

СЪВРЕМЕННИ СОЛАРНИ ПАНЕЛИ ИЗГРАДЕНИ ОТ ПОЛУКЛЕТКИ

Диляна Мицева, Ирена Божичкова, Мартина Томчева, Иван Бешовишки
D.mitseva@abv.bg, milenium_26@abv.bg, martito_666@abv.bg, ivanbeshovishki2@abv.bg

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
1574 София, ул. „Гео Милев“ №158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: *Фотоволтаичен панел, соларен панел, соларна клетка, соларна централа, соларен инвертор, мрежов инвертор, монокристална, тс4, полуклетка.*

Резюме: *Соларният панел е основният градивен елемент в соларните системи. В доклада се разглеждат различните конструкции на соларните панели. Направена е съпоставка на ефективностите и на значителен брой параметри при различните соларни панели. Дадени са чертежите и размерите на соларните панели. Показани са схемите на свързване на клетките при различните конструкции и асемблиране. Указани са начините по които е постигнато повишаването на мощността при новите соларни панели.*

УВОД

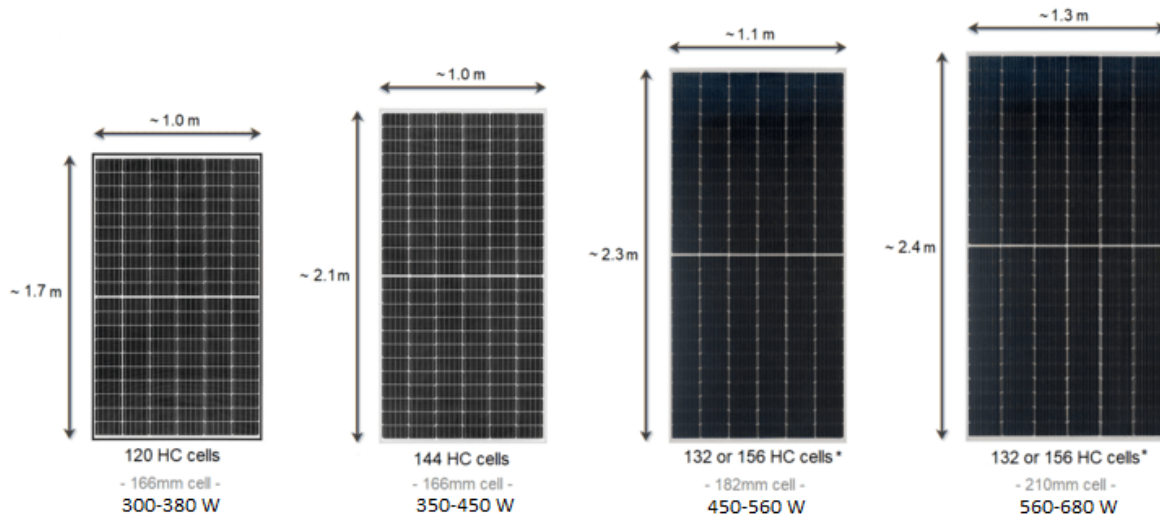
Намаляването на вредните емисии при производството електроенергия е от съществено значение. Поради тази причина, постигането на максимална ефективност при усвояването на слънчевата енергия чрез соларни панели е от първостепенно значение. Докато през изминалите десетилетия соларните панели се използват основно за построяване на соларни паркове, сега вече все по често започнаха да се инсталират и от битови потребители и малки фирми. Това налага допълнителни изисквания към соларните панели, като запазване на висока ефективност при повишена температура, устойчивост към моментни засенчвания и др. Новите панели са полуклетъчни двулицеви, поради което не са толкова чувствителни към засенчване, като същевременно са намалени загубите на енергия във вътрешните връзки. С увеличената им мощност вече, с по-малко панели се построява стринг и се попълва мощността на инвертора [1][2]. По-високата им ефективност, която вече надхвърля 22% позволява стрингът да бъде построен върху по-малка площ. Причините за разширяване обхвата на приложение на панелите са няколко: достъпната им цена, стремеж към енергийна независимост, полезно оползотворяване на неизползваемите покривни пространства, повишения КПД, екологичността им и др.

КЛАСИФИКАЦИЯ НА СОЛАРНИТЕ ПАНЕЛИ

Соларните панели за изграждане на фотоволтаични централи, като мощност са в диапазона 225-700W, като условно може да се каже, че за диапазона 300-700W се изработват от полу-клетки.

