



System- och testmiljöbeskrivning

Bilaga 1

Elforsk rapport 14:58



Pia Borg

Juni 2014

ELFORSK

Innehåll

1 Inledning

1.1 Översikt

2 EnergyStorage Module Steg 1

3 EnergyStorage Module Steg 2

4 ESM Testmiljö Steg 1

5 ESM Testmiljö Steg 2

1 Inledning

Dokumentet innehåller samtliga system- och testmiljöbeskrivningar som har ingått i projektet *Test och utvärdering av energilagring, Elforsk rapport 32146*. Testmetodikerna i de genomförda testerna har sitt ursprung i Rational Unified Process (RUP).

Syftet med detta dokument är att beskriva energilagringsmodulen Energy Storage Module (ESM). Dokumentet innefattar energilagrets systemkonfiguration, styrsystem samt den omgivande testmiljön.

System- och testmiljöbeskrivning består av fyra separata tekniska dokument som här har sammanfogats till ett gemensamt dokument.

1.1 Översikt

EnergyStorage Module Steg 1 beskriver systemet vid genomförandet av de grundläggande testerna av energilagret.

EnergyStorage Module Steg 2 beskriver systemet med en Power Quality Control (PQC) installerad vid genomförande av tester med adaptivt styrsystem.

ESM Testmiljö Steg 1 beskriver testmiljön vid genomförandet av de grundläggande testerna av energilagret.

ESM Testmiljö Steg 2 beskriver systemet med en Power Quality Control (PQC) installerad vid genomförande av tester med adaptivt styrsystem.

I tabell 1 nedan, anges vilken systembeskrivning och testmiljöbeskrivning som har varit aktuell för varje respektive test.

Tabell 1. Översikt av genomförda tester samt respektive systembeskrivning och testmiljöbeskrivning som har använts.

Test nr	Benämning	Energy Storage Module Steg 1 Systembeskrivning	Energy Storage Module Steg 2 Systembeskrivning	ESM Testmiljö Steg 1	ESM Testmiljö Steg 2
1	Kapacitetsökning av transformatorstationen på grund effektutjämning	X		X	
2	Spänningsreglering av energilagrets reaktiva effektstyrning	X		X	
3	Minskade övertoner genom aktiv filtrering	X		X	
4	Utvärdering av minskade förluster i 20/0,4 kV transformator	X		X	
5	Utvärdering av förluster i energilagret	X		X	

6	Batteriets effektivitet	X		X	
7	Åldrings- och förslitningstest av batteriet	X		X	
8	Tillgänglighet och Tillförlitlighet	X		X	
9	Utvärdering av omgivningen i energilagret, dvs. magnetfält, ljud, temperatur osv	X		X	
10	Urladdning av energilagret aktiveras då elnätets frekvens understiger definierat gränsvärde		X		X
11	Laddning av energilagret aktiveras då elnätets frekvens överskrider definierat gränsvärde		X		X
12	Laddning av energilagret aktiveras om den aktiva effekten genom transformatorn understiger det definierade gränsvärdet		X		X
13	Urladdning av energilagret aktiveras om den aktiva effekten genom transformatorn överskrider det definierade gränsvärdet		X		X
14	Energilagrets svarstid		X		X
15	Byte av effektriktning		X		X



Energy Storage Module Steg 1

Systembeskrivning

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	ÖVERSIKT	2
2	SYSTEM BESKRIVNING	4
2.1	BESKRIVNING AV SYSTEMDRIFT	4
2.2	SYSTEMPRESTANDA	5
2.2.1	Läge Urladdning	5
2.2.2	Läge Laddning	5
2.2.3	Läge Stand-by	5
2.3	SYSTEMLAYOUT	5
2.4	SYSTEMKOMPONENTER	6
2.4.1	Huvudbrytare och övrig matning	6
2.4.2	Skyddstransformator	6
2.4.3	Omriktaren (PQFI)	6
2.4.4	DC manöverenhet	7
2.4.5	DC reaktorer	7
2.4.6	Batteriracken	7
2.4.6.1	Batteriets arbetscykel	7
2.4.6.2	Batteriets begränsande systemparametrar	7
2.4.6.3	Teknisk beskrivning av LG Chem R800 batterirack	8
2.4.6.4	Batteri Systemspecifikation	10
2.4.6.5	Batteriets DC spänningsområde	12
2.4.6.6	Urladdningsdjup (Depth of discharge, DoD)	12
2.4.7	Batteriövervakningssystemet (Battery Management System, BMS)	12
2.4.8	Hölje	13
2.5	STYRSYSTEMET	13
2.5.1	PLC larmmatris digitala ingångar	14
2.5.2	Specifikation av PLC funktioner orsakade av DI-signaler	16
2.5.3	Automatisk reglering	18
2.5.3.1	Läge Urladdning	18
2.5.3.2	Läge Batteri stand-by	18
2.5.3.3	Läge Laddning	18
2.5.4	Parameterinställning	19
2.5.4.1	Grundinställning	19
2.5.5	Manuell styrning	19
2.5.6	Dataloggning	19
2.6	MILJÖKRAV	19
2.7	BRANDSKYDD	20
	VERSIONSHISTORIK	20
	FÖRKORTNINGAR	20
	REFERENSER	20
	APPENDIX 1. BATTERI KÖRCYKEL	21



1 Översikt

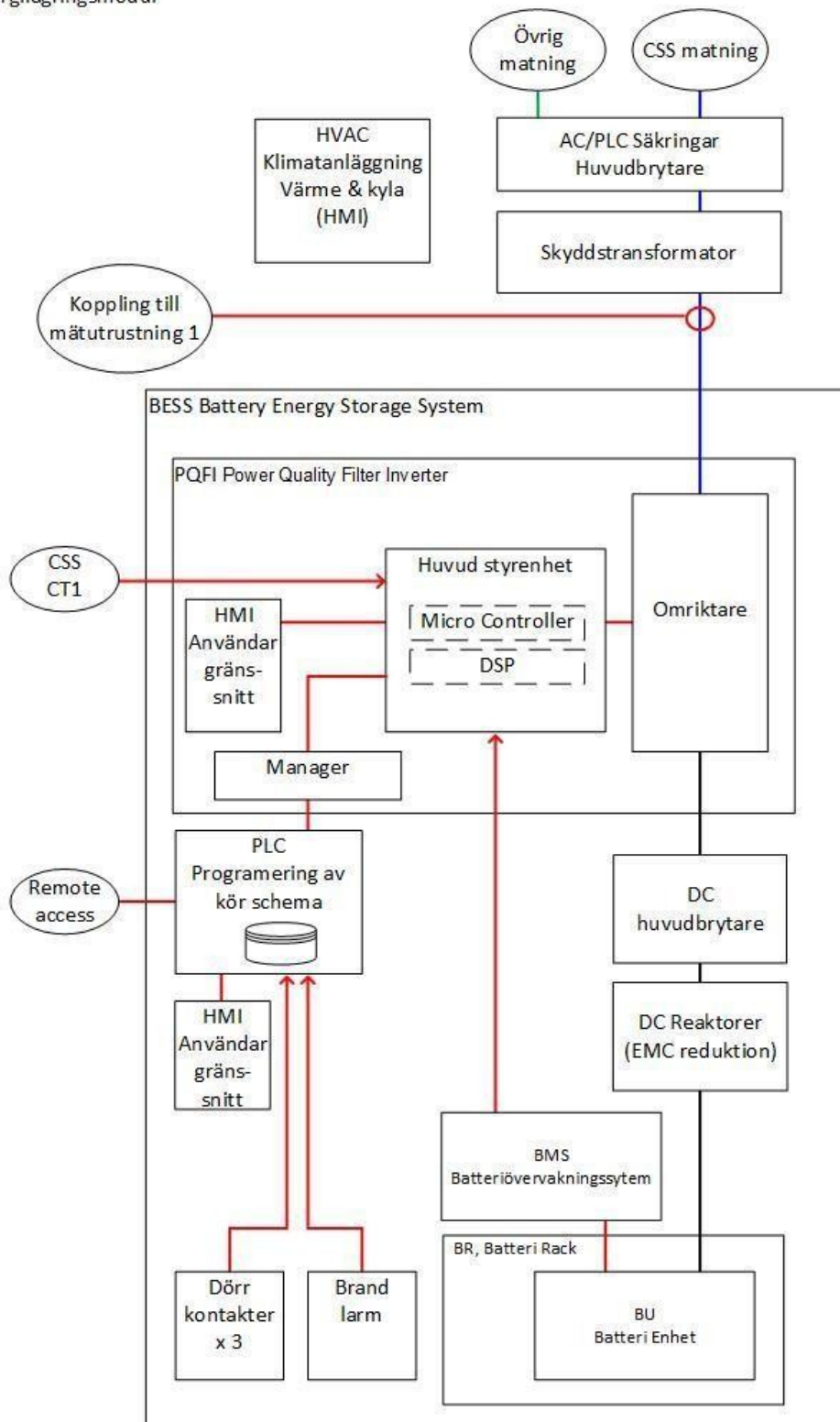
Syftet med detta dokument är att beskriva energilagringsmodulen Energy Storage Module (ESM) hos FEAB (Falbygdens Energi AB), samt systemkonfiguration och styrsystemet av ESM. ESM är ansluten till elnätet (se fig. 1). och används för följande tillämpningar:

- kapning av effektoppar (peak shaving) och lastutjämning (load shifting)
- reaktiv effektkompensering
- förbättrad elkvalitet.

Huvudkomponenterna kan sammanfattas i en AC huvudbrytare, i nästa steg en skyddstransformator, en omriktare (PQFI) med till hörande kontroll, ett överordnat kontroll- och övervakningssystem(PLC) , en DC-brytare och Li-Ion batterilagret med ett batteriövervakningssystem (Battery Management System,BMS).



ESM
Energilagringsmodul





Figur 1

2 System Beskrivning

Systemet sattes initialt upp med batteriövervakning och batterier ifrån International Batteries (IB). P.g.a. omständigheter kring IB ersattes batterierna med motsvarande utrustning från LG Chem. Vidare upptäcktes att en skyddstransformator behövdes för att inte störa nätet och detta är systemet som beskrivs i detta dokument.

2.1 Beskrivning av systemdrift

Toppeffektkapning (peak shaving) och lastutjämning (load shifting) är de viktigaste tillämpningarna av systemet. ESM-systemet skall kunna mata ut 75 kW effekt under en timme, under urladdningsperioden, under hela batteriets livstid.

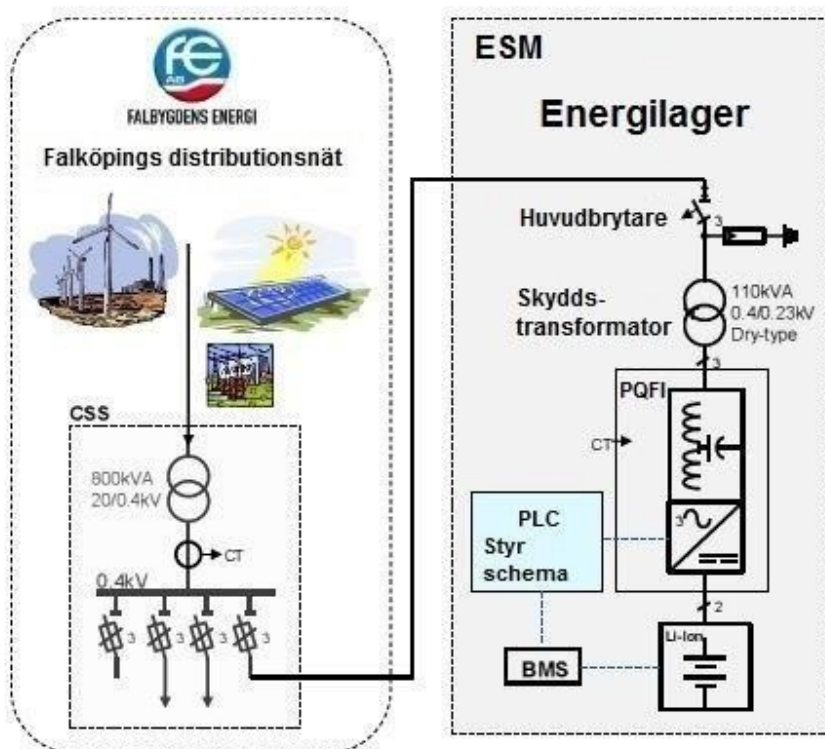
Laddning av batterierna görs sedan på natten, då distributionsnätet har låg belastning och urladdningen görs under tiden med högsta belastningen. ESM utför en sådan cykel per dag.

ESM-systemet stöder också nätet på lågspänningssidan av distributionstransformatorstationen (20 / 0,4 kV), genom reglering av den reaktiva effekten och förbättrar nätkvaliteten, genom filtrering av strömmens övertoner. Dessa funktioner är tillgängliga hela tiden under de normala driftsförhållandena för systemet oavsett laddningstillståndet (SOC) i batterierna. I detta fall fungerar ESM-systemet som ett aktivt filter på nätet.

Styrsystemet (PLC) skickar signaler till omriktarens (PQFI) kontroll (PQFI Manager) för att starta laddning eller urladdning av ESM-systemet med förinställda värden av den aktiva effekten som ska genereras/absorberas.

Styrsystemet kommer att arbeta enligt ett fördefinierat schema.

ESM-systemets komponenter installeras i en utomhuskapsling med lämpliga dimensioner och placeras intill en befintlig nättransformatorstation (CSS) (se Fig. 2).



Figur 2: ESM kopplad till CSS.



2.2 Systemprestanda

De tre huvudsakliga driftlägen, som anges nedan, stöds av ESM-systemet:

- Urladdningsläge
- Laddningsläge
- Batteristandby-läge

Systemet körs med en enkel algoritm (förklaras i detalj i avsnitt 2.5.3) baserad på dygnets timmar. För att kunna mata in 75 kW aktiv effekt till nätet i urladdningsläget skall börvärdet för urladdningen ställas in på 80 kW under 1 timme för att ta hänsyn till förlusterna i systemet och laddningens börvärde skall sättas till 40kW under 2 timmar.

2.2.1 Läge Urladdning

I urladdningsläget matar ESM upp till 75kW aktiv effekt till växelströmsnätet. Eftersom växelriktaren har en maximal kapacitet av 100 kVA så har ESM-systemet, förutom den aktiva effekten i urladdningsläget, även kapacitet för att kompensera den reaktiva effekten och att filtrera högre övertoner.

Som ett exempel, kan ESM mata följande kombination av aktiv effekt (P), reaktiv effekt (Q)

och filtrera övertoner (I_h) till växelströmsnätet i urladdningsläget:

OBS! "-" Tecknet betyder riktningen från nätet - till ESM

"+"-Tecknet betyder riktningen från ESM - in i elnätet.

- $P=+80\text{kW}$ (för att ge en matning till nätet med 75kW)
- $Q=+60\text{kVAr}$
- $I_h=+50\text{A}$

2.2.2 Läge Laddning

I laddningsläget, tar ESM matning med upp till 40 kW aktiv effekt från växelströmsnätet. Under hela laddningscykeln, har ESM-systemet fri kapacitet att kompensera den reaktiva effekten och filtrera strömövertoner.

Som ett exempel, kan ESM mata följande kombination av aktiv effekt (P), reaktiv effekt (Q)

och filtrering av övertoner (I_h) till växelströmsnätet i laddningsläget:

OBS! "-" Tecknet betyder riktningen från nätet - till ESM

"+" Tecknet betyder riktningen från ESM - in i elnätet.

