

Delrapport ifm. Benchmark af Batterianlæg

Fuld titel: Benchmark af net-tilsluttede batterianlæg til bygninger

Slutrapport

ELFORSK projekt nr: 349-020

30. september 2018

Bjarne Johnsen

Teknologisk Institut, Århus.

Indholdsfortegnelse

| | | |
|----|---|---|
| 1 | Resume..... | 3 |
| 2 | Summary..... | 3 |
| 3 | Projektets formål | 3 |
| 4 | Projektdeltagere | 3 |
| 5 | Tidsplan og milepæle | 4 |
| 6 | Projekt processen | 4 |
| 7 | Projektresultater..... | 4 |
| 8 | Diskussion | 7 |
| 9 | Konklusion..... | 8 |
| 10 | Appendiks 1: Rapport over indledende undersøgelser og litteraturstudie..... | 8 |
| 11 | Appendiks 2: Metode til afprøvning af batterianlæg..... | 8 |
| 12 | Appendiks 3: Skabelon til test rapport..... | 8 |
| 13 | Appendiks 4: Eksempel på test rapport..... | 8 |

1 Resume

Projektet "Benchmark af net-tilsluttede batterianlæg til bygninger" har til formål at udvikle en metode, der muliggør en kvalitativ sammenligning af forskellige batterianlæg. Den hertil udviklede metode indeholder 20 parametre, som udgør det tekniske sammenligningsgrundlag, der gør det muligt at sammenligne batterianlæg beregnet til husstande med solceller på tværs af fabrikater, batterityper, batteristørrelser og systemkonfigurationer. På baggrund af en spørgeskemaundersøgelse og tekniske vurderinger er der opstillet en liste over de væsentligste parametre, som kunder til disse batterianlæg anbefales at fokusere på. Parametrene til sammenligningen fremkommer af en fysisk prøvning suppleret med ekspert vurdering af information fra leverandøren. Til fysisk prøvning er der opbygget en dedikeret prototype testbænk, hvor foreløbigt 4 forskellige batterianlæg har været tilsluttet. Prøvningen bekræfter at metoden giver grundlag for sammenligning af forskellige batterianlæg, og det vil således være muligt fremover at få lavet uvildige prøvningsrapporter over ydelse, effektivitet med mere for batterianlæg.

2 Summary

The purpose of the project "Benchmark af net-tilsluttede batterianlæg til bygninger" is to develop a method to make a qualitative comparison of different battery systems. The method developed in this project consist of 20 parameters, which constitute the basis for a comparison of battery systems intended for households with photovoltaic cell installed crosswise of brand, battery type, battery size and system configuration. Based on a questionnaire study and a technical judgment, focus parameters recommended for customers is listed. The parameters are provided by physical tests and an expert appraisal of information from the supplier. For the physical test a prototype of a test bench is fabricated, in which four battery systems was set up. This confirm that the comparison method can be applied to compare different battery systems, and further impartial reports based on the comparison method can be made in the future.

3 Projektets formål

Projektet "Benchmark af net-tilsluttede batterianlæg til bygninger" har til formål fra idestadium til fysisk afprøvning at udvikle en metode til objektiv sammenligning af forskellige slags batterianlæg. Sammenligningsmetoden fastlægger nøgleegenskaber som f.eks. energieffektivitet, støjniveau, sikkerhed samt batterilevetid, og disse egenskaber udpeges blandt andet på basis af en brugerundersøgelse. Nogle egenskaber kræver en praktisk afprøvning i laboratoriet, mens andre findes ved en ekspertvurdering af leverandørens dokumentation. Fremadrettet vil sammenligningsmetoden kunne danne grundlag for en sammenligning af batterianlæg til husstande på tværs af fabrikater, batterityper, størrelser og systemkonfigurationer til gavn for kunder, leverandører og el-selskaber.