СЛЪНЧЕВИ ПАНЕЛИ ИЗГРАДЕНИ ОТ ПОЛУКЛЕТКИ

Полуклетъчната технология използва срязани наполовина клетки, като по този начин се постигат няколко положителни ефекта. Срещат се няколко размера на панелите асемблирани с такива клетки (фиг. 1) [5].



Фиг. 1. Размери и мощности на оларни панели изработени по полуклетъчна технология

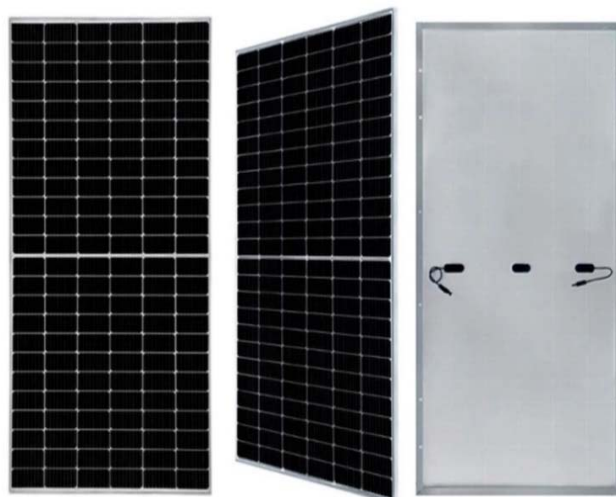
Причините за промяната клетката и схемата на свързване са няколко:

- BOS технологията или „Balance of Solar“ допринася за усредняване на параметрите на двете паралелно свързани групи клетки намиращи се в панела;
- Чрез използване на полуклетъчния дизайн токът през клетъчните шини се намалява, което води до намаляване на загубите;
- Скъсения път на тока през полуклетката понижава съпротивлението на клетъчните шини, което също води до намаляване на загубите;
- Двете паралелни групи се справят по-добре в определени ситуации на засенчване;
- Освен това по-малките (срязани наполовина) клетки изпитват намалено механично напрежение, като така се намалява възможността за напукване.
- Полуклетъчните панели са по-надеждни от тези с цяла клетка.

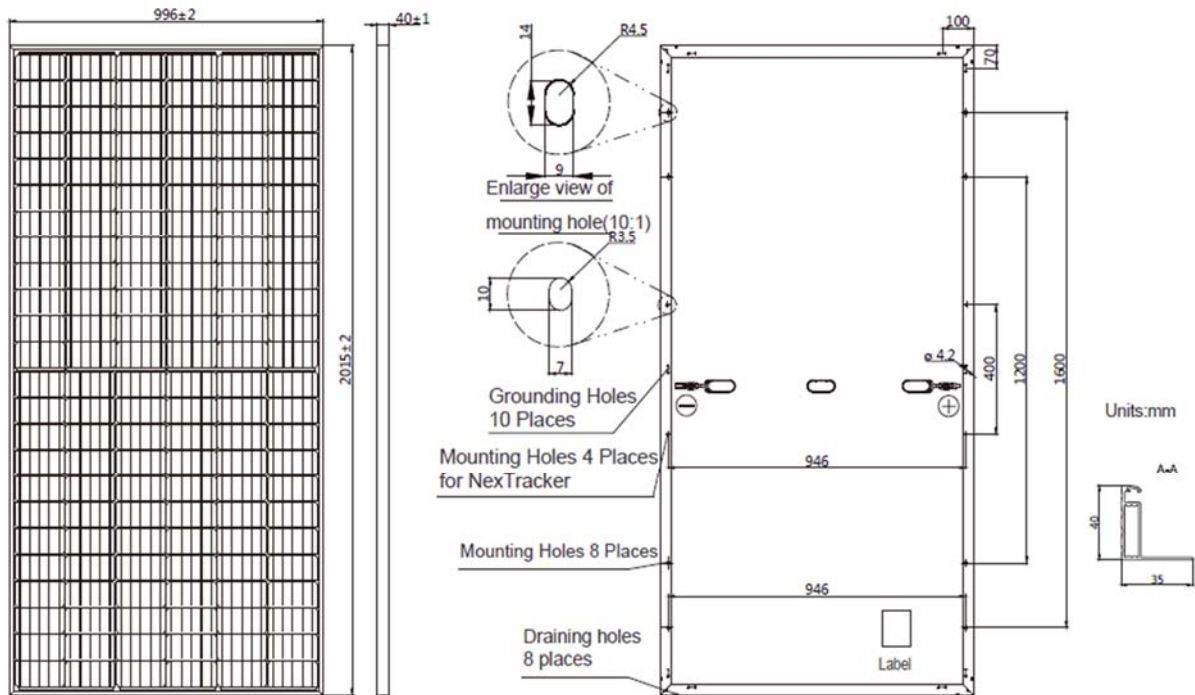
Полуклетка 156,75mm x 78,38mm

В диапазона 365÷380W и 390-400W панелът се състои от 144 полуклетки с размер 156,75mm x 78,38mm, разположени в 6 колони с по 24 реда (фиг. 2 и 3) [4] [6] [13] [14].