- $P=-40\text{kW}$
- $Q=+90\text{kVAr}$
- $I_h=+50\text{A}$

2.2.3 Läge Stand-by

När batteriet är i stand-by-läge finns inte något direkt aktivt effektförflöde. Som ett resultat av detta kan hela den tillgängliga kapaciteten av omriktaren användas för compensation av reaktiv effekt och filtrering av övertoner, där de detekteras vid anslutningspunkten av ESM-system i växelspanningsnätet. Som ett exempel, kan ESM mata följande kombination av reaktiv effekt (Q) och filtrering av övertoner (I_h) till växelströmsnätet med batteriet i standby-läge:

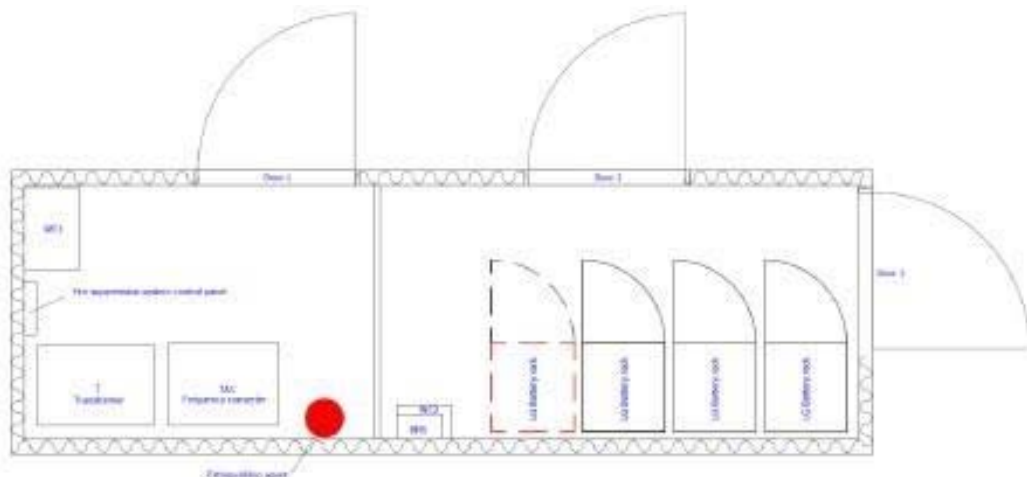
OBS! "-" Tecknet betyder riktningen från nätet - till ESM

"+"-Tecknet betyder riktningen från ESM - in i elnätet.

- $P=0\text{kW}$
- $Q=+100\text{kVAr}$
- $I_h=+50\text{A}$

2.3 Systemlayout

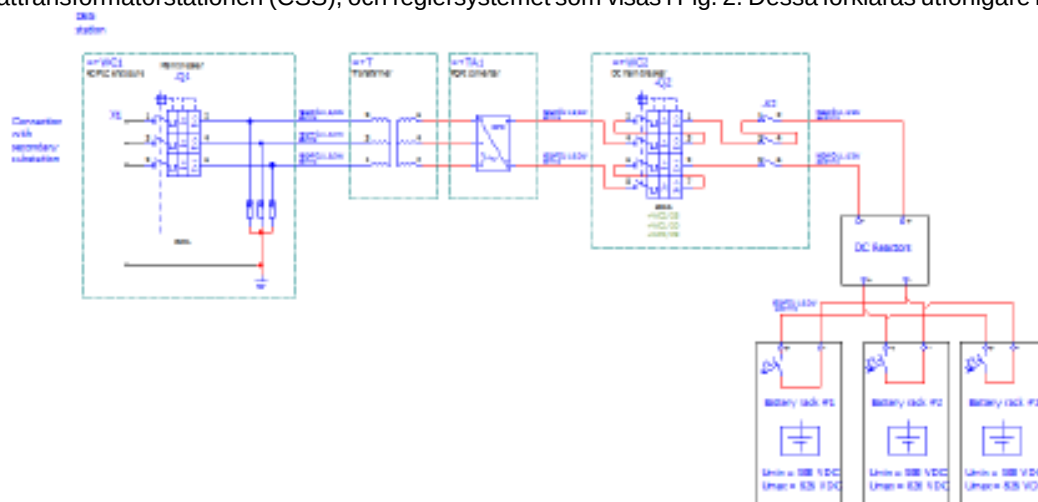
Systemets layout visas i figur. 3. Man kan konstatera att det finns utrymme för ett extra batterirack för framtida behov.



Figur 3: System layout.

2.4 Systemkomponenter

Enligt ESM-kretsschemat som visas i fig. 4, kan vissa komponenter särskiljas utöver den befintliga nättransformatorstationen (CSS), och regelsystemet som visas i Fig. 2. Dessa förklaras utförligare nedan.



Figur 4: Trefas nät kopplat till ESM.

2.4.1 Huvudbrytare och övrig matning

ESM har en separat lågspänningsmatning för intern förbrukning. (se Övrig matning i figur. 1) och en huvudbrytare för inkommande AC koppling mot CSS. Lågspänningsmatningen används för EMSs kontroll och styrsystem samt andra lokala komponenter som skydd och klimatutrustning (HVAC) som krävs för driften av anläggningen.

2.4.2 Skyddstransformator

En 110kVA torrtyps kopplingstransformator med wye-wye-koppling används (se figur 4). Syftet med denna komponent är att galvaniskt isolera omriktaren och batterierna från nätet

2.4.3 Omriktaren (PQFI)

I ESM-systemet, är det ABBs PQFI-omriktare (Power Quality Filter Energy Storage Inverter, PQFI) som används. Den dubbelriktade omriktaren (se PQFI i figur 1) är en av de viktigaste komponenterna i ESM-systemet. Den fungerar som



en likriktare under laddning av batterierna och som en växelriktare under tillförseln av energi från batterierna till nätet. Omriktaren är en multifunktionell enhet, som har förmåga att verka inte endast som en aktiv strömkälla, utan också stödja nätet genom att generera erforderlig mängd reaktiv effekt och genomföra filtrering av högre ordningens strömövertoner.

Omriktarens nominella parametrar är följande:

Omriktartyp:	PQFI - V1 - M25 - IP21
Anslutning AC Spänning:	400 VAC
Arbetspänning:	208-480 VAC
Frekvens:	50/60 Hz
Skyddsklass:	IP21
Skåpmått:	800 x 600 x 2150 mm

För att kunna övervaka strömflödet till och från nätet, tar PQFI emot signaler från strömtrans- formatorerna (CT) (se figur 2). CT är installerade på de inkommande samlingsskenorna i lågspänningsdelen (LV) intill brytarna inuti CSS (se figur 2).

PQFI Teknisk specifikation, se ref. [1].

2.4.4 DC manöverenhet

DC -manöverenheten (se DC huvudbrytare i figur 1) innefattar DC-brytaren och en DC kontaktor som drivs av omriktaren för att minska inkopplingsströmmen när omriktaren ansluts till batteriet. I DC -manöverenheten ingår även en 230Vac hjälpkraftfördelning till batterirack och BMS samt andra skyddsanordningar som t.ex. tryckknappen för nödstopp.

2.4.5 DC reaktorer

DC-reaktorer är installerade mellan batterirack och DC huvudbrytaren i syfte att filtrera spänningen på DC-skenorna. Med denna EMC filtrering blir common mode spänningen reducerad. Därmed skyddas elektroniken i batterirack, samt kraftkomponenterna i batterierna och DC-manöverenheten mot elektromagnetisk störning.

2.4.6 Batterirack

ESM är baserad på ett batterienergilagrar som består av tre parallellkopplade batterirack av typ R800 från tillverkaren LG Chem. Batterisystemet har en nominell spänning på 720VDC (588 V DC - 826 V DC), 80kW nominell effekt och 135kWh nominell energi. Avvikelsen i den nominella effekten från specificerade 75kW är för att kompensera för de inre förlusterna i omriktaren och den åldring som sker i batterierna under deras livstid.

2.4.6.1 Batteriets arbetscykel

Batterisystemets arbetscykel, enligt Appendix 1 i detta dokument, måste uppfyllas, under hela dess livstid. Den angivna driftcykeln indikerar de maximala effektvärden som levereras till - eller från batteriets huvudströmterminaler. Som angivits i Appendix 1, är 80 kW den maximala effekt som omriktaren kan ta från batterisystemet i urladdningsläget och 40 kW är den effekt som omriktaren i nuvarande inställning levererar till batterisystemet i laddningsläget. Det är viktigt att notera att urladdningseffekten är begränsad till 80kW och att uppladdningstiden är inställd att vara 2 timmar vid 40kW, för att ladda upp samma energi som urladdades.

Nuvarande system är utlovat att kunna hantera minst 2000 cykler enligt den arbetscykel som visas i Appendix 1. Standard kalenderlivslängd är utlovat att vara minst **10 år**. Batterisystemets round-trip effektivitet (cykeleffektivitet) för den driftcykel som anges i Appendix 1 är mer än 90 %.

2.4.6.2 Batteriets begränsande systemparametrar

I det här avsnittet anges de gränssättande parametrar som påverkar batteriets livslängd.

- Maximal urladdningseffekt för batterisystemet begränsas till **80 kW**;
- Maximal laddningseffekt för batterisystemet begränsas till **80 kW (nuvarande inställning: 40kW under 2 timmar)**;
- Miljöförhållanden i batterirummet kontrolleras och styrs av HVAC-systemet.



2.4.6.3 Teknisk beskrivning av LG Chem R800 batterirack

Figur 5 visar batteriracket med 14 batterimoduler. Varje modul har frontmonterade gränssnitt för kommunikation och kraftkablar, enligt nedan. Varje rack är försedd med en DC-skyddskrets för att skydda racken och det övergripande systemet. De viktigaste funktionerna i DC skyddet sammanfattas i: akut snabbstopp från BMS (baserat på statusen av cellerna), enkelt underhåll (batterirackerna kan isoleras, kopplas in och från) och koordinering av skyddsfunktioner.



Figur 5: Rack R800 från LG Chem med 14 moduler.

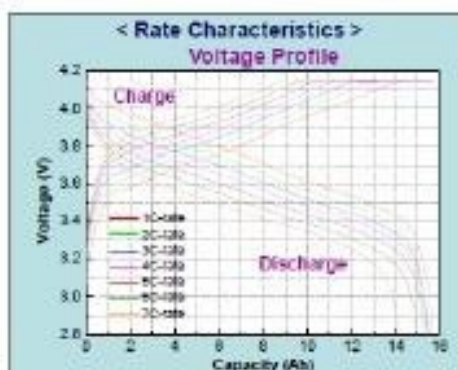
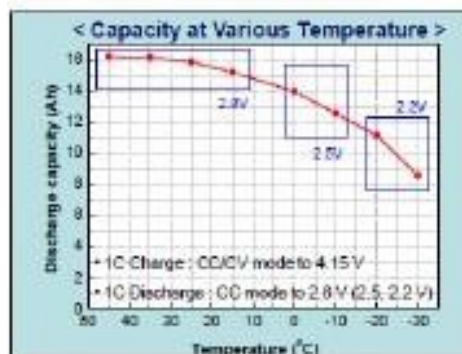
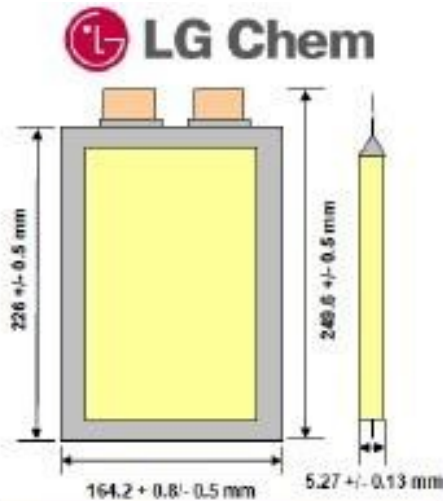
Cellerna i varje rack är parallell- och seriekopplade för att få den önskade spänningen. De är av typ P1.5, se vidare respektive tekniska data och cellfunktioner i fig. 6 och fig. 7.



MODEL P1.5 TECHNICAL DATA

(Typical values at 25°C)

Nominal Capacity (at 1C rate, 2.80 ~ 4.15 V)	15.9 ± 2.5%
Nominal Voltage (at 1C rate discharge, 50% SOC)	3.70 V
Energy Density	155 Wh/kg
Power Density (at 50% SOC, 10 sec.)	2,600 W/kg
Voltage Range	2.80 ~ 4.15 V
Temperature Range	-30 ~ 60 °C
Weight	approx. 380 g
Volume	approx. 160 mL



Notes : Any presentations in this data sheet concerning performance are for information purpose only and are not construed as warranties either expressed or implied, of future performances.

Revised on 27 Jul 2011 / Page 1 of 2

Figur 6: Cell P1.5 tekniska data.



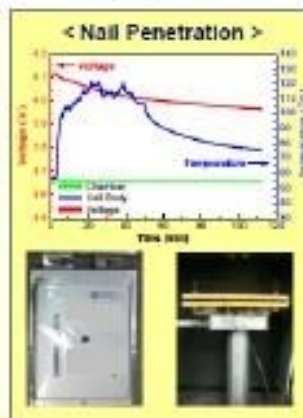
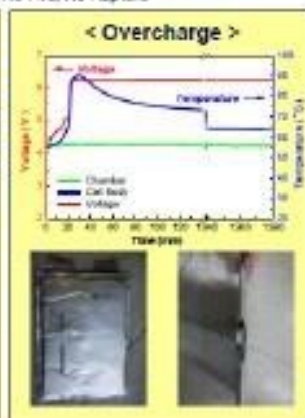
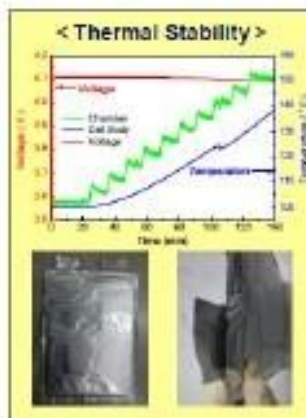
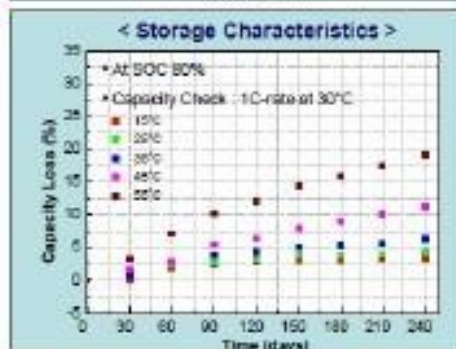
MODEL P1.5 CELL FEATURES

- Stacking & Folded Cell (LGC Inherent Patent)
- Long Cycle Life (About 10 Years)
- Reinforced Safety (Safety Reinforced Separator)
- High Energy Density
- Low Self-discharge Rate
- Wide Temperature Range

< Abuse Test Results >

Category	Test Items	Result
Thermal	Thermal Stability	Pass
	Thermal Shock	Pass
Electrical	Overcharge	Pass
	Overdischarge	Pass
	External Short Circuit	Pass
Mechanical	Nail Penetration	Pass
	Crush	Pass
	Vibration	Pass
	Drop	Pass

• No Fire, No Rupture



Note : Any presentations in this data sheet concerning performance are for information purpose only and are not construed as warranties either expressed or implied, of future performance.

Revised on 27 Jul 2011 / Page 2 of 2

Figur 7: Cell P1.5 funktioner.

