



CHALMERS



Från solex till användare med minsta möjliga förlust – en fullskaledemonstration

Projektarbete "Två hål i väggen" - EEK565 Elkraftsteknik

PATRIK OLLAS

Sammanfattning

I projektet ska ett komplett system med solel, batterilager, laststyrning, likströms (DC)-nät och DC-laster installeras och demonstreras i en enfamiljsvilla. I studien tas ett helhetsgrepp, från solceller till användningen i hushålls- och installationstekniska produkter/system. Även hur användarbeteende påverkar systemets utformning och besparingspotential kommer att studeras.

Solel står idag för en marginell del av den svenska elproduktionen, andelen nätan- slutna solelsanläggningar ökar visserligen, men från en mycket låg nivå. För att solel storskaligt ska kunna integreras på ett effektivt sätt i det svenska elnätet behövs vidareutveckling och verifiering av teknik. En fullskaledemonstration är värdefull på ett flertal sätt, bl.a. för att verifiera teoretiska resultat men också då det är först då de enskilda komponenterna och/eller delsystem sätts ihop till en fungerande helhet och kan samverka under verkliga förhållanden

Nyckelord: DC-nät, DC-laster, solceller, solel, modellering, demonstration

1

Inledning

1.1 Bakgrund

Solel står idag för en marginell del av den svenska elproduktionen, ca 0,1 %. Andelen nätanslutna solelsanläggningar ökar visserligen, men från en mycket låg nivå. [1] För att solel storskaligt ska kunna integreras på ett effektivt sätt i det svenska elnätet behövs teknisk vidareutveckling på flera områden.

Ett sådant område är utveckling av och övergång helt eller delvis till likströmsnät. Detta skulle gynna solceller som primärt levererar sin elproduktion i form av likström (DC). Allt fler produkter drivs idag primärt av DC och de flesta produkter kan drivas av DC, även om antalet konsumentprodukter som är anpassade för DC-nät i nuläget är få. Vidare lagras även el i lokala batterilager i form av DC. Att då distribuera el i ett växelströmsnät innebär stora omvandlingsförluster, både vid omvandling från DC till växelström (AC) i solcellsanläggningens växelriktare (DC-AC) och sedan tillbaka till likström (AC-DC) vid apparaterna eller eventuell laddning av ett batteri.

Det finns många studier som behandlar hela, eller delar av system med solel, lagring (batteri), laststyrning och DC-nät. Däremot saknas praktiska erfarenheter. De allra flesta studier beräknar, modellerar eller eventuellt testar delar av ett system. Studien "Energilager i energisystemet" [2], en underlagsrapport till regeringens Samordningsråd för smarta elnät, liksom rapporten "Potentialen för lokala energilager i distributionsnäten" [3] visar på en stor potential för att använda sig av distribuerade energilager i elnäten. Studierna rekommenderar dock mer testning och demonstration på området, vilket är en stor del av detta projekt. En teoretisk studie av bostäder i Texas, USA visar på en besparing på 9-20 % för hushållsel genom att använda DC-nät och solceller i småhus, om batterier inkluderades ökade besparingen till 14-25 %. Då kostnaden för att konvertera hela husets nät till DC är stor och komplicerad, visar studien även besparingen för att endast konvertera nätet för de installationstekniska produkterna. Då hamnar besparingspotentialen på 7-16 % och samtidigt ökar kostandseffektiviteten. Studien menar att potentialen för DC-nät redan är visad för kommersiella fastigheter (i USA), dock finns begränsade resultat gällande bostäder [4]. Motsvarande resultat för svenska förhållanden kan förväntas ge lägre siffror, pga solstrålning och att förlusterna är jämförelsevis lägre då spänningsnivån i Sverige är 230 V.

Att använda solceller i bostäder har en stor potential, men då behovet av el i en bostad, sällan matchar tillgången till solel, resulterar det i en stor energiström till och från elnätet [5]. Istället krävs kostnadseffektiva lösningar som kan matcha el från solen till behovet i bostäder [6]. Att använda batterier är ett sätt. Batteriets

kostnad, livslängd och kapacitet är viktiga faktorer för kostadseffektiviteten [6]. Dimensioneringen av batterier tillsammans med behovet kommer att vara en viktig aspekt att ta hänsyn till inom projektet. Vid användandet av energilager i form av elbatterier kan mer av den egengenererade solelen användas på plats, och det möjliggör också en minskning av fluktuationer och belastningen på regionala och nationella elnät. Dessutom finns möjlighet att sälja till och köpa från nätet beroende av pris. Detta gäller även vintertid när ingen eller mycket lite solel produceras.

Uppskalat till många byggnader kan man då genom smart och marknadsanpassad styrning uppnå ett stabilare och mer optimerat elnät, såväl sommartid som vintertid. Även laddning av elbil kan optimeras på olika sätt, exempelvis genom laddning på natten när elen är billig, eller med batteriet på kvällen efter en solig dag.

1.2 Syfte

Projektet kommer att ta ett helhetsgrepp kring elförsörjningen i en byggnad, med avseende på tillförsel, användning och lagring. Huvudmål i projektet är:

- En demonstration av ett fullskaligt system i SPs forskningsvilla bestående av solceller, batterier, DC-system, styrning och installationstekniska produkter så som värmepump, luftbehandlingsaggregat och konsumentapparater

Delmål i projektet är följande:

- Ett underlag tas fram som beskriver förutsättningar, begränsningar och möjligheter med ett internt elsystem som utnyttjar solcellernas produktion av DC på ett effektivt sätt
- Utveckling av produkter anpassade till DC-systemet. Minimum ska en prototyp av en värmepump och en prototyp av ett luftbehandlingsaggregat som drivs på DC tas fram
- En utvärdering och optimering av systemet för att klarlägga hur alla komponenter samverkar och hur den övergripande styrningen fungerar vid olika förhållanden (solinstrålning/elproduktion, elpris, brukarbeteende, klimat etc.). Här ingår även bedömning av lönsamhet/kostnadseffektivitet
- En utvärdering av systemet och jämförelse mot traditionellt AC-system, främst med avseende på energianvändning och förluster i övergångar mellan DC/AC och olika spänningsnivåer. Ansatsen är att förlusterna minskar i en byggnad som använder DC mot ett traditionellt AC-system.
- En utvärdering av hur mycket egenanvändningen av solel kan öka med hjälp av ett elbatteri, dels för hela byggnaden inklusive hushållsel, d.v.s. innanför byggnadens huvudelmätare, dels innanför Boverkets systemgräns, d.v.s. exklusive hushållsel. Det första är det som är av mest intresse för den boende medan det senare framför allt är av intresse för att studera hur denna systemlösning kan bidra till att klara framtida skärpningar av energikraven i Boverkets byggregler.

Effektmål som förväntas är att kunskapen som erhållits inom projektet, används och resulterar i att fler solelsystem i kombination med batterier byggs och används. Vidare förväntar vi oss att genom att demonstrera besparingspotentialer och möjligheter att fler system med DC-nät byggs och DC-produkter utvecklas. Vidare ökar incitamentet för att installera solceller om byggnadsägaren, förutom lägre elnota även

får en lägre energianvändning totalt sett. Detta förutsätter dock att fler produkter och apparater anpassas för DC-nät, vilket projektet anses öka förutsättningarna för i och med aktivt deltagande från branschen.

1.3 Frågeställningar inom projektet

Projektet syftar till att ge svar på följande frågor

- Hur ser elanvändningen (lasterna) ut idag för dagens byggnadsbestånd och hur kommer den eventuellt förändras i framtiden?
- Vilka nivåer på DC-nätet krävs för att tillgodose alla laster i ett hus?
- Hur ser förutsättningarna ut för ett hus med DC-försörjning? Vilka krav på säkerhet och nätkompabilitet finns?
- Lastgruppering (AC/DC) - effektstorlekar och durabilitet?
- Hur ser en optimal styrning ut med avseende på laster, batterianvändning och solelproduktion?
- Vilka produkter finns idag för DC-matning och hur ska övriga produkter utformas för att passa denna tillämpning?
- Vilka vinster - ekonomiska och miljömässiga - får man genom att köra ett system helt på DC?
- Hur ser potentialen ut för denna systemlösning - nationellt och internationellt? Under vilka förhållanden är den extra lönsam?
- Givet resultaten från utvärderingen - finns det ytterligare möjligheter att optimera systemet med exempelvis ökad storlekt på solcellsanläggningen för att bli än mer självförsörjande?

2

Genomförande

I projektet ska ett komplett system med solel, batterilager, laststyrning, DC-nät och DC-laster installeras och demonstreras. Systemet ska installeras i en en-familjsvilla som finns på RISEs område i Borås. Exempel på installationstekniska laster är fläktar, pumpar och värmepumpar. Även hur användarbeteende (de boendes beteende) påverkar systemets utformning (dimensionering och algoritm för laststyrning) och besparingspotential kommer att studeras. Genomförandet delas upp i följande fyra moment,