Всъщност горната „огледална“ половина представлява самостоятелен панел със 72 полуклетки, която е запаралелена в началото, на 24-тата, на 48-мата и на 72-рата клетка с долната „огледална“ половина (фиг. 4).

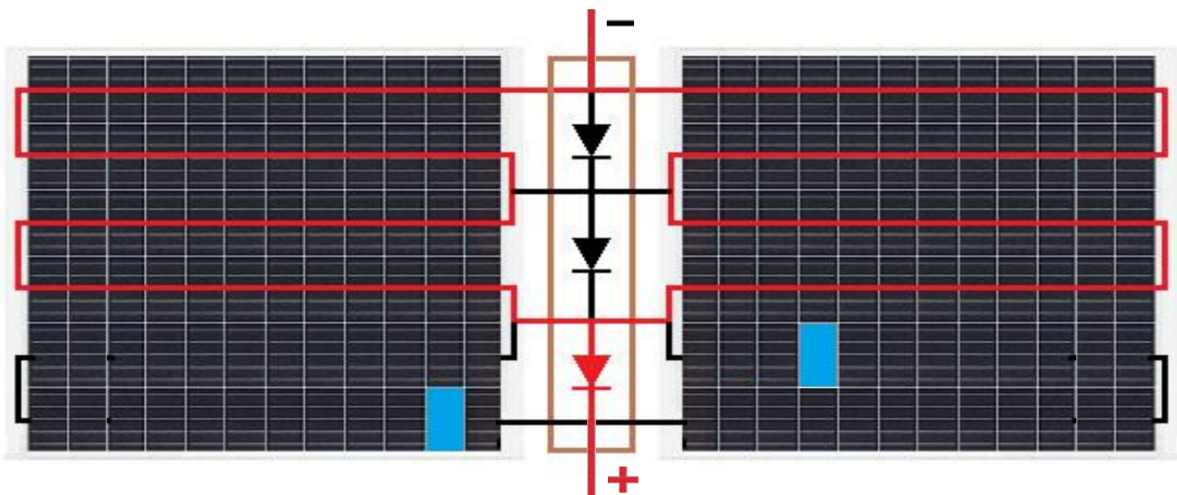


Фиг. 2. Общ вид на соларен панел 400W с



Фиг. 3. Размери на соларен панел 400W с полуклетки

В местата на запаралелванията са запоени изводите на трите байпасни диода (фиг. 4).



Фиг. 4. Схема на свързване на байпасни диоди на соларен панел 400W с полуклетки

Видно е от табл. 1, че сумарния ток на двете запаралелени групи е около 9,7А. Това подсказва, че шините на клетките са токово разтоварени, тъй като всяка от половините на панела работи с не-повече от 5А. За сравнение – шините на панелите с цяла клетка работят с ток около 10А.

Таблица 1. Електрически параметри на соларен панел с полуклетка 156,75mm x 78,38mm

Номинална максимална мощност (Pmax) [W]	365÷380W	390÷410W
Напрежение на отворена верига (Voc) [V]	48,05	50.12
Напрежение при максимална мощност (Vmp) [V]	39,8	41.76
Ток на късо съединение (Isc) [A]	10,09	10.37
Ток при максимална мощност (Imp) [A]	9,55	9.82
Ефективност на модула [%]	19,2	20.4%
Толеранс на мощността	0~+5W	0~+5W
Температурен коефициент на Isc (α_{Isc})	0.052%/°C	0.051%/°C
Температурен коефициент на Voc (β_{Voc})	-0.289%/°C	-0.289%/°C
Температурен коефициент на Pmax (γ_{Pmp})	-0.359%/°C	-0.350%/°C
STC	Облъчване 1000W / m ² , клетъчна температура 25°C, AM1.5G	Облъчване 1000W / m ² , клетъчна температура 25°C, AM1.5G

