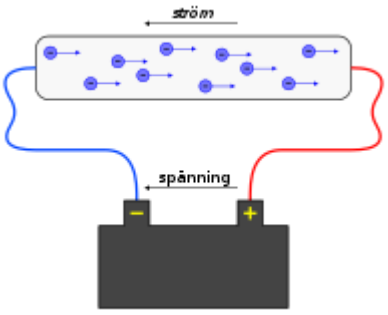
# What's What

## Grundläggande Ellära (eller Hur går det till egentligen?)

Alla ämnen är uppbyggda av atomer vars kärna består av protoner och neutroner. Runt atomkärnan kretsar elektroner. Protoner och elektroner är båda elektriskt laddade men av olika slag – protoner är positivt laddade och elektroner är negativt laddade. Eftersom det finns lika många av båda sorter så är en atom elektriskt neutral. För att skapa elektricitet behöver vi antingen ta bort eller tillföra elektroner så att atomen blir elektriskt laddad, en s.k. jon. Tar vi bort elektroner blir den positivt laddad och tillför vi elektroner blir den negativt laddad. Jonerna kommer eftersträva att bli neutrala atomer igen genom att antingen attrahera elektroner eller göra sig av med överflödiga. Vi kan genom att hjälpa jonerna bli neutrala få tillbaka den kraft som krävdes för att jonisera dem. Material med många fria elektroner som rör sig fritt mellan atomerna kallas ledare och har egenskapen att transportera/leda elektroner. För att det ska kunna gå en ström av elektroner/laddningar genom ledaren behövs det en spänning över den/en potentialskillnad och en sluten krets.

## Elektricitet

Elektricitet är elektroner som rör sig. Elektrisk energi kan därför sägas vara rörelseenergin hos elektronerna. Elektrisk energi är en bra energiform men den måste tas tillvara på direkt.




## Spänning Ström Motstånd Effekt

Då vi ska beskriva och räkna på elektrisk energi behöver vi förstå lite olika fenomen i vad som händer. Man brukar prata om olika elektriska storheter.

### Spänning (U)

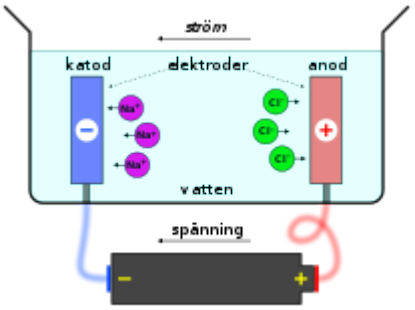
Ett enkelt sätt att se på spänning, eller potentialskillnad som det egentligen heter, är att tänka sig två vattenbehållare med en slang mellan sig från botten till botten. Om vattennivån är olika i behållarna (=potentialskillnad) så kommer vatten att flöda i slangen tills nivåerna är lika. När det handlar om elektricitet är slangen den elektriska ledaren (ofta koppar), vattnet är elektroner och de två vattendunkarna kan vara till exempel två poler på ett batteri.

Ett annat sätt att se på spänning är att det är kraften som trycker elektronerna (strömmen) genom ledaren. Ju större motstånd (resistans) det finns i ledaren ju större måste spänningen vara för att samma mängd ström ska tryckas genom ledaren.

Spänning mäts i enheten **volt**, som förkortas **V**. Exempel: U = 700 V (som ofta är den spänning vi har i en slinga med runt 20 solpaneler)

**Ström (I)**

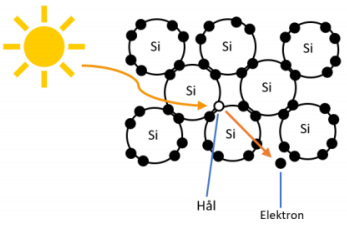
Elektrisk ström är elektroner (eller joner) i rörelse. Om en elektrisk ledares ena ände är mer negativt laddad, exempelvis om den är kopplad till minuspolen på ett batteri, kommer elektroner att förflytta sig ut i ledningen om ledningen är kopplad till den andra polen. Det är dock inte enbart metaller som kan vara ledare, exempelvis lösningar med mycket joner i (som saltvatten) leder ström relativt bra.