2.4.6.4 Batteri Systemspecifikation

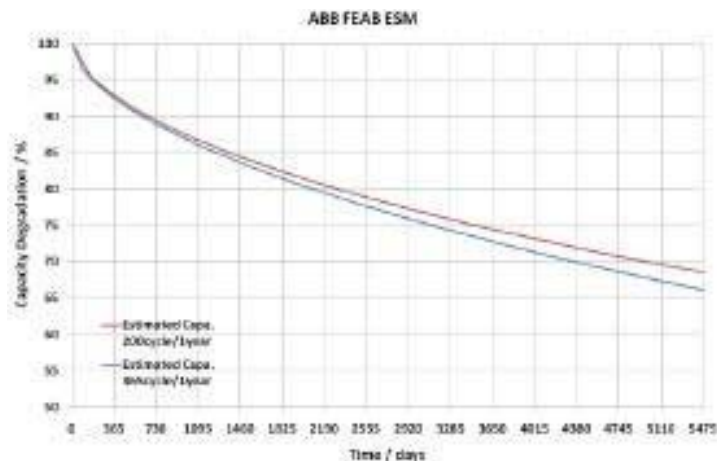
Tabell 1 visar den allmänna specifikationen för batterisystemet med de viktigaste parametrarna för LG – Chem:s Li - jon LFP (Litium järnfosfat) typ batterisystem installerat i ESM-systemet.



Tabell 1: Batterisystemets allmänna specifikation

Parameter	Värde	Kommentar
Nominell effekt vid urladdning (kW)	79 kW	Ätminstone 75kW kommer att injiceras i elnätet med hänsyn till förlusterna.
Nominell energi (kWh)	90 kWh	
Nominell effekt vid laddning (kW)	46 kW	Maximal laddningseffekt 79kW.
Cykel verkningsgrad (%)	> 96 %	
Toppeffekt vid urladdning (10s puls) (kW)	2587 kW	
Toppeffekt vid laddning (10s puls) (kW)	2352 kW	
Spänning nominell (V DC)	720	
Spänning max (V DC)	820	
Spännings minimum (V DC)	550	
Antal moduler per rack	14	
Antal parallella rack	3	
Självladdning (% per månad)	< 3 %	
Livslängd (antal cykler)	> 2000	
Kalenderlivslängd (år)	10 år standard	– Efter 10 år: återstår 2000 cykler med 90kWh användbar kapacitet – Efter 15 år: återstår 84kWh användbar kapaciteten
Underhållskrav	Minimalt	– "Minimalt" endast om någon "händelse" hänt - "Händelse" betyder onormal drift/driftstörning och övervakas av BMS
Effektbehov för hjälpkraft (W)	675,8	Enhets BMS, Rack BMS, Master BMS, Fläktar
Avgiven värme (W)	3274	
Svarstid (ms)	< 1	Batteri svarstid
Standarder som följs	UL 1642	
Slut/avfallshantering/återvinning förfaranden	Återvinns av andra	
Mått (L x B x H) (mm) av batteriinstallation, inklusive ställningar	650 x 1800 x 2100	Inklusive batterimodul, BMS, Rack DC skydd och 3 rack (650 mm x 600 mm x 2100 mm)
Vikt (kg) av batteridelen inklusive rack	2100 kg	3 Batteri rack (700 kg) inklusive rack, batterier och DC skydd.
Rekommenderad driftstemperatur intervall (° C)	20° C	
Överlevnad omgivningstemperatur (°C)	"- 30deg C till 60° C "	
Tillåten relativ luftfuktighet (%)	icke - kondenserande	
Tillåtet höjdområde	<1000 meter över havsnivå	

I Fig. 8 visas batteriernas åldringskurva (mätt som minskning av kapaciteten). Med kurvan i rött visas 200 fulla laddnings- och urladdningscykler per år med 100 % urladdningsdjup (DOD) medan kurvan i blått är den uppskattade åldringen baserat på 365 cykler per år med 100 % urladdningsdjup DOD.



Figur 8: Åldring av batterierna.

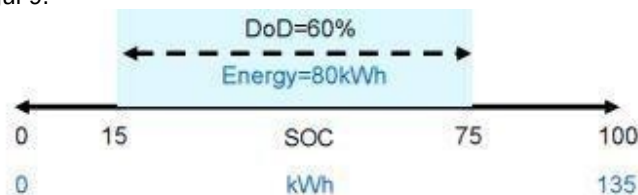
2.4.6.5 Batteriets DC spänningsområde

I enlighet med tabell 1 har Li-Ion batterisystemet för FEAB-installationen följande DC spänningsområde:

- Spänning minimum = 588 V DC
- Spänning nominell = 720 V DC
- Spänning max = 826 V DC

2.4.6.6 Urladdningsdjup (Depth of discharge, DoD)

Batteriinstallationen har en maximal kapacitet på 135kWh när batterierna är helt nya och inga cykler har varit genomförts. Detta överskott på energi är till för att kompensera för åldringen av batterierna. Urladdningsdjupet (DoD) i % är den kapacitet hos batteriet som används i en cykel och den är inversen av laddtillståndet (State-of-charge, SOC). Enligt LG Chem:s rekommendation, är det bättre att ha en DoD centrerad vid lägre värden på SOC. Att sänka SOC, ger längre batterilivslängd. LG Chem rekommenderar även att vid utebliven cykling, måste SOC alltid hållas högre än 10 %. Av dessa skäl är kontrollsystemet programmerat (förklaras i detalj i avsnitt 2.5.3) för en urladdningscykel på 80kW under en timme och två timmars laddningscykel på 40 kW, för hantering av urladdningsdjupet (DoD) av batteriet enligt figur 9.



Figur 9: Urladdningsdjup.

Det bör påpekas att urladdningsdjupet kommer att öka när batteriers kapacitet minskar på grund av åldring. Detta är en automatisk process och det kräver inte några åtgärder i styrsystemet.

2.4.7 Batteriövervakningssystemet (Battery Management System, BMS)

BMS utför mätningar som krävs för att hantera batterierna (spänning, temperatur, ström) och för att förlänga batteriets livslängd och öka säkerheten hos systemet. Alla data som samlas in av BMS skickas till PQFI-omriktaren via CAN - bussen (se avsnitt 2.5 "Styrsystem").

Det bör påpekas att det i batterisystemet för ESM finns tre olika typer av BMS.

1) **Huvud BMS (Master BMS, MBMS):** reglerar främst kommunikationen med omriktaren och batterirack-BMS (RBMS). De viktigaste funktionerna hos MBMS är följande;

- Genomföra datakommunikation med omriktaren



- Övervaka status för det totala batterisystemet

MBMS indikerar status på system som: funktionellt fel, varning, systemet färdigt, systemet initierar, fläktkontrollstatus, och spänningsbalansering mellan batterirack. Dessutom slår MBMS på och kontrollerar alla förladdningsreläer och huvudkontakter i racken

MBMS mäter laddnings-/urladdningsströmvärde på batterisystemet och reglerar laddning/urladdning mot gränsvärden för batterisystemet.

MBMS upptäcker alla typer av funktionsstörningar; överström, över-/underspänning, över-/under temperatur, över-/under SOC, för hög laddning-/urladdningseffekt, förlust av kommunikation med RBMS enheterna.

MBMS mäter min/max, genomsnittliga och avvikelsevärden (mellan rack) för rack spänning och ström liksom det fysiska antalet motsvarande moduler och rack.

2) **Rack BMS (RBMS):** varje rack har en rack BMS som samlar in alla data från enheternas BMS och rapporterar till MBMS.

3) **Enhets BMS (UBMS):** vardera 14 moduler i varje rack har en enhets-BMS som mäter temperaturen och spänningen i varje cell och rapporterar det till RBMS.

2.4.8 Hölje

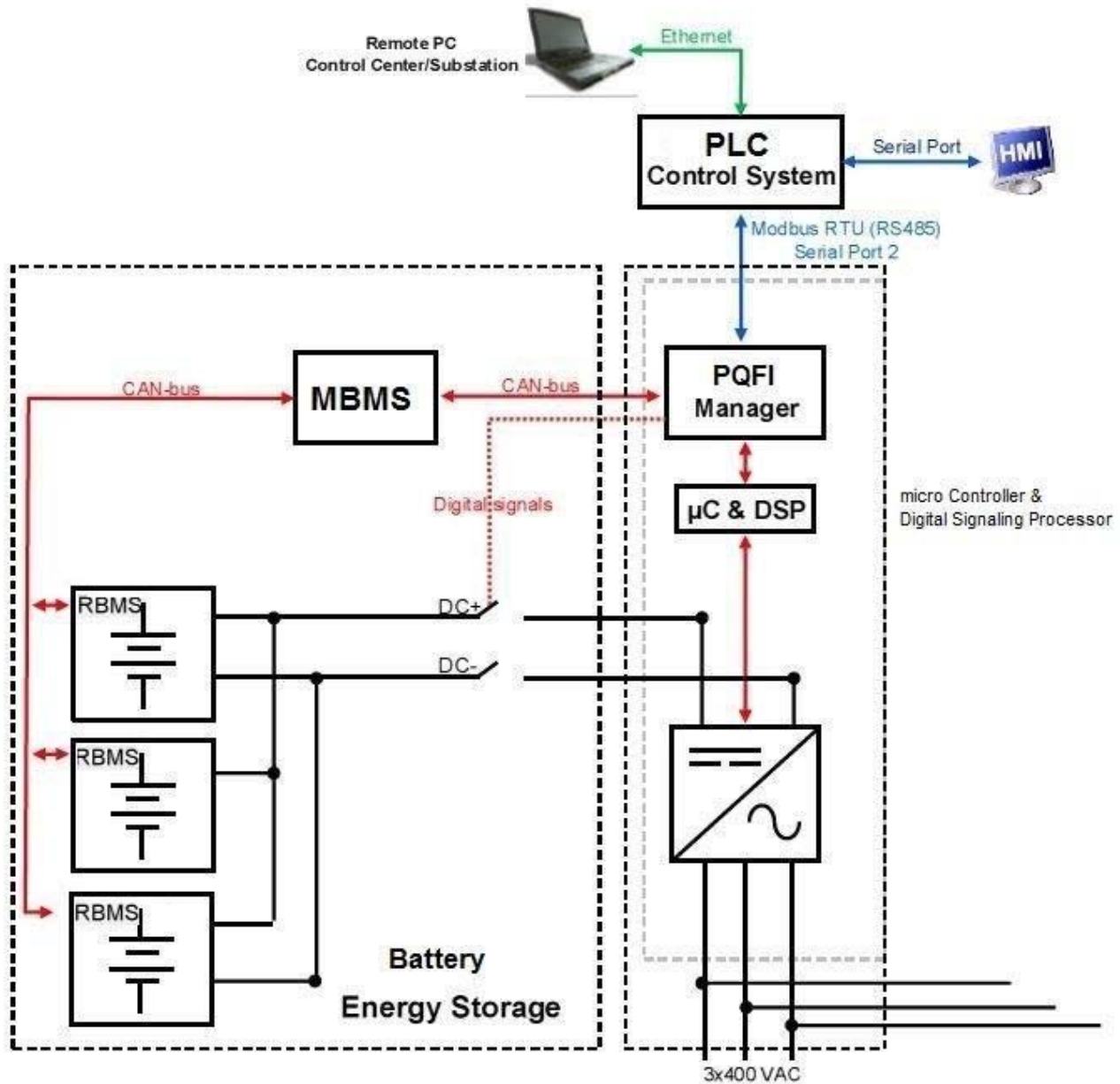
En "walk-in" typ utomhus kapsling(container) används för ESM-systemet. Skåpet har värmeisolerade väggar, tillverkade av stålplåt, samt ett luftkonditioneringssystem för klimatkontroll inne i stationen (HVAC). ESM-stationen har en betongplatta som fundament med öppningar för inkommande/utgående effekt- och kommunikationskablar. Måtten för ESM höljet är (längd x bredd x höjd) 5660 x 2060 x 2689 mm.

2.5 Styrsystemet

Det lokala styrsystem(PLC) för ESM har följande funktioner:

- 1) Laddnings-/urladdningsdriften i enlighet med styralgoritmen programmerad i PLC;
- 2) Acceptera den lokala manuella kontrollen och ändring av driftsparametrarna för ESM styralgoritmen med hjälp av manöverpanelen;
- 3) Registrera fördefinierade händelser på regulatorns ingångar och utföra fördefinierade åtgärder via regulatorns utgångar;
- 4) Dataregistrering;
- 5) Ge alla tillgängliga data som beskriver resultatet av de viktigaste komponenterna i ESM (batterisystem, PQFI omriktare och status för ESM stationen lokala I/O) till kundens kontroll- och övervakningscentrum via Ethernet TCP/IP-protokollet.

Arkitekturen för ESM-systemets styrsystem visas i Figur 10. En enkel driftalgoritm, baserad på tidpunkten för dagen, är inlagd i PLC. All kommunikation mellan omriktaren (PQFI) och MBMS och mellan RBMS och MBMS sker med hjälp av CAN-bussen. Kommunikationen mellan PQFI omriktaren och PLC sker med hjälp av Modbus.



Figur 10: Styrsystem.

2.5.1 PLC larmmattis digitala ingångar

Tabell 2 visar den larmmattis som beskriver digitala ingångarnas(DI) funktionalitet och de åtgärder som kommer i fråga vid de olika händelserna som kan inträffa under drift av ESM. Larmmattisen visar hur PLC agerar, till följd av de händelser som upptäckts av de digitala ingångarna.

Det är möjligt att hitta alla registrerade händelser(max. de senaste 50 händelserna) som registrerats av PLC under dess drift. Listan över de parametrar som PLC lagrar består av:

- händelser som upptäckts av DI -s (beskrivs nedan)
- felmeddelanden från PQFI-omriktare och BMS



• börvärdesinställningar för aktiv effekt skickade till PQFI-omriktaren från PLC

Felmeddelandena från PQFI och de lästa från BMS av PQFI kan särskiljas från felen i PLC. De variabler som PLC-systemet handhar visas i ref. [2] (ESM_OPC_variables.pdf).

Observera att PQFI är den som skickar all information om MBMS till PLC.

Trots att PQFI-omriktaren själv loggar alla sina interna fel och de övergripande felen i ESM, indikeras i ESMs manöverpanel endast de inre fel som uppstått i PQFI.

PLC visar inte exakt vilket PQFI fel som är orsaken.

Serviceteknikern kan, med hjälp av manöverpanelen, hitta listan över alla 50 händelser som registrerats av PLC under driften i kronologisk ordning. PLC raderar sekventiellt de tidigare händelserna, om de inspelade 50 händelsen överskrids.

Nr.	Event	Event logging	Sending information to external server	Battery standby mode	Forced battery standby mode
1	PLC UPS discharge	X	X		
2	DC circuit common fault	X	X		
3	Air-conditioning system internal fault alarm	X	X		
4	Fire detection/suppression system's internal fault	X	X		
5	Fire alarm inside the ESM Station	X	X	X	
6	Automatic/manual control switch position change	X	X		
7	AC auxiliary power circuit common fault	X	X		
8	Emergency stop button (-s) trip	X	X		
9	Door 1 limit switch trip	X	X		
10	Door 2 or 3 limit switch trip	X	X		X
11	AC main power circuit breaker position indication – breaker is opened	X	X		
12	AC main power circuit breaker position indication – breaker is closed	X	X		
13	DC main power circuit breaker position indication - breaker is opened	X	X		
14	DC main power circuit breaker position indication - breaker is closed	X	X		
15	Loss the main ESM power circuit's supply voltage	X	X		
16	Reserve				
...	Reserve				
30	Reserve				

Tabell 2 ESM-styrsystemets larmmatris

Händelserregistrering(event logging) - genom att känna av händelsen lagrar PLC information om en händelse med tidsstämpel i det interna minnet. Listan över de 50 senaste händelserna går att hitta på HMI skärmen.