Табл. 2. Механични параметри на соларен панел с полуклетка 156,75mm x 78,38mm

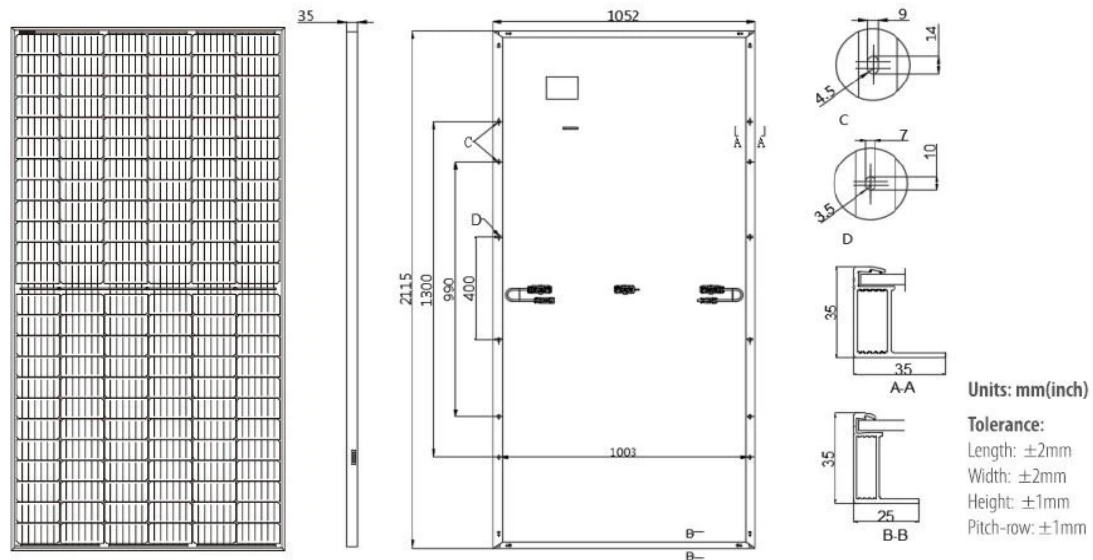
Клетка	Моно
Тегло	22,5 кг ± 3%
Размери	2000 мм × 991 мм × 40 мм
Размер на напречното сечение на кабела	4 мм ²
Брой клетки	144(6x24)
Разклонителна кутия	IP68, 3 диода
Съединител	QC 4.10 (1000V) / QC 4.10-35 (1500V)
Дължина на кабела (включително конектор)	1300 мм (+) / 1300 мм (-)

Полуклетка 166mm x 83mm

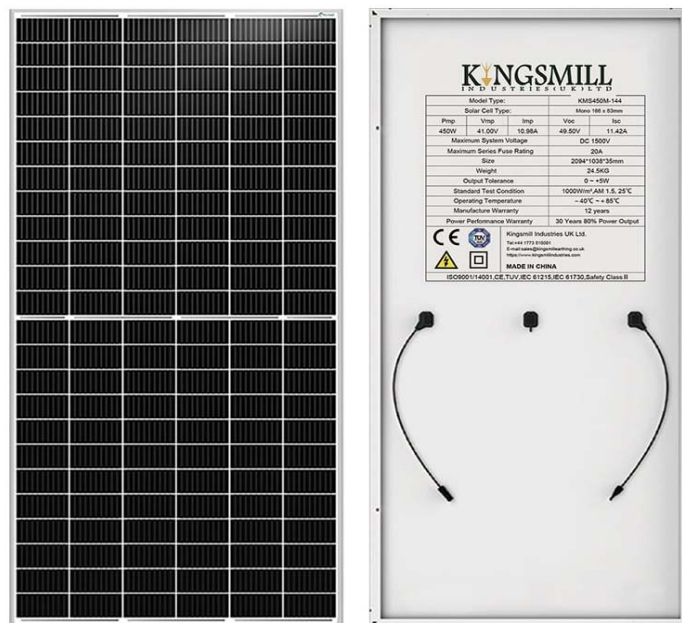
В диапазона 435÷455 и 440÷460W, панелът се състои от 144 полуклетки с размер 166mm x 83mm, разположени в 6 колони с по 24 реда (фиг. 5 и 6) [6][9].

На фиг. 5 са дадени размерите на соларния панел.

На фиг. 6 е показан общия вид на соларния панел от този тип.



Фиг. 5. Размери на соларен панел с полуклетки 166mm x 83mm



Фиг. 6. Соларен панел с полуклетки 166mm x 83mm

Видно е от табл. 3, че сумарния ток на двете запаралелени групи е около 12А. Това подсказва, че шините на клетките са токово разтоварени, тъй като всяка от половините на панела работи с не-повече от 6А. За сравнение – шините на панелите с цяла клетка работят с ток около 10А.

В табл. 4 са дадени механичните параметри на соларния панел.

Таблица 3. Електрически параметри на соларен панел с полуклетки 166mm x 83mm

Клетка	Моно	Моно
Тегло	29,5 кг ± 3%	24,9 кг ± 3%
Размери	2131 ± 2 мм × 1052 ± 2 мм × 35	2094 ± 2 мм × 1038 ± 2 мм × 35
Сечение на кабела	4 мм ²	4 мм ²
Брой клетки	144(6x24)	144(6x24)
Разклонителна кутия	IP68, 3 диода	IP68, 3 диода
Съединител	QC 4.10 (1000V) / QC 4.10-35 (1500V)	QC 4.10 (1000V) / QC 4.10-35 (1500V)
Дължина на кабела (включително конектор)	1300 мм (+) / 1300 мм (-)	1300 мм (+) / 1300 мм (-)

Таблица 4. Механични параметри на соларен панел с полуклетки 166mm x 83mm

Максимална мощност (Pmax) [W]	440	445	450	455	435	440	445	450	455
Напрежение на отворена верига (Voc) [V]	48.9	49.1	49.3	49.5	49.1	49.2	49.4	49.6	49.8
Ннапр. при максимална мощност (Vmp) V	41.1	41.3	41.5	41.7	40.8	41	41.2	41.4	41.6
Ток на късо съединение (Isc) [A]	11.94	12.0	12.07	12.13	11.36	11.45	11.52	11.58	11.65
Ток при максимална мощност (Imp) [A]	11.46	11.53	11.6	11.66	10.66	10.73	10.8	10.87	10.93
Ефективност на модула [%]	19.9%	20.1%	20.4%	20.6%	19.7%	19.9%	20.1%	20.4%	20.6%
Толеранс на мощността	0~+5W								
Температурен коефициент на Isc (α _{Isc})	0.056%/°C								
Температурен коефициент на Voc (β _{Voc})	-0.287%/°C								
Темп. коефициент на Pmax (γ _{Pmp})	-0.369%/°C								
STC	Облъчване 1000W / m ² , клетъчна температура 25°C, AM1.5G								

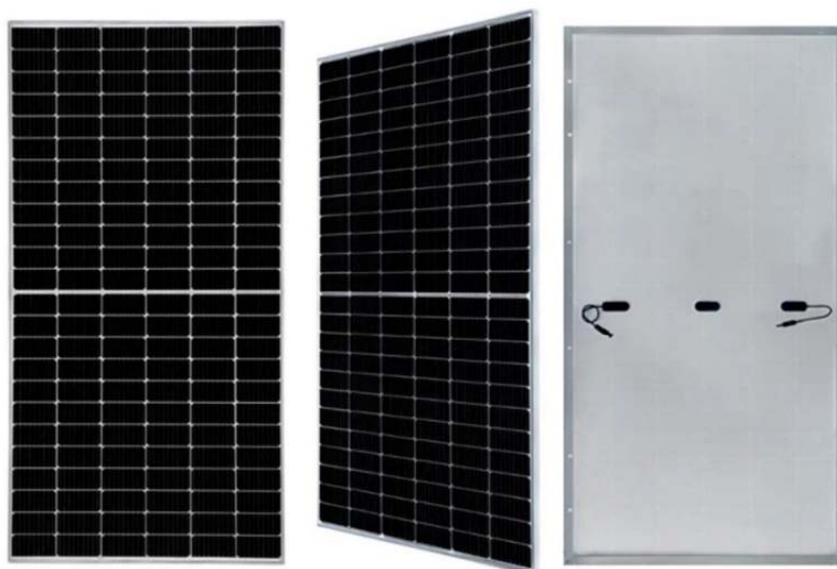
Полуклетка 182mm x 91mm

В диапазона 400-420W, панелът се състои от 108 полуклетки с размер 182mm x 91mm, (M10) разположени в 6 колони с по 18 реда [6].