- Del A - Förstudie
 - Analys av hur användandet av el ser ut, d.v.s. lasterna i olika byggnadstyper kvantifieras till storlek, karaktäristik och tid. Det utreds även vilka nivåer på DC-nätet som krävs för att kunna tillgodose alla laster i ett hus.
 - Undersökning av vilka praktiska problem, hinder och möjligheter som finns med ett DC-system, samt hur dessa kan lösas. Elsäkerhet på praktisk nivå men också lagkrav, riktlinjer och regler tas i beaktande.
 - Anpassning/modellering av solceller, batteri och laster. Framtagande av algoritm (styrstrategi) för hur systemet ska kontrolleras med avseende på pris, tillgänglighet och behov av el, både på primär- och sekundärsidan. Då systemet ska kunna både köpa, sälja eller lagra el behövs en algoritm baserat på miljöfaktorer och/eller pris. Denna algoritm beror av det momentana användningsbehovet men även det predikterade användningsbehovet, pris och systemets möjligheter och flexibilitet gällande lagring etc.
 - Studera hur befintliga produkter som primärt drivs av DC men idag matas via en AC/DC-växlare kan modifieras så att de kan matas direkt med DC
 - Identifiera lämpliga DC-nivåer för att täcka in olika produkters behov. Mindre fläktar och pumpar behöver sannolikt 24 VDC medan exempelvis kompressorer och resistiva laster behöver en högre spänning.
 - Dimensionering av systemet. Välja en kombination av växelsriktare, DC/DC-länkar och batterilager som matchar befintliga solceller samt enligt ovan identifierade laster och användningsmönster. Här måste även kostnadseffektivitet beaktas.
- Del B - Demonstration av system i Forskningsvillan
 - Utveckling/anpassning av produkter i samverkan med deltagande företag så att dessa fungerar i ett DC-nät. Befintliga produkter som primärt drivs av DC men idag matas via en AC/DC-växlare modifieras så att de kan

- matas direkt med DC. Även resistiva laster som idag är kopplade till AC kan behöver viss anpassning för att fungera med DC.
- Installation av följande i villan (solceller finns redan installerat):
 - * Värmepump, FTX-aggregat och pumpar
 - * Komponenter och nät för ”DC-fieringen” samt elbatterier och extra mätare
 - Det kompletta systemet med solceller, batteri(er), DC-system, värmepump, belysning m.fl. installeras. Optimering och test av produkter, komponenter och system för att klarlägga samverkar och hur den övergripande styrningen fungerar vid olika förhållanden (solinstrålning/elproduktion, elpris, brukarbeteende, klimat etc).
 - Del C - Utvärdering av system
 - Uppmätning av verkningsgrader i DC/DC-länkar samt hur täckningsgrad av egengenererad solel varierar vid olika lastprofiler och styrstrategier.
 - Utvärdering av nätnytta och andra nyttor med ett batterilager.
 - Utvärdering av de olika ingående komponenternas funktion och användarvänlighet.
 - Del D - Resultatspridning
 - Författande av minst två stycken vetenskapliga artiklar för publicering i lämpliga tidsskrifter samt minst ett konferensbidrag. Ytterligare minst en populärvetenskaplig artiklar som publiceras i branschtidsskrift ska författas.

2.1 Tidplan & ansvarsområden

Projekttiden är satt från Q1 2017 till Q4 2020 med milstolpar och slutleveranser för respektive delmoment A-D enligt tabellen nedan.

	2017				2018				2019				2020			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
A		-	-	-	-	x										
B				-	-	-	-	-	-	-	x					
C						-	-	-	-	-	-	-	x			
D			-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	x

Där '-' anger aktivitet och 'x' del-/slutrapportering för respektive delmoment. För mer information om innehållet i respektive delmoment, se beskrivning ovan.

Projektet genomförs av RISE Research Institutes of Sweden (RISE) tillsammans med Chalmers och avdelningen för Elteknik samt ett tiotal företag inom branschen installationsteknik.

3

Nyttiggörande/Exploatering

Resultaten från projektet kommer att ge mer kunskap om hur solceller på ett mer effektivt sätt kan användas för att direkt kunna försörja en byggnads system och produkter, helt eller delvis beroende på uppbyggnad av systemet.

De deltagande företagen får genom projektet en arena att mötas och ges möjlighet att testa sina produkter eller idéer tillsammans med ett helt system bestående av en villa, solceller, batterier, DC-nät samt olika apparater. Detta för att i ett tidigt stadie identifiera fallgropar samt om möjligt snabba på utvecklingen mot fler produkter anpassade för solcellernas elproduktion.

3.1 Två frågor

- Hur stor del av den svenska elproduktionen 2016 kom från solel?
- Hur kan man öka egenanvändningen av solel i hushållet?

Litteraturförteckning

- [1] Svensk Energi. Elåret verksamheten 2015. http://www.svenskenergi.se/Global/Statistik/Elåret/elåret2015_160429_web2.pdf, 2016 (tillgänglig April 2017).
- [2] Power Circle. Stor potential för lokala energilager, 2014.
- [3] Power Circle. Slutrapport: Potentialen för lokala energilager i distributionsnäten, 2016.
- [4] Brock Glasgo, Inês Lima Azevedo, and Chris Hendrickson. How much electricity can we save by using direct current circuits in homes? understanding the potential for electricity savings and assessing feasibility of a transition towards dc powered buildings. *Applied Energy*, 180:66–75, 2016.
- [5] Carolina Hiller. Influence of residents on energy use in 57 swedish houses measured during four winter days. *Energy and buildings*, 54:376–385, 2012.
- [6] André Assunção, Pedro S Moura, and Aníbal T de Almeida. Technical and economic assessment of the secondary use of repurposed electric vehicle batteries in the residential sector to support solar energy. *Applied Energy*, 181:120–131, 2016.