

## ПРОЕКТИРАНЕ И РАЗРАБОТВАНЕ НА ЛАБОРАТОРЕН МОДЕЛ НА СИНУСОИДАЛЕН ИНВЕРТОР ЗА КОНСУМАТОРИ С МАЛКА МОЩНОСТ

**Христо Ибришимов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Технически университет-Габрово*

## DESIGN AND DEVELOPMENT OF A LABORATORY MODEL OF A PURE SINE WAVE INVERTER FOR POWER SUPPLY OF LOW POWER CONSUMERS

**Hristo Ibrishimov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Technical University of Gabrovo*

### **Abstract**

*This paper presents a laboratory model for the study of a sinusoidal inverter. The model is designed to train students with bachelor's and master's degrees at the Technical University of Gabrovo. The developed model is based on the board EGS002-control system and drivers for a single-phase sine wave inverter with low power and overload current protection. Experimental results of the realized single-phase sine wave inverter are presented.*

**Keywords:** Pure Sine Wave Inverter, SPWM, Photovoltaic.

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

Производството на енергия посредством възобновяеми източници заема все по широк дял от общото производство на електро-енергия. Увеличението на дела им е свързано и с увеличаване на изискванията за опазване на околната среда[1,3].

В последните години фотоволтаиците (PV) се превърнаха в най-евтиния източник на енергия в региони с голям слънчев потенциал. През 2000 г. в ТУ-Габрово е изградена автономна фотоволтаична система с обща инсталирана мощност 360 Wp. Автономната фотоволтаична система се състои от следните компоненти: фото-волтаични модули и механична конструкция, соларен контролер, акумулаторни батерии и табло за управление и измерване.

Ефективното използване на енергията от фотоволтаиците изисква наличие на допълнителни устройства за съхранение на енер-

гията (акумулатори) и преобразуватели за осигуряване на параметри, съответстващи (синхронизирани) с действителните на електрическата мрежа или на даден консуматор (зависим / независим синусоидален инвертор).

Един от най-важните елементи на фотоволтаичните системи е инвертора. От неговата ефикасност и цена зависи в голяма степен рентабилността на инсталацията [2,4].

Цел на настоящият доклад е реализирането на лабораторен макет на независим синусоидален инвертор за обучение на студенти в Технически университет Габрово.

### **ИЗЛОЖЕНИЕ**

Блокова схема на независим синусоидален инвертор на напрежение е представена на фиг. 1.



**Фиг. 1.** Блокова схема на лабораторен макет на независим синусоидален инвертор.

Основните блокове които съдържа са:

**Силова схема** - транзисторен преобразувател на напрежение;

**Повишаващ трансформатор** - включен в изхода на преобразувателя за осигуряване на напрежение със зададена амплитуда;

**Система за управление** - използва се готова система за управление на еднофазен независим синусоидален инвертор тип EGS002.

На базата на разработената блокова схема е синтезирана принципна схема показана на фиг. 2. Синусоидалният инвертор е реализиран по класическа мостова схема, в диагонала на която е включен повишаващия трансформатор[5-7]. Инвертора се захранва от акумулатор, включен към фотovoltaична централа с мощност 360 Wp. Обхвата на регулиране на изходното напрежение е в диапазона от 110 – 260 V. Въведена е обратна връзка по напрежение посредством мостов изправител D5-D8 и R10,R11 и RT2.

Въведена е максимална токова защита, сигнала се сема посредством шунтовия резистор R<sub>0</sub>. Посредством транзистора Q5 е предвидено включването на вентилатор за охлаждане. Температурата се измерва с допълнително включен температурен сензор NTC на вход 15 на системата за управление.