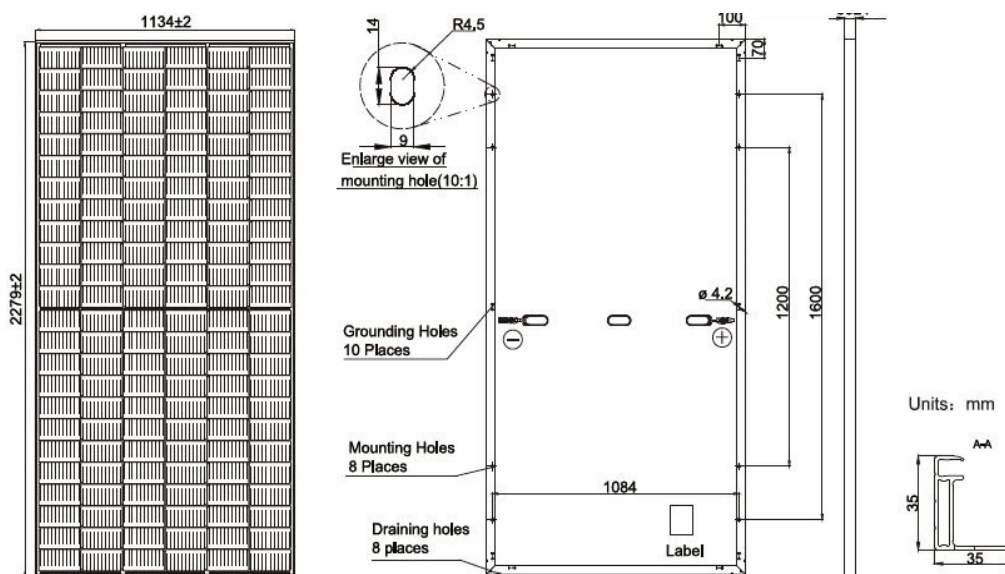
В диапазона 525-545W, панелът се състои от 144 полуклетки с размер 182mm x 91mm, (M10) разположени в 6 колони с по 24 реда (фиг. 7 и 8) [6][8][10][11].

Таблица 5. Електрически параметри на соларен панел 550W с полуклетки

Номинална максимална мощност (Pmax) [W]	400÷420	525÷545
Напрежение на отворена верига (Voc) [V]	37,58	49.75
Напрежение при максимална мощност (Vmp) [V]	31.8	41.8
Ток на късо съединение (Isc) [A]	13.85	13.93
Ток при максимална мощност (Imp) [A]	13.04	13.04
Ефективност на модула [%]	21	21.1
Толеранс на мощността	0~+5W	0~+5W
Температурен коефициент на Isc (α_{Isc})	0.046%/°C	0.046%/°C
Температурен коефициент на Voc (β_{Voc})	-0.277%/°C	-0.277%/°C
Температурен коефициент на Pmax (γ_{Pmp})	-0.351%/°C	-0.351%/°C
STC	Облъчване 1000W / m ² , клетъчна температура 25°C, AM1.5G	Облъчване 1000W / m ² , клетъчна температура 25°C, AM1.5G



Фиг. 7. Общ вид на соларен панел 550W с полуклетки



Фиг. 8. Размери на соларен панел 550W с полуклетки

На фиг. 7 е показан общия вид на соларния панел от този тип.

На фиг. 8 са дадени размерите на соларния панел.

В табл. 6 са дадени електрическите параметри на соларния панел, като от нея е видно, че сумарния ток на двете за паралелни групи е около 13,8А. Това подсказва, че шините на клетките са токово разтоварени, тъй като всяка от половините на панела работи с не-повече от 7А. За сравнение – панелите шините на панел с цяла клетка работят с ток около 10А.

