

КЛАСИФИКАЦИЯ, ОСОБЕНОСТИ, ПАРАМЕТРИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ХИБРИДНИ СОЛАРНИ ИНВЕРТОРИ

Мартин Златков,
dj_marti79@mail.bg

Любомир Секулов,
dolenfloyd@abv.bg

Петко Костадинов
petko_kostadinov@abv.bg

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

Ключови думи: :Мрежов инвертор, соларен инвертор, хибриден инвертор, фотоволтаични панели, соларни панели, стринг, стринг-инвертор, онгрит, офгрит, грит-тай, ю-пиш-ес, МППТ, тракер, пълна синусоида, модифицирана синусоида, соларен контролер.

Резюме: С появата на фотоволтаичните панели, се появи и нуждата от инвертори за преобразуване на произведената енергия с нужните параметри за захранваните консуматори. До скоро при соларните инвертори се разграничаваха две основни групи – островни служещи за захранване на групи от консуматори с ограничена мощност и мрежови инвертори на принципа на многото единици в големите соларни паркове работещи в синхрон с големи енергийни мрежи и отдаващи енергията към тях. Постепенното насищане на пазара със соларни модули (нови и употребявани) предизвика значително понижаване на цената им. От друга страна постоянното повишаване на цената на електроенергията направи възможно, работата на малките фотоволтаични електроцентрали да стане достатъчно рентабилна за осигуряване захранването на частни домове и малки фирми.

Захранването на група консуматори на островен принцип е свързано с много преразходи от страна - инсталирана мощност на системата, а работата на мрежовите е необходимо да се съгласува с доставчика на електроенергия, което се явява допълнителна пречка за изграждането на малки соларни системи. Появи се нуждата от т. нар. умни системи „Smart systems“, удовлетворяващи нуждите на определени групи потребители. Някои производители бързо се ориентираха и започнаха да добавят към своите продукти все повече функции и възможности за отдалечен контрол и мониторинг.

В доклада са разгледани параметрите и възможностите на няколко модела от най-разпространените инвертори, като е направена класификация според мощностите и напрежението на стринга, което определя мястото на присъединяването му в силовата му схема.

Увод

Хибридният соларен инвертор представлява устройство, намиращо приложение както при независещи от мрежата автономни (островни) соларни системи, като решения за собствена консумация, така и при свързани към мрежата енергийни

системи. Инверторът може да се използва и като чисто соларно аварийно захранване. Хибридният соларен инвертор съчетава в себе си инвертор с пълна синусоида с ефективен соларен контролер, мощно АС зарядно устройство и DC-AC инвертор. Хибридните инвертори са конструирани така, че да **не** връщат електроенергия в мрежата, но същевременно да имат опцията да са свързани с нея. Някои имат и опция да връщат енергия в мрежата.

1. Хибридни инвертори с нисковолтов стринг - PS, MPS, SPL, Voltronic Axpert

Хибриден инвертор Voltronic Axpert V 12V 1000W (фиг. 1) е с вграден соларен MPPT контролер за номинален ток до 40А с обхват на напрежението 17-80V DC [1].

Могат да работят в условия на пълен остров (без връзка с мрежа) произвеждайки ток с пълна синусоида, с качеството на този от мрежата.

Наричат се хибридни защото могат да захранват консуматора комбинирано от соларни панели, от акумулатори, а също така и от мрежата.

Когато няма слънце или резерв в акумулаторите, инвертора подава захранване към консуматорите (байпасно) през себе си от мрежата. Зареждайки акумулаторите от мрежата инверторът би работил като UPS. Възможно е тази функция да бъде забранена и акумулаторите да се зареждат само от соларните панели.

1.1. Характеристики:

- интегрира високоефективен синусоиден инвертор (PF = 1);
- интелигентно 3-степенно 20А зарядно от мрежа или генератор;
- задаване на приоритет на захранващия източник;
- диапазон на входното АС напрежение (90Vac – 280Vac);
- вградена функция за изравнителен заряд на акумулаторите;
- може да работи без батерии;
- програмируем заряден ток, според вида и размера на батериите;



Фиг. 1. Хибриден инвертор Voltronic Axpert V 12V 1000W

1.2. Технически Характеристики:

- номинална мощност - 1000VA/1000W;
- пикова мощност за 5 секунди - 2000W;
- фактор на мощността - 1.0;
- входящо АС напрежение - 90-280V AC ;
- входяща/Изходяща честота – 50 / 60Hz;
- изходящо напрежение - 230V AC±5%;
- изходяща синусоида – „Пълна синусоида“;
- входяща защита – Предпазител;
- ефективност - 95% (мрежов режим), 93% (режим инвертор);
- номинално DC напрежение - 12V;
- време за превключване - 10ms (режим UPS);
- заряден ток от АС - 20А;
- консумация без товар - 18W;
- консумация в режим „Енергоспестяване“ - 10W;



Фиг. 2. Хибридни инвертори Серия MPS/SPL

1.3. Соларно зарядно:

- вид, максимален заряден ток - MPPT, max 40А;
- максимална мощност от панелите - 500W;
- DC напрежение на системата - 12V;
- максимално напрежение от стринга - Voc 102V DC;
- обхват на напрежението на MPPT - 17-80V DC;

1.4. Марки

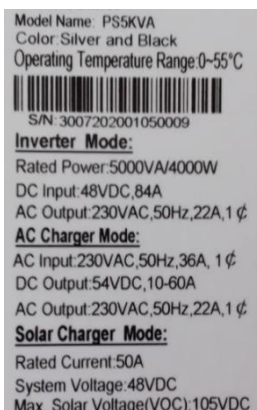
В България се срещат още като марки – MPS; EA sun (фиг. 4); Sumry (фиг. 5); I solar SPL 3K или I solar SPL 5K; Apex Solar [7]; EnerDC [8].

1.4. Модели

- Хибридни соларни инвертори се предлагат в 4 варианта (фиг. 2) [2][3]:
- PS1KVA, MPS 1K-24 – 1000W работещ с акумулатори 24V;
 - PS3KVA, MPS 3K-24 – 3000W (2400VA) работещ с акумулатори 24V;
 - PS5KVA, MPS 5K-48 – 5000W (4000VA) работещ с акумулатори 48V;
 - PS5KVA, MPS 8K-48 – 8000W (4000VA) работещ с акумулатори 48V;

2. Хибридни инвертори с високоволтов стринг - SMV III

Те са третото поколение хибридни соларни инвертори с голям набор от функции и възможности (фиг. 7 и 8).



Model Name: PS5KVA
Color: Silver and Black
Operating Temperature Range: 0-55°C
S/N: 3007202001050009
Inverter Mode:
Rated Power: 5000VA/4000W
DC Input: 48VDC, 84A
AC Output: 230VAC, 50Hz, 22A, 1ϕ
AC Charger Mode:
AC Input: 230VAC, 50Hz, 36A, 1ϕ
DC Output: 54VDC, 10-60A
AC Output: 230VAC, 50Hz, 22A, 1ϕ
Solar Charger Mode:
Rated Current: 50A
System Voltage: 48VDC
Max. Solar Voltage (VOC): 105VDC

Фиг. 3. Табела с параметри



Фиг. 4. Инвертор EAsun



Фиг. 5. Инвертор Sumry



Фиг. 7. Общ вид на SMV III

Дисплеят позволява откачане от инвертора и изместване на място което е удобно за вас (фиг. 6). Освен това има вграден Bluetooth, чрез който бързо и лесно от смартфон могат да бъдат наблюдавани параметрите и извършвани настройки. Подходящи за малки фотоволтаични инсталации за захранване на едно домакинство. Соларният контролер е MPPT за номинален ток до 80A, с обхват на напрежението 120-500V DC, което позволява включването на голям брой фотоволтаични панели последователно. Това спестява средства от кабели, намалява нужното сечение и пести време за монтаж на панелите [10].

2.1. Характеристики:

Вграден Bluetooth за лесна комуникация от телефона. Интелигентната функционалност позволява задаването на приоритет при избор на захранващ източник, като могат да бъдат подредени в следната последователност в менюто:

- USB Utility, Solar, Battery (мрежа, солар, батерия);
- SUB Solar, Utility, Battery (солар, мрежа, батерия);
- SBU Solar, Battery Utility, (солар, батерия, мрежа);

2.2. Технически Характеристики:

- номинална мощност - 5000VA/5000W;
- пикова мощност - 5 секунди, 10000W;
- фактор на мощността - 1.0;



Фиг. 6. Сваляем дисплей на SMV III



Фиг. 8. Охлаждане на хибриден инвертор SMV III 5kW (изглед

- входящо АС напрежение - 90~280V AC;
- входяща/изходяща честота - 50/60Hz;
- изходящо напрежение - 230V AC±5%;
- изходяща синусоида - „Пълна синусоида“;
- входяща защита – Предпазител;
- ефективност - 95%(линейно), 90-93%(режим инвертор);
- номинално DC напрежение - 48V;
- време за превключване - 10ms (UPS режим);
- зарядна характеристика - 3-степенна;
- заряден ток от АС - 60А;
- консумация без товар - 40W;
- консумация в режим „Енергоспестяване“ - 20W;

2.3. Соларно зарядно:

- вид, максимален заряден ток - MPPT, 80 А;
- максимална мощност от панелите - 4000W;
- максимално напрежение от стринга - Voc 500V DC;
- обхват на напрежението на MPPT - 120-450V DC.