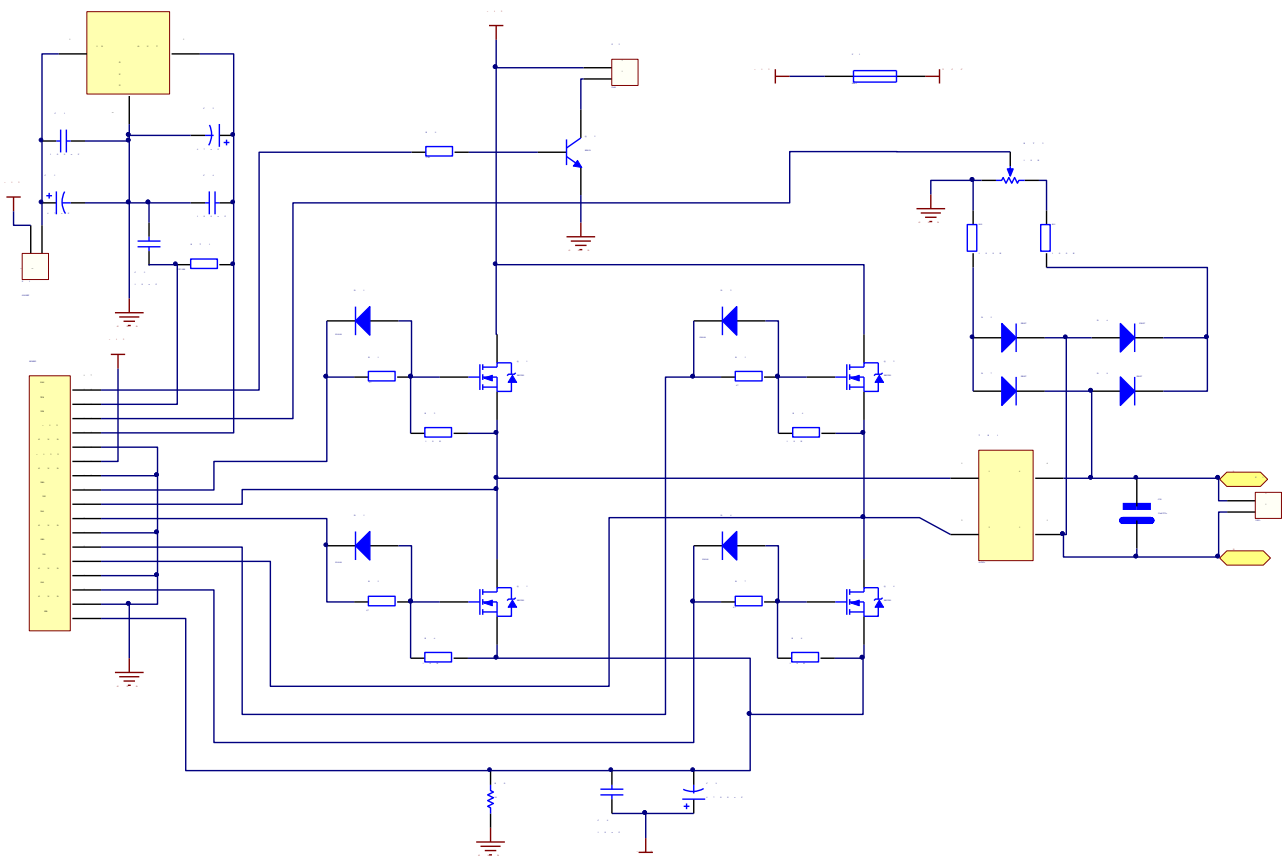
Системата за управление EGS002 е драйверна платка, специализирана за управление на еднофазен синусоидален инвертор. Използва се ASIC EG8010 като контролер и IR2110S - драйвери за управлението на MOSFET транзисторите. В системата за управление са интегрирани функциите на защита от напрежение, ток и температура, осигуряване на „мъртво време“ на транзисторите, софт старт, управление на вентилатор и LED предупредителна индикация.

EG8010 се прилага за DC-DC-AC двустепенна система за преобразуване на мощността или DC-AC едностепенна нискочестотна честотна трансформаторна система за инвертиране на напрежението. Посредством използването на EG8010 може да се постигне изходна честота 50 / 60Hz с висока точност, нисък хармоничен състав на тока и напрежението и ниски нива изкривяване на формата на изходната синусоида.

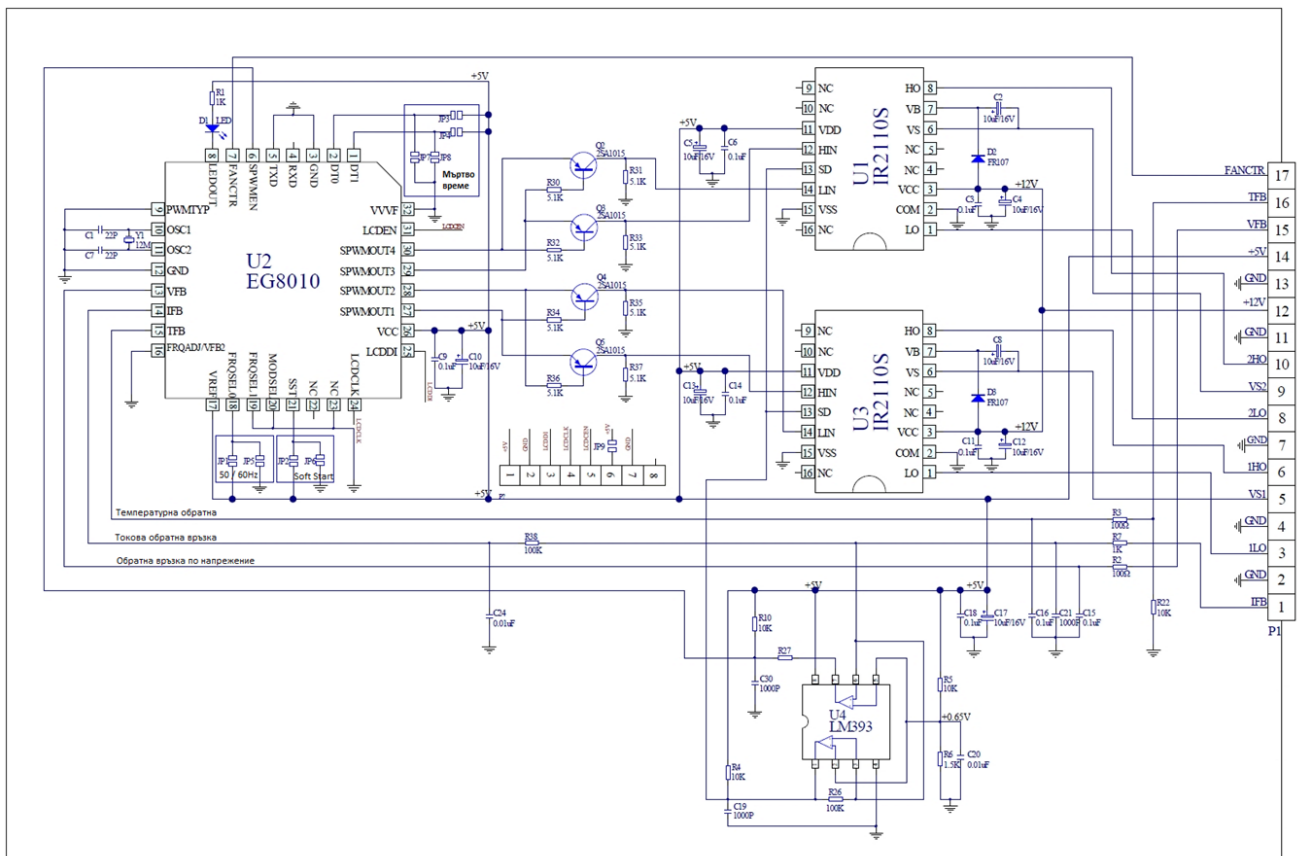
Основните възможности на системата за управление и техният избор посредством джъмperi е представен в таблица 1.

**Таблица 1.** Описание на входно изходните портове на системата за управление.

№	Име	I/O	Описание
1	IFB	I	Токова защита.
2	GND	GND	Маса.
3	1LO	O	Десен мост ниска страна.
4	GND	GND	Маса.
5	VS1	O	Десен мост висока страна, захранващо напрежение.
6	1HO	O	Десен мост висока страна.
7	GND	GND	Маса.
8	2LO	O	Ляв мост ниска страна.
9	VS2	O	Ляв мост висока страна, захранващо напрежение.
10	2HO	O	Ляв мост висока страна.
11	GND	GND	Маса.
12	12	12	Захранващо напрежение
13	GND	GND	Маса.
14	5	5	5 V оперативно напрежение.
15	VFB	I	Обратна връзка на изходното напрежение.
16	TFB	I	Температурна обратна връзка.
17	FANCTR	O	Управление на вентилатора.
*Изход за LCD дисплей			
*1	5V	5V	5V Захранване на LCD дисплей.
*2	GND	GND	Маса.
*3	LCDDI	I/O	LCD Serial Data.
*4	LCDCLK	O	LCD Serial Clock.
*5	LCDEN	O	LCD Chip Select.
*6	LED+	5V	5V захранване на LED подсветка.
*7	LED-	GND	Маса.



Фиг. 2 Принципна силова схема на лабораторен макет на синусодален инвертор



Фиг. 3 Принципна схема на система за управление и блок за индикация и заштити на лабораторен макет на синусодален инвертор

Конфигурацията на джъмперите е следната:

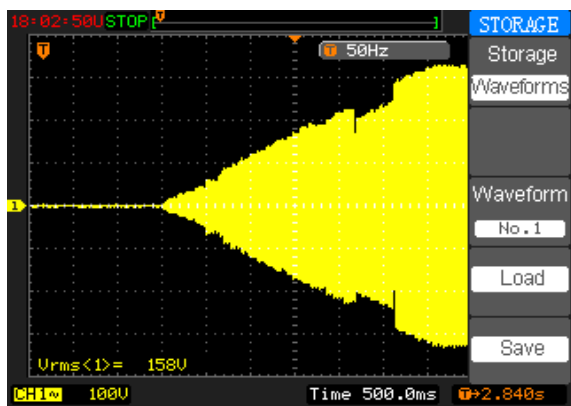
- JP1 – изходна честота 60 Hz;
- JP5- изходна честота 50 Hz;
- JP2- мек старт;
- JP6- изключване на мекия старт;
- JP7 и JP8 – мъртво време 300 ns;
- JP3 и JP8 – мъртво време 500 ns;
- JP4 и JP7 – мъртво време 1.0 us;
- JP3 и JP4 – мъртво време 1.5 us;
- JP9 – включена/ изключена подсветка;

Необходимите данни за изчисление на изходния трансформатор са : първично напрежение 12 V, Изходно напрежение 230 V, честота 50 Hz, мощност 180 VA. В таблица 2 са представени изчислените параметри на изходния трансформатор по методика представена в [Т Petrov].

Таблица 2. Изчисление параметри на изходния трансформатор.

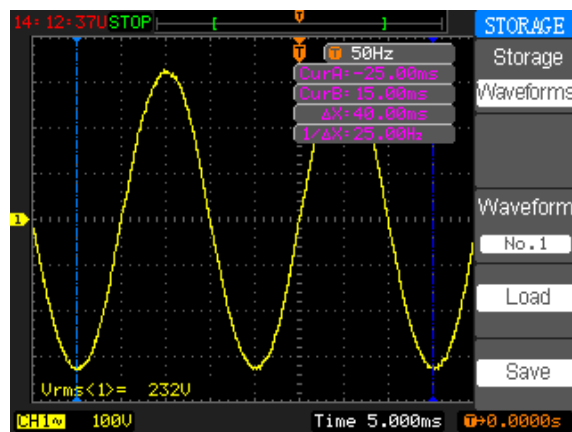
Ток в първичната намотка $I_1$ , A	17,54
Брой навивки на първичната намотка $w_1$	19
Брой навивки на вторичната намотка $w_2$	721
Сечение на ядрото $S_{cm}$ , $cm^2$	13,23
Диаметър на проводника на първичната намотка $d_1$ , $mm^2$	2,5
Диаметър на проводника на вторичната намотка $d_2$ , $mm^2$	0,42
Ток на празен ход $I_{пр}$ , A	0,97
Прегряване Q, K	72,7

На фиг. 4 е представен пусковия процес на инвертора с мек старт, 300 ms. На фиг.5 е представено изходното напрежение при празен ход на синусоидалния инвертор, ефективната стойност на напрежението е 232 V.

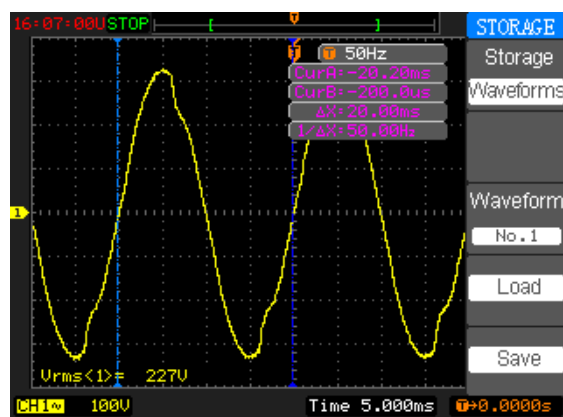


Фиг. 4. Пусков процес на независим синусоидален инвертор.

На фиг. 6 е представено напрежението в изхода при товар 60 W поялник с регулируема температура. Поради симисторния регулатор на температура в поялника, в изходното напрежение има наличие на хармонични съставлящи.

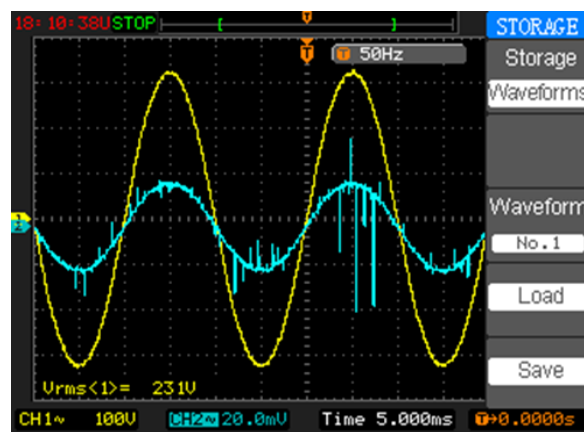


Фиг. 5. Изходно напрежение при празен ход.