4 Projektdeltagere

Teknologisk Institut (Projektansvarlig)
Lithium Balance A/S
TEKNIQ – Installatørernes Organisation
Bolius – Boligejernes Videncenter
Fronius Danmark Aps

Projektet er støttet af ELFORSK (Dansk Energi)

5 Tidsplan og milepæle

Oprindeligt forløb 01-01-2017 til 30-09-2018.

Faktisk forløb 01-04-2017 til 30-09-2018 svarende til 18 måneder.

Følgende milepæle med videre var planlagt i og afsluttet ved projektets afslutning:

M1: Metodeudkast færdig

M2: Slutrapport

FM1: Rapport over litteraturstudie

FM2: Metode til afprøvning inklusive rapportskabelon

TM1: En dedikeret prototype testplatform er opbygget

6 Projekt processen

Projektprocessen har hele vejen været præget af godt samarbejde mellem partnerne. Der blev tidligt etableret en kommunikationsplan og mødeaktiviteten har været høj. Foruden samordnede halvårslige projekt- og styregruppe møder har der løbende været afholdt projektmøder 1 til 2 gange hver måned, ofte over Skype. Desuden er der fra såvel projektpartnerne som fra ELFORSK uvist stor velvilje til at udbrede viden og nyheder fra projektet.

Projektet omfatter, gennem et kort projektforsløb, faser fra litteratur studier til udvikling af såvel metoder som fysiske testanlæg samt flere fysiske prøvninger af kommercielle batterianlæg. Idet projektet først blev startet 3 måneder efter den oprindelige projektstart, så var der reelt kun var 18 måneder til at gennemføre projektet. Det viste sig at være for lidt i forhold til projektets omfang. Opbygning af prøvestand og praktisk prøvning er en tidkrævende proces, og der har i dette projekt været et usædvanligt stort antal uforudsete fejl i komponenter til testopstilling samt i de leverede batterianlæg. Dels var der betydelige længere leveringstid på nogle af instrumenterne til prøvestanden, og dels viste det sig meget tidskrævende at sætte anlæg op til køre metodetestene, idet inverterfejl, spidsfindige inverter opsætninger og kompatibilitet mellem MPPT og Power supply volte problemer lagt ud over det forventelige. Ud over et massivt timeforbrug på fejlfhjælpning har problemer med ustabilitet mellem MPPT og solcellesimulator medført væsentligt forøget tidsforbrug i dataanalysen. Teknologisk Institut har således ydet ca. 33% ekstra tid uden betaling for at fuldføre projektet.

Interessen for projektet har været høj såvel fra projektpartnere som andre interessenter, og det har styrket motivationen til at levere et godt resultat.

7 Projektresultater

Der er i projektets første del gennemført et litteraturstudie samt en brugerundersøgelse. Se Bilag 1: "Rapport over indledende undersøgelser og litteraturstudie", 07-02-2018 / Rev. 19. På basis heraf er der udvalgt 20 parametre (se tabel 1), der tilsammen udgør fundamentet for sammenligningsmetoden, samt beskrevet en afgrænsning af de typer batterianlæg, som metoden er relevant for. I første omgang omfatter en fysisk laboratorieprøvning kun batterianlæg under 11kW

beregnet til en-familiehusstande med solceller. Forbrugs- og solcelleprofil til dynamisk test af batterianlægget er tilvejebragt, og lovgivning for batterianlæg og installation heraf er nærmere undersøgt, ligesom internationale krav, mærkningsordninger og lignende er gennemgået.

Den praktiske fastlæggelse af sammenligningsmetodens 20 parametre er blevet beskrevet, herunder testspecifikationer for performance-, dynamisk- og karakteriseringstest. Der er tillige udviklet et værktøj, som samler og vægter de mange effektivitetstestresultater til få overskuelige tal for anlæggets deeffektivitet samt årseffektivitet, og vurderingsmetoder og kriterier for ekspertvurderede parametre er opstillet. Se Bilag 2: "Metode til afprøvning af batterianlæg", 09-08-2018 / Rev.10. Desuden er der lavet en skabelon for til en testrapport, som dokumenterer de 20 parametre og centrale prøvningsresultater. Se Bilag 3: "Skabelon til test rapport".

| Nr. | Parameter | Fastlæggelse |
|-----|---|---------------------------------|
| 01 | Batterikemi | Oplyses af leverandør |
| 02 | Vægt [kg] | Oplyses af leverandør |
| 03 | Volumen [L] | Oplyses af leverandør |
| 04 | Batteriets nominelle spænding [V] | Oplyses af leverandør |
| 05 | Batteriets tilgængelige spændingsområde [V] | Oplyses af leverandør samt test |
| 06 | Batteriets nominelle kapacitet [Ah] | Oplyses af leverandør samt test |
| 07 | Batteriets nominelle energiindhold [kWh] | Oplyses af leverandør samt test |
| 08 | Batterianlæggets tilgængelige kapacitet [Ah] | Statisk test |
| 09 | Batterianlæggets tilgængelige energiindhold [kWh] | Statisk test |
| 10 | Systemvirkningsgrad ved 50% og 100% belastning [%] | Statisk test |
| 11 | Systemvirkningsgrad ved hhv. solcelle, peak-shave og timeshift brugsmønstre [%] | Dynamisk test |
| 12 | Virkningsgrad af effektelektronik ved hhv. 5, 10, 20, 30, 50, 75 og 100% belastning [%] | Test af effektelektronik |
| 13 | Standby forbrug [W] | Statisk test |
| 14 | Forbrug ved dvale tilstand [W] | Statisk test |
| 15 | Støjniveau ved 50% og 100% belastning samt ved standby | Oplyses af leverandør |
| 16 | Årsvirkningsgrad og årligt energitab [%] | Beregnes fra testdata |
| 17 | Forventet levetid | Vurdering |
| 18 | Lovkrav og sikkerhed | Vurdering |
| 19 | Vurdering af medfølgende dokumentation | Vurdering |
| 20 | Teknisk forskrift 3.3.1. | Vurdering |

Tabel 1: Sammenligningsmetodens 20 parametre.

Med henblik på en praktisk prøvning af forskellige batterianlæg til validering af metoden er der opbygget en prøvestand. Til at generere et veldefineret solcelle input anvendes en strømforsyning, der kan generere solcellesignaler i henhold til standarden EN 50530. Med henblik på at forbruge en veldefineret strøm fra anlægget anvendes 3 kraftige varmeblæsere, som hver er styret af en motorcontroller. Det var forventet, at disse komponenter ville udgøre en næsten resistiv last, men målinger af power faktoren har vist at dette ikke altid er tilfældet. Desuden er der anbragt en række måleinstrumenter primært til måling af strøm, spænding og effekt forskellige steder i prøvestanden. Til styring af strømforsyning og forbrugslast er der udviklet et avanceret stykke software i Labview, der tillige aflæser måleinstrumenterne samt gemmer data på en PC til senere dataanalyse.



Figur 1: Prøvestand til batterianlæg.

Styregrænseflader til omverdenen er ikke vurderet, da det ikke er en del af sammenligningsmetoden, men mange anlæg kan tilgås via fabrikantens hjemmeside eller en smartphone app. Under verifikation af prøvestanden blev flere problemer med dynamisk timing og elektrisk støj afsløret, hvilket affødte nogle ændringer af måleinstrumenter samt en række software-tilpasninger med efterfølgende gentagelse af verifikationstest. Desuden blev enkelte detaljer i sammenligningsmetode tilrettet.

Til den praktiske prøvning blev der indgået aftale om udlån eller leje af 4 batterianlæg.

- Batterianlæg med 3-faset 5kW inverter og 3,6kWh litium-ion batteripakke
- Batterianlæg med 3-faset 5kW inverter og 9,6kWh litium-ion batteripakke
- Batterianlæg med 1-faset 2,4kW inverter og 10kWh saltvand batteripakke
- Batterianlæg med 1-faset 3,7kW inverter og 6,5kWh litium-ion batteripakke

De 3 første anlæg er testet i prøvestanden i henhold til sammenligningsmetoden specifikationer, mens det ikke lykkedes at bringe det sidstnævnte anlæg til at virke inden projektets afslutning. Testene forløb efter nogle indkøringsvanskeligheder tilfredsstillende og har tilvejebragt testdata, så sammenligningsmetodens parametre kunne bestemmes i en efterfølgende analyse. Enkelte testspecifikationer er som forventet blevet revideret undervejs, så den endelige sammenligningsmetode nu fremstår anvendelig.