Ström mäts i enheten **ampere**, som förkortas **A**. Exempel: I = 9 A (som det brukar stå i solpanelens datablad)

**I solcellen**

En solcell består av kisel som man först har gjort oerhört rent och sedan "smutsat" ner med lite andra atomer för att skapa ett överskott och ett underskott av elektroner i olika delar. Det kallas att en dopar materialet för att skapa en + och en – laddning. Detta görs ofta med Bohr-atomer som har färre elektroner och alltså skapar en positiv laddning och fosforatomer som har fler elektroner och alltså blir negativt laddade.



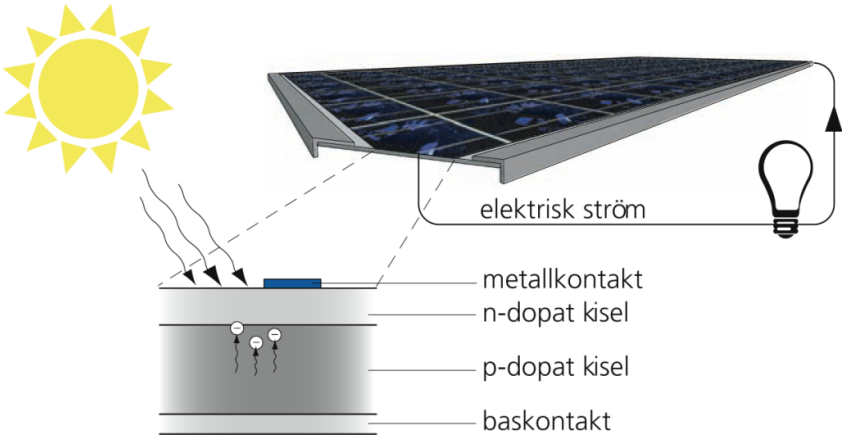

I en solcell skapas en spänning mellan den del av kislet som är negativt dopat och den del som är positivt dopat. Denna spänning ökar då fotoner slår lös fler och fler elektroner från sina atomer i kislet. Elektronerna och hålet de lämnat efter sig dras då mot olika sidor av solcellen eftersom vi har tillfört ett underskott och ett överskott av elektroner i kislet genom dopningen, detta gör att spänningen ökar ännu mer mellan den negativa och den positiva sidan av solcellen. Till slut är spänningen så stor att det börjar vandra en ström genom ledaren som är ansluten till solcellens bak- och framkontakt.

**Resistans (R)**

Resistans är ett mått på hur mycket motstånd strömmen har när den ska passera genom en ledare. Ofta beror resistansen på vilket material ledaren består av (egenskapen heter resistivitet), men det kan också vara dåliga anslutningar som gör att resistansen i en krets ökar.

Resistans mäts i **ohm**, som förkortas **Ω**. Exempel: R = 390 Ω

Då vi dimensionerar kablarna i solcellsanläggningen behöver vi se till att vi inte förlorar spänning genom att strömmen möter för stort motstånd från panelerna till växelriktaren. Därför behöver vi använda en grövre kabel ifall det handlar om långa sträckor som strömmen skall färdas.

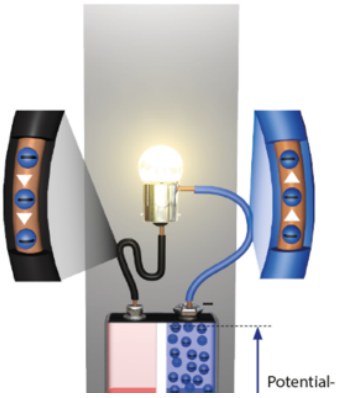



Så längd, area och material påverkar Resistansen/motståndet i en ledare eller kabel. Värme påverkar också. Med ökad temperatur ökar resistansen.