2.4. Марки

В България хибридни соларни инвертори SMV III се срещат, като марките – Voltronic, MPP solar, EA sun, Voltronic Axpert, FSP IMEON 3.6, SOLAX, FSP [6] [9];

2.5. Модели

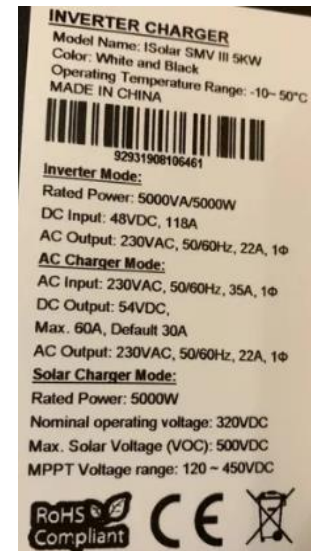
Предлагат се в 2 варианта:

- SMV III 3kW - 3000W работещ с акумулатори 24V;
- SMV III 5kW - 5000W работещ с акумулатори 48V;
- И при двата модела е възможна работата и със и без акумулатори.
- И при двата модела е възможна работата и със и без наличие на мрежа.

3. On-grid/Of-grid хибриден соларен инвертор

Представява трифазен хибриден инвертор с пълна синусоида, който може да работи с/без наличието на акумулатори. Притежава исокоэффективен соларен MPPT контролер. Може да се ползва като и аварийно резервно захранване. Налични комуникационни интерфейси. USB порт, както и RS232-вход. Инверторът има вградено устройство, ограничаващо връщането на излишната електроенергия в мрежата, което може да се активира/деактивира. Може да работи в паралел с до 6 устройства. Инверторът разполага с три режима на работа като:

- **Мрежова система с акумулатори:** Соларните панели захранват товара, зареждат батериите и връщат/не връщат излишъка в мрежата. Има възможност за настройване на приоритет за използване на соларната енергия, приоритетен източник за зареждане на акумулаторите, както и приоритетен източник за захранване на консуматорите.
- **Мрежова система:** Позволява връщане на цялата произведена соларна енергия обратно в мрежата (подходящ за продажба на електроенергия).



Фиг. 9. Табела с параметри



Фиг. 10. INFINI



Фиг. 11. FSP

- **Автономна система:** Произведената от фотоволтаиците енергия може да захранва консуматорите и зарежда батериите, като не може да връща излишната енергия обратно в мрежата. [4][5] (фиг. 12).

3.1. Марки

В България се срещат, като следните марки:

- Infinisolar 10KW (фиг. 10);
- FSP [1] (фиг. 11);

3.2. Основни характеристики:

Модел: Infinisolar-10KW-48
 Изход: Пълна синусоида, трифазен
 Номинална изходна мощност: 10000W
 Брой MPPT-тракери: 2
 Напрежение на акумулаторите: 48V
 Максимална соларна мощност: 14850W
 MPPT обхват: 400VDC ~ 800VDC
 Максимален PV вход: 900VDC
 Работна температура: -10°C - 55°C
 Степен на защита: IP20
 Размери ДхШхВ: 167,5x500x622 мм
 Тегло: 45 кг

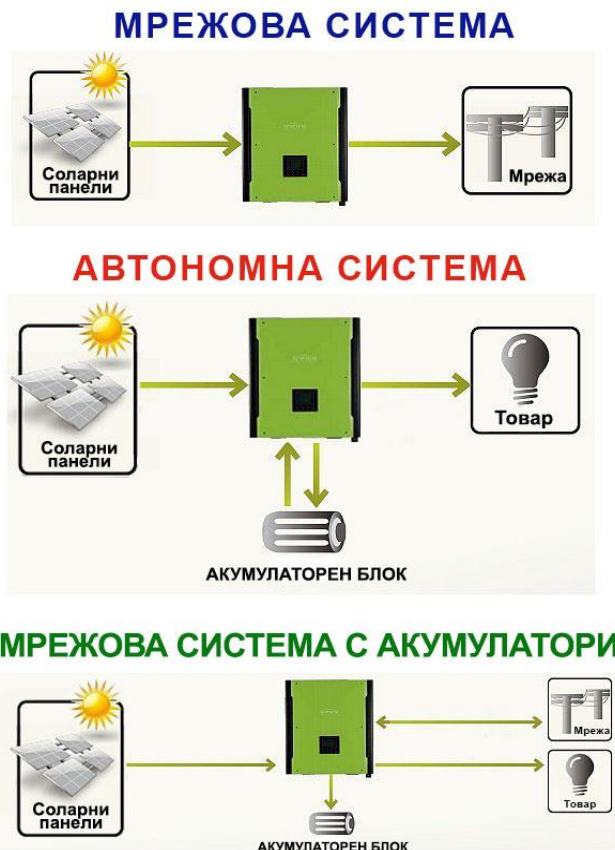
Изводи:

