

Sol- och reservenergisystem

Anton Johan Stigell

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildning i el- och automationsteknik

Vasa 2023

EXAMENSARBETE

Författare: Anton Stigell
Utbildning och ort: EI- och automationsteknik Vasa
Inriktning: Elkraftsteknik
Handledare: Ronnie Sundsten

Titel: Sol- och reservenergisystem

Datum: 16.05.2023 Sidantal: 33 Bilagor: 1

Abstrakt

Syftet med detta examensarbete var att planera ett solenergisystem medförande reservenergisystem. Systemet planeras för ett nybyggt tvåvånings egnahemshus på cirka 200 m² i Seinäjoki och med förhoppningar att kunna sälja systemet vidare till andra kunder. Solenergisystemet skall klara av att analysera om det är mest förnuftigt att lagra eller sälja el med hjälp av ett batteripaket samt att hela systemet skall klara av att vara i off-grid-läge vid behov. Det tillhörande batteripaketet skall planeras beroende på förbrukning och hur mycket energi solpanelerna genererar under de olika årstiderna. Solpanelerna skall monteras på garaget med riktning mot söder, möjligtvis på garageväggen beroende på arkitekturen.

Off-grid-läge skall starta automatiskt vid ett spänningsfall. Vid off-grid-läge skall systemet klara av att hålla i gång kritiska komponenter som jordvärmepump, tv, dator och kylskåp. Detta med hjälp av aggregat och automatisk reservkraftsomkopplare.

Till generatoren måste det planeras modifikationer, eftersom denna inte har automatstart utan detta måste göras via en separat styranordning.

Som mål för arbetet hade vi att hitta en lösning som var ekonomisk för kunden med möjlighet att utöka effekten i framtiden. Kostnadskalkyler och inbetalningstid presenteras med olika möjligheter av produkter. Detta arbete kommer att presenteras teoretiskt eftersom arbetet inte är utfört än.

Språk: svenska

Nyckelord: reservenergi, off-grid, batteripaket.

BACHELOR'S THESIS

Author: Anton Stigell
Degree Programme: Electrical Engineering
Specialisation: Electrical Power Engineering
Supervisor(s): Ronnie Sundsten

Title: Solar and Backup Energy System

Date 11.5.2023 Number of pages 33 Appendices: 1

Abstract

The purpose of this final project is to plan a solar energy system with an accompanying backup energy system. The system is planned for a newly built two story private house of about 200m² in Seinäjoki with the hope of being able to sell it to future customers. The solar system should be able to analyze whether it is more sensible to store or sell electricity with the help of a battery pack and the entire system should be able to operate in an off-grid mode if needed. The associated battery pack should be planned based on consumption and how much energy the solar panels generate during the different seasons. The solar panels are going to be installed on the garage with a south-facing direction, possibly on the garage wall depending on appearance.

The off-grid mode is going to start automatically with a voltage drop. In off-grid mode it should be able to keep critical components such as a ground heat pump, tv, computer, refrigerator etc. running with the help of a generator and an automatic backup power switch.

Modifications must be planned for the generator as it does not have an automatic start and it must be through a control device.

The goal of the work is to be as cost effective for the customer with the possibility of expanding in the future. Cost calculations and repayment time are presented with the different product options.

Language: Swedish

Key words: back energy system, off-grid, battery pack.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	System.....	1
1.2	Fastighet.....	1
1.3	Målsättning.....	1
2	Solenergi och strålningsenergi	2
2.1	Historia.....	2
2.2	Teori.....	3
3	Solceller.....	4
3.1	Halvledare	5
3.2	Solljus i solcellen.....	5
3.3	Solcellens uppbyggnad	6
4	Solkraftens miljöpåverkan	6
5	Växelriktare.....	7
5.1	Princip	7
5.2	Maximum Power Point Tracking, MPPT	8
5.3	Pulsbreddsmodulering, PWM.....	8
5.4	Olika typer av växelriktare	9
6	Projektet	10
6.1	Longi solar solpaneler	10
6.2	Generator.....	11
6.3	Omkopplare.....	11
6.4	Ventilation.....	12
7	Planering.....	12
7.1	Solpaneler	13
7.2	Inverter	13
7.3	Batteribank	14
8	Installation	16
8.1	Solpaneler	16
8.2	Inverter	18
8.3	Batteribank	19
8.4	Omkopplare.....	20
9	Återbetalning.....	21
10	Diskussion	21
11	Referenser.....	22

1 Inledning

Idén att bygga detta solpanelsystem kom då det var oklart ifall elenergin kommer att räcka till i Finland och energipriserna blev skyhöga.

1.1 System

Till systemet hör alltså ca 10 kW solpaneler med hybrid växelriktare för batteripaket. Generator kopplas också in för att kunna köra i off-grid-läge för att försörja kritiska komponenter så som värmen, datorer, frys och kylskåp. Automatisk start av generatoren måste byggas separat och automatisk reservkraftsokopplare tilläggas. Ventilation till generatorutrymmet måste installeras.

1.2 Fastighet

Fastigheten består av ett nybyggt egnahemshus med tillhörande garage. Huset är ca 180 m² med två våningar. Huset värms upp med hjälp av jordvärmepump och luftvärmepump. Garaget är uppvärmt med elektricitet och rymmer en bil. Till garaget hör också ett förrådsutrymme på ca 20 m² var generatoren och batteripaketet skall placeras. Solpanelerna installeras på garagets tak som är 50 m² och placeras mot söder.



Figur 1. Bild över Garagets sida mot söder.

1.3 Målsättning

Målet med systemet var att kunna automatiskt styra fastighetens el-handel på ett optimalt sätt genom att iaktta spot-prissättningen och väderprognoser. Systemet strävar till att säkra fastighetens elförsörjning. Vid ett elavbrott startar reservkraften automatiskt. Systemet skall vara helhetsförmånligt för kunden och intressant för andra potentiella kunder.

2 Solenergi och strålningsenergi

Historien om strålningsenergi börjar redan år 1839. Strålningsenergi är en sak som kommer att utvecklas långt i framtiden.

2.1 Historia

År 1839.

I Frankrike upptäcker Edmond Becquerel den fotovoltaiska effekten. Fotovoltaiska effekten är den teknik som omvandlar ljusenergi till elektrisk energi. Det är en cell med halvledarmaterial som fungerar som en diod. Varje diod ger en ganska låg spänning men med flera seriekopplade kan man komma upp till en användbar spänning. (Nüüd, u.d.).

År 1905.

Albert Einstein skriver en forskningsrapport där den fotovoltaiska effekten i en fotocell beskrivs. Detta ger basen för framtida utveckling. (Nüüd, u.d.).

År 1954.

Daryl Chapin, Calvin Souther Fuller och Gerald Pearson uppfinner år 1954 den första praktiska solcellen baserad på kisel. De lyckas att förbättra effekten med 600 % med att tillsätta bor till kisel. Kisel används för att fånga upp solstrålarna och omvandla det till fria elektroner. Solcellen visades första gången 1955 på Bell Laboratories i Murray Hill, New Jersey. (Nüüd, u.d.).

År 2023-.

Kiselsolceller har haft en enorm utveckling under de senaste åren och har blivit mera prisvärda och effektivare. Priserna har sjunkit med ca 75 % samtidigt som kapaciteten att fånga upp solljus ökat till runt 20 %. Utvecklingen går framåt och en teknik med tunnfilmssolceller börjar ta över. Fördelen med tunnfilmssolceller är att den kan monteras nästan var som helst, till exempel på fönsterrutor eller på klädesplagg. Tunnfilmssolceller har lägre effekt än hos kiselsolceller men klarar sig bättre på molniga dagar och med lägre ljus. (Nüüd, u.d.).

2.2 Teori

Solenergi är all energi som solen generar. Solenergi skapas av kärnfusion som sker i solen. Denna process kallas för en PP (proton-proton) kedjereaktion som ger en enorm mängd energi. Om solen vore 1,3 gånger så stor skulle energikällan vara kedjereaktionen skapad av CNO-cykeln som skapar väte till helium men använder sig av kol. För tillfället är CNO-cykeln mindre än 2 % av den skapade solenergin. (National Geographic, u.d.).

CNO-cykeln innehåller sex olika steg till skillnad från PP-cykeln som innehåller tre steg. CNO-cykeln omvandlar precis som PP väte till helium men kräver högre temperatur därför sker denna cykel bara i slutet av en stjärnas livscykel. (Robotbyn.se, u.d.).

