study and compare the energy characteristics of bridge and synchronous bridge rectifiers used in AC / DC converters.*

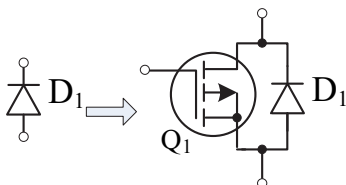
**Key words:** *bridge rectifier, synchronous bridge rectifier, energy characteristics.*

Тази статия описва MOSFET синхронен изправител, подходящ за използване в AC-DC преобразуватели.

Загубите в силовите вентили се проявяват негативно най-вече при токоизправители с ниско изходно напрежение и големи товарни токове. Загубите при проводимост на токоизправителя са пропорционални на произведението на неговия пад на напрежение  $V_F$  и тока в права посока  $I_F$ . Диодът в типичния диоден токоизправител се включва, когато напрежението между анода и катода ( $U_{ak}$ ) е положително и се изключва, когато  $U_{ak}$  е отрицателно. Възможно е да се ограничат загубите в отпушения диод, когато паралелно на него се включи транзистор (обикновено мощен MOSFET) с много по-малко съпротивление на канала.

Синхронното изправяне е техника за подобряване на ефективността на силови преобразуватели в силовата електроника.

Силовите MOSFET са идеални активни елементи за синхронно изправяне и имат много ниско съпротивление в права посока ( $R_{QF}$ ), което може да бъде десетки  $m\Omega$  или по-малко. Спадът на напрежението на това ниво на съпротивление е много по-малък от този на диод. На фиг.1 е показана замяната на диода с паралелно включени диод и транзистор.

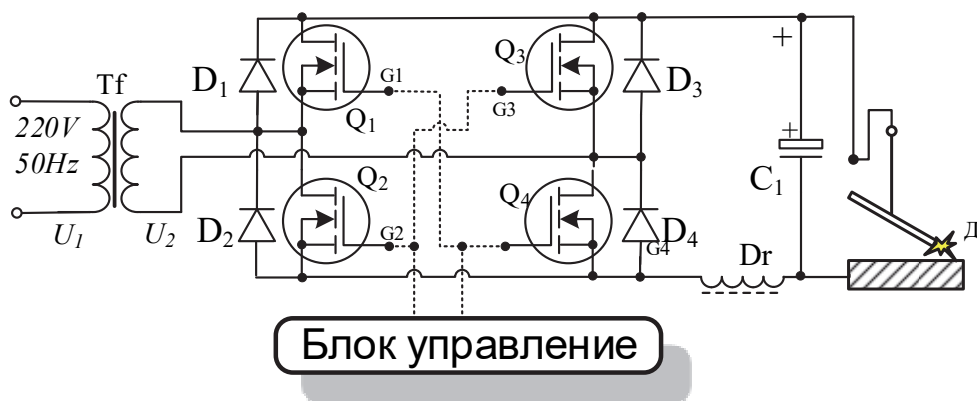


Фиг.1. Замяна на диода с паралелно включени диод и транзистор

Тъй като работата на транзистора се синхронизира по време с отпушеното състояние на диода, тези токоизправители са известни като синхронни токоизправители (SR).

Най-голямо приложение този метод има при преобразуватели с ниско напрежение (от 5 до 30V и токове през вентилите по-големи от 100 A).

Целта на настоящата публикация е да разкрие възможностите на синхронния токоизправител в конвенционалните заваръчни токоизточници при по-големи токове.



Фиг. 2. Схема на синхронен токоизправител (SR) на конвенционален заваръчен източник

На фиг.2 е показана схема на синхронен изправител на конвенционален заваръчен източник, където  $T_f$  е понижаващ силов трансформатор. Изправителният мост се състои от паралелно свързани транзистори  $Q_{1+4}$ , диоди  $D_{1+4}$  и LC филтър. Заваръчният детайл и електродът са означени с  $R_d$ .

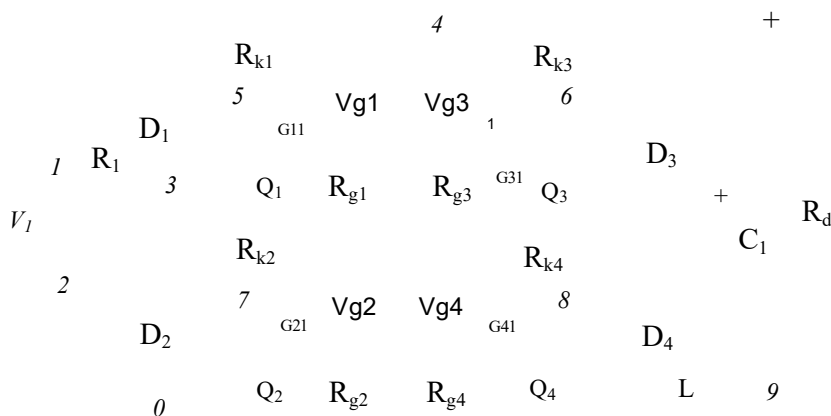
Блокът за управление е синхронизиран със захранващата мрежа и определя проходимото състояние на двойките транзистори според полуълната.

В PSPICE модела на заваръчния агрегат силовият трансформатор се приема като понижаващ идеален източник на напрежение и с отсъствие на загуби в реактивните



елементи. С активни съпротивления ( $R_{k1}$ ,  $R_{k2}$ ,  $R_{k3}$ ,  $R_{k4}$ ) се отчитат загубите в про- водниците.

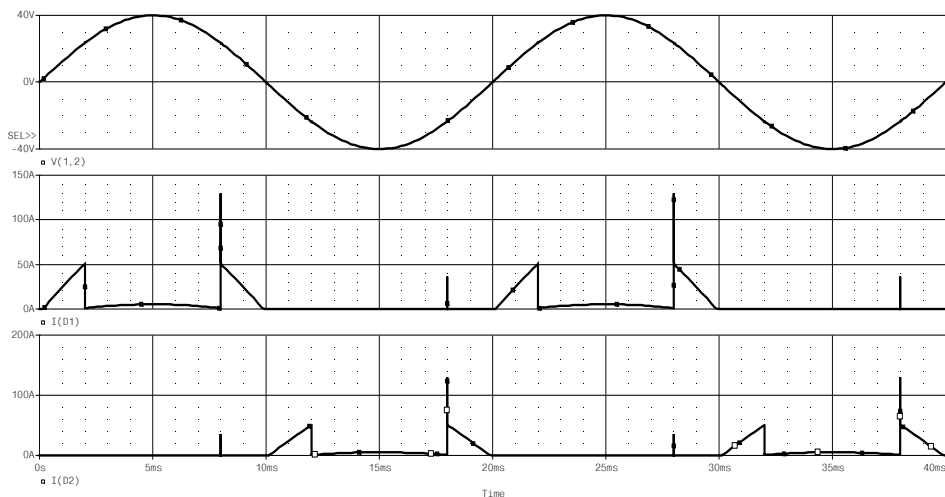
На фиг. 3 е показан PSPICE модел на заваръчния токоизточник.



Фиг. 3. PSPICE модел на заваръчния токоизточник

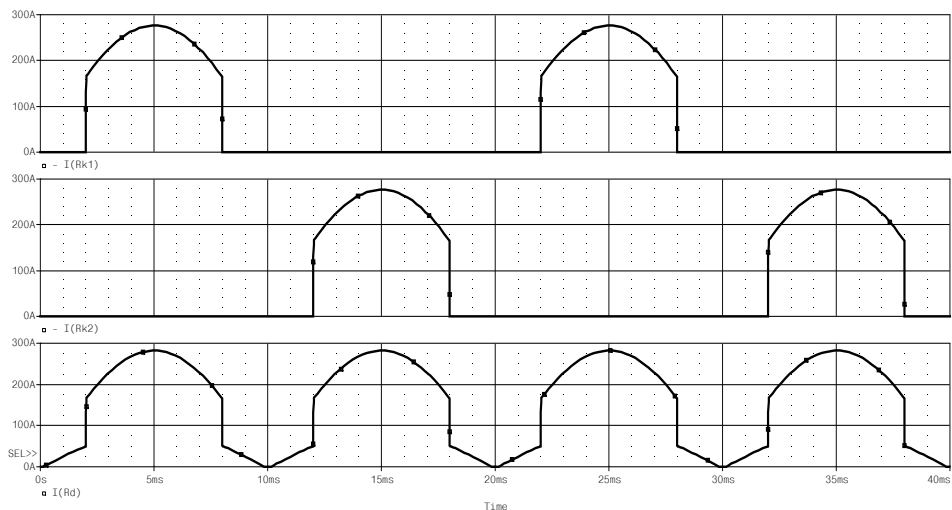
Техническите данни на изследвания модел са:  
захранващо напрежение  $V_1=40V$  с честота  $f=50Hz$ , товар  $R_d= 0,2\div 0,9 \Omega$ ,  $L=32mH$ ,  $C_1=100\mu F$ .

На фиг. 4 и фиг. 5 са показани времедиаграми при активен товар ( $L=0$ ,  $C_1=0$ ).