Skicka information till extern server - genom att känna av händelsen skickar PLC information om det med tidsstämpel till en extern server.

Batteri standby-läge - under batteri standby- läge ska PLC stänga av batterietsströmkrets genom att skicka börvärdet för den aktiva effekten _set_P = 0 till PQFI-omriktaren.



Påtvingat batteri standby-läge - vid påtvingat batteri standby-läge ska PLC stänga av batteriströmkretsen genom att skicka den aktiva effektens börvärde $_set_P = 0$ till PQFI-omriktaren. Till skillnad mot Batteri standby-läge kan påtvingat batteri standby-läge avslutas via en manuell återställning på manöverpanelen.

2.5.2 Specifikation av PLC funktioner orsakade av DI-sigaler

1. Den lilla interna avbrottsfria kraftkällan (UPS) (-U5 i [3]) är installerad i PLC för att ge nödvändig kraft under eventuella strömavbrott. UPS-enheten har interna larmkontakter som genererar signaler vid olika händelser relaterade till UPS.

Om UPS-batteriet börjar ladda ur löser NO larmkontakten ut. I händelse av detta utför PLC:

- a) registreringen av händelsen med tidsstämpel.
- b) skickar information om förändrad status för motsvarande ingång till kundens driftcentral (plats dit de huvudsakliga ESM-komponenternas momentana prestandadata, skickade av PLC, lagras).

2. Vid fel på UPS-batteriet (-U5 i [3]) eller om DC-brytarnas skyddskrets löser ut (-F21,-F22,-F23,-F24,-F25 i [3]) genereras signalen på den tillhörande digitala ingången. I händelse av detta utför PLC:

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel.
- b) skickar information om ändrad status för motsvarande ingång till extern kontrollcentral.

3. I händelse av fel på klimatanläggningen HVAC (-EC1 i [3]), sluts NO larmkontakt och signalen skickas till den tillhörande digitala ingången.

I händelse av detta utför PLC:

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel.
- b) skickar information om ändrad status på den tillhörande digitala ingången till extern kontrollcentral.

4. I händelse av fel på brandvarnare och släcksystem (-RS1 i [3]), löser NC-larmkontakten ut och signalen försvinner från den tillhörande digitala ingången.

I händelse av detta utför PLC:

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel.
- b) skickar information om ändrad status på den tillhörande digitala ingången till extern kontrollcentral.

5. I händelse av brand inne i ESM-stationen, kommer branddetektering / släcksystem (-RS1 i [3]) att aktivera sina olika larmkontakter. PLC kommer att informeras om brandförloppet genom att känna av signalen på dess digitala ingångar. Som ett resultat av händelsen utför ESM-styrsystemet:

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel.
- b) skickar information om ändrad status på den tillhörande digitala ingången till extern kontrollcentral.
- c) initierar systemet att koppla bort ESM från nätet.

Dessutom, i händelse av brand, aktiveras larmkontakter för branddetektering- / skyddssystemets styrkort med följande funktioner:

- d) direkt avstängning av AC-huvudbrytaren (-Q1 i [3]), genom att ge spänning till brytarens utlösningsspole.
- e) direkt avstängning av DC-huvudbrytaren (-Q2 i [3]), genom att ge spänning till brytarens utlösningsspole.
- f) avstängning av luftkonditioneringen (koppla ur (-K5 i [3]) kontaktor).

6. **Omkopplaren** för automatisk/manuell drift (-S4 i [3]) som är installerad på (-WC1 i [3]) PLCs dörr används för att inleda automatisk eller manuell drift. Vid inställning i automatiskt läge genererar ESM den aktiva effekten enligt schemat inprogrammerat i PLC. Vid inställning i manuellt läge, styrs den aktiva effekten manuellt via START & STOP- knapparna på manöverpanelen på PLC.

När signal tas emot på den digitala ingången innebär det uppstart av manuellt läge. Frånvaron av signal innebär automatiskt initieringsläge.

I händelse av detta utför PLC

- a) registrering av händelsen för omkopplarens (-S4 i [3]) ändring med tidsstämpel.
- b) skickar information om förändrad status för tillhörande DI till extern kontrollcentral.
- c) inleder lämplig driftsform (automatiskt eller manuellt).

7. Statusen på (-WC1 i [3]) AC hjälpkraftförsörjningen övervakas av denna digitala ingång.

Listan över hjälpkretsarna för vilkas status (inställning av skyddsbrytare) övervakning sker, består av :



- hjälpkontakt på luftkonditioneringssystemets skyddsbrytare (- F5 i [3]) ;
 - hjälpkontakt av ESM-styrsystem brytare för skyddsströmförsörjning (- F9 i [3]) ;
 - hjälpkontakt för branddetektering./släcksystemets skyddsbrytare (- F10 i [3]) ;
- Även tre - fas övervakningsreläet (- K1 i [3]) kommer att övervaka förekomsten av spänning i (- WC1 i [3]) manöverpanelens hjälpströmkrets. Reläet kommer att generera en signal på denna digitala ingång vid spänningsfel på motsvarande fas (L1 , L2 och L3) .

I det fall signal genereras på denna digitala ingång utför PLC:

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel;
- b) skickar information om ändrat status för den tillhörande digitala ingången till extern kontrollcentral.

8. Nödstoppet har tryckknappar (-S5,-S6,-S7 i [3]) installerade inuti ESM-stationen för att ge möjlighet att snabbt avbryta en farliga händelse. Om någon av knapparna för nödstopp aktiveras, triggas tillhörande digital ingång, utlösningsspolen för AC (växelström) huvudbrytare och utlösningsspolen för DC-brytaren.

I händelse av detta utför PLC

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel.
- b) skickar information om förändrat status för tillhörande digital ingång till extern kontrollcentral.
- c) initierar batteriet för standby-läge.

9. Dörr 1 (se figur. 3) är kontrollrummets dörr. Om dörren öppnas reagerar gränslägesbrytaren (-S1 i [3]) med NC (normalt sluten) kontakt och öppnar då sin kontakt och signalen försvinner i PLC på den digital ingången.

I händelse av detta utför PLC

- a) registreringen av händelsen med tidsstämpel;
- b) skickar information om ändrat status på den tillhörande digitala ingången till extern kontrollcentral.

10. Dörr 2 och -3 (se figur . 3) är batterirummets dörrar. Om endera av dörrarna öppnas utlöses gränslägesbrytare (- S2 och/eller - S3 i [3]) som öppnar sin (sina) NC-kontakt (- er) och signalen försvinner i PLC på den digital ingången. Enligt de normala serviceinstruktionerna, får serviceingenjörer gå in i batterirummet först efter det att ESM-systemet är i manuell drift. Manuell drift initieras med inställning av den speciella omkopplaren (- S4 i [3]) i Manuellt läge.

Omkopplaren finns på dörren till PLC (- WC1 i [3]).

Om någon av dörrarna 2 eller -3 skulle öppnas utan initiering av manuell drift inleder PLC

" Forcerad batteri standby läge". För att avsluta Forcerad batteri

standby läge behöver användaren göra en manuell återställning på manöverpanelen.

I händelse av detta skall PLC:

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel.
- b) skicka information om förändrade status tillhörande digital ingång till extern kontrollcentral.
- c) inleda Forcerad batteri standby läge om Manuell drift inte har påbörjats tidigare.

11 - 12. Huvudskyddsbrytare för inkommande AC (-Q1 i [3]) har extra kontakter som ger signal för den aktuella positionen på brytaren. Med brytaren i stängt läge ger digital ingång 11 signal och digital ingång 12 ingen signal – och vise versa med brytaren i öppet läge.

Vid statusändring av digitala ingångar 11 och -12, utför PLC

- a) registrerar händelsen med tidsstämpel;
- b) skickar information om ändrat status för motsvarande digital ingång till extern kontrollcentral.

13 - 14. Huvudskyddsbrytare för DC (-Q2 i [3]) har en extra växlande kontakt som signalerar den aktuella positionen för brytaren. I brytarens stängda läge ger digital ingång 13 signal men inte digital ingång 14 – och vise versa med brytaren i öppet läge.

Vid statusändring av digitala ingångarna 13 och -14, utför PLC

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel;
- b) skickar information om ändrat status för motsvarande digitala ingång till extern kontrollcentral.

15. I händelse av ett strömavbrott och spänningen försvinner från de lågspända samlingsskenorna på sekundärsidan på transformatorstationen (till vilka ESM-huvudströmterminalerna är anslutna) slås huvudbrytare för inkommande AC (- Q1 i [3]) i ESM (som ligger i (-WC1 i [3]) brytare) ifrån. AC-brytaren (-Q1 i [3]) triggsignal löser ut då PQFI-omriktarens



interna larmkontakt. PQFI-omriktaren är programmerad att slå ifrån vid en ådan händelse. Denna funktion garanterar att anti-ö-driftskraven uppfylls.

I händelse av detta skall PLC:

- a) registrera händelsen med tidsstämpel (att ett fel har skett i PQFI-omriktaren) i enligt med det felmeddelande som tas emot från PQFI-omriktaren via Modbus RTU dataprotokollet till PLC.

2.5.3 Automatisk reglering

2.5.3.1 Läge Urladdning

PLC initierar urladdningsprocessen vid förutbestämd tid på dagen om batteriernas laddtillstånd (State Of Charge, SOC) är mer än 5 %, genom att sända signalen till PQFI-omriktarens kontroll (PQF Manager) för att starta urladdning av batterierna (med den fördefinierade nivån på aktiv effekt) för den förutbestämda tidsperioden (standardinställning är att systemet ska ge ut 80 kW effekt under en timme). Listan över de fördefinierade parametrarna består av:

- Tid på dagen när urladdningen börjar.
- Nivå på aktiv effekt under urladdningsprocessen;
- Varaktighet för urladdningsprocessen.

Det finns möjlighet att välja önskat antal laddnings-/urladdningscykler per dag. Om det är programmerat för en urladdningscykel per dag och användaren försöker lägga till ytterligare en, då beräknar styrsystemet den tillgängliga kapaciteten på batteriet efter slutförandet av den första urladdningscykeln och informerar användaren om det. Det ska inte vara möjligt att lägga till en ny urladdningscykel längre tid än vad som motsvarar systemets beräknade kapacitet hos batterierna efter fullbordan av den föregående cykeln.

Alla tidigare värden kan ställas in med hjälp av manöverpanelen.

Det är inte möjligt att ange en nivå av aktiv effekt, under urladdningsprocessen, högre än 80kW (aktiv effekt matas till nätet).

För att öka livslängden hos batterierna, är styrsystemet programmerat till att ladda ur batterisystemet ner till 15 % av dess totala SOC. Urladdningsdjupet (DoD) har programmerats till att ligga mellan 75 % SOC till 15 % SOC vid normal drift. Styrsystemet är programmerat för att begränsa maximal urladdning av batterierna till SOC 5 % för att skydda batterierna.

Under urladdning av aktiv effekt, stöttar också ESM -systemet nätet genom att reglera reaktiv effekt (upp till 60kVAr) och förbättra elkvaliteten, genom filtrering av högre övertoner av ström. Det bör påpekas att dessa funktioner tillhandahålls kontinuerligt under normala arbetsförhållanden i systemet oavsett laddningstillstånd (SOC) hos batterierna. I det här fallet fungerar ESM som ett aktivt filter för nätet. Kapaciteten hos den reaktiva effektkompenseringen och filtreringen av övertoner hos ESM beror på mängden av aktiv effekt som kan skickas från batteriet till nätet (se systemprestanda beroende på driftläge). Funktionen behöver inte några åtgärder från PLC, och kommer att genomföras automatiskt av PQFI-omriktarens interna kontrollsystem.

Efter urladdning av batterierna (denna information skickas från PQFI-kontrollen till PLC), växlar systemet till ett annat driftsläge (" Battery stand - by-läge ").

2.5.3.2 Läge Batteri stand-by

Systemet är i detta läge under dygnet mellan de planerade urladdnings- och laddningslägena och all tillgänglig kapacitet för omriktaren används för reaktiv effektkompensering (upp till 100kVAr) och filtrering av strömövertoner, som detekteras vid anslutningspunkten av ESM till nätet.

I det här läget finns det ingen verksamhet som behöver reglering från PLC kopplad till aktiv effektkompensering och det kommer således inte finnas något aktivt kraftflöde mellan batterierna och PQFI-omriktaren.

2.5.3.3 Läge Laddning

PLC kommer att inleda laddningen vid den fördefinierade tiden på dagen, om batteriernas SOC inte är mer än 95 %, genom att sända signalen till PQFI-omriktarens kontroll (PQF Manager) för att starta laddningen av batterierna (med fördefinierad nivå av en aktiv effekt) för förutbestämd tidsperiod (som standardinställning laddas batterierna med 40 kW effekt under två timmar, om batterierna tidigare laddats ur). Listan över de fördefinierade parametrarna består av:

- Tid på dagen när laddningen börjar.
- Nivå på aktiv effekt under laddningsprocessen;
- Varaktighet av laddningsprocessen.



Alla tidigare värden kan ställas in med hjälp av manöverpanelen.

Det är inte möjligt att ange en nivå av aktiv effekt, under laddningsprocessen, högre än 80kW (aktiv effekt konsumerad från nätet).

Det finns möjlighet att välja önskat antal laddningscykler per dag. Om systemet är programmerat för en laddningscykel och användaren försöker lägga till ytterligare en laddningscykel, kommer styrsystemet att estimerar den tillgängliga kapaciteten på batterierna efter slutförandet av den första laddningen och informera användaren om det. Det ska inte vara möjligt att lägga till en ny laddningscykel längre tid än vad som motsvaras av den beräknade kapaciteten hos batterierna efter fullbordan av den föregående cykeln.

Styrsystemet är programmerat för att begränsa laddningen av batterierna upp till SOC max. 95 % för att skydda batterierna.

Under laddning av aktiv effekt kommer energilagret också att stödja nätet genom reaktiv effektkompensering och genom filtrering av vissa högre övertoner. Den reaktiva effektkompenseringen – och filtreringsförmågan av övertoner hos ESM beror på mängden aktiv effekt som kan användas för batteriladdning. Det bör påpekas att dessa funktioner tillhandahålls kontinuerligt under normala arbetsförhållanden i systemet oavsett laddningstillstånd (SOC) hos batterierna. Funktionen behöver inte några åtgärder från PLC, och kommer att genomföras automatiskt av PQFI-omriktarens interna kontrollsystemet.

Efter laddningen av batterierna (denna information skickas från PQFI manager till PLC), växlar systemet till ett annat driftsläge (" Battery stand - by-läge ").

2.5.4 Parameterinställning

För att utöka funktionerna i ESM, är det möjligt att ändra följande parametrar:

- Antal laddnings/urladdningscykler per dag.
- Start/sluttid för laddnings-/urladdningsdriften för den speciella cykeln.
- Den aktiva effektnivån för den specifika cykeln för laddning-/urladdningsdriften.
- Varaktighet för den specifika laddnings-/urladdningscykeln.

De inställda värdena är möjligt att ändra med hjälp av manöverpanelen som är i det lokala styrsystemets skåp.

2.5.4.1 Grundinställning

Om inget annat anges körs en laddnings- & urladdnings cykel per dygn. Laddningen är mellan 02.00 till 05.00 och urladdningen mellan 19.40 till 20.40 CET vintertid och 20.40 till 21.40 sommartid. Effektnivå och varaktighet enligt Appendix 1.

2.5.5 Manuell styrning

PLC tillåter manuell styrning av systemets laddnings-/urladdningsdrift. Den manuella/automatiska omkopplaren i manöverpanelen används för detta ändamål. Det är möjligt att stoppa den initierade processen (laddning eller urladdning) och starta den igen senare med hjälp av START/STOPP-knappar i manöverpanelen.

2.5.6 Dataloggning

PQFI-omriktarens kontroll (PQF Manager) skall registrera alla extrema värden som påverkar dess normala arbete (se " The PQF-Manager user interface " kapitel i [1] för den utpekade PQFI-omriktartypen).

Energilagrets styrsystem kan tillhandahålla alla nödvändiga uppgifter (prestandadata, driftdata etc.) externt med hjälp av Ethernet eller via något av de seriella gränssnitten.

2.6 Miljökrav

Batterisystemet är installerat inuti en speciell container där lämpliga klimatförhållanden är möjliga att upprätthålla. Hög IP klass på utomhuskapslingen ger damm och immissionsfri miljö.

Installations höjden måste vara under 1000 meter över havet.

Batterileverantören (LG Chem) rekommenderar en drifttemperatur för batterierna mellan 18 ° C och 28 ° C.



2.7 Brandskydd

På grund av typen av de Li-Ion batterier som används har det ansetts föreligga en viss brandrisk under drift av systemet. För att eliminera den mycket osannolik risken för brand har ett ordentlig **CO₂** baserat branddetekterings- och släckningssystem installerats inne i ESM-containern. Se figur 3.

För att släcka batterisystemet i det fall eld utbryter, kommer den totala volymen av hela utrymmet att fyllas med släckgas för att eliminera allt tillgängligt syre inne i containern.

Versionshistorik

Version	Utfärdare	Datum	Beskrivning
0.5	Jan Warg	2014-06-18	Energilager för Steg 1
0.6	Jan Warg	2014-06-19	Granskad av Willy Herrmansson
0.7	Jan Warg	2014-06-25	Titel kompletterat med Steg1, PEC benämns PQFI
0.8	Jan Warg	2014-06-27	Ändrat sidhuvud och sidfot

Förkortningar

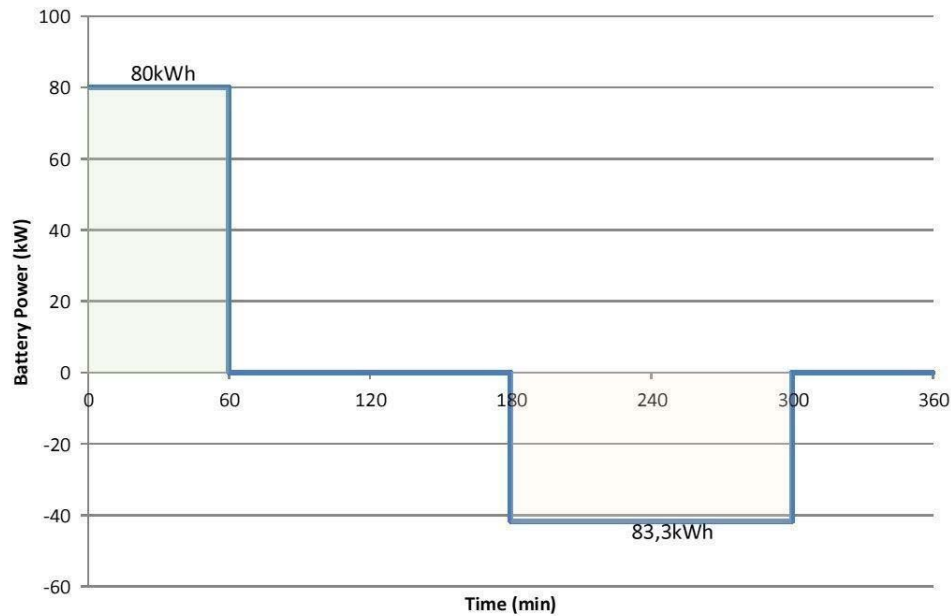
BMS	Battery Management System
BESS	Battery Energy Storage System
BU	Battery Unit
CSS	Compact Secondary Substation
CT	Current Transformer
DI	Digital Input
DOD	Depth Of Discharge
DSP	Digital Signaling Processor
ESM	Energy Storage Module,
FEAB	Falbygdens Energi AB
HMI	Human Machine Interface
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning
LFP	Lithium Iron Phosphate (LiFePO ₄)
Li-Ion	Lithium Ion
PLC	Programable Logic Controll
PQFI	Power Quality Filter Inverter by ABB (bi-directional power converter type), omriktare
SOC	State Of Charge
µC	micro Controller

Referenser

- [1] PQFI converter technical specification (2gcs211014a0070_manual power quality filter PQFI.pdf).
- [2] Variables read by the PLC (ESM_OPC_variables.pdf)
- [3] Electrical diagram of the ESM (LC11SES0355_Rev8.pdf)



Appendix 1. Batteri körcykel





Energy Storage Module Steg 2

Systembeskrivning

INNEHÅLL

1 ÖVERSIKT	2
2 SYSTEM BESKRIVNING.....	3
2.1 BESKRIVNING AV SYSTEMDRIFT	3
2.2 SYSTEMPRESTANDA	4
2.2.1 Läge Urladdning.....	4
2.2.2 Läge Laddning.....	4
2.2.3 Läge Stand-by	4
2.3 SYSTEMLAYOUT.....	5
2.4 SYSTEMKOMPONENTER	5
2.4.1 Huvudbrytare och övrig matning.....	6
2.4.2 Skyddstransformator	6
2.4.3 Omriktaren (PQFI).....	6
2.4.4 DC manöverenhet	6
2.4.5 DC reaktorer	6
2.4.6 Batteriracken	6
2.4.7 Batteriövervakningssystemet (Battery Management System, BMS)	11
2.4.8 Styrning på elkvalité, PQC.....	12
2.4.9 Hölje	12
2.5 STYRSYSTEMET.....	13
2.5.1 PLC larmmatris digitala ingångar.....	14
2.5.2 Specifikation av PLC funktioner orsakade av DI-signaler.....	15
2.5.3 Automatisk reglering.....	17
2.5.4 Parameterinställning	18
2.5.5 Manuell styrning.....	18
2.5.6 Extern styrning	19
2.5.7 Dataloggning	19
2.6 MILJÖKRAV	19
2.7 BRANDSKYDD	19
VERSIONSHISTORIK	20
FÖRKORTNINGAR	20
REFERENSER.....	20
APPENDIX 1. BATTERI KÖRCYKEL	21

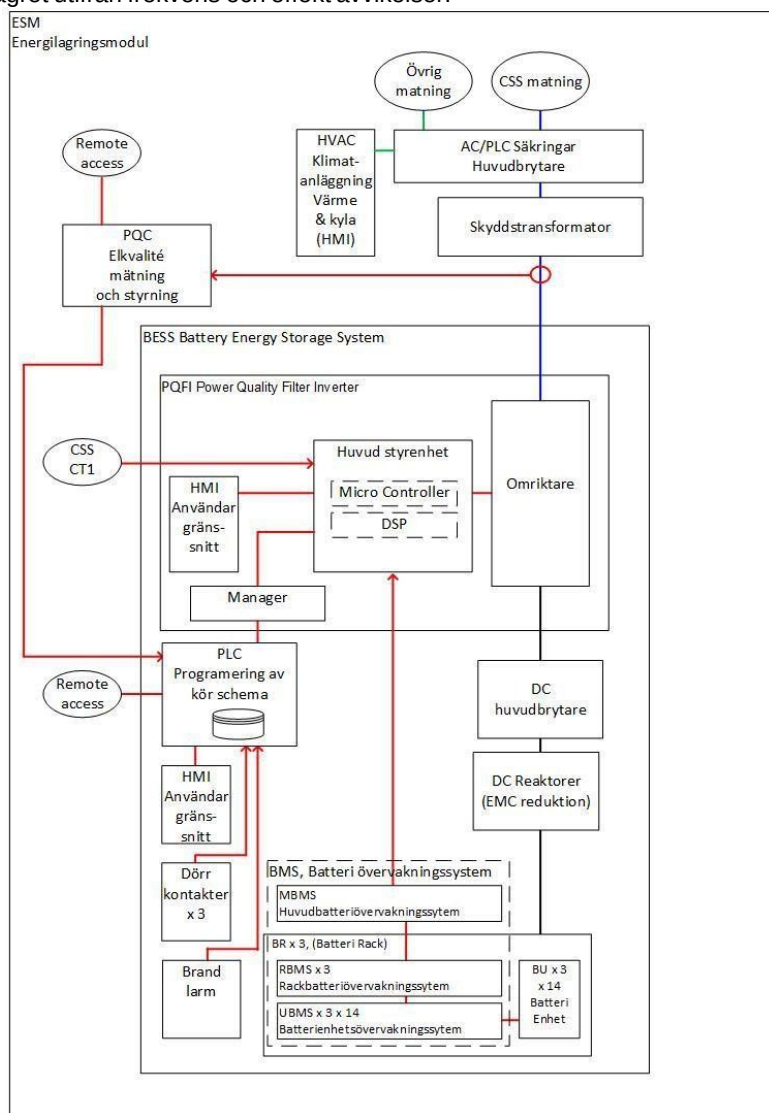


1 Översikt

Syftet med detta dokument är att beskriva energilagringsmodulen Energy Storage Module (ESM) hos FEAB (Falbygdens Energi AB), samt systemkonfiguration och styrsystemet av ESM. ESM är ansluten till elnätet (se Figur 1: EMS översikt), och används för följande tillämpningar:

- kapning av effekttoppar (peak shaving) och lastutjämning (load shifting)
- reaktiv effektkompensering
- förbättrad elkvalitet.

Huvudkomponenterna kan sammanfattas i en AC huvudbrytare, i nästa steg en skyddstransformator, en omriktare (PQFI) med till hörande kontroll, ett överordnat kontroll- och övervakningssystem (PLC), en DC-brytare och Li-Ion batterilagret med ett batteriövervakningssystem (Battery Management System, BMS). Vidare har ett elkvalité instrument anslutits för styrning av lagret utifrån frekvens och effekt avvikelser.



Figur 1: EMS översikt



2 System Beskrivning

Systemet sattes initialt upp med batteriövervakning och batterier ifrån International Batteries (IB). P.g.a. omständigheter kring IB ersattes batterierna med motsvarande utrustning från LG Chem. Vidare upptäcktes att en skyddstransformator behövdes för att inte störa nätet och är systemet med LG Chem batterier och skyddstransformator som beskrivs i detta dokument. Se [Ref 6] FEAB Energy Storage Module Data Sheet, FEAB ESMDataSheet.pdf.

2.1 Beskrivning av systemdrift

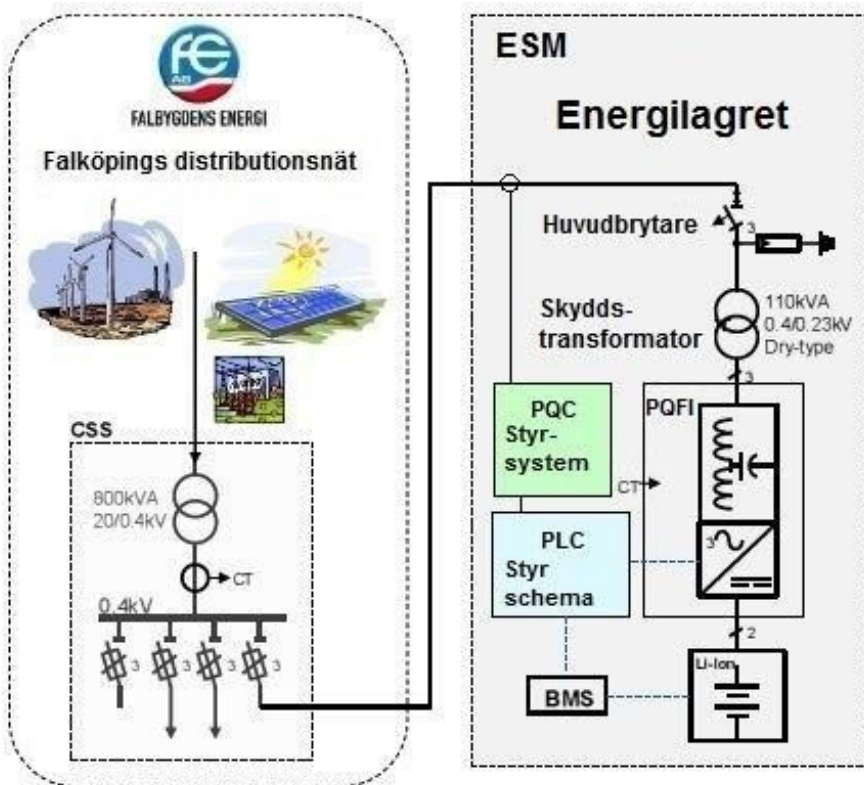
Toppeffektkapning (peak shaving) och lastutjämning (load shifting) är de viktigaste tillämpningarna av systemet. ESM-systemet skall kunna mata ut 75 kW effekt under en timme, under urladdningsperioden, under hela batteriets livstid. Laddning av batterierna görs sedan på natten, då distributionsnätet har låg belastning och urladdningen görs under tiden med högsta belastningen. ESM utför en sådan cykel per dag.

ESM-systemet stöder också nätet på lågspänningssidan av distributionstransformatorstationen (20 / 0,4 kV), genom reglering av den reaktiva effekten och förbättrar nätkvaliteten, genom filtrering av strömmens övertoner. Dessa funktioner är tillgängliga hela tiden under de normala driftsförhållandena för systemet oavsett laddningstillståndet (SOC) i batterierna. I detta fall fungerar ESM-systemet som ett aktivt filter på nätet.

Styrsystemet (PLC) skickar signaler till omriktarens (PQFI) kontroll (PQFI Manager) för att starta laddning eller urladdning av ESM-systemet med förinställda värden av den aktiva effekten som ska genereras/absorberas.

Styrsystemet kommer att arbeta enligt ett fördefinierat schema.

ESM-systemets komponenter installeras i en utomhuskapsling med lämpliga dimensioner och placeras intill en befintlig nättransformatorstation (CSS) (se Figur 2: ESM kopplad till CSS.).



Figur 2: ESM kopplad till CSS.



2.2 Systemprestanda

De tre huvudsakliga driftlägen, som anges nedan, stöds av ESM-systemet:

- Urladdningsläge
- Laddningsläge
- Batteristandby-läge

Systemet körs med en enkel algoritm (förklaras i detalj i avsnitt 2.5.3) baserad på dygnets timmar. För att kunna mata in 75 kW aktiv effekt till nätet i urladdningsläget skall börvärdet för urladdningen ställas in på 80 kW under 1 timme för att ta hänsyn till förlusterna i systemet och laddningens börvärde skall sättas till 40kW under 2 timmar.

2.2.1 Läge Urladdning

I urladdningsläget matar ESM upp till 75kW aktiv effekt till växelströmsnätet. Eftersom växelriktaren har en maximal kapacitet av 100 kVA så har ESM-systemet, förutom den aktiva effekten i urladdningsläget, även kapacitet för att kompensera den reaktiva effekten och att filtrera högre övertoner.

Som ett exempel, kan ESM mata följande kombination av aktiv effekt (P), reaktiv effekt (Q)

och filtrera övertoner (I_h) till växelströmsnätet i urladdningsläget:

OBS! "-" Tecknet betyder riktningen från nätet - till ESM

"+"-Tecknet betyder riktningen från ESM - in i elnätet.

- $P=+80\text{kW}$ (för att ge en matning till nätet med 75kW)
- $Q=+60\text{kVAr}$
- $I_h=+50\text{A}$

2.2.2 Läge Laddning

I laddningsläget, tar ESM matning med upp till 40 kW aktiv effekt från växelströmsnätet. Under hela laddningscykeln, har ESM-systemet fri kapacitet att kompensera den reaktiva effekten och filtrera strömövertoner.

Som ett exempel, kan ESM mata följande kombination av aktiv effekt (P), reaktiv effekt (Q)

och filtrering av övertoner (I_h) till växelströmsnätet i laddningsläget:

OBS! "-" Tecknet betyder riktningen från nätet - till ESM

"+" Tecknet betyder riktningen från ESM - in i elnätet.

- $P=-40\text{kW}$
- $Q=+90\text{kVAr}$
- $I_h=+50\text{A}$

2.2.3 Läge Stand-by

När batteriet är i stand-by-läge finns inte något direkt aktivt effektförflöde. Som ett resultat av detta kan hela den tillgängliga kapaciteten av omriktaren användas för kompensation av reaktiv effekt och filtrering av övertoner, där de detekteras vid anslutningspunkten av ESM-system i växelspanningsnätet. Som ett exempel, kan ESM mata följande kombination av reaktiv effekt (Q) och filtrering av övertoner (I_h) till växelströmsnätet med batteriet i standby-läge:

OBS! "-" Tecknet betyder riktningen från nätet - till ESM

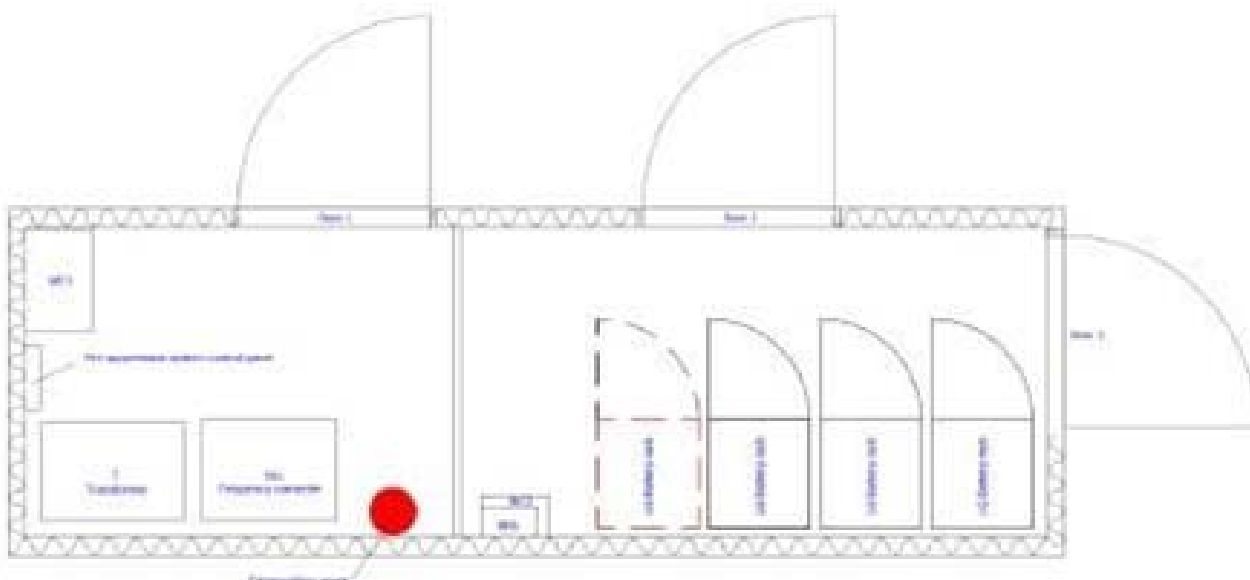
"+"-Tecknet betyder riktningen från ESM - in i elnätet.

- $P=0\text{kW}$
- $Q=+100\text{kVAr}$
- $I_h=+50\text{A}$



2.3 Systemlayout

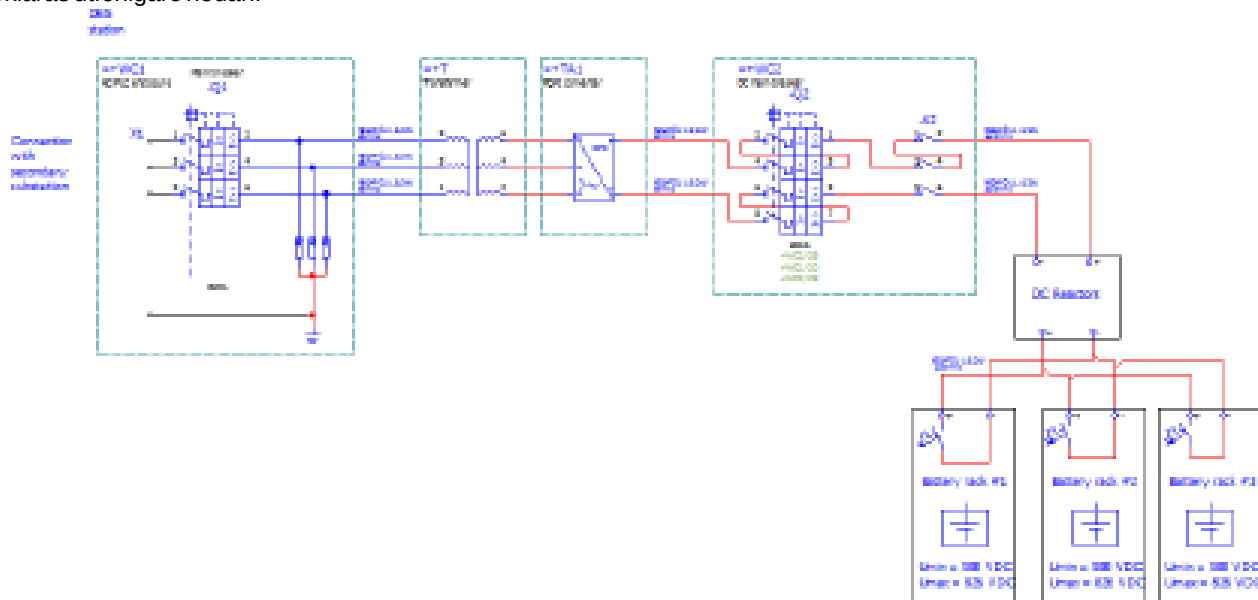
Systemets layout visas i Figur 3: System layout. Man kan konstatera att det finns utrymme för ett extra batterirack för framtida behov.



Figur 3: System layout

2.4 Systemkomponenter

Enligt ESM-kretsschemat som visas i Figur 4: Trefas nät kopplat till ESM, kan vissa komponenter särskiljas utöver den befintliga nättransformatorstationen (CSS), och regelsystemet som visas i Figur 2: ESM kopplad till CSS.. Dessa förklaras utförligare nedan.



Figur 4: Trefas nät kopplat till ESM



2.4.1 Huvudbrytare och övrig matning

ESM har en separat lågspänningsmatning för intern förbrukning. (se Övrig matning i Figur 1: EMS översikt) och en huvudbrytare för inkommande AC koppling mot CSS. Lågspänningsmatningen används för EMSs kontroll och styrsystem samt andra lokala komponenter som skydd och klimatutrustning (HVAC) som krävs för driften av anläggningen.

2.4.2 Skyddstransformator

En 110kVA torrtyps kopplingstransformator med wye-wye-koppling används (se Figur 4: Trefas nät kopplat till ESM). Syftet med denna komponent är att galvaniskt isolera omriktaren och batterierna från nätet

2.4.3 Omriktaren (PQFI)

I ESM-systemet, är det ABBs PQFI-omriktare (Power Quality Filter Energy Storage Inverter, PQFI) som används. Den dubbelriktade omriktaren (se PQFI i Figur 1: EMS översikt) är en av de viktigaste komponenterna i ESM-systemet. Den fungerar som en likriktare under laddning av batterierna och som en växelriktare under tillförseln av energi från batterierna till nätet. Omriktaren är en multifunktionell enhet, som har förmåga att verka inte endast som en aktiv strömkälla, utan också stödja nätet genom att generera erforderlig mängd reaktiv effekt och genomföra filtrering av högre ordningens strömövertoner.

Omriktarens nominella parametrar är följande:

Omriktartyp: PQFI - V1 - M25 - IP21

Anslutning AC Spänning: 400 VAC

Arbetsspänning: 208-480 VAC Frekvens:

50/60 Hz

Skyddsklass: IP21

Skåpmått: 800 x 600 x 2150 mm

För att kunna övervaka strömflödet till och från nätet, tar PQFI emot signaler från strömtrans- formatorerna (CT) (se Figur 2: ESM kopplad till CSS.). CT är installerade på de inkommande samlingsskenorna i lågspänningsdelen (LV) intill brytarna inuti CSS (se Figur 2: ESM kopplad till CSS.). PQFI Teknisk specifikation,[Ref 1].

2.4.4 DC manöverenhet

DC -manöverenheten(se DC huvudbrytare i Figur 1: EMS översikt) innefattar DC-brytaren och en DC kontaktor som drivs av omriktaren för att minska inkopplingsströmmen när omriktaren ansluts till batteriet. I DC -manöverenheten ingår även en 230Vac hjälpkraftfördelning till batterirack och BMS samt andra skyddsanordningar som t.ex. tryckknappen för nödstopp.

2.4.5 DC reaktorer

DC-reaktorer är installerade mellan batterirack och DC huvudbrytaren i syfte att filtrera spänningen på DC-skenorna. Med denna EMC filtrering blir common mode spänningen reducerad. Därmed skyddas elektroniken i batterirack, samt kraftkomponenterna i batterierna och DC-manöverenheten mot elektromagnetisk störning.

2.4.6 Batterirack

ESM är baserad på ett batterienergilagrar som består av tre parallellkopplade batterirack av typ R800 från tillverkaren LG Chem. Batterisystemet har en nominell spänning på 720VDC (588 V DC - 826 V DC), 80kW nominell effekt och 135kWh nominell energi. Avvikelsen i den nominella effekten från specificerade 75kW är för att kompensera för de inre förlusterna i omriktaren och den åldring som sker i batterierna under deras livstid. Se vidare [Ref 8]

2.4.6.1 Batteriets arbetscykel

Batterisystemets arbetscykel, enligt Appendix 1 i detta dokument, måste uppfyllas, under hela dess livstid. Den angivna driftcykeln indikerar de maximala effektvärden som levereras till - eller från batteriets huvudströmterminaler. Som angivits i Appendix 1, är 80 kW den maximala effekt som omriktaren kan ta från batterisystemet i urladdningsläget och 40 kW är den effekt som omriktaren i nuvarande inställning levererar till batterisystemet i laddningsläget. Det är



viktigt att notera att urladdningseffekten är begränsad till 80kW och att uppladdningstiden är inställd att vara 2 timmar vid 40kW, för att ladda upp samma energi som urladdades.

Nuvarande system är utlovat att kunna hantera minst 2000 cykler enligt den arbetscykel som visas i Appendix 1. Standard kalenderlivslängd är utlovad att vara minst **10 år**. Batterisystemets round-trip effektivitet (cykeleffektivitet) för den driftcykel som anges i Appendix 1 är mer än 90 %.

2.4.6.2 Batteriets begränsande systemparametrar

I det här avsnittet anges de gränssättande parametrar som påverkar batteriets livslängd.

- Maximal urladdningseffekt för batterisystemet begränsas till **80 kW**;
- Maximal laddningseffekt för batterisystemet begränsas till **80 kW (nuvarande inställning: 40kW under 2 timmar)**;
- Miljöförhållanden i batterirummet kontrolleras och styrs av HVAC-systemet.

2.4.6.3 Teknisk beskrivning av LG Chem R800 batterirack

Figur 5: Rack R800 från LG Chem med 14 moduler. visar batteriracket med 14 batterimoduler. Varje modul har frontmonterade gränssnitt för kommunikation och kraftkablar, enligt nedan. Varje rack är försedd med en DC-skyddskrets för att skydda racken och det övergripande systemet. De viktigaste funktionerna i DC skyddet sammanfattas i: akut snabbstopp från BMS (baserat på statusen av cellerna), enkelt underhåll (batterirackerna kan isoleras, kopplas in och från) och koordinering av skyddsfunktioner.



Figur 5: Rack R800 från LG Chem med 14 moduler.

Cellerna i varje rack är parallell- och seriekopplade för att få den önskade spänningen. De är av typ P1.5, se vidare respektive tekniska data och cellfunktioner i Figur 6: Cell P1.5 tekniska data. och Figur 7: Cell P1.5 funktioner..

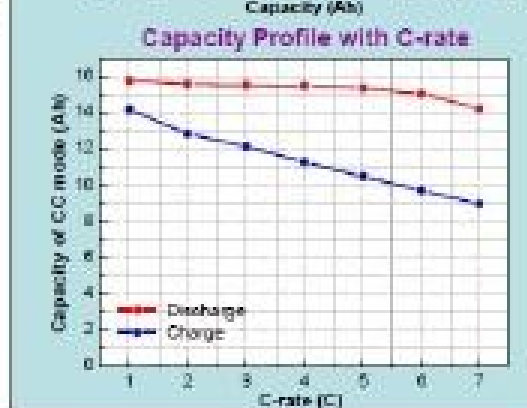
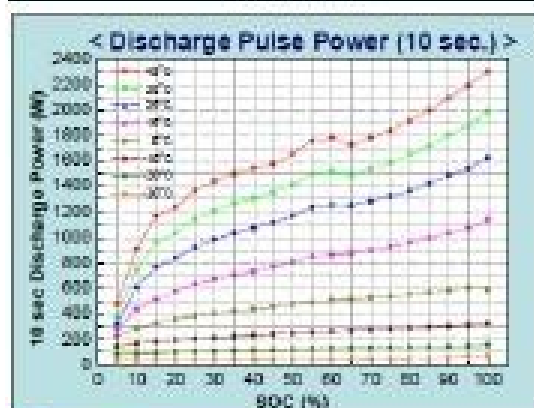
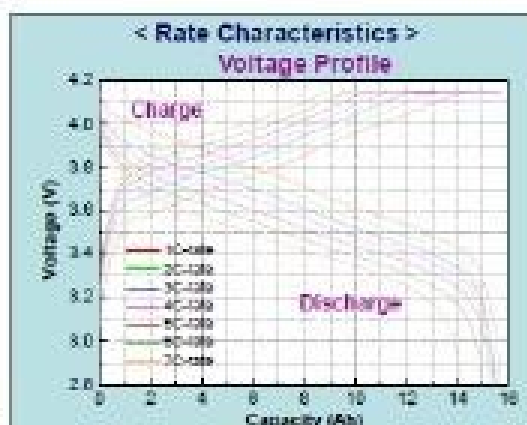
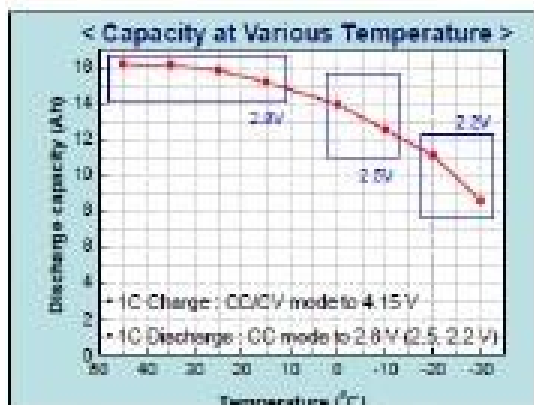
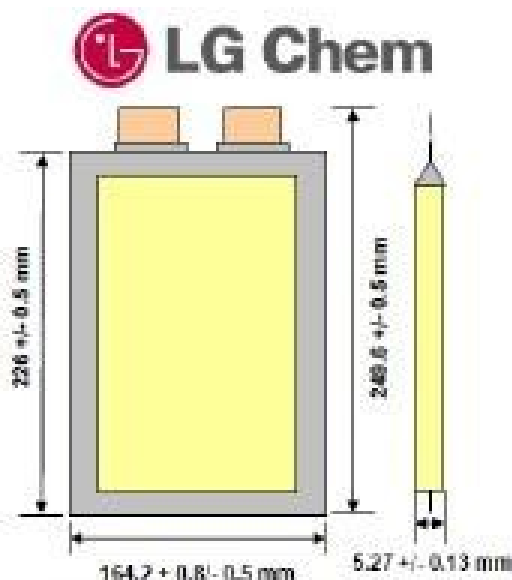


MODEL P1.5

TECHNICAL DATA

(Typical values at 25°C)

Nominal Capacity (at 1C rate, 2.80 ~ 4.15 V)	15.0 ± 2.5%
Nominal Voltage (at 1C rate discharge, 60% SOC)	3.70 V
Energy Density	155 Wh/kg
Power Density (at 60% SOC, 10 sec.)	2,600 W/kg
Voltage Range	2.80 ~ 4.15 V
Temperature Range	-30 ~ 60 °C
Weight	approx. 380 g
Volume	approx. 160 mL



Note : Any presentations in this data sheet concerning performance are for information purpose only and are not construed as warranties either expressed or implied, of future performance.

Revised on 27 Jul 2011 / Page 1 of 2

Figur 6: Cell P1.5 tekniska data.



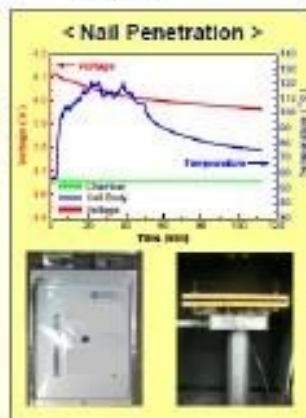
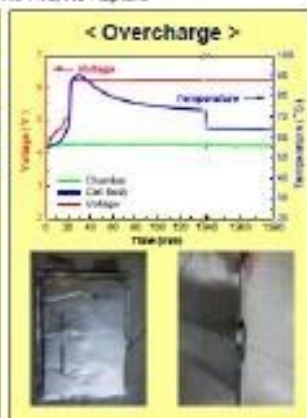
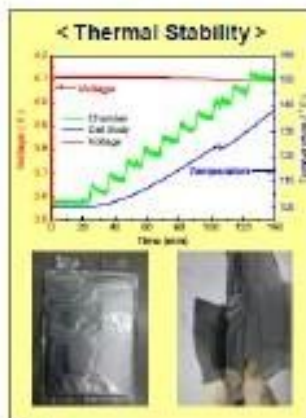
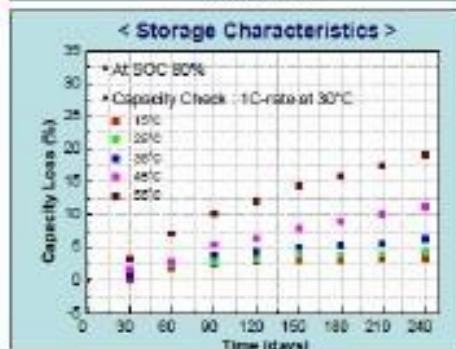
MODEL P1.5 CELL FEATURES

- Stacking & Folded Cell (LGC Inherent Patent)
- Long Cycle Life (About 10 Years)
- Reinforced Safety (Safety Reinforced Separator)
- High Energy Density
- Low Self-discharge Rate
- Wide Temperature Range

< Abuse Test Results >

Category	Test Items	Result
Thermal	Thermal Stability	Pass
	Thermal Shock	Pass
Electrical	Overcharge	Pass
	Overdischarge	Pass
	External Short Circuit	Pass
Mechanical	Nail Penetration	Pass
	Crush	Pass
	Vibration	Pass
	Drop	Pass

• No Fire, No Rupture



Note : Any presentations in this data sheet concerning performance are for information purpose only and are not construed as warranties either expressed or implied, of future performance.

Revised on 27 Jul 2011 / Page 2 of 2

Figur 7: Cell P1.5 funktioner.

2.4.6.4 Batteri Systemspecifikation

Tabell 1 visar den allmänna specifikationen för batterisystemet med de viktigaste parametrarna för LG – Chem:s Li - jon LFP (Litium järnfosfat) typ batterisystem installerat i ESM-systemet.

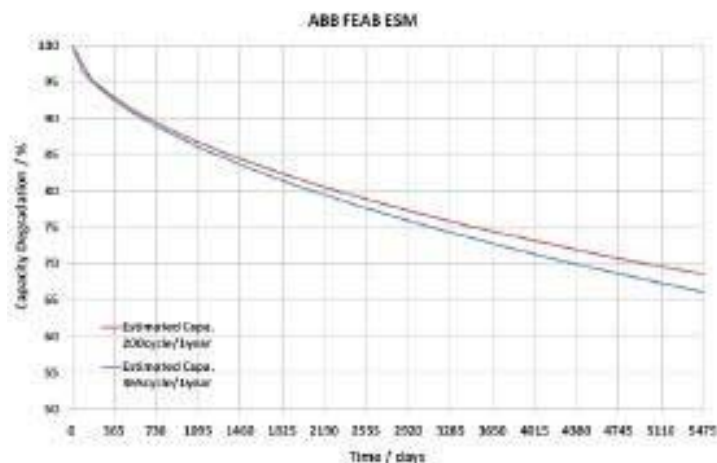
Tabell 1: Batterisystemets allmänna specifikation

Parameter	Värde	Kommentar
-----------	-------	-----------



Nominell effekt vid urladdning (kW)	79 kW	Åtminstone 75kW kommer att injiceras i elnätet med hänsyn till förlusterna.
Nominell energi (kWh)	90 kWh	
Nominell effekt vid laddning (kW)	46 kW	Maximal laddningseffekt 79kW.
Cykel verkningsgrad (%)	> 96 %	
Toppeffekt vid urladdning (10s puls) (kW)	2587 kW	
Toppeffekt vid laddning (10s puls) (kW)	2352 kW	
Spänning nominell (V DC)	720	
Spänning max (V DC)	820	
Spännings minimum (V DC)	550	
Antal moduler per rack	14	
Antal parallella rack	3	
Själurladdning (% per månad)	< 3 %	
Livslängd (antal cykler)	> 2000	
Kalenderlivslängd (år)	10 år standard	– Efter 10 år: återstår 2000 cykler med 90kWh användbar kapacitet – Efter 15 år: återstår 84kWh användbar kapaciteten
Underhållskrav	Minimalt	– "Minimalt" endast om någon "händelse" hänt - "Händelse" betyder onormal drift/driftstörning och övervakas av BMS
Effektbehov för hjälpkraft (W)	675,8	Enhets BMS, Rack BMS, Master BMS, Fläktar
Avgiven värme (W)	3274	
Svarstid (ms)	< 1	Batteri svarstid
Standarder som följs	UL 1642	
Slut/avfallshantering/återvinning förfaranden	Återvinns av andra	
Mått (L x B x H) (mm) av batteriinstallation, inklusive ställningar	650 x 1800 x 2100	Inklusive batterimodul, BMS, Rack DC skydd och 3 rack (650 mm x 600 mm x 2100 mm)
Vikt (kg) av batteridelen inklusive rack	2100 kg	3 Batteri rack (700 kg) inklusive rack, batterier och DC skydd.
Rekommenderad driftstemperatur intervall (° C)	20° C	
Överlevnad omgivningstemperatur (°C)	"- 30deg C till 60° C "	
Tillåten relativ luftfuktighet (%)	icke - kondenserande	
Tillåtet höjdområde	<1000 meter över havsnivå	

I Figur 8: Åldring av batterierna. visas batteriernas åldringskurva (mätt som minskning av kapaciteten). Med kurvan i rött visas 200 fulla laddnings- och urladdningscykler per år med 100 % urladdningsdjup (DOD) medan kurvan i blått är den uppskattade åldringen baserat på 365 cykler per år med 100 % urladdningsdjup DOD.



Figur 8: Åldring av batterierna.

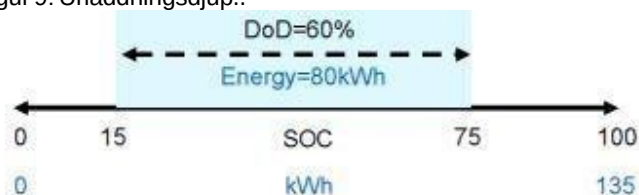
2.4.6.5 Batteriets DC spänningsområde

I enlighet med tabell 1 har Li-Ion batterisystemet för FEAB-installationen följande DC spänningsområde:

- Spänning minimum = 588 V DC
- Spänning nominell = 720 V DC
- Spänning max = 826 V DC

2.4.6.6 Urladdningsdjup (Depth of discharge, DoD)

Batteriinstallationen har en maximal kapacitet på 135kWh när batterierna är helt nya och inga cykler har varit genomförts. Detta överskott på energi är till för att kompensera för åldringen av batterierna. Urladdningsdjupet (DoD) i % är den kapacitet hos batteriet som används i en cykel och den är inversen av laddtillståndet (State-of-charge, SOC). Enligt LG Chem:s rekommendation, är det bättre att ha en DoD centrerad vid lägre värden på SOC. Att sänka SOC, ger längre batterilivslängd. LG Chem rekommenderar även att vid utebliven cykling, måste SOC alltid hållas högre än 10 %. Av dessa skäl är kontrollsystemet programmerat (förklaras i detalj i avsnitt 2.5.3) för en urladdningscykel på 80kW under en timme och två timmars laddningscykel på 40 kW, för hantering av urladdningsdjupet (DoD) av batteriet enligt Figur 9: Urladdningsdjup..



Figur 9: Urladdningsdjup.

Det bör påpekas att urladdningsdjupet kommer att öka när batteriers kapacitet minskar på grund av åldring. Detta är en automatisk process och det kräver inte några åtgärder i styrsystemet.

2.4.7 Batteriövervakningssystemet (Battery Management System, BMS)

BMS utför mätningar som krävs för att hantera batterierna (spänning, temperatur, ström) och för att förlänga batteriets livslängd och öka säkerheten hos systemet. Alla data som samlas in av BMS skickas till PQFI-omriktaren via CAN-bussen (se avsnitt 2.5 "Styrsystem").

Det bör påpekas att det i batterisystemet för ESM finns tre olika typer av BMS.

- 1) **Huvud BMS (Master BMS, MBMS):** reglerar främst kommunikationen med omriktaren och batterirack-BMS (RBMS). De viktigaste funktionerna hos MBMS är följande;



- Genomföra datakommunikation med omriktaren
- Övervaka status för det totala batterisystemet

MBMS indikerar status på system som: funktionellt fel, varning, systemet färdigt, systemet Initierar, fläktkontrollstatus, och spänningsbalansering mellan batterirack. Dessutom slår MBMS på och kontrollerar alla förladdningsreläer och huvudkontakter i racken

MBMS mäter laddnings-/urladdningsströmvärde på batterisystemet och reglerar laddning/urladdning mot gränsvärden för batterisystemet.

MBMS upptäcker alla typer av funktionsstörningar; överström, över-/underspänning, över-/under temperatur, över-/under SOC, för hög laddning-/urladdningseffekt, förlust av kommunikation med RBMS enheterna.

MBMS mäter min/max, genomsnittliga och avvikelsevärden (mellan rack) för rack spänning och ström liksom det fysiska antalet motsvarande moduler och rack.

2) **Rack BMS (RBMS):** varje rack har en rack BMS som samlar in alla data från enheternas BMS och rapporterar till MBMS.

3) **Enhets BMS (UBMS):** vardera 14 moduler i varje rack har en enhets-BMS som mäter temperaturen och spänningen i varje cell och rapporterar det till RBMS.

2.4.8 Styrning på elkvalité, PQC

För att kunna styra energilagret kopplat till olika händelser i nätet har en PQC(Power Quality Control) anslutits. Ett PQ140-instrument från Metrum som installerats lokalt vid energilagret, [Ref 5]. Instrumentet konfigureras med en algoritm som mäter och lagrar t.ex. frekvensvärden med 1 sekunds lagringsintervall. Utöver detta konfigureras mätinstrumentet med möjliga trigg-villkor och tröskelvärden för min respektive max av t.ex. frekvens eller uttagen effekt. Vid överskridna tröskelvärden så aktiveras/de-aktiveras mätinstrumentet 2 digitala utgångar för styrning av energilagret via PLC.

Händelserna lagras kontinuerligt via Metrums mätinstrument, som t.ex. frekvensvärden och andra valda parametrar (spänning, effekt mm) med tidsstämplade värden. Mätinstrumentet lagrar mätvärden i internt flash-minne som cirkulärt kan spara mätdata upp till en given datamängd.

Metrums klientprogramvara "Metrum PQ Controller" kan användas för att konfigurera mätinstrumentet med valbara trigg-nivåer före start av respektive händelse. För att följa händelseförloppet så kan användaren koppla upp sig från Metrums klientprogram via FEABs Metrum server och sig ansluta till mätinstrumentet via fast tilldelad IP-adress. I detta läge kan klientprogrammet visa realtidsdata med 1 sekunds uppdaterade mätvärden. Vid avslutad testperiod kan användaren använda klientprogrammet för att ladda hem lagrad mätdata till den centrala servern. Det rekommenderas att det sker manuellt efter respektive testperiod och att respektive mätning då dokumenteras i en mätfil som sparas i en katalog på servern. Denna mätfil kan vid behov senare laddas ner i den centrala databasen (METDAB) men det är inte nödvändigt för utvärdering och dokumentation i projektet. Mätfilerna kan öppnas för analys via Metrum PQ Viewer programvara som finns installerat på FEABs Metrum server.

För dokumentation av respektive test så kan Metrums klientprogram även användas för att exportera mätfiler till MS Excel-format. I detta kommer respektive mätvärde att visas (t.ex. frekvensvärden per sekund) men tids-stämplad data. Detta gör det enkelt att addera kolumner med information om när tröskelvärden har passerat och vilket resultat det har givit.

Utifrån genomförda mätningar kommer det t.ex. gå att sammanställa en rapport som visar att t.ex. en frekvensavvikelse resulterar i att det aktiva effektförflödet i energilagret förändras.

2.4.9 Hölje

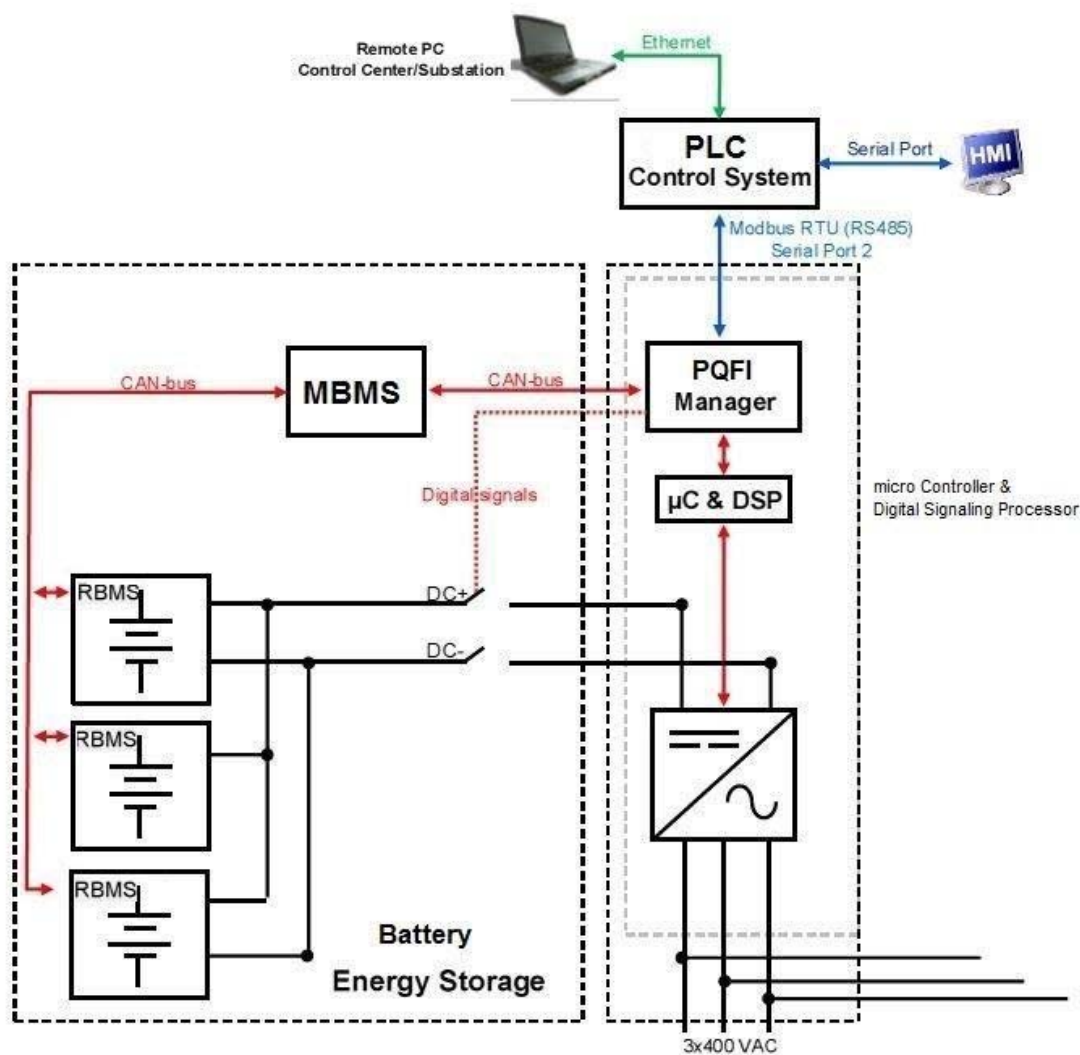
En "walk-in" typ utomhus kapsling(container) används för ESM-systemet. Skåpet har värmeisolerade väggar, tillverkade av stålplåt, samt ett luftkonditioneringsystem för klimatkontroll inne i stationen (HVAC). ESM-stationen har en betongplatta som fundament med öppningar för inkommande/utgående effekt- och kommunikationskablar. Måtten för ESM höljet är (längd x bredd x höjd) 5660 x 2060 x 2689 mm.

2.5 Styrsystemet

Det lokala styrsystem(PLC) för ESM har följande funktioner:

- 1) Laddnings-/urladdningsdriften i enlighet med styralgoritmen programmerad i PLC;
- 2) Acceptera den lokala manuella kontrollen och ändring av driftsparametrarna för ESM styralgoritmen med hjälp av manöverpanelen;
- 3) Registrera fördefinierade händelser på regulatorns ingångar och utföra fördefinierade åtgärder via regulatorns utgångar;
- 4) Dataregistrering;
- 5) Ge alla tillgängliga data som beskriver resultatet av de viktigaste komponenterna i ESM (batterisystem, PQFI omriktare och status för ESM stationen lokala I/O) till kundens kontroll- och övervakningscentrum via Ethernet TCP/IP-protokollet.

Arkitekturen för ESM-systemets styrsystem visas Figur 10: Styrsystem.. En enkel driftalgoritm, baserad på tidpunkten för dagen, är inlagd i PLC. All kommunikation mellan omriktaren (PQFI) och MBMS och mellan RBMS och MBMS sker med hjälp av CAN-bussen. Kommunikationen mellan PQFI omriktaren och PLC sker med hjälp av Modbus. I manuellt läge kan PLC styras externt från EQM via digitala signaler.



Figur 10: Styrsystem.



2.5.1 PLC larmmatris digitala ingångar

Tabell 2 visar den larmmatris som beskriver digitala ingångarnas(DI) funktionalitet och de åtgärder som kommer i fråga vid de olika händelserna som kan inträffa under drift av ESM. Larmmatrisen visar hur PLC agerar, till följd av de händelser som upptäckts av de digitala ingångarna.

Det är möjligt att hitta alla registrerade händelser(max. de senaste 50 händelserna) som registrerats av PLC under dess drift. Listan över de parametrar som PLC lagrar består av:

- händelser som upptäckts av DI -s (beskrivs nedan)
- felmeddelanden från PQFI-omriktare och BMS
- börvärdesinställningar för aktiv effekt skickade till PQFI-omriktaren från PLC

Felmeddelandena från PQFI och de lästa från BMS av PQFI kan särskiljas från felen i PLC. De variabler som PLC-systemet handhar visas i [Ref 2] (ESM_OPC_variables.pdf).

Observera att PQFI är den som skickar all information om MBMS till PLC.

Trots att PQFI-omriktaren själv loggar alla sina interna fel och de övergripande felen i ESM, indikeras i ESMs manöverpanel endast de inre fel som uppstått i PQFI.

PLC visar inte exakt vilket PQFI fel som är orsaken.

Serviceteknikern kan, med hjälp av manöverpanelen, hitta listan över alla 50 händelser som registrerats av PLC under driften i kronologisk ordning. PLC raderar sekventiellt de tidigare händelserna, om de inspelade 50 händelsen överskrids.

Nr.	Event	Event logging	Sending information to external server	Battery standby mode	Forced battery standby mode
1	PLC UPS discharge	X	X		
2	DC circuit common fault	X	X		
3	Air-conditioning system internal fault alarm	X	X		
4	Fire detection/suppression system's internal fault	X	X		
5	Fire alarm inside the ESM Station	X	X	X	
6	Automatic/manual control switch position change	X	X		
7	AC auxiliary power circuit common fault	X	X		
8	Emergency stop button (-s) trip	X	X		
9	Door 1 limit switch trip	X	X		
10	Door 2 or 3 limit switch trip	X	X		X
11	AC main power circuit breaker position indication – breaker is opened	X	X		
12	AC main power circuit breaker position indication – breaker is closed	X	X		
13	DC main power circuit breaker position indication - breaker is opened	X	X		
14	DC main power circuit breaker position indication - breaker is closed	X	X		
15	Loss the main ESM power circuit's supply voltage	X	X		
16	Reserve				
...	Reserve				
30	Reserve				

Tabell 2 ESM-styrsystemets larmmatris



Händelserregistrering(event logging) - genom att känna av händelsen lagrar PLC information om en händelse med tidsstämpel i det interna minnet. Listan över de 50 senaste händelserna går att hitta på HMI skärmen.

Skicka information till extern server - genom att känna av händelsen skickar PLC information om det med tidsstämpel till en extern server.

Batteri standby-läge - under batteri standby-läge ska PLC stänga av batterietsströmkrets genom att skicka börvärdet för den aktiva effekten $_set_P = 0$ till PQFI-omriktaren.

Påtvingat batteri standby-läge - vid påtvingat batteri standby-läge ska PLC stänga av batteriströmkretsen genom att skicka den aktiva effektens börvärde $_set_P = 0$ till PQFI-omriktaren. Till skillnad mot Batteri standby-läge kan påtvingat batteri standby-läge avslutas via en manuell återställning på manöverpanelen.

2.5.2 Specifikation av PLC funktioner orsakade av DI-signaler

1. Den lilla interna avbrottsfria kraftkällan (UPS) (-U5 i [Ref 3]) är installerad i PLC för att ge nödvändig kraft under eventuella strömavbrott. UPS-enheten har interna larmkontakter som genererar signaler vid olika händelser relaterade till UPS.

Om UPS-batteriet börjar ladda ur löser NO larmkontakten ut. I händelse av detta utför PLC:

- a) registreringen av händelsen med tidsstämpel.
- b) skickar information om förändrad status för motsvarande ingång till kundens driftcentral (plats dit de huvudsakliga ESM-komponenternas momentana prestandadata, skickade av PLC, lagras).

2. Vid fel på UPS-batteriet (-U5 i [Ref 3]) eller om DC-brytarnas skyddskrets löser ut (-F21,-F22,-F23,-F24,-F25 i [Ref 3]) genereras signalen på den tillhörande digitala ingången. I händelse av detta utför PLC:

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel.
- b) skickar information om ändrad status för motsvarande ingång till extern kontrollcentral.

3. I händelse av fel på klimatanläggningen HVAC (-EC1 i [Ref 3]), sluts NO larmkontakt och signalen skickas till den tillhörande digitala ingången.

I händelse av detta utför PLC:

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel.
- b) skickar information om ändrad status på den tillhörande digitala ingången till extern kontrollcentral.

4. I händelse av fel på brandvarnare och släcksystem (-RS1 i [Ref 3]), löser NC-larmkontakten ut och signalen försvinner från den tillhörande digitala ingången.

I händelse av detta utför PLC:

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel.
- b) skickar information om ändrad status på den tillhörande digitala ingången till extern kontrollcentral.

5. I händelse av brand inne i ESM-stationen, kommer branddetektering / släcksystem (-RS1 i [Ref 3]) att aktivera sina olika larmkontakter. PLC kommer att informeras om brandförloppet genom att känna av signalen på dess digitala ingångar. Som ett resultat av händelsen utför ESM-styrsystemet:

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel.
- b) skickar information om ändrad status på den tillhörande digitala ingången till extern kontrollcentral.
- c) initierar systemet att koppla bort ESM från nätet.

Dessutom, i händelse av brand, aktiveras larmkontakter för branddetektering- / skyddssystemets styrkort med följande funktioner:

- d) direkt avstängning av AC-huvudbrytaren (-Q1 i [Ref 3]), genom att ge spänning till brytarens utlösningsspole.
- e) direkt avstängning av DC-huvudbrytaren (-Q2 i [Ref 3]), genom att ge spänning till brytarens utlösningsspole.
- f) avstängning av luftkonditioneringen (koppla ur (-K5 i [Ref 3]) kontaktor).

6. **Omkopplaren för** automatisk/manuell drift (-S4 i [Ref 3]) som är installerad på (-WC1 i [Ref 3]) PLCs dörr används för att inleda automatisk eller manuell drift. Vid inställning i automatiskt läge genererar ESM den aktiva effekten enligt schemat inprogrammerat in PLC. Vid inställning i manuellt läge, styrs den aktiva effekten manuellt via START & STOP-knapparna på manöverpanelen på PLC.

När signal tas emot på den digitala ingången innebär det uppstart av manuellt läge. Frånvaron av signal innebär automatiskt initieringsläge.

I händelse av detta utför PLC



- a) registrering av händelsen för omkopplarens (-S4 i [Ref 3]) ändring med tidsstämpel.
- b) skickar information om förändrat status för tillhörande DI till extern kontrollcentral.
- c) inleder lämplig driftsform (automatiskt eller manuellt).

7. Statusen på (- WC1 i [3]) AC hjälpkraftförsörjningen övervakas av denna digitala ingång.

Listan över hjälpkretsarna för vilkas status (inställning av skydds brytare) övervakning sker , består av :

- hjälpkontakt på luftkonditioneringssystemets skydds brytare (- F5 i [3]) ;
- hjälpkontakt av ESM-styrsystem brytare för skyddsströmförsörjning (- F9 i [3]) ;
- hjälpkontakt för branddetektering./släcksystemets skydds brytare (- F10 i [3]) ;

Även tre - fas övervakningsreläet (- K1 i [3]) kommer att övervaka förekomsten av spänning i (- WC1 i [3]) manöverpanelens hjälpströmkrets. Reläet kommer att generera en signal på denna digitala ingång vid spänningsfel på motsvarande fas (L1 , L2 och L3) .

I det fall signal genereras på denna digitala ingång utför PLC:

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel;
- b) skickar information om ändrat status för den tillhörande digitala ingången till extern kontrollcentral.

8. Nödstoppet har tryckknappar (-S5,-S6,-S7 i [Ref 3]) installerade inuti ESM-stationen för att ge möjlighet att snabbt avbryta en farliga händelse. Om någon av knapparna för nödstopp aktiveras, triggas tillhörande digital ingång, utlösningsspolen för AC (växelström) huvudbrytare och utlösningsspolen för DC-brytaren.

I händelse av detta utför PLC

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel.
- b) skickar information om förändrat status för tillhörande digital ingång till extern kontrollcentral.
- c) initierar batteriet för standby-läge.

9. Dörr 1 (se Figur 3: System layout) är kontrollrummets dörr. Om dörren öppnas reagerar gränslägesbrytaren (-S1 i [Ref 3]) med NC (normalt sluten) kontakt och öppnar då sin kontakt och signalen försvinner i PLC på den digital ingången.

I händelse av detta utför PLC

- a) registreringen av händelsen med tidsstämpel;
- b) skickar information om ändrat status på den tillhörande digitala ingången till extern kontrollcentral.

10. Dörr 2 och -3 (se Figur 3: System layout) är batterirummets dörrar. Om endera av dörrarna öppnas utlöses gränslägesbrytare (- S2 och/eller - S3 i [Ref 3]) som öppnar sin (sina) NC-kontakt (- er) och signalen försvinner i PLC på den digital ingången. Enligt de normala serviceinstruktionerna, får serviceingenjörer gå in i batterirummet först efter det att ESM-systemet är i manuell drift. Manuell drift initieras med inställning av den speciella omkopplaren (- S4 i [Ref 3]) i Manuellt läge. Omkopplaren finns på dörren till PLC (- WC1 i [Ref 3]).

Om någon av dörrarna 2 eller -3 skulle öppnas utan initiering av manuell drift inleder PLC

" Forcerad batteri standby läge". För att avsluta Forcerad batteri

standby läge behöver användaren göra en manuell återställning på manöverpanelen.

I händelse av detta skall PLC:

- a) registrering av händelsen med tidsstämpel.
- b) skicka information om förändrade status tillhörande digital ingång till extern kontrollcentral.
- c) inleda Forcerad batteri standby läge om Manuell drift inte har påbörjats tidigare.

11 - 12. Huvudskydds brytare för inkommande AC (-Q1 i [Ref 3]) har extra kontakter som ger signal för den aktuella positionen på brytaren. Med brytaren i stängt läge ger digital ingång 11 signal och digital ingång 12 ingen signal – och vise versa med brytaren i öppet läge.

Vid statusändring av digitala ingångar 11 och -12, utför PLC

- a) registrerar händelsen med tