

## PV Optimizers.....ZX Ronde 6 december 2020

Om het maximale vermogen uit zonnepanelen te kunnen halen, moet de omvormer continue de optimale verhouding tussen spanning en stroom zoeken.

Zonnepanelen leveren een spanning zodra er licht op valt. Door de panelen in meer of mindere mate te belasten, verandert niet alleen de stroom, maar ook de spanning die de panelen leveren. Wanneer (bij gelijk blijvende hoeveelheid licht) de stroom toeneemt, neemt de spanning af en omgekeerd.

Het doel is om het maximale vermogen te krijgen, dus moet er een punt gevonden worden waarbij dit vermogen maximaal is. Het *Maximum Power Point*. (MPP)

De maximale stroom die een paneel kan leveren hangt sterk af van hoeveel licht er op een paneel valt, maar ook van de temperatuur van de cellen.

Doordat de maximale stroom steeds verandert, is een MPP-tracker continue bezig om het optimale punt te vinden.

De *temperatuur* als de *hoeveelheid licht* hebben behoorlijk invloed op het maximale vermogen wat uit de panelen getrokken kan worden.

Hoe warmer de panelen, hoe lager het maximale vermogen zal zijn. Dus op een zonnig, maar koude dag in maart/april zou de set wel eens een stuk meer kunnen opbrengen dan hartje zomer. Het gebeurt ook wel eens dat vlak nadat een wolk voor de zon is weggetrokken, dat de opbrengst een stuk hoger is dan enkele minuten later, terwijl dezelfde hoeveelheid licht erop valt. Dat komt dan doordat de panelen af konden koelen toen de wolken voor de zon zaten, maar weer snel opwarmen als de zon weer volop op de panelen schijnt.

Als we de datasheet hiervoor raadplegen dan wordt over de invloed van de temperatuur het volgende aangegeven: Temperatuurcoëfficiënt van  $P_{max}$  -  $0.4 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ , wat wil zeggen dat per  $^{\circ}\text{C}$  temperatuurstijging het maximum vermogen met  $-0.4\%$  afneemt.

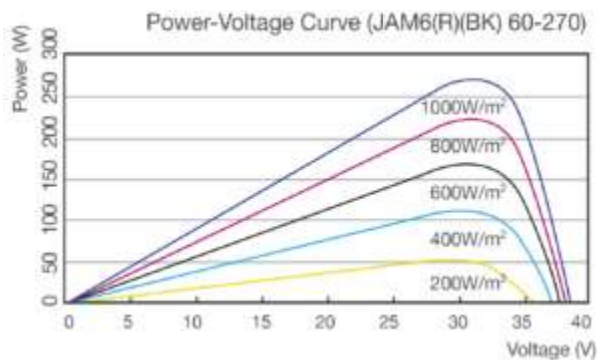
Het opgegeven vermogen van een PV paneel is onder standaard testcondities bij  $25^{\circ}\text{C}$ .

Rekenvoorbeeld: Bij een temperatuur van  $60^{\circ}\text{C}$  geeft dit een vermogensafname van  $60^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 35^{\circ}\text{C} * -0,4 \text{ } \%/^{\circ}\text{C} = -14 \text{ } \%$

Dus tussen een ijskoude voorjaarsdag (0 °C) en in de zon bakkende panelen in de zomer (+65°C) zit ruim 25% verschil in maximum opbrengst en kan het dus maar zo zijn dat je in april dagopbrengsten haalt die je op een zomerse dag wel kunt vergeten.

Probeer bij de aanschaf van panelen er op te letten dat de temperatuurcoëfficiënt beter is dan -0,4% / °C.

De grafiek illustreert mooi dat het maximale vermogen verkregen wordt wanneer de spanning net iets boven de 30V zal liggen.



Dat komt ook precies overeen met de waarden die op de stickers staan, die achterop de panelen zit geplakt:

- Peak Power (Pmax) 270W
- Open circuit Voltage (Voc) 38.71V
- Max. Power voltage (Vmp) 31.08V
- Short circuit current (Isc) 9.21A
- Max power current (Imp) 8.69A

Om te bepalen of een string van panelen binnen het bereik van de MPP-tracker valt, moet de *Max Power Voltage* (Vmp) van elk paneel bij elkaar opgeteld worden.

Dus in mijn voorbeeld is dat  $9 \times 31.08V = 279,7 V$ .

Mijn omvormer heeft een MPP-spanningsbereik van 100-450 V.

Rekening houdend met 10% hogere spanning bij erg koude dagen, zit ik dus net binnen het bereik van de MPP-tracker. In elk geval zit een string met 9 panelen van deze panelen ook op dagen met zeer strenge vorst nog ruim onder de *maximale ingangsspanning*.

Een praktisch minimale string van deze panelen bestaat uit  $100 \text{ V} / 31.08 \text{ V} = 3,2$  panelen, oftewel 4 panelen.

### **Minimale en Start ingangsspanning**

Mijn omvormer start pas bij een spanning van 100 V.

Dat wil dus zeggen dat overdag, door bijvoorbeeld schaduw, of bewolking, de spanning van een string wel mag zakken onder de 100 V, maar dat het weer een tijd kan duren voordat de omvormer weer start als de spanning verder gezakt is. Sowieso zit de spanning dan al buiten het MPP-tracker bereik, dus de opbrengst is al sub-optimaal.

In dit soort situaties kan het zijn dat de omvormer op donkere dagen helemaal niet aan springt en de dagopbrengst dus 0 is.

N.B. in geval van schaduw kan de spanning per paneel nog een stuk lager worden, doordat de by-pass diodes ingrijpen.

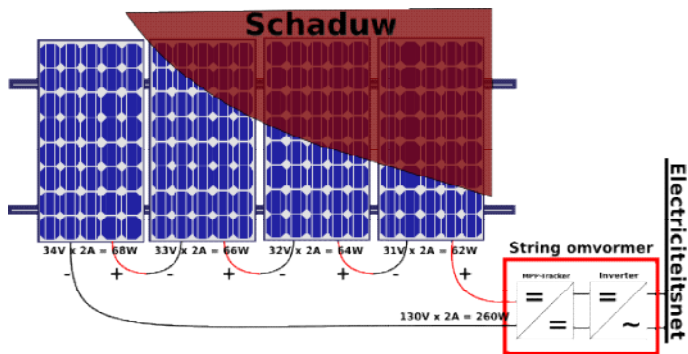
Kortom, het beste is om een string zodanig te dimensioneren dat de string-spanning ongeveer in het midden van het bereik van de MPP-tracker valt. Dan zijn er geen problemen bij strenge vorst en is er ook nog enige opbrengst op donkere dagen.

### **Werking Optimizer**

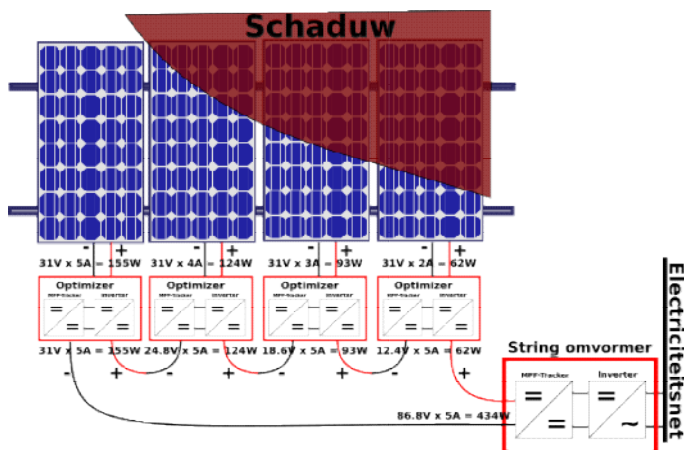
Een optimizer zorgt ervoor dat het aangesloten paneel optimaal presteert in de string, door de uitgangsspanning te variëren zodat de stroom gelijk is aan wat de andere panelen in de string kunnen leveren.

Dus een optimizer heeft in elk geval een eigen MPP-tracker aan boord, maar ook het omgekeerde van een MPP-tracker. Een optimizer zal proberen de stroom van de andere optimizers (of gewone panelen) in de string bij te houden.

Een **optimizer** is dus niet meer dan een omvormer op gelijkstroomniveau. ( DC / DC converter ) Ze vervangen de serieschakeling van de zonnepanelen omdat hun uitgangen met elkaar in serie staan. Door dezelfde stroomsterkte voor alle optimizers te kiezen, draagt elke optimizer dus bij tot een hogere spanning van de kring. Een zonnepaneel dat volledig in de schaduw ligt, zal dus nauwelijks bijdragen tot een hogere spanning van de serieketen, maar blokkeert het geheel niet langer.



PV panelen zonder Optimizer.



PV panelen met Optimizer.

Een optimizer zal proberen om het opgewekte vermogen van een beschaduwd paneel zo goed mogelijk mee te laten komen met de anderen in de string.

Bij gebruik zonder optimizer zal de hele keten de stroom van de meest beschaduwde paneel leveren. Meestal zal het verschil niet zo dramatisch zijn als hier geschetst, omdat de by-pass diodes zullen ingrijpen. Echter in situaties met complexe schaduwen, zoals met deels diffuse schaduw van bomen, dan zal een optimizer een significante verbetering geven t.o.v. de situatie zonder optimizers.

De totale spanning van de string kan door het gebruik van optimizers wel meer fluctueren. In een optimizer kan echter een aantal parameters ingesteld worden om die fluctuatie in spanning binnen de perken te houden, zodat de MPP-tracker van de omvormer nog wel z'n werk kan doen.

Bijkomend voordeel is ook dat de optimizers afzonderlijk gecontroleerd kunnen worden, dus het is mogelijk om per paneel te zien wat de opbrengst is en het maakt het eenvoudiger om defecte panelen of optimizers te lokaliseren.

Als een PV paneel in de string voorzien wordt van een optimizer, dan moeten alle panelen in deze string van optimizers worden voorzien.

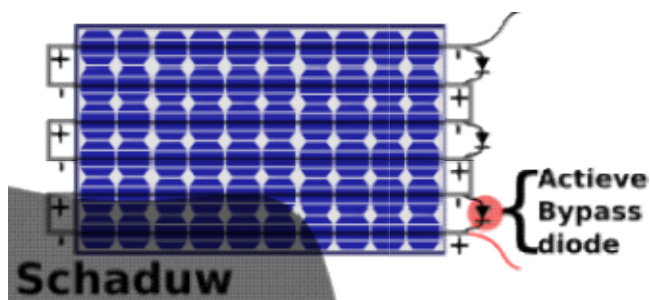
Wat betreft de productie van RFI storing door optimizers moeten deze voldoen aan de EMC normen die onder het CE keurmerk vallen. Hier gaat het om de emissie en immuniteit eisen.

De norm emissie waarden gelden voor ieder PV paneel afzonderlijk en niet voor een PV installatie bestaand uit meerde PV panelen. Dit betekent dat de RFI emissie van alle optimizers te samen vectorisch toeneemt met het aantal. De totale sterkte van de emissie hangt ook af van de kwaliteit van de optimizers.



**By-pass diodes in de aansluitdoos aan achterzijde van een PV paneel.**

## **De functie van de By-pass dioden**



Een zonnepaneel bestaat uit een aantal cellen die elk ongeveer 0.58V opwekken zodra er licht op valt. De maximale stroom die een cel kan leveren is sterk afhankelijk van hoeveel licht er op valt.

Doordat alle cellen in een paneel in serie staan, wordt de maximale stroom in de hele keten bepaald door de minst belichte cel.

Om te voorkomen dat de stroom door het hele paneel (of zelfs de hele string van panelen) beperkt wordt door een paar beschaduwde cellen, heeft de fabrikant zgn. *by-pass diodes* geplaatst.

Stel dat een cel in volle zon 8 Ampère kan leveren en een cel in de schaduw maar 1 Ampère. Dan wordt de stroom door alle cellen beperkt tot die 1 A en dus  $7A * 0.58V = 4 \text{ Watt}$  omgezet in warmte.

Met een paneel van 60 of 72 cellen kan het verlies oplopen tot ruim 200 Watt per paneel en naast dat het zonde is, kan het ook schade aan het paneel veroorzaken.

Een cel die in de schaduw valt, zal in zo'n geval een negatieve spanning opwekken en een 'verbruiker' worden. De beschaduwde cellen kunnen dan doorbranden.

### **Werking by-pass diode**

Indien de spanning over een cel negatief wordt, zal de by-pass diode ingrijpen en de stroom van de andere cellen zal via de diode lopen en niet via de beschaduwde cellen. Ook door de andere cellen in diezelfde string zal dan geen stroom meer lopen

Hoe meer diodes er in een paneel geplaatst zijn, hoe beter het paneel om kan gaan met schaduw. Echter dat heeft ook weer een keerzijde. Bij elke diode is er een spanningsval van ongeveer 0.7V en de stroom die er bij schaduw doorheen gaat is gelijk aan dat van de hele string van panelen.

Dus aangenomen dat dat 8 Ampère is, dan wordt er per diode  $0.7V * 8A = 5.6\text{Watt}$  omgezet in warmte en komt dus niet aan bij de omvormer. Dus niet alleen krijg je geen opbrengst van de beschaduwde cellen, maar door die diodes verbruikt een beschaduwde paneel ook nog door andere panelen opgewekte energie.

Resumé om gebruik van optimizers te voorkomen is het beter om goed na te denken over de locatie waar de PV panelen gemonteerd gaan worden. Voorkom zoveel mogelijk schaduwvlakken op de PV panelen over de dag en over het seizoen.

Dan nog dit, verwacht de optimizers niet met micro inverters die inmiddels ook massaal worden toegepast onder de PV panelen. Wat betreft de RFI emissie is er wel enige overeenkomst te trekken maar functioneel helemaal niet.