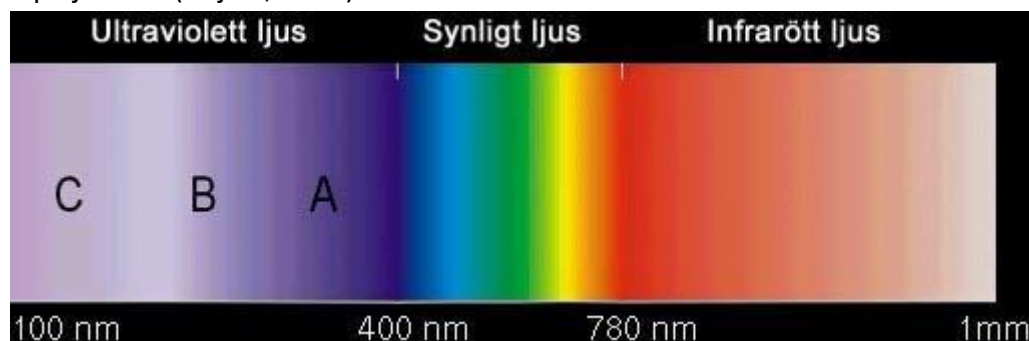
CNO-cykeln är en kärna av kol-12 som slås ihop med en vätekärna och bildar en kärna av kväve-13 och gamma strålning som bildar 1,95 MeV. Kväve-13 kärnan faller sedan sönder och bildar kol-13 kärna, en positron och en neutrino. Positronen kolliderar med en elektron och omvandlas till 2,22 MeV energi. Kol-13 kärnan slås ihop med vätekärnan och bildar en kärna av kväve-14 som ger gammastrålning och 7,54 MeV. Kväve-14 slås ihop med vätekärnan som blir syre-15 och ger en gammastrålning med 7,35 MeV. Syre-15 sönderfaller till kväve-15, en positron och en neutrino positronen kolliderar med en elektron som ger 2,71 MeV. Kväve-15 slås ihop med en vätekärna som ger kol-12 och 4,96 MeV. Cykeln slutar med kol-12 samma som man börjat med. För att få denna cykel att ske behövs högtemperatur.

Energien strömmar bort från solen i form av elektromagnetisk strålning (EMR). I elektromagnetiska spektrumet finns vågor med olika frekvenser och olika våglängd. (National Geographic, u.d.).

De allra flesta elektromagnetiska vågorna är osynliga för oss. De högfrekventa vågorna som sänds ut av solen är gammavågor, röntgenstrålning och ultraviolett strålning (UV). Mesta dels av dom skadliga UV-strålarna absorberas av jordens atmosfär. De UV-strålarna som passerar genom atmosfären är dom som orsakar solbränna på huden. (National Geographic, u.d.).

Solen sänder ut infraröd strålning. Det är den strålning som står för den största delen av värmen som kommer från solen. (National Geographic, u.d.).

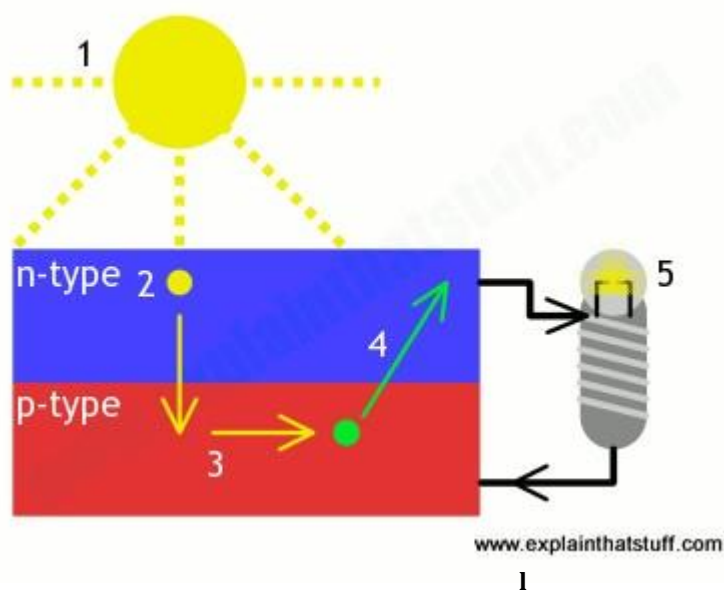
Våglängderna mellan ultraviolett och infrarött ljus är det synliga spektrumet, alltså alla färger vi har på jorden. (Pirjola, 2003).



Figur 2. Bild över färgspektrumet med olika våglängder (Pirjola, 2003).

3 Solceller

Solceller är samma sak som fotovoltaiska celler och är en anordning ljuskänsliga halvledare som sedan skapar elektrisk ström. Solceller använder sig av kisel som en viktig komponent. Kisel reagerar på solens strålar genom att bilda spänningsskillnader mellan lagren. Om man då kopplar ihop dom olika lagren med en kabel börjar det produceras likström. Om flera solceller seriekopplas ökar spänningen, men om man parallell-kopplar solcellerna ökar strömstyrkan. (Haag, u.d.)



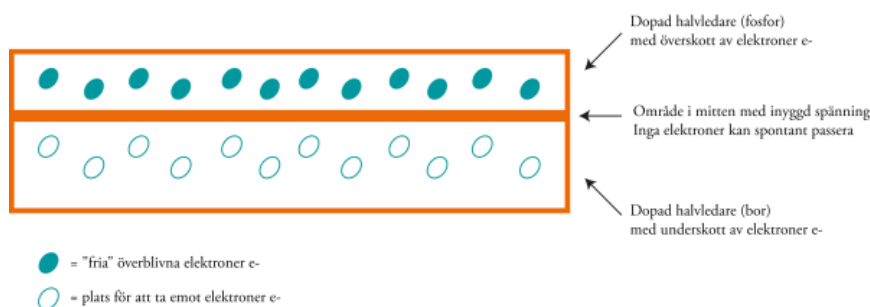
Figur 3. Princip över hur elektroner rör sig i en solcell. (explainthatstuff, u.d.).

Flera solceller kopplas samman och bildar en solpanel. Solpanelerna kan placeras var som helst där solen lyser och på det sättet kan man undvika att störa natur, djur eller människor.

Solpanelsystemet är så gott som ljudlösa jämfört med till exempel vindkraft. Eftersom elektriciteten tillverkas lokalt så minskar den belastningen på eldistributionsnätet.

3.1 Halvledare

Kisel är en typ av grundämne som tillhör en grupp som kallas för halvledare. Detta innebär att kisel ibland kan leda ström och ibland inte. Det intressanta med halvledare är att ledningsförmågan kan styras och kontrolleras. Genom att modifiera kisel kan man skapa en inbyggd spänning inom materialet, samtidigt som man skapar ett överskott av elektroner på ena sidan av materialet och ett underskott på andra. På detta sätt kan man styra hur stor ström som rör sig mellan sidorna. (Penthon, u.d.).



Figur 4. Princip över hur halvledarmaterial kan bilda olik laddning (Penthon, u.d.).

Genom att ansluta en metall till halvledaren på båda sidorna kan man skapa en krets. För att ström skall flyta i kretsen behöver elektronerna ha en väg att ta sig genom. När kretsen är skapad kan spänningen i kiset göra så att elektronerna börjar röra sig åt ena hållet men inte det andra hållet. Men de rör sig inte själva utan behöver en yttre kraft. På så sätt kan man styra kretsen. (Penthon, u.d.).

3.2 Solljus i solcellen

Ljus består av fotoner med olika våglängd från olika källor. Varje foton fungerar som ett litet energipaket som kan absorberas av en halvledare. För att fotonen skall ha någon verkan måste den ha minst en våglängd på 1100 nm, vilket ger en energimängd 1,1 eV. Ungefär 23 % av allt ljus ligger över denna energinivå och kan användas för att producera elektricitet. (Penthon, u.d.).

Energien från fotonerna gör att elektronerna blir rörliga. När en elektron får tillräckligt med energi (>1,1 eV) hoppar den helt enkelt över till den andra sidan halvledaren och åker i väg genom solcellen. På detta sätt omvandlas ljusenergi till elektrisk energi. (Penthon, u.d.).

3.3 Solcellens uppbyggnad

Det finns flera sätt att bygga solceller på. Det vanligaste sättet är att bygga med kiselceller, men det finns även tunnfilmcell som utvecklas hela tiden. Kiselcellen är normalt 15 x 15 cm stor med en tjocklek på cirka 0,2 mm. Men solcellen är mycket skör och känslig. En liten yttre påfrestning kan orsaka sprickor som snabbt sprider sig i hela kristallen och kan förstöra hela solcellen. Ett normalt problem med solceller är faktiskt transportskador och installationsskador. Detta beror på att solcellerna är sköra och lätt kan få mikrosprickor i själva cellen, både vid lastning/lossning, under transport och vid installationen. Det är därför viktigt att hantera solceller med stor försiktighet för att undvika skador. (Penthon, u.d.).

Det finns olika typer av kiselceller, monokristallina och polykristallina. En monokristallin solcell har atomerna ordnade i perfekt symmetri, medan en polykristallin modul inte har atomerna ordnade på samma sätt. (Penthon, u.d.).

Den praktiska skillnaden mellan de två är att monokristallina har en något högre effekt, men de är också lite dyrare att tillverka än polykristallina celler. Valet mellan de två typerna beror på tillämpningen och budgeten för solpanelssystemet. Med monokristallina celler får man mera watt per panel men också högre pris per watt. Det är också en viss färgskillnad då monokristallina celler har något svartare färg än polykristallina celler. (Penthon, u.d.).



Figur 5. Färgskillnad mellan monokristallina och polykristallina (Let's save energy, u.d.).

4 Solkraftens miljöpåverkan

Solpaneler är ett av de mest miljövänliga energialternativen även när man räknar med miljöbelastningen under tillverkningen av solpanelerna. Det finns flera faktorer som spelar in i utsläppen av solpaneler så som transport och var de tillverkas. (Olin, Svårt att mäta solcellers miljöpåverkan, b).

Om man jämför ett kolkraftverk med solpaneler så har solpanelerna ett koldioxidutsläpp på 20 till 40 gram per kilowattimme medan ett kolkraftverk har 1 000 gram per kilowattimme. (Olin, Svårt att mäta solcellers miljöpåverkan, b).

Materialet från solpaneler är även möjliga att återvinna efter att panelens livstid är slut.

En stor del av världens solpaneler tillverkas i länder där barnarbete förekommer och arbetsvillkoren kan skilja sig stort från fabrik till fabrik. (Olin, Svårt att mäta solcellers miljöpåverkan, b).

sol

5 Växleriktare

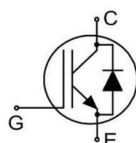
Växleriktaren är en viktig komponent i ett solcellssystem vars funktion är att omvandla likström från solpanelerna till växelström som kan användas för att driva hushållsapparater eller skickas ut till elnätet.

Växleriktare har oftast en livslängd på 10–20 år och kan vara den mest kostsamma komponenten i ett solcellssystem. Växleriktaren påverkar också prestandan i systemet. Felaktig dimensionering kan skapa skador på utrustning, därför är det viktigt att välja rätt typ och storlek på växleriktare. (MN H. , u.d.) .

5.1 Princip

En växleriktare använder IGBT-transistorer för att kunna fungera.

En växleriktare består av många olika komponenter för att den skall kunna fungera i så stor utsträckning som den gör i dagens läge. Den viktigaste komponenten är en så kallad IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) vilket är då en typ av transistor som styrs av en kontroll. Med hjälp av den kan man skapa växelström eftersom man då kan styra vilket håll elektronerna skall röra sig åt. (Electronics tutorials, u.d.).



Figur 6. IGBT symbol
(Hammami, 2023).

5.2 Maximum Power Point Tracking, MPPT

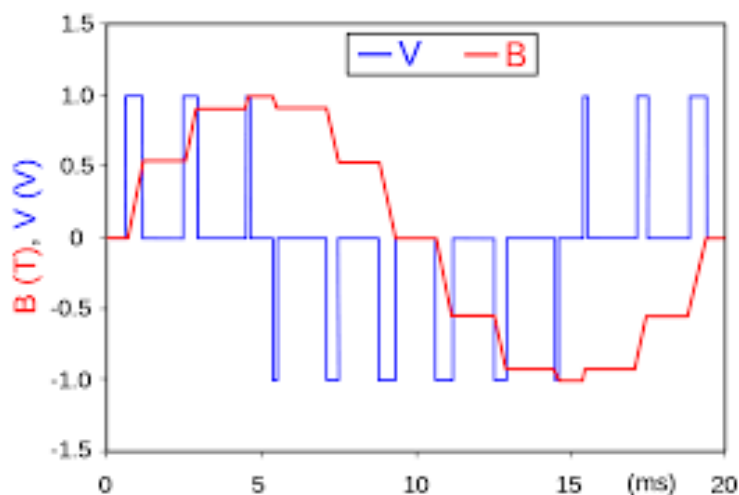
Maximum Power Point Tracking går ut på att jämföra spänningen och effekten i solpanelerna. Invertern övervakar solpanelerna och räknar ut den maximala effekten. MPPT lämpar sig också vid batteriladdning, då övervakar den både laddning och temperatur. (24 Volt, u.d.).

MPPT fungerar alltså så att den räknar ut den punkten var den maximala effekten fås och justerar spänningen enligt det. (24 Volt, u.d.).

MPPT är speciellt viktigt vid batteriladdning eftersom spänningen inte spelar roll vid batteriladdning utan bara den ström som flyter in i batteriet. (24 Volt, u.d.).

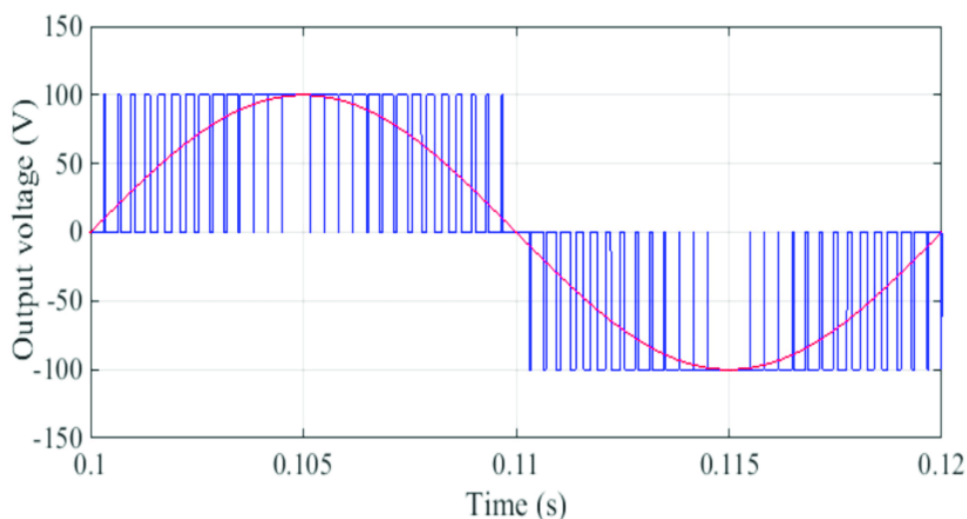
5.3 Pulsbreddsmodulering, PWM

Med hjälp av pulsbreddsmodulering går det att skapa en renare sinuskurva. Växelspänningen blir arean av den påslagna tiden och likspänningens styrka. (Mindset, 2021).



Figur 7. Sinuskurva med hjälp av pulsbreddsmodulering (Pulsbreddsmodulering, u.d.).

I figur 7 ser man hur växelspänningen får en kurva medan likspänningen växlar mellan på och av med hög hastighet för att skapa denna kurva.



Figur 8. Ren sinuskurva med hjälp av pulsbreddsmodulering (Vujacic, u.d.).

I den här kurvan syns en renare sinuskurva som resultat av en snabbare frekvens på transistorerna.

PWM-tekniken används också ofta tillsammans med en chargecontroller för att kunna styra strömeffekten som går till batteriet och på det sättet förlänga dess livslängd. (24 Volt, u.d.)

PWM vid batteriladdning fungerar genom att skicka korta laddpulser i följd. Om batteriet är urladdat skickar regulatören längre signaler och om batteriet är fulladdat så skickar regulatören bara korta pulser med långa mellanrum. Detta för att underhålla laddningen i batteriet. PWM-regulatören saknar MPPT-regulatorns effekthöjande egenskaper men är mera skonsam mot batteriet. (24 Volt, u.d.).

5.4 Olika typer av växelriktare

Växelriktare finns i flera olika modeller och typer till exempel stränginverter, central inverter och mikroinvertrar, dessa kommer att förklaras i detta kapitel.

Stränginvertern är en enhet som används för att omvandla likströmenergi till växelströmsenergi som hemmet kan använda. De är anslutna till flera solpaneler, prestandan tvingas vara den samma som den sämst presterande panelen. Med stränginvertrar är det mycket viktigt att hålla panelerna rena och undvika skugga. En stränginverter fungerar genom att seriekoppla flera solpaneler vilket skapar en sträng av likström med högspänning. (MN H., u.d.).

Centrala invertrar används allmänt i större solkraftssystem. Centrala invertrar har större kapacitet än stränginvertrar eller mikroinvertrar. Dom kan också hantera ström som fås av hundra eller upp till tusentals solpaneler. Man använder oftast centrala invertrar där man kommer att mata energin ut till nätet i stället för att använda den på plats. Detta för att det är så stor kapacitet och dom blir bara prisvärda vid stora anläggningar. (Novergy, 2017).

Mikroinvertrar är invertrar som monteras på alla solpaneler skilt för att kunna maximera effektiviteten genom att kunna styra alla paneler skilt, vilket ger förmågan att uppnå maximal effektsparning (MPPT). Toppeffektiviteten för de flesta mikroinvertrar är cirka 96 %.

Eftersom det monteras en inverter bakom varje panel som ger ut 230 V, undviks brandrisker som traditionella system har. Med mikroinverter-teknik säkras även systemet, eftersom en panel eller en inverter inte påverkar resten av systemet. I ett mikroinverter system kan man montera olika typ av solpaneler med olika effekt, vilket är till stor nytta ifall man planerar att utvidga systemet senare. (MN H. , u.d.).

6 Projektet

För projektet krävs det flera olika maskiner och komponenter för att lösa de olika problemen. Här presenteras all dom olika komponenterna som är nödvändiga i projektet.

6.1 Longi solar solpaneler

Longi solar lr4-66hph-410m är modellen som kommer att installeras ovanpå garagets tak. Panelerna är av dom bästa på marknaden. Panelen är tillverkad med longi solars teknik som gett den möjlighet att ha flera celler än en traditionell panel av samma storlek. Panelen har en yta på 2 kvadratmeter och väger 23 kilogram, vilket gör den lämplig för både kommersiellt och privatbruk.

Longi solar ger en produktgaranti på 12 år och en effektgaranti på 25 år. Effektgarantin innebär att om panelens effekt minskar under 85 % av den ursprungliga effekten tidigare än 25 år så byts den till en ny. (SOLAR PROOF, u.d.).

Longi solar lr4-66hph-410m har monokristallina kiselceller, med ramlös design smälter den snyggt in på taket.

6.2 Generator

Generatoren som installeras är en DUAB POWER MDG12S som har en nominell effekt på 9,6 kW/12 kVA och maxeffekt på 11 kW/13,75 kVA. Generator har kunden anskaffat. Denna generator har ingen automatisk el-start utan bara en manuell sådan vilket betyder att den måste kompletteras med en separat styrenhet. (MDG12 Generator Operational manual)

Detta görs med hjälp av en styrningsenhet som byggs upp av olika komponenter som övervakar spänningen och skapar start och stop signaler.

Generatoren kommer att installeras inomhus och avgaserna kommer att styras ut. Ventilationen tvångstys då generatoren går för att inte skada personer eller maskiner i utrymmet.

Generator kommer att sitta i standby läge med strömmen påslagen därför kommer den att behöva en 12 V underhållsbatteriladdare. Denna Batteriladdare är en PWM laddare detta eftersom det är det mest skonsamma laddaren för batteriet under än längre tid. Och ingen snabb laddning behövs.

6.3 Omkopplare

Eftersom generatoren kommer att starta vid spänningsfall så får den inte mata ut ström till nätet vid ett eventuellt elavbrott, vilket skulle medföra en fara för elarbeten på eldistributionsnätet. Efter forskande på alternativa komponenter valdes Kipors ATS omkopplare till den mest lämpliga.

När omkopplaren levererades från Tyskland fanns det bara en tysk manual. Lösningen till det var att bygga en testbänk för att undersöka omkopplaren.

Omkopplaren fungerar så att när nätspänningen försvinner och generatorspänning tillförs kopplar den över till generatoren. Genast när nätspänningen återfås kopplar den över till nätet.

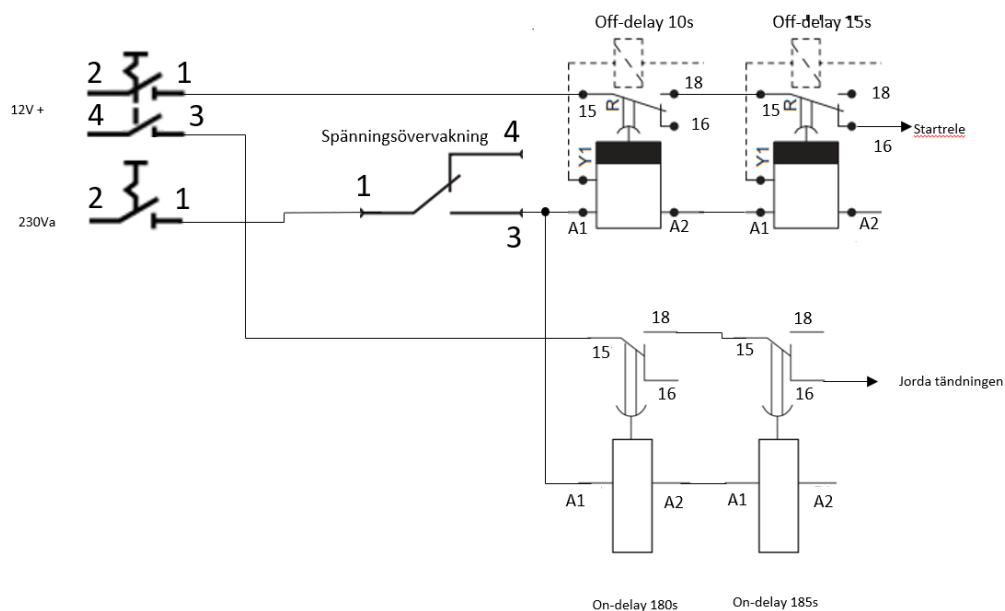
Eftersom generatoren har en start som använder det egna 12 volts batteriet blev slutsatsen att skapa en startpuls med hjälp av tidsfördröjda fränkopplarelän. Första reläet kommer att koppla över vid 10 sekunder för att inte starta aggregatet om återkopplingar inte löser ut på nytt, sen kommer startpulsen. Denna startpuls kommer att vara i ca 5 sekunder eftersom dieselaggregatet kan dröja vid start.

Då spänningen återkommer skall generatoren stanna. Om spänningen återkommer så finns det en påslags fördröjning på ca 3 minuter. Detta för att undvika att generatoren stängs av och

startar upprepade gånger ifall fel på nätet fortfarande finns eller ifall utgången vid el stationen löser ut igen.

Som fördröjningsrelä används Schneiders zelio serie, både för påslagsfördröjnings och fränkopplingsfördröjning.

I figur 9 ses ett kretsschema för start- och stoppsignalerna.



Figur 9. Kretsschema för start och stoppsignaler.

6.4 Ventilation

Eftersom generatoren kommer att förvaras inomhus kommer den att behöva tillräckligt effektiv ventilation. Om ventilationen är för svag kan det finnas risk för koldioxidförgiftning och även generatoren kan skadas av detta. I generatormanualen specificeras inte hur effektiv ventilationen skall vara, men eftersom avgasrören kommer att dras ut så godkänner försäljaren ett 125 mm ventilationsrör med en fläkt på 16 W. Generatoren kan skadas av överhettning om den inte får tillräckligt med syre.

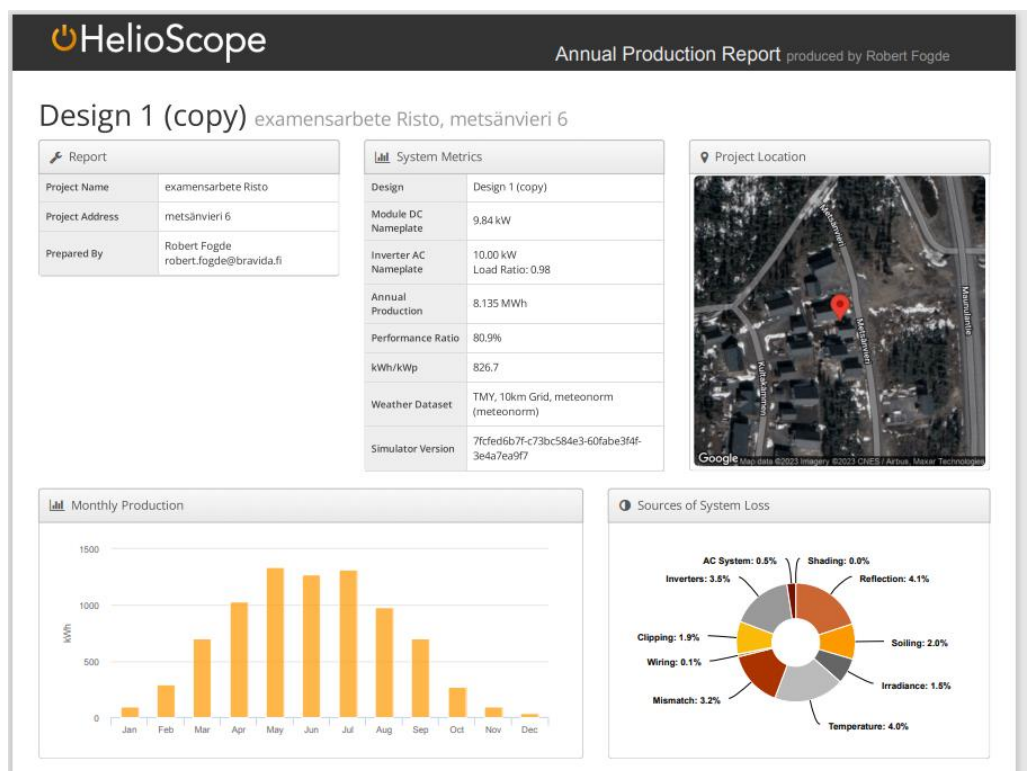
7 Planering

För att uppnå alla mål är det viktigt att man planerar produkter som är kompatibla med varandra och produkter som är tillgängliga.

7.1 Solpaneler

Efter flera olika simulationer med olika program blir slutsatsen att 24 Longi solar lr4-66hph-410m solpaneler med en topp effekt på 9,8 kW är bästa alternativet för kunden. 24 paneler är det maximala som får plats på taket.

Med 24 solpaneler som tillverkar en maximal spänning på 38 V styck får vi $38 \cdot 12 = 456$ V, vilket en inverter med 1000 V max range klarar bra. På grund av maxeffekt per string på invertern måste man koppla panelerna i två serier.



Figur 10. Rapport över energiproduktion simulerad av HelioScope

7.2 Inverter

Efter forskande så blir lösningen att en Growatt hybrid inverter är bästa alternativet, eftersom den innehåller de funktionerna som är viktiga för kunden.

Growatt SPH 10000TL3 BH-UP är en 15 kW hybrid inverter med UPS-funktion vilket förhindrar elavbrott vid störningar eller bestämda avbrott i strömförsörjningen. Störningar kan finnas på nätet eller vid mätaren. Invertern är också en av få som har möjlighet med så stor backupström som 10 kW. Att kunna använda strömmen offgrid från batteribankar är viktigt för kunden. Invertern är den mest förmånliga med dessa möjligheter.

7.3 Batteribank

Systemet är planerat för en efterinstallation av ett batteripaket för optimering av installationen samt UPS funktionen vid elavbrott.

Growatt SPH 10000TL3 BH-UP klarar av både litium- och blybatteri. Batteriet måste ha en spänning mellan 100 Vdc – 550 Vdc. Laddningshastighet och urladdningshastigheten är 25 A max. (Growatt, u.d.)

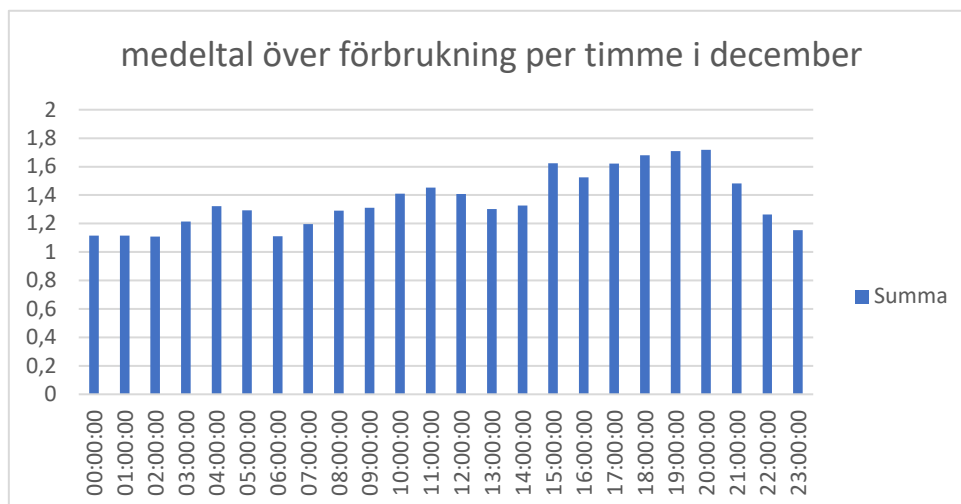
För kunden rekommenderas Growatts egna ARK serie på batteribank. Detta för att ha en bra kommunikation mellan laddningsenheten och batteriet samt undvika problem vid installation. Batteri storleken rekommenderas vara runt 5-9 kWh eftersom det då skulle klara de timmar solpanelerna inte genererar ström. Bästa alternativ för kunden är Growatts ARK 7,6 kWh batteribank, detta på grund av att vid längre elavbrott finns det tillgång till generator.

Growatt ARK LV är en modulär batteribank som går att utöka från 2,5 kWh – 25,6 kWh. Detta gör det enkelt att öka kapaciteten i batteriet i efterhand ifall investeringskostnaderna är för stora eller förbrukningen ändras. Batteriet är ett kobolt fritt litiumfosfat batteri med en nominell spänning på 51,2 V. Detta möjliggör att serie koppla 10 moduler före man överskrider batterispänningen för invertern. (Growatt, u.d.).

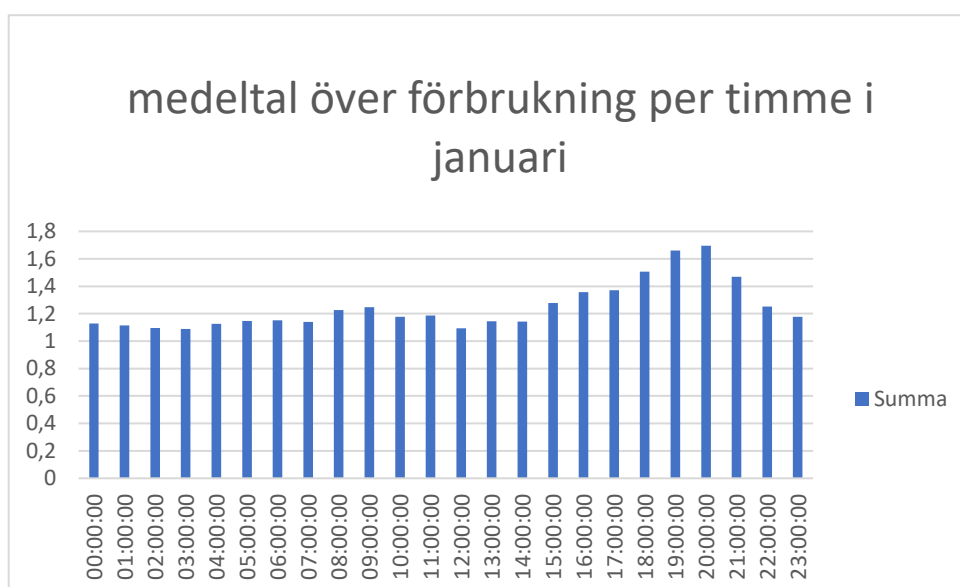


Figur 12. Bild över utseende på batteribank. (Sonepar, u.d.).

I följande diagram kan man se förbrukningarna från projektet. Eftersom bygget fick en elanslutning först i november syns endast vinterförbrukningar.



Figur 13. Diagram överförbrukning i december.



Figur 14. Diagram över förbrukning i januari.

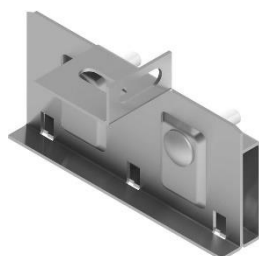
8 Installation

För installationen är det viktigt att man tänker på alla tillbehör som kommer att behövas när det praktiska arbetet börjar för att kunna effektivisera arbetet, spara på kostnader och bibehålla goda kundrelationer.

8.1 Solpaneler

På taket kommer 24 stycken Longi Solar paneler att installeras på skenor. Skenorna skall installeras i två rader med 12 stycken solpaneler/rad.

Som fastsättning används Orima skensystem. Skenorna kommer att fästas på taket med Easy Rail fastsättningar med ett mellanrum på max 1,6 m.



Figur 15. Bild på plåttak fastsättning Easy Rail. (Onninen, u.d.).

För att fästa skenorna i fastsättningarna behöver man använda deras egna m8 bultar för att underlätta fastsättningen. Installation enligt följande bilder.



Figur 16. bild över installation av Easy Rail bult m8. (Onninen, u.d.).

Efter att skenorna är installerade fästs kablarna för varje panel. Kabeln som används är av typen HF H1Z2Z2-K 1x6 vilket är en fintrådig kopparkabel med en tvärsnitts area på 6 mm²

som klarar av 57A enligt nedan liggande tabell. Mellan panelerna dras det röd kabel. Från sista panelen till invertern dras det svart kabel.

Cross-section mm ²	Single cable free in air A	Single cable on surfaces A	To cables adjacent on surface A	Voltage drop V/A·km
1 x 1,5	30	29	24	38,2
1 x 2,5	41	39	33	23,0
1 x 4	55	52	44	14,3
1 x 6	70	67	57	9,49
1 x 10	98	93	79	5,46
1 x 16	132	125	107	3,47
1 x 25	176	167	142	2,23
1 x 35	218	207	176	1,58
1 x 50	276	262	221	1,10
1 x 70	347	330	278	0,772
1 x 95	416	395	333	0,585
1 x 120	488	464	390	0,457
1 x 150	566	538	453	0,368
1 x 185	644	612	515	0,301
1 x 240	775	736	620	0,228

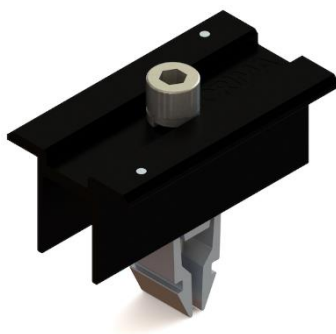
Table 1

Figur 17. Tabell över strömtålighet för HF H1Z2Z2-K kablar, taget från tillverkarens dokument.

Efter att kablarna är dragna fäster man nedre raden solpaneler med hjälp av svarta Orima panelfästen.



Figur 18. Orima ändfäste för solpaneler passar till Easy Rail. (Onninen, u.d.).



Figur 19. Orima fastsättning mellan paneler passar till Easy Rail. (Onninen, u.d.).

Efter att första raden är på plats lagar man MC-4 ändor på kablarna så att de räcker till mitten av solpanelerna. Detta är viktigt att göra på ett säkert sätt eftersom solpanelerna genererar spänning så fort solen lyser.

Denna process upprepas tills alla solpaneler är installerade. Båda raderna av solpaneler blir en egen sträng och dras till varsin skydds brytare.



Figur 20. Bild över Weidüller MC-4 kopplingsändor. (Onninen, u.d.).

8.2 Inverter

Invertern måste fästas på väggen med 30 cm fritt åt alla håll. För en snygg installation bör man planera hur kablarna tas in i invertern med hjälp av att se på utgångarna på den. För att koppla in panelerna används MC-4 kontakter i invertern, detta måste göras spänningslöst. Panelerna

får max ha en ström på 13,5 A och en effekt på 7500 W per sträng. DC bör ej kopplas på förrän allt annat är inkopplat.

Efter att panelerna är kopplade ansluts huvudcentralen med hjälp av inverterns egna dragavlastare. En elmätare kopplas även in med hjälp av RJ 45. Den kopplas till huvudcentralen och kabel får max vara 15 m.

Efter att nätspänningen är inkopplad stänger man av batteriet och kopplar in batteribanken med MC-4 kontakter. Viktigt är att ha polariteten rätt och en maxspänning på 550 V. Till batteribanken kopplas även en kommunikations terminal (CAN). Denna kopplas med hjälp av en CAT 5 och RJ 45 portar.

Backup mode kan bli aktiverat på invertern. Då måste den last som skall köras av elavbrott kopplas till EPS last och får max vara 10 000 W. EPS last kopplas på samma sätt som nätspänningen kopplas, med hjälp av inverterns egna dragavlastare.

8.3 Batteribank

Det är viktigt att batteriet är i off-läge när installationen sker.

Batteribanken kommer att installeras inomhus bredvid en vägg på golvet och behöver 30 cm fritt i alla led. Batteribanken har ett botten som kommer att stå rakt på golvet och den fästs även vid väggen. Batteribanken får max vara 5 m från invertern.

Till batteribanken måste man dra CAT 5 och PE 16 mm.

8.4 Omkopplare

Det mest kostnadsvänliga alternativet var att köpa Kipors ATS-brytare. Det är alltså en automatisk omkopplare som klarar av belastning. Den fungerar genom att överkoppla till generatoren när generatoren har spänning men inte nätet. Direkt då nätet återfår spänning kopplar den över tillbaka, överkopplings tid ca 1 sekund, då är utgången strömlös.

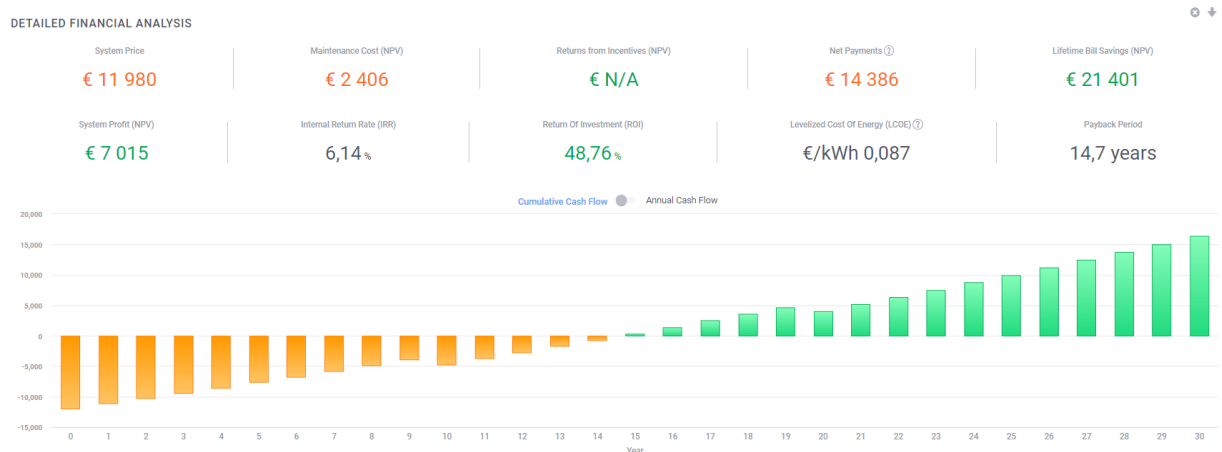
Denna omkopplare klarar inte av att vara utomhus därför kommer den att installeras inomhus på samma vägg som huvudcentralen är installerad på. Detta för att då ha generatoren i samma rum som omkopplaren. Till omkopplaren installeras en trefas kontakt på väggen, för att kunna koppla löst generatoren vid servicetillfällen. Mellan omkopplaren och generatoren kopplas en skarvsladd.



Figur 21. Bild över Kipors ATS omkopplare. (Profishop, u.d.).

9 Återbetalning

Återbetalningskalkylen är gjord med hjälp av Solaredge Designer som ger oss en återbetalningstid på 14 år och en vinst på 48,76 %. Uträkningarna är gjorda utifrån förbrukningarna för en barnfamilj i motsvarande hus. Priserna är tagna från hemsidan Halvinsätkösopimus.fi och försäljningspriserna tagna från Vasa elektriskas hemsida. Vasa elektriska drar av 0,2 cent/kWh från försäljningspriset som kommer från den nordiska elbörsen.



Figur 22. Återbetalnings diagram. Skapad av Solaredge Designer.

10 Diskussion

Detta arbete har gett en stor kunskap om olika planeringsprogramvaror samt produktutbudet på marknaden. Det negativa i arbetet var att budgeten inte höll för att utföra alla visioner så som elprisanalysering och väderprognosanalysning. Visionerna finns dock kvar för kommande projekt i framtiden och lösningarna finns kvar med olika alternativ.

För elprisanalysering hittades en möjlighet med till exempel Ferroamps smart system eller med hjälp av Shellys programmerbara relän.

ferroamp

Figur 23. Ferroamp logo. (Ferroamp, u.d.).

Shelly

Figur 24. Shelly logo. (Shelly, u.d.).