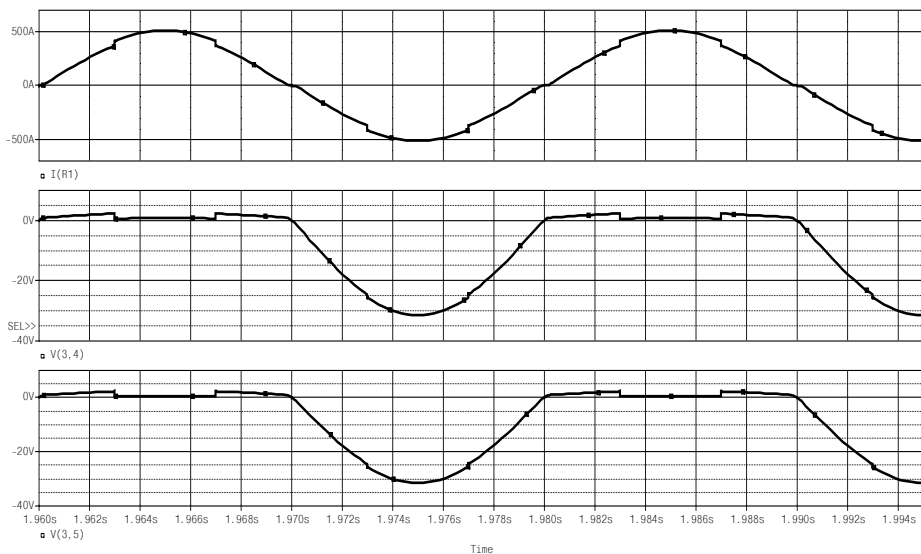
Фиг. 4. Времедиаграми на входното напрежение и на тока през диодите

От фиг. 4 се вижда, че диодите работят в комутационния интервал при преминаване на захранващото напрежение през нулата, а в този интервал транзисторите са надеждно запушени.



Фиг. 5. Времедиаграми на тока през транзисторите и тока през товара при активен (R) товар

Токът през транзисторите безстресово преминава при отпушване от съответния диод към транзистора и при запушване – от транзистора към диода.



Фиг. 6. Времедиаграми на консумирания ток от източника и падовете на напрежение върху транзисторите (V(3,5)) и диодите (V(3,4))



Транзисторите се отпушват в интервал симетричен спрямо средата на полуълната на захранващото напрежение и токът през тях е по-голям от тока през диодите.

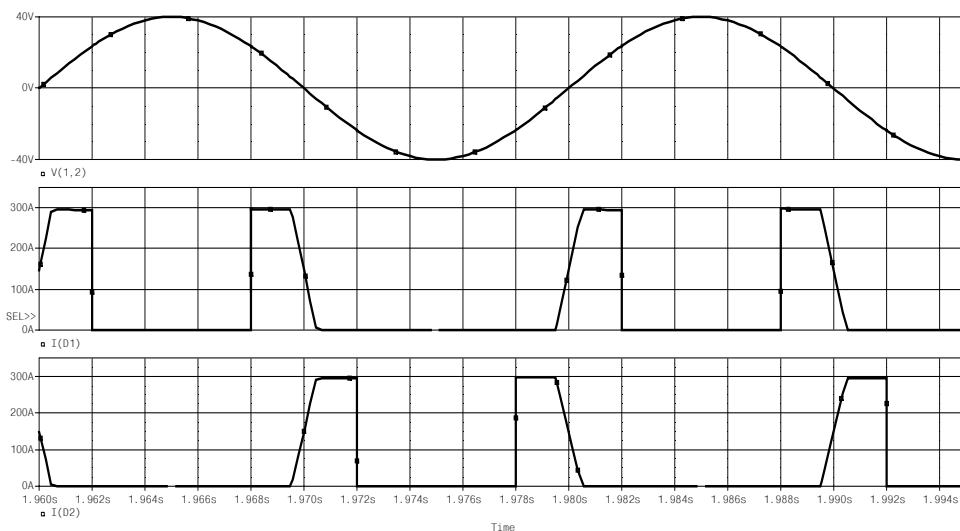
Вижда се, че диодът работи в началото и края на комутационния период, а транзисторът работи в по-голямата част от проводимия период между двата комутационни интервала.

По този начин се получава изправителна характеристика без значително спадане на напрежението в права посока, свързано с диодите във включено състояние. В резултат на паралелното включване на диод и транзистор, захранващите устройства работят при по-ниска температура, по-надеждно и с по-висок коефициент на полезно действие.

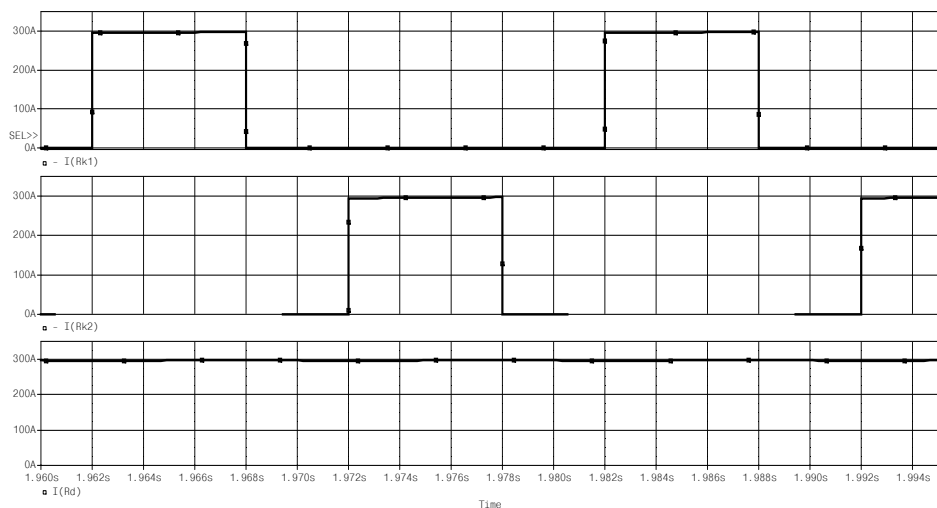
При заваряването токоизправителя работи при RL товар, за да се получи устойчива заваръчна дъга.

На фиг.7 са показани времедиаграми на работа на синхронен токоизправител (SR) при RL товар:

като  $L_1=32\text{mH}$   $R_d=0,2\Omega$

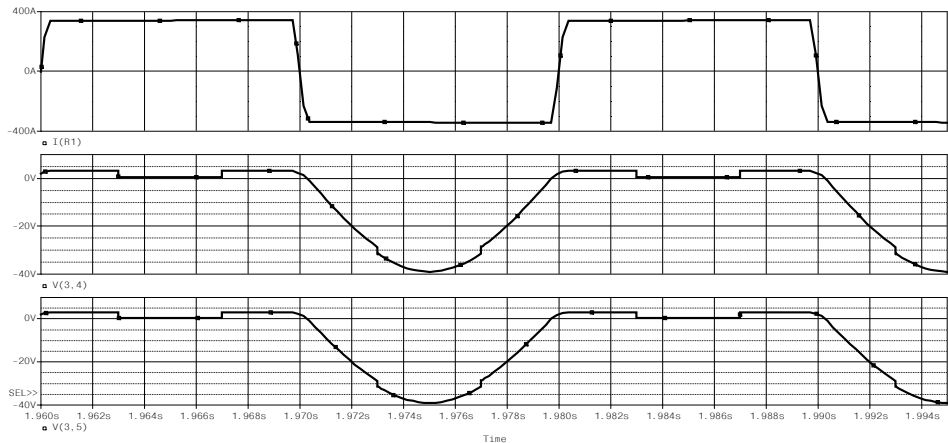


Фиг. 7. Времедиаграми на входното напрежение и тока през диодите при (RL) товар



Фиг. 8. Времедиаграми на тока през транзисторите и на тока през товара при (RL) товар

Токът през диодите и транзистора има правоъгълна форма, а токът през товара е идеално изгледен.



Фиг. 9. Времедиаграми на консумирания ток от източника и падовете на напрежение върху транзисторите и диодите

1. При RL товар формата на тока в диодите и транзисторите има правоъгълна форма.
2. Амплитудната стойност на тока в диодите и транзисторите е еднаква.
3. Съществува режим на взаимна комутация, при което два диода от съседни рамена са едновременно проводими.
4. Консумираният от захранващата мрежа ток е с правоъгълна форма и нулево дефазирание спрямо захранващото напрежение.



В част 2 са сравнени и оценени енергетичните характеристики на диодния токоизправител (D) и синхронния токоизправител (SR), като са получени мощностните характеристики и коефициентът а полезно действие на двата токоизправителя при промяна на товара, както и неговия характер (R и RL) и времето на проводимост на диодите и транзисторите.

Направени са изводи от изследването.

### Литература:

- Kanchev, H.C., Hinov, N.L., Arnaudov, D.D. and Hranov, T.H., *Current fed inverter application as a controllable DC load*, XXV International Scientific Conference Electronics (ET), 12-14 Sept. 2016, Bourgas, Bulgaria.
- Камен Д. Сейменлийски, Ц.Т.Цанев, Г.С. Тянова, *Ограничаване на неблагоприятното влияние на преобразователни устройства върху качеството на електрическата енергия*, Списание „ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И ЕЛЕКТРОНИКА“, бр. 3-4/1994 г.; ISSN: 0861-4717, 1994 г., Издание на „СЕЕС“, с. 22 – 26
- A. Van den Bossche and V. C. Valchev. *Inductors and transformers for power electronics*, Boca Raton: CRC press, 2005.
- Kamen Seymenliyski, Silviya Letskovska, Radoslav Simionov, Eldar Zaerov, *Modern Technological Solutions in Electricity Supply*, Годишник БСУ, 2018, с. 78 – 83, ISSN: 1311-221-X, Печатница „ЕКС-ПРЕС“ ООД – Габрово