Endelig er der gennem projektet lavet et omfattende formidlingsarbejde, og resultaterne heraf er angivet herunder.

Konference indlæg:

- Præsenteret ved roll-up og stand til konferencen Avanceret Energilagring 2017 d. 30/11, 2017 på Teknologisk Institut, Århus. Tilmelding blev lukket ved 110 tilmeldte.
- Præsenteret ved årssymposium i Dansk Batteriselskab d. 7/3, 2018, Teknologisk Institut i Taastrup. 110 tilmeldte.
- Præsenteret ved stand samt indlæg ved Konferencen Success med bygningsintegrerede solceller og batterier d. 9/5, 2018 på TI i Århus med ca. 60 deltagere.
- Præsenteret ved roll-up og stand til arrangementet Demo-Site "Aktiv hus" d. 28/6-2018, Teknologisk Institut i Taastrup.
- Vil blive præsenteret ved indlæg på ELFORSK Netværks møde 14/11- 2018, Teknologisk Institut, Århus.

- Projektets resultat vil blive præsenteret ved indlæg på konferencen Avanceret Energilagring 29/11, 2018, Teknologisk Institut, Århus.

Artikler:

- Artikel på Bolius.dk udsendt via nyhedsbrev til ca. 80.000 boligejere i forbindelse med spørgeskemaundersøgelse. 3. august 2017, ”Godt nyt til solcelleejere. Snart bliver det lettere at vælge det bedste batteri”
- To artikler i Energy supply. 8/12-2017 samt 13/12-2017: ”Teknologisk Institut vil sikre objektiv sammenligning af stationære batterianlæg.”
- Artikler i fagmagasiner fra TEKNIQ Electra #3, 2018 samt Dansk VVS #4, 2018. ”Billigere batterier åbner for marked for lagring af energi”
- Artikel på ELFORSK hjemmeside 31/5 2018: ” Solcelle-ejere får hjælp til at vælge batteri”
- Artikel på Bolius.dk forventes november 2018.

Links til materiale om projektet:

- Projekt hjemmeside, der kan findes på: <https://www.teknologisk.dk/projekter/projekt-benchmark-af-batterianlaeg/38500?cms.query=batterianl%E6g>
- Videncenter for batterier: <https://www.teknologisk.dk/ydelser/videncenter-for-batterier/36314>
- Der er desuden udbudt og afholdt kursus om batterianlæg ifm. solceller (samt batterier generelt) ”Batterisystemer til solcelleanlæg mv”, der kan findes på: <https://www.teknologisk.dk/ydelser/videncenter-for-batterier/36314>

Dokumenter:

- Benchmark af net-tilsluttede batterianlæg til bygninger, Delrapport 1, ”Rapport over indledende undersøgelser og litteraturstudie”.
- Benchmark af net-tilsluttede batterianlæg til bygninger, Delrapport 2, ”Metode til afprøvning af batterianlæg”.
- Benchmark af net-tilsluttede batterianlæg til bygninger, Rapport skabelon ” ELLAB-Template-Benchmark Batteryssystem Rapport eng”.

8 Diskussion

Sammenligningsmetoden er baseret på 20 parametre, hvoraf halvdelen fremkommer ved en prøvning, som er beskrevet i Bilag 2. Der skal derfor udføres en sådan uvildig prøvning af de batterianlæg, som medtages i en sammenligning, og der skal udfærdiges en prøvningsrapport, hvortil skabelonen i Bilag 3 er udfærdiget.