## Förutsättningen för elektrisk ström

Förutsättningarna för att en elektrisk ström ska uppstå är:

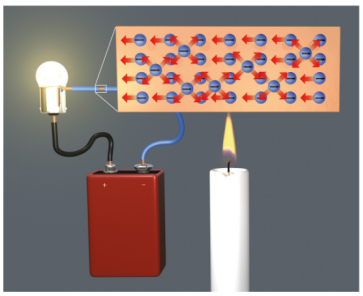
- Potentialskillnad
- Ledare
- En sluten krets



## Energi (E)

Energi beskrivs ofta som ***förmågan att utföra arbete***, och elektrisk energi kan vara förmågan att få en lampa att lysa eller en fläkt att snurra.

Energi mäts i **joule**, som förkortas **J**, eller **wattsekund**, som förkortas **Ws**. I vår bransch har vi oftast att göra med mycket stora volymer vi pratat alltså om Wh (wattimmar) eller kWh (kilowattimmar eller tusen wattimmar). Exempel E = 20 000 kWh som är en vanlig årsförbrukning för en villa.



Om ledaren blir varm kommer den samordnade elektronrörelsen att störas av elektroner som rör sig åt olika håll. Strömmen får ett större motstånd i ledaren med ökad temperatur.

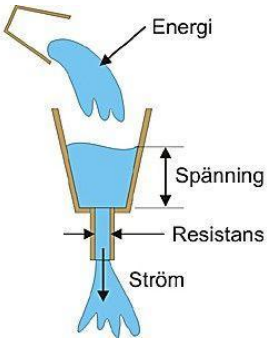
Tre ledningar av koppar. Högst resistans ger en lång, tunn, varm ledning. Lägst resistans ger en kort, tjock och kall ledning.

## Effekt (P)

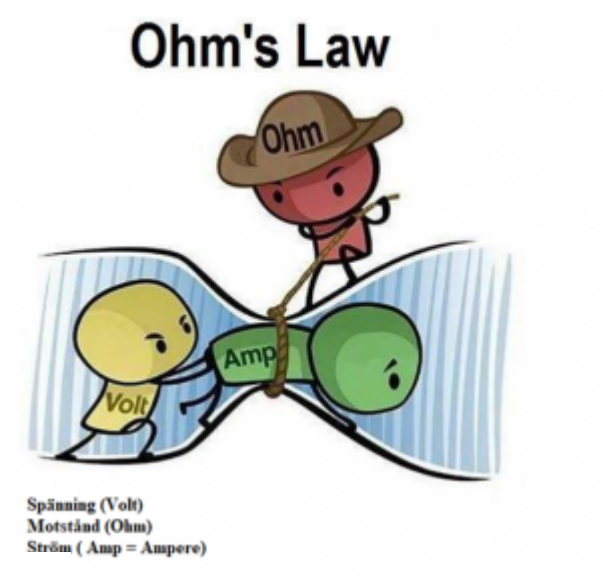
Effekt är ett mått på hur snabbt energi omvandlas, i en lampa som avger en hög effekt omvandlas elektrisk energi till ljus och värme snabbare än i en lampa som avger låg effekt.

Effekt mäts i **watt**, som förkortas **W**. Exempel: P = 370 W (som är en vanlig effekt för en solpanel)

Effekten är alltså ett resultat av trycket (spänningen) och strömmen (elektronerna som rör sig) därför är det ganska logiskt att spänningen X strömmen = effekten.



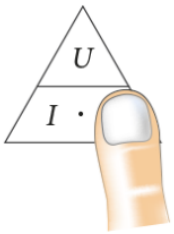
Storheterna Spänning, Ström och Motstånd samspelar alltid och det går att förstå hur både genom att tänka så här:



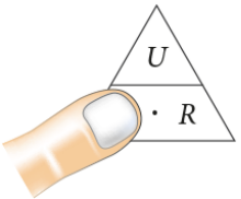

Eller matematisk så här:

Känner du till två av storheterna kan den tredje beräknas. I beräkningar och till exempel på solpanelers datablad betecknas Spänning med bokstav U, ström med bokstav en A och motstånd med R. Om du sätter upp storheterna i en sån här triangel och sedan håller fingret för den storhet som du vill ta reda på så får du formeln för hur du ska räkna. Säg att du vet strömmen och motståndet i en ledning men vill ta reda på spänningen…eller motståndet, eller strömmen.

$U = I \cdot R$




$R = \frac{U}{I}$




$I = \frac{U}{R}$

Spänning ström och motstånd hänger ihop. Vi kan alltså påverka de olika storheterna genom att mixtra med någon av de andra. Därför kan vi till exempel dimra en lampa.

Lampans effekt kommer att påverkas av storleken på strömmen och lysa starkare, eller hur?

Ändra strömmen genom att ändra motståndet

Strömmen genom en krets kan styras genom att resistansen i kretsen förändras. Desto högre resistans, desto lägre ström. Förutsatt att spänningen är stabil och oförändrad.

Ändra strömmen genom att ändra spänningen

Strömmen genom en krets kan styras genom att spänningen förändras. En spänningshöjning ger en högre ström. Förutsatt att resistansen i kretsen är stabil och oförändrad.

## Solcellens datablad

När du tittar på en solpanels datablad ser det ofta ut såhär:

| Model Number | LR4-72HPH-450M | |
|---|---|---|
| Testing Condition | STC | NOCT |
| Maximum Power (Pmax/W) | 450 | 333.4 |
| Open Circuit Voltage (Voc/V) | 49.3 | 46.0 |
| Short Circuit Current (Isc/A) | 11.60 | 9.35 |
| Voltage at Maximum Power (Vmp/V) | 41.5 | 38.3 |
| Current at Maximum Power (Imp/A) | 10.85 | 8.70 |
| Module Efficiency(%) | 20.7 | |

Standard test conditions eller STC är det standardiserade testförhållande då panelen är belyst med 1000w/ m2 genom en lufttäthet på 1,5 och är 25 grader C. Dessa förhållanden råder sällan i verkligheten (men vi måste ju ha något uniformt för att kunna jämföra olika moduler med varandra) därför finns det ofta även ett värde kallat NOCT (nominal operating cell temperature). Då räknar vi på vad modulen producerar vid 800 W/m2 instrålning, 20 grader varmt i luften, låg vind och inget bakom panelen.

Sen finns det en massa förkortningar som beskriver hur stor spänning och ström som modulen kan uppnå. Dessa värden är viktiga för att vi ska kunna avgöra hur många paneler vi kan koppla i en och samma slinga, hur grov kabel vi behöver använda och hur anläggningens utformning (antal moduler i antal slingor) kommer att påverka växelriktaren.

**Voc- open circuit voltage** eller öppenkretsspänning är alltså den högsta möjliga spänningen som modulen kan ha. Detta sker då det inte går någon ström igenom kretsen panelen är inte ansluten till växelriktaren och är alltså obelastad, inget av trycket "går åt" till att driva en ström.

**Isc- short circuit current** eller kortslutningsströmmen, det läge då strömmen inte möter något motstånd i kretsen och alltså är som störst. Rent praktisk skulle det vara då vi kopplar samman panelens plus och minus kontakt direkt i varandra och hela spänningen i panelen laddas ur. Bör absolut undvikas- det skulle förstöra modulen!

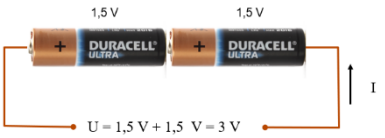
Men det här maximala strömvärdet behöver vi veta då vi ska dimensionera vilka kablar vi ska använda och hur många paneler och slingor vi kan koppla in till vilken växelriktare för att vara säkra på att komponenterna i anläggningen klara av strömstyrkan utan att bli varma, förstöras eller börja brinna.

**Vmp och Imp-** Beskriver spänningen och strömmen vid panelens maximala effekt (Pmax).

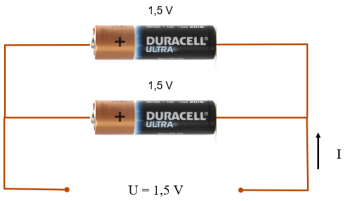
## Parallell och seriekoppling

För att förstå hur en solcellsanläggning kommer bete sig behöver vi fatta några saker till om elektricitet och vad som händer då vi koppar samman olika strömkällor.

Seriekoppling

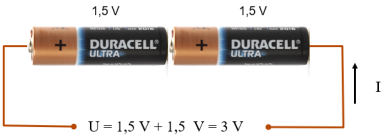



Parallellkoppling

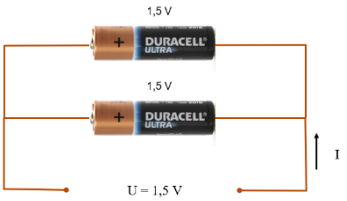



Då vi kopplar strömkällor som batterier eller solceller (eller solpaneler) i serie alltså anslutna till varandra från + till – till + till – så kommer spänningen att öka men strömmen fortsätter att vara den samma. När vi parallellkopplar strömkällor alltså samman för + och + och – med – så kommer strömmen öka men spänningen vara den samma.

TESTA ifall du har förstått -

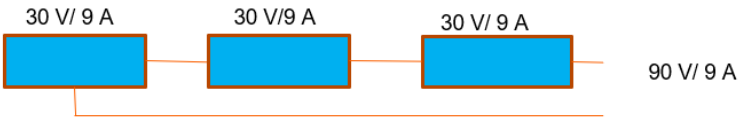


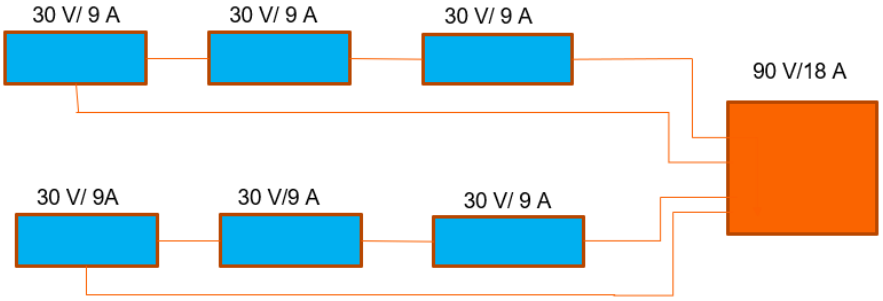

Vilken ström (I) behövs för att leverera effekten 12 W?




Vilken ström (I) behövs för att leverera effekten 12 W?

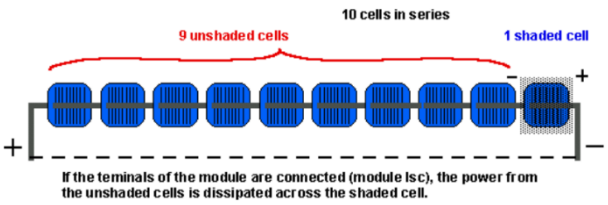
Det som görs i en solcellsanläggning är att vi seriekopplar panelerna och därigenom ökar spänningen. Ofta har en solpanel en öppenkretsspänning på ca 30-40 V, en slinga består ofta av runt 20 paneler så vi kommer upp till en total spänning på 800 V DOCK med en strömstyrka som endast 1st panel (runt 9 A). Då vi sedan ansluter slingorna till växelriktarens MPPT görs det som parallellkoppling. Det är alltså först vid växelriktaren som vi ökar strömstyrkan.

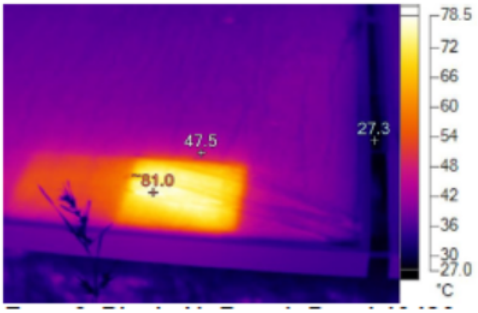



Vad har vi installerat för effekt i de olika systemen?

Det är för att solpaneler är sammankopplade i serie som det är så viktigt att de inte utsätts för skugga. Strömstyrkan i en solcell står i direkt paritet till solinstrålningen. Är en solcell på en panel obelyst kommer den cellen alltså ha en lägre strömstyrka. Det som händer då är att det skapas en så kallad backström, de celler som producerar en högre strömstyrka matar in den i den cellen som producerar mindre som blir som ett sorts motstånd och därför utvecklas det en hög effekt där, värme. Detta kallas hotspot.

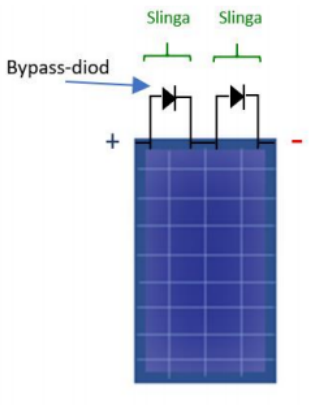


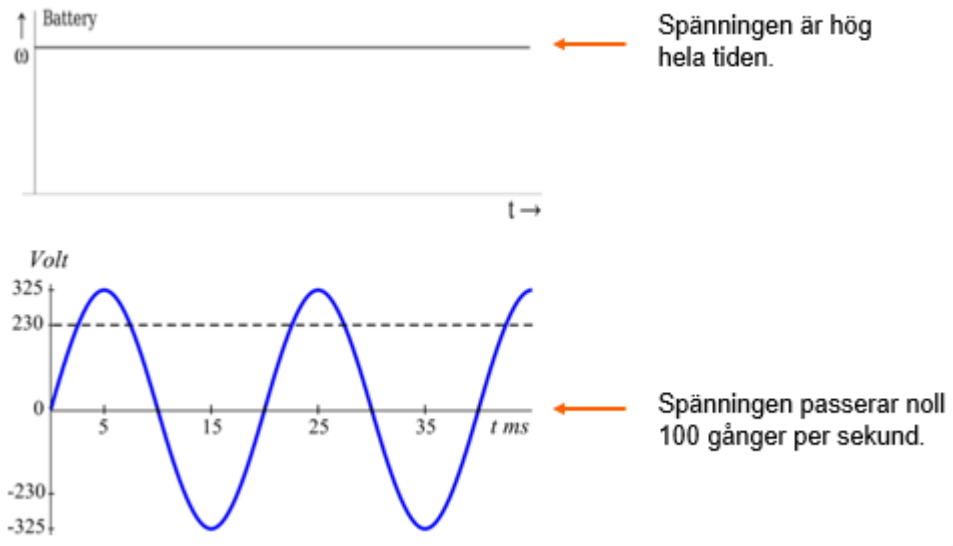



Detta kan leda till att panelen skadas på detta ställe. Solcellsmoduler har ett inbyggt skydd mot detta, så kallde bypassdioder. Det är som en slags installerad genväg, en enkel väg för strömmen att ta sig förbi skuggade celler så att det inte utvecklas någon backström. Men skugga som upprepat träffar en del av panelerna kommer dra ner produktionen på anläggningen och det kan även uppstå säkerhetsproblem.

**Likström och växelström**

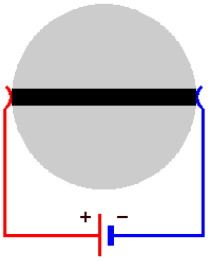
Spänningen och strömmen som produceras i en solcell är likspänning och likström. Det innebär att spänningen bara har en konstant plus och minus pol och att strömmen (alltså elektronerna som rör sig i ledningen) bara rör sig åt ett håll (från minus till plus). En solcell fungerar likadant som ett batteri i det avseendet. Växelström är det vi har vi våra elnät och i våra vägguttag. Där växlar spänningen från plus till minus hela tiden och strömmen rör sig alltså hela tiden fram och tillbaka i ledningen. Växelström innebär också en pulserande ökning och minskning (så kallad amplitud). Amplitud är avståndet mellan ett ytterläge och ett nolläge i en svängningsrörelse. Den motsvarar hos havsvågor avståndet mellan vågtoppen och dess mittläge och utgör således halva våghöjden.




Likström kallas på engelska direct current (DC) och växelström kallas alternating current (AC).

Att vi har växelström beror på att vi traditionellt (och ofta fortfarande) skapar elektricitet genom att omvandla rörelseenergi genom att låta en metallindning rotera i en magnet (går att göra tvärtom också). Magneten kommer då skapa en rörelse i elektronerna i lindningen. Elektronrörelsen kommer då att växla håll och växla i styrka beroende på ifall den pekar mot magnetens plus eller minuspol.




**Växelriktaren**

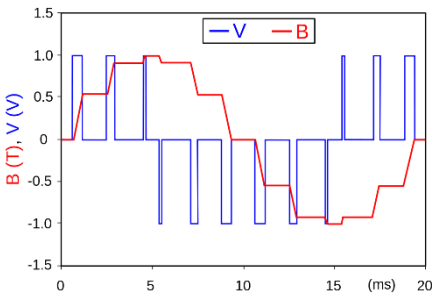
Eftersom solcellerna producerar likström och vi har växelström i våra elnät och i våra fastigheter måste vi omvandla strömmen innan vi kan ansluta en solcellsanläggning till elnätet. Detta sker i växelriktaren. På en ELS, ritning över elanläggning, utmärks växelriktare med den här symbolen:

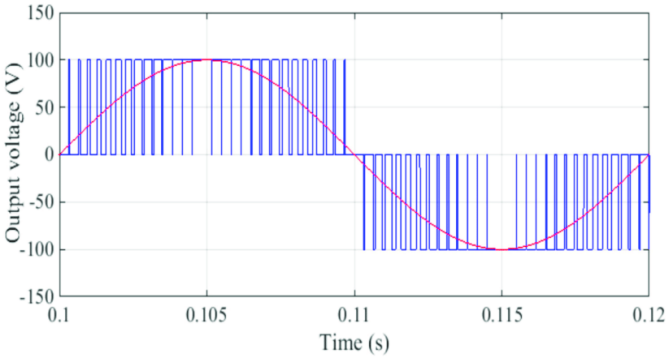
Som alltså visar att ⎓ likström blir till ∼ växelström

Växelriktaren omvandlar likström till växelström genom att väldigt snabbt stänga på och av strömmen med en switch som kallas IGBT. Genom att rikta strömmen i olika riktningar och stänga på och av strömmen med en särskild frekvens (så kallad pulsbreddmodulering) kan växelriktaren på så sätt skapa en jämn sinuskurva där strömmen både växlar i polaritet och amplitud.

Här finns ett bra youtubeklipp ifall du vill veta mer -

https://www.youtube.com/watch?v=ilqhAX0I7II




När växelriktaren gör om likström till växelström sker det med vissa förluster. Verkningsgraden talar om hur stor del av den likström som matas in i växelriktaren som kommer ut som växelström. Mellanskillnaden blir en förlust som omvandlas till värme.