11 Referenser

- 24 Volt. (u.d.). Hämtat från <https://24volt.eu/mppt.php> den 16 04 2023
- Archipelagosolar. (u.d.). *Archipelagosolar*. Hämtat från Archipelagosolar information: <https://archipelagosolar.fi/sv/Information/> den 5 3 2023
- Benny. (u.d.). *Benny*. Hämtat från <https://www.beny.com/sv/microinverter/> den 5 3 2023
- DUAB. (u.d.). *DUAB*. Hämtat från <https://duab.fi/autotalli-ja-verstas/aggregaatit-ja-varavirtalahteet/dieselkayttoiset-aggregaatit/duab-power-mdg12s-3-3-vaiheinen-diesel-generaattori> den 11 02 2023
- Electronics tutorials*. (u.d.). Hämtat från Electronics tutorials power: <https://www.electronicstutorials.ws/power/insulated-gate-bipolar-transistor.html> den 21 02 2023
- e-smart solar. (2018). *Esmart solar monocrystalline vs polycrystalline*. Hämtat från Esmart: <https://www.esmartsolar.com.au/monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels-which-one-do-i-choose/> den 17 02 2023
- European Commission*. (u.d.). Hämtat från https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/explainthatstuff. (u.d.). Hämtat från <https://www.explainthatstuff.com/solarcells.html>
- Ferroamp*. (u.d.). Hämtat från <https://ferroamp.com/>
- Growatt. (u.d.). *Ginverter*. Hämtat från <https://www.ginverter.com/> den 11 04 2023
- Haag, G. (u.d.). *Hitta solceller*. Hämtat från Hitta solceller, hur fungerar solceller och solenergi: <https://www.hitta-solceller.se/hur-fungerar-solceller-och-solenergi/> den 12 2 2023
- Halvinsätkösopimus*. (u.d.). Hämtat från <https://xn--halvinshksopimus-1nb04a.fi/sahkon-hintaennuste/>
- Hammami, M. (den 21 02 2023). *ResearchGate*. Hämtat från https://www.researchgate.net/figure/Ideal-pulse-width-modulation-PWM-inverter-output-voltage-instantaneous-component-blue_fig4_319071311
- Let's save energy*. (u.d.). Hämtat från <https://letsaveelectricity.com/how-much-solar-panels-cost-in-india/>
- MDG12 Generator Operational manual. (u.d.). Duab Power.
- Mindset, T. E. (2021). *Power Inverters Explained - How do they work working principle IGBT*. Hämtat från <https://www.youtube.com/watch?v=ilqhAX0I7II> den 21 02 2023
- MN, H. (u.d.). *otovo*. Hämtat från otovo solpaneler-solceller: <https://www.otovo.se/blog/solpaneler-solceller/vaxelriktare-till-solcellsanlaggning-2/> den 21 02 2023
- MN, H. (u.d.). *otovo*. Hämtat från <https://www.otovo.se/blog/solpaneler-solceller/optimerare-for-solceller-funktion/> den 02 05 2023
- National Geographic*. (u.d.). Hämtat från National Geographic solar energy: <https://education.nationalgeographic.org/resource/solar-energy> den 13 2 2023

- Naturskyddsföreningen*. (den 31 1 2023). Hämtat från Naturskyddsföreningen hur fungerar solceller och solfångare: <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/hur-fungerar-solceller-och-solfangare/> den 13 2 2023
- Novergy*. (12 2017). Hämtat från Novergy solar string inverter vs central inverter: <https://www.novergysolar.com/solar-string-inverter-vs-central-inverter/> den 01 03 2023
- Nüüd, D. (u.d.). *öresundskraft*. Hämtat från öresundskraft hur uppfanns solceller: <https://www.oresundskraft.se/blogg/hur-uppfanns-solceller/> den 12 02 2023
- Olin, L. (a). *energi.se*. Hämtat från <https://www.energi.se/artiklar/svart-att-mata-solcellers-miljopaverkan/>
- Olin, L. (b). *Svårt att mäta solcellers miljöpåverkan*. Hämtat från Tidningen energi: <https://www.energi.se/artiklar/svart-att-mata-solcellers-miljopaverkan/>
- Onninen*. (u.d.). Hämtat från <https://www.onninen.fi/> den 5 5 2023
- Orima*. (u.d.). *Orima*. Hämtat från <https://orima.fi/> den 17 04 2023
- Penthon*. (u.d.). *Penthon*. Hämtat från Penthon hur fungerar solceller: <https://www.penthon.com/solceller/hur-fungerar-solceller-en-enkel-forklaring/> den 17 02 2023
- Pirjola, P. (2003). *learnify*. Hämtat från learnify: <http://www.learnify.se/Learnifyer/ObjectResources/d4fc5337-6282-4efd-b11f-8a38791c346e/Ljus/index.htm> den 13 2 2023
- Profishop*. (u.d.). Hämtat från <https://www.profishop.com/fi/p/kipor-ats-laatikko-automaattiseen-kodin-haetaevirtalaehtheeseen-1002> den 11 03 2023
- Pulsbreddsmodulering*. (u.d.). Hämtat från Wikipedia: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Pulsbreddsmodulering>
- Robotbyn.se*. (u.d.). Hämtat från http://www.robotbyn.se/astrofysik/hydrogen_burning.html den 16 05 2023
- Shelly*. (u.d.). Hämtat från <https://www.shelly.cloud/en-fi>
- SOLAR PROOF*. (u.d.). Hämtat från <https://www.solarproof.com.au/products/LR4-66HPH-410M/>
- Sonepar*. (u.d.). Hämtat från <https://verkkokauppa.sonepar.fi/fi/growatt-ark-7-6-xh-akkujarjestelma-growatt-ark-7-6xh-9797185> den 5 5 2023
- Sunrun*. (den 2 5 2018). Hämtat från sunrun: <https://www.sunrun.com/go-solar-center/solar-terms/definition/string-inverter>
- Vattenfall*. (u.d.). Hämtat från Vattenfall solkraft: <https://www.vattenfall.fi/sv/elavtal/energikallor/solkraft/> den 12 02 2023
- Vujacic, M. (u.d.). *ResearchGate*. Hämtat från https://www.researchgate.net/figure/PWM-inverter-output-voltage-and-its-averaged-counterpart-with-m-1-and-output-phase_fig3_311949566 den 5 5 2023
- Winsource electronics*. (u.d.). Hämtat från <https://www.win-source.net/blog/parts-library/ikw40n60h3-600v-duopack-igbt-diode/> den 21 02 2023

Solpanel longi solar lr4-66hph



Hi-MO 4m

LR4-66HPH
395~420M

- Suitable for distributed projects
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
 - MS Cell with 5-doped Wafer
 - 50-micron Half-Cut Cell
- Excellent outdoor power generation performance
- High module quality ensures long-term reliability

12 12-year Warranty for Materials and Processing

25 25-year Warranty for Extra Linear Power Output

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61738
ISO 9001:2008, ISO Quality Management System
ISO 14001:2004, ISO Environmental Management System
TSD2941: Certificate for module design qualification and type approval
OSHA 1981: 2001 Occupational Health and Safety

LONGI

UL, IEC, CE

Figur 25. Produktblad om Longi solpaneler sida 1.

21.0%
MAX MODULE
EFFICIENCY

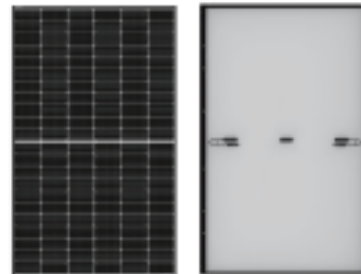
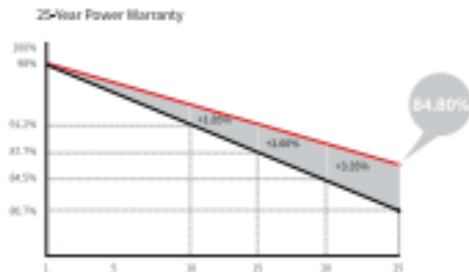
0~+5W
POWER
TOLERANCE

<2%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.55%
YEAR 25
POWER DEGRADATION

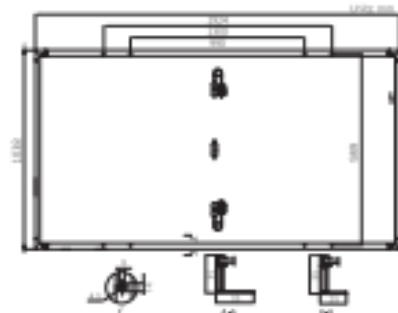
HALF-CELL
Lower operating temperature

Additional Value



Mechanical Parameters

Cell Orientation	132.6x222
Junction Box	IP65, three diodes
Output Cable	4mm ² , 1200mm
Connector	Stäubli HED EVO2
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	22.0kg
Dimension	1924x1838x35mm
Packaging	30pcs per pallet / 150pcs per 20' GP / 744pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

	STC: AM1.5, 1000W/m ² , 25°C		Test conditions for Power > 300			
Power Class	395	400	405	410	415	420
Maximum Power (P _{max} /W)	395	408	405	410	415	420
Open Circuit Voltage (V _{oc} /V)	44.80	44.80	45.08	45.20	45.48	45.60
Short Circuit Current (I _{sc} /A)	11.34	11.42	11.58	11.57	11.65	11.73
Voltage at Maximum Power (V _{mp} /V)	31.40	31.60	31.8	31.80	31.28	31.40
Current at Maximum Power (I _{mp} /A)	10.51	10.64	11.72	10.70	11.07	10.94
Module Efficiency(%)	29.8	28.0	20.3	20.5	20.6	21.8

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ +5 W
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC550V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	30A
Nominal Operating Cell Temperature	45 ± 2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	3800Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.04%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.27%/°C
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.35%/°C



Level 8, 124 Walker Street, North Sydney,
NSW 2060, Australia
Tel: +61 2 9884 5606
Web: www.longi-solar.com.au

Specifications included in this datasheet
are subject to change without notice.
LONGI reserves the right of final
interpretation. (20210804) (A0101)

Figur 26. Produktblad om Longi solpaneler sida 2.

SPH 4000~10000TL3 BH-UP

- 100% three-phase imbalance output
- Smart phase-level power export limitation
- Wide battery voltage 100-550V
- UPS function, 10ms transition
- Scalable system configuration
- VPP interface ready
- DC/AC type II SPD
- 1.5 DC/AC Ratio

GROWATT

POWER
- I N G O
T O M O -
R R O W O

GROWATT

www.ginverter.com

Figur 27. Produktblad om invertern sida 1.

Datasheet	SPH 4000TL3 BH-UP	SPH 5000TL3 BH-UP	SPH 6000TL3 BH-UP	SPH 7000TL3 BH-UP	SPH 8000TL3 BH-UP	SPH 10000TL3 BH-UP
Input data(PV)						
Max. recommended PV power (for module STC)	6000W	7500W	9000W	10500W	12000W	15000W
Max. DC voltage	1000					
Start voltage	120V					
MPP voltage range	120V-1000V/600V					
No. of MPP trackers	2					
No. of PV strings per MPP tracker	1					
Max. input current per MPP tracker	13.5A					
Max. short-circuit current per MPP tracker	16.9A					
Output data(AC)						
AC nominal power	4000W	5000W	6000W	7000W	8000W	10000W
Max. AC apparent power	4000VA	5000VA	6000VA	7000VA	8000VA	10000VA
Nominal AC voltage (range*)	230V/400V (310-475V)					
AC grid frequency (range)	50Hz/60Hz (45Hz-55Hz/55Hz-65Hz)					
Max. output current	8.1A	7.6A	9.1A	10.6A	12.1A	15.2A
Adjustable power factor	0.8leading...0.8lagging					
THD	<3%					
AC grid connection type	3W+N+PE					
Battery data (DC)						
Battery voltage range	100-550V					
Max charging and discharging current	25A					
Continuous charging and discharging power	4000W	5000W	6000W	7000W	8000W	10000W
Type of battery	Lithium battery					
Backup power(AC)						
Max. AC output power	4000W	5000W	6000W	7000W	8000W	10000W
Max. AC apparent power	4000VA	5000VA	6000VA	7000VA	8000VA	10000VA
Max. output current	8.1A	7.6A	9.1A	10.6A	12.1A	15.2A
Nominal AC output voltage	230V/400V					
Nominal AC output frequency	50/60Hz					
THDv	<3%					
Switch time	<10ms					
Efficiency						
MAX. efficiency	97.6%	97.8%	98.0%	98.2%	98.2%	98.2%
European efficiency	97.0%	97.2%	97.3%	97.6%	97.6%	97.5%
Protection devices						
DC switch	Yes					
DC reverse polarity protection	Yes					
AC/DC surge protection	Type I					
Battery reverse protection	Yes					
AC short-circuit protection	Yes					
Ground fault monitoring	Yes					
Grid monitoring	Yes					
Anti-islanding protection	Yes					
Residual-current monitoring unit	Yes					
Insulation resistance monitoring	Yes					
General data						
Dimensions (W / H / D)	505(453)198mm					
Weight	30kg					
Operating temperature range	-25 °C ... +40 °C					
Nighttime power consumption	< 13W					
Topology	Transformerless					
Cooling	Natural					
Protection degree	IP65					
Relative humidity	0-100%					
Altitude	3000m					
DC connection	M4 / MC4 (Optional)					
AC connection	Connector					
Display	LCD+LED					
Interface: RS485/CAN/USB	Yes					
Monitor : RF/WiFi/GPRS	Optional					
Warranty: 5 years / 10 years	Yes / Optional					
CE, IEC62109, IEC 62040, VDE-AR-N 4105, VDE 0126, IEC C 15-712, C10/C11, IEN60549, CEI 0-21, CEI 0-16, IEC61727, AS/NZS 4777, GRS, IOR Eawag						

* The AC Voltage Range may vary depending on specific country grid standard.

SHENZHEN GROWATT NEW ENERGY CO., LTD. A: 4-13/F, Building A, Sino-German(Europe)Industrial Park, Hangcheng Ave, Bao'an District, Shenzhen, China
T: + 86 755 2747 1900 F: + 86 755 2749 1460 E: info@growatt.com

Figur 28. Produktblad om invertern sida 2.

ARK LV Battery System

- Flexible capacity options, 2.56kWh to 25.6kWh
- Excellent safety of cobalt free LiFePO4 battery
- Easy installation with modular and stacked design
- Remote firmware upgrade



P O W E R
- I N G O
T O M O -
R R O W O

GROWATT

www.ginverter.com

Figur 29. Produktblad om batteribank sida 1.

Datasheet	ARK 2,5L	ARK 5,1L	ARK 7,6L	ARK 10,2L	ARK 12,8L	ARK 15,3L	ARK 17,9L	ARK 20,4L	ARK 23,0L	ARK 25,6L
System Demo										
Battery Module	ARK 2.5L-A1 (2.56kWh, 51.2V, 28kg)									
Number of Modules	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Energy Capacity	2.56kWh	5.12kWh	7.68kWh	10.24kWh	12.8kWh	15.36kWh	17.92kWh	20.48kWh	23.04kWh	25.6kWh
Usable Capacity	2.30kWh	4.6kWh	6.9kWh	9.21kWh	11.52kWh	13.81kWh	16.12kWh	18.43kWh	20.73kWh	23.04kWh
Standard Charge/Discharge Power*1	1.25kW	2.5kW	3.75kW	5kW	5kW	5kW	5kW	5kW	5kW	5kW
Standard Charge/Discharge Current	25A	50A	75A	100A	100A	100A	100A	100A	100A	100A
Dimension (W/D/H)	650/260/185mm	650/260/365mm	650/260/545mm	650/260/725mm	650/260/905mm	650/260/1085mm	650/260/1265mm	650/260/1445mm	650/260/1625mm	650/260/1805mm
Weight	28kg	56kg	84kg	112kg	140kg	168kg	196kg	224kg	252kg	280kg
General										
Battery Type	Cobalt Free Lithium Iron Phosphate (LFP)									
Nominal Voltage	51.2V									
Operating voltage Range	47.2 - 56.8V									
IP Protection	IP65									
Installation	Wall-mounted or floor installation*2									
Operation Temperature	-10~50°C*3									
Features										
BMS Monitoring Parameters	SOC, System voltage, current, cell voltage, cell temperature, PCBA temperature measurement									
Communication Port	CAN									
Warranty: 5 years/10 years	Yes/optional									
Certification	IEC62619 (Cell&Pack), CE, CEC, RCM, UN38.3									

*1 Depend on the max. battery charge/discharge power of the inverter.

*2 Floor installation requires extra base (W/D/H=650/260/80mm)

*3 Battery discharge: -10°C ~ 50°C, battery charge: 0°C ~ 50°C

*ARK series battery has an EU model and a General model, the storage inverters sold in European countries only work with EU model ARK battery.

©2022 SHENZHEN GROWATT NEW ENERGY CO.,LTD All rights reserved. Subject to change without notice.

SHENZHEN GROWATT NEW ENERGY CO., LTD. A: 4-13/F, Building A, Sino-German(Europe)Industrial Park, Hangcheng Ave, Bao'an District, Shenzhen, China
T: +86 755 2747 1900 F: +86 755 2749 1460 E: info@growatt.com

Figur30. Produktblad om batteribank sida 2.