Използваните електрически схеми се различават основно по мястото на включване на стринга:

- при нисковолтов стринг (17-80V и 30-105V Серия MPS/SPL) същия е присъединен към нисковолтовата част на трансвертера – тоест към акумулаторите.
- при високоволтов стринг (120 - 500V Серия SMV III) същия е присъединен към високоволтовата част на трансвертера – тоест на 315V DC преди мрежовия инвертор.

От тези обстоятелства става ясно, че:

- използвано е интересно схемно решение на трансвертерната част, която освен, че работи като трансвертер от 48 към 230V, работи и в обратна посока от 230 към 48V, като зарядно устройство от мрежата.
- серията MPS/SPL са по-подходящи, когато е необходимо съхраняване на енергията преди нейното използване, тъй като стрингът е нисковолтов и подава енергията от соларните панели директно на акумулаторите. Тоест, произведената от слънцето енергия винаги минава през повишаващо устройство - трансвертер;
- серията SMV III са по-ефективни, когато произведената от соларите енергия ще се оползотворява на момента. Тоест, енергията не минава през повишаващ трансформатор, а само се преобразува от постоянно в променливо напрежение;
- общо казано, силовите схеми са две и начина им на управление е известен, основните разлики са във възможностите за настройка на приоритетите на работа на блоковете, в зависимост от различните потребности на потребителите;



Фиг. 12. Схематично представяне на работните режими на on-grid/of-grid хибриден соларен

- завидни са търговските уменията на Китайските производители, които нямат нищо против да стои друга марка върху изделието им, но бизнесът да върви.
- SMV III работи коректно и прецизно. Достатъчен е да захрани едно домакинство.

Информационни източници:

- [1] <https://solarhouse.bg/produkt/>
- [2] https://sunsolar.bg/web/files/products/720/document_1.pdf
- [3] https://sunsolar.bg/web/files/products/720/document_1.pdf
- [4] <https://xpi.bg/avtonomni-solarni-invertori-fsp>
- [5] <https://autosolar.es/pdf/InfiniSolar-10kW-Trif%C3%A1sico.pdf>
- [6] <https://te-mag.bg/product/>
- [7] http://apexsolar.bg/wp-content/uploads/2016/04/Manual-APEX-SOLAR-PWM-Series_BG.pdf
- [8] <https://shop.chepakov.com/invertor-enerdc-sineking-3000va>
- [9] <http://www.ed-energy.eu/node/187>
- [10] Инструкция за експлоатация на SMV III 5kW – 5kW

CLASSIFICATION, FEATURES, PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF HYBRID SOLAR INVERTERS

Martin Zlatkov, Lyubomir Sekulov, Petko Kostadinov,

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

Keywords: *Grid inverter, solar inverter, solar panels, hybrid inverter, photovoltaic panels, solar panels, string, string inverter, on-grid, off-grid, grid-tie, UPS, MPPT, tracker, full sine wave, modified sine wave, solar controller.*

Summary: *With the advent of photovoltaic panels, came the need for inverters to convert the energy produced with the necessary parameters for power consumers. Until recently, solar inverters were distinguished between two main groups - island power supplies for groups of consumers with limited power and network inverters on the principle of many units in large solar parks operating in sync with large energy networks and supplying energy to them. The gradual saturation of the market with solar modules (new and used) has caused a significant reduction in their price. On the other hand, the constant increase in the price of electricity has made it possible for the operation of small photovoltaic power plants to become sufficiently profitable to provide power to private homes and small businesses.*

Power supply to a group of consumers on an island basis is associated with a lot of overspending - installed capacity of the system, and the operation of the grid needs to be coordinated with the electricity supplier, which is an additional obstacle to building small solar systems. There is a need for so-called "smart system" systems that meet the needs of certain groups of users. Some manufacturers quickly orientated themselves and began to add to their products more and more features and capabilities for remote control and monitoring.

The report examines the parameters and capabilities of several models of the most common inverters, and is classified according to the voltage of the string, which determines the place of its connection in its power circuit.