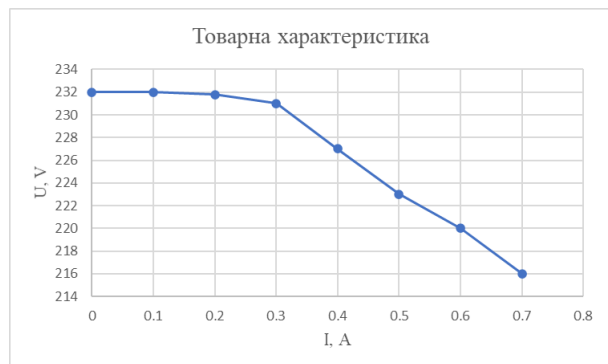
Фиг. 6. Изходно напрежение при товар симисторен регулатор.

На фиг.7 са представени и напрежението в изхода на инвертора при товар зарядно за лаптоп 120 W.



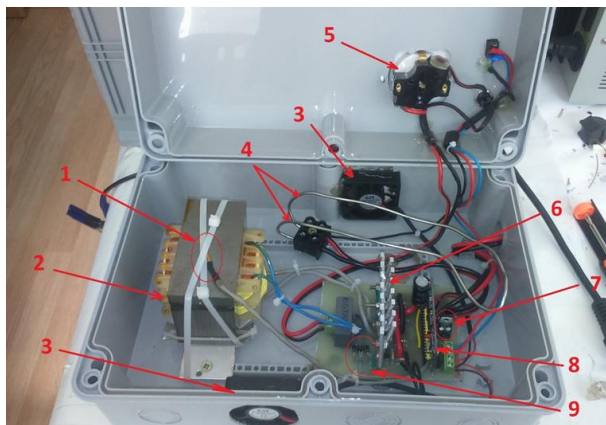
Фиг. 7. Изходно напрежение и ток при товар зарядно за лаптоп 120 W.

На фиг. 8 е представена товарната характеристика на реализирания лабораторен макет на синусоидален инвертор.



Фиг. 8. Товарна характеристика.

При товар 0,7 А изходното напрежение е 216 V, което отговаря на поставеното задание.



Фиг. 9. Общ изглед на лабораторния макет на синусоидален инвертор.

На фиг. 9 е показан готовият макет с елементите както следва: 1 – термистор за температурната обратна връзка; 2 – повишаващ трансформатор 6 V на 245 V; 3 – вентилатори за охлаждане; 4 – шунт за измерване на тока за защитата настроен опитно; 5 – контакт тип шуко за храняване на консуматор; 6 – охладител за силовите транзистори; 7 – стабилизатор на +5 V за оперативно напрежение; 8 – система за управление; 9 – обратна връзка по напрежение

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработен е лабораторен модел на синусоидален инвертор за обучение на студенти в Технически университет - Габрово. Изходното напрежение се изменя в допустимите граници с увеличаването на тока на товара. С представените осцилограми се доказва работоспособността на разработения макет. Макетът може успешно да се внедри в обучението на студенти за изследване на работата на инвертори на напрежение.

## ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] R. Haider, R. Alam, Nafisa Binte Yousuf and K. M. Salim, "Design and construction of single phase pure sine wave inverter for photovoltaic application," 2012 International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV), Dhaka, 2012, pp. 190-194, doi: 10.1109/ICIEV.2012.6317332.
- [2] M. B. Gulame, O. K. Kelkar, S. S. Thopate, C. Maloji Gadre and R. D. Kedari, "DESIGN OF SOLAR BASED PURE SINE WAVE INVERTER," 2018 Second International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), Erode, 2018, pp. 924-927, doi: 10.1109/ICCMC.2018.8487929.
- [3] A. S. K. Chowdhury, M. S. Shehab, M. A. Awal and M. A. Razzak, "Design and implementation of a highly efficient pure sine-wave inverter for photovoltaic applications," 2013 International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV), Dhaka, 2013, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICIEV.2013.6572634.
- [4] T. Latif, S. R. Reza, S. B. Afzal, M. M. Shabab and M. A. Razzak, "A constant current sine wave inverter using harmonic injection modulation with T-LCL immittance conversion topology," 2013 International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV), Dhaka, 2013, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICIEV.2013.6572608.
- [5] Madzharov, N., , Transistors converters for DC voltage. Gabrovo, Vasil Aprilov, 2003.
- [6]. Bobcheva, M., N. Gradinarov, N. Maleev, E. Popov, M. Anchev, Power electronics. Sofia, TU-Sofia, 1998.
- [7]. Bobcheva, M., S. Tabakov, P. Goranov, Power electronics convertors. Sofia, Techniks, 2002.