Der har i projektet været en del fokus på både batteriets og power elektronikkens virkningsgrad, da denne ligesom batterilevetiden er afgørende for batterianlæggets forsyningsmæssige og økonomiske nytteværdi for brugeren. I mange tilfælde vil et batterianlæg med en dårlig virkningsgrad tillige øge strømforbruget fra det offentlige el-net.

Oftentimes kan den maksimale virkningsgrad samt den Europæisk vægtede virkningsgrad for inverteren findes i fabrikantens datablad, men disse inkluderer normalt hverken tabet i batteriet eller tabene fra solcelle-indgang til batteritilslutning eller fra batteritilslutning til inverterens husnet-udgang. Derfor ses virkningsgrader over 95% typisk i anlæggenes databladene, mens den faktiske virkningsgrad måske ligger under 80% for hele anlægget.

Kunder til batterianlæg vil fokusere på forskellige nøgleparametre afhængig af behov, muligheder og ønsker, men det anbefales at inddrage følgende parametre, når der skal vælges batterianlæg:

- Den samlede årsvirkningsgrad for hele anlægget (udviklet i dette projektet)
- Energitab og virkningsgrader for flere af anlæggets dele under realistisk driftsforhold.
- Et levetidsestimat for batteripakken afhængig af driftsbetingelser.
- Sikkerhed, overholdelse af myndighedskrav og andre krav.
- Støjniveau ved typiske driftsbetingelser.

Det vil være muligt for leverandører af batterianlæg at få lavet en uvildig prøvning af husstands-batterianlæg i henhold til den udviklede sammenligningsmetode, og hermed vil det være muligt for kunder, rådgivere med flere at sammenligne batterianlæg og regne på de økonomiske forhold omkring en given investering på basis af prisinformationer fra leverandører og el-selskaber. For mange potentielle kunder ville det dog være ønskværdigt, at der indføres en obligatorisk eller formel prøvningsordning med henblik på certificering eller mærkning af batterianlæg. Til sidstnævnte kunne mærkning af varmepumper bruges som inspiration. Der er dog fremadrettet et besparelspotentiale i at effektivisere de fysiske prøvninger blandt andet via automatisering og optimering af testomfanget i forhold til sammenligningsmetoden. Desuden kan der eventuelt tilføjes flere prøvnings-elementer som f.eks. fleksibilitetspotentiale og kommunikationsmuligheder. En prøvning, der bekræfter visse kommunikationsmuligheder kan åbne for mange tredjeparts serviceløsninger til blandt andet smart grid styring.

9 Konklusion

Der er gennem projektet udviklet en metode bestående af 20 parametre, der gør det muligt at sammenligne batterianlæg beregnet til husstande med solceller på tværs af fabrikater, batterityper, batteristørrelser og systemkonfigurationer.

Der kræves dog en forudgående prøvning af de batterianlæg, som ønskes sammenlignet, hos en uvildig tredjepart i henhold til metodebeskrivelsen.

Sammenligningsmetoden kan i den nuværende form anvendes til at udvælge det optimale batterianlæg for potentielle kunder, med tilføjelse af en behørig vejledning til prøvningsrapporters resultater.

Sammenligningsmetoden fokuserer på batterianlægs energieffektivitet, idet virkningsgraden ligesom batterilevetiden har afgørende betydning for batterianlæggets forsyningsmæssige og økonomiske nytteværdi.

På sigt kunne en formel eller obligatorisk prøvning i henhold til sammenligningsmetoden danne grundlag for et mere kvalificeret valg af batterianlæg til gavn for køber, el selskab og klima end det er tilfældet i dag.

10 Bilag

Til denne rapport hører 4 eksterne bilag:

Bilag 1: "Rapport over indledende undersøgelser og litteraturstudie", 07-02-2018 / Rev. 19

Bilag 2: "Metode til afprøvning af batterianlæg", 09-08-2018 / Rev.10

Bilag 3: "Skabelon til test rapport", 11-07-2018 / Rev.01

Bilag 4: "Eksempel på test rapport", 26-09-2018 / Rev.01