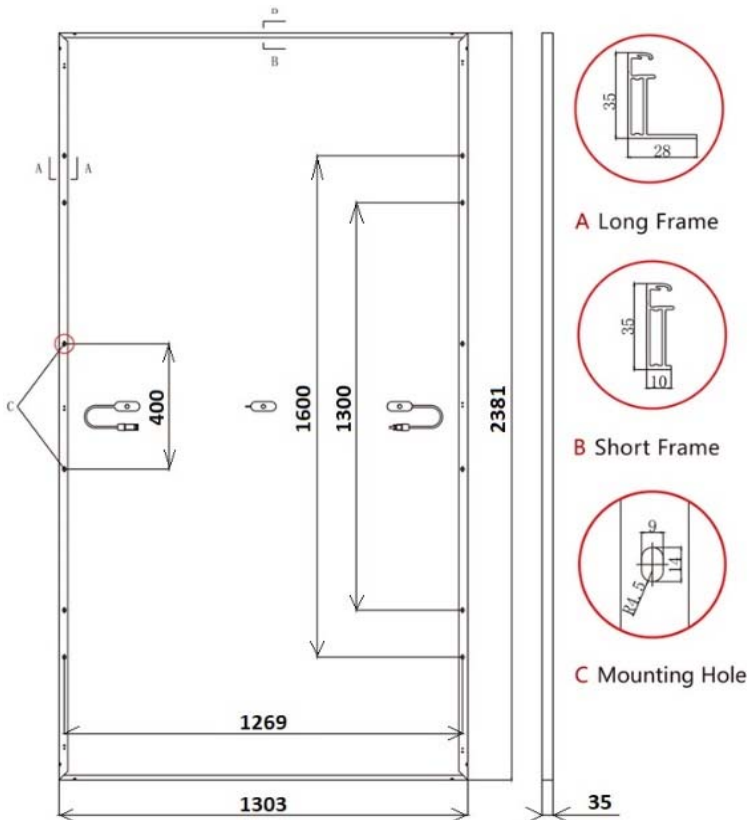
В табл. 6 са дадени механичните параметри на соларния панел.

Таблица 6. Механични параметри на соларен панел 550W с полуклетки

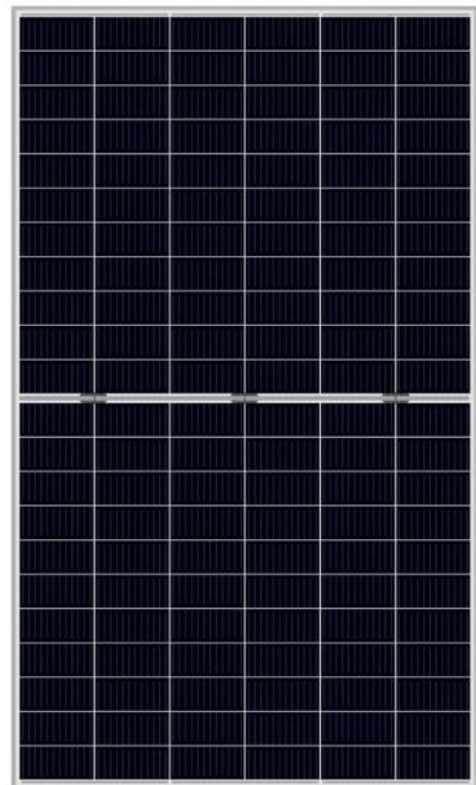
Клетка	Моно	Моно
Тегло	21,5 кг ± 3%	28,6 кг ± 3%
Размери	1722 ± 2 мм × 1134 ± 2 мм × 35 ± 1 мм	2279 ± 2 мм × 1134 ± 2 мм × 35 ± 1 мм
Размер на напречното сечение на кабела	4 мм ²	4 мм ²
Брой клетки	108(6x18)	144(6x24)
Разклонителна кутия	IP68, 3 диода	IP68, 3 диода
Съединител	QC 4.10 (1000V) / QC 4.10-35 (1500V)	QC 4.10 (1000V) / QC 4.10-35 (1500V)
Дължина на кабела (включително конектор)	1300 мм (+) / 1300 мм (-)	1300 мм (+) / 1300 мм (-)

Полуклетка 210mm x 105mm

Двулицев високоефективен монокристален полуклетъчен силициев двустъклен соларен панел. Асемблиран със 120, 132 или 144 полуклетки с размер 210mm x 105mm (G12) разположени в 6 колони с по 20, 22 или 24 реда (фиг. 9 и 10) [7][12]. Мощността при тези размери варира от 585÷605, 640÷660 или 675 ÷ 700W.



Фиг. 9. Размери на соларен панел 700W с полуклетки



Фиг. 10. Общ вид на соларен панел 700W с полуклетки

В табл. 7 са дадени електрическите параметри на соларния панел в която се вижда, че сумарния ток на двете запаралелени групи е около 17,7А. Това подсказва, че шините на клетките токово не са силно натоварени, тъй като всяка от половините на панела работи с не-повече от 8,9А. За сравнение – шините на панел с цяла клетка работят с ток около 10А.

Таблица 7. Електрически параметри на соларен панел 700W с полуклетки

Максимална мощност (Pmax) [W]	585÷605W	640÷660W	675÷700W
Напрежение на отворена верига (Voc) V	41,7	45,65	47,1
Ннапр. при макс. мощност (Vmp) [V]	34,6	37,3	39,5
Ток на късо съединение (Isc) [A]	18,47	18,49	18,82
Ток при максимална мощност (Imp) [A]	17,40	17,44	17,73
Ефективност на модула [%]	21,1	21,25	22,53
Толеранс на мощността	0~+5W	0~+5W	0~+5W
Температурен коефициент на Isc (α_{Isc})	0.046%/°C	0.046%/°C	0.046%/°C
Темп. коефициент на Voc (β_{Voc})	-0.277%/°C	-0.277%/°C	-0.277%/°C
Темп. коефициент на Pmax (γ_{Pmp})	-0.351%/°C	-0.351%/°C	-0.351%/°C
STC	Облъчване 1000W / m ² , клетъчна температура 25°C, AM1.5G	Облъчване 1000W / m ² , клетъчна температура 25°C, AM1.5G	Облъчване 1000W / m ² , клетъчна температура 25°C, AM1.5G

В табл. 8 са дадени механичните параметри на соларния панел.

Таблица 8. Механични параметри на соларен панел 700W с полуклетки

Клетка	N-TOPCon Mono 210*105mm	N-TOPCon Mono 210*105mm	N-TOPCon Mono 210*105mm
Тегло	30,9 кг ± 3%	35,8 кг ± 3%	38 кг ± 3%
Размери	21724mm*1303mm*35mm	2278mm*1303mm*35mm	2384mm*1303mm*35mm
Сечение на кабела	4 мм ²	4 мм ²	4 мм ²
Брой клетки	120(6x20)	132(6x21)	144(6x22)
Разклонителна кутия	IP68, 3 диода	IP68, 3 диода	IP68, 3 диода
Съединител	QC 4.10 (1000V) / QC 4.10-35 (1500V)	QC 4.10 (1000V) / QC 4.10-35 (1500V)	QC 4.10 (1000V) / QC 4.10-35 (1500V)
Дължина на кабела (включително конектор)	300 мм (+) / 180 мм (-)	300 мм (+) / 180 мм (-)	300 мм (+) / 180 мм (-)

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] <https://mtc-aj.com/article.2034.htm>
- [2] <https://mtc-aj.com/library/2039.pdf>
- [3] Електроника и градивни елементи 2022г. Ирена Божичкова, Мартин Златков – изд. Беллопринт
- [4] <https://bg.dsisolator.com/solar-panel/mono-solar-panel/440w-half-cell-perc-monocrystalline-solar.html>
- [5] <https://xpi.bg/novini/nay-dobrite-i-efektivni-solarni-paneli-za-2021>
- [6] <https://kingsmillindustries.com/product/450w-photovoltaic-solar-panel/>
- [7] https://www.seaforestpv.com/700w-super-high-efficiency-high-power-ntopcon-double-sided-solar-modules_p45.html
- [8] <https://www.technopolis.bg/bg/Paneli/MONO-SOLAREN-PANEL-410W-V-TAC/p/147411>
- [9] <https://www.technopolis.bg/bg/Paneli/MONO-SOLAREN-PANEL-450W-V-TAC/p/147709>
- [10] <https://www.technopolis.bg/bg/Paneli/MONO-SOLAREN-PANEL-545W-V-TAC/p/147710>

- [11] <https://praktiker.bg/bg/Paneli/MONO-SOLAREN-PANEL-410W-V-TAC/p/147411>
[12] <https://www.solarkobo.com/post/half-cell-solar-panels>
[13] <https://www.todoensolar.com/Jaguer-plus-solar-panel-400W-24V-monocrystalline>
[14] <https://www.maysunsolar.com/solar-cells-size-process-and-technology-explained/>

MODERN SOLAR PANELS BUILT FROM HALF CELLS

Dilyana Mitseva, Irena Bozhichkova, Martina Tomcheva, Ivan Beshovishki
D.mitseva@abv.bg, milenium_26@abv.bg, martito_666@abv.bg, ivanbeshovishki2@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport
1574 Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA

Key words: *Photovoltaic panel, solar panel, solar cell, solar plant, solar inverter, grid inverter, monocrystalline, mc4, half cell.*

Abstract: *The solar panel is the main building block in solar systems. The report examines the various solar panel designs. A comparison of the efficiencies and a significant number of parameters for different solar panels has been made. The drawings and dimensions of the solar panels are given. The cell connection schemes for the various designs and assemblies are shown. These are the ways in which the increase in power was achieved with the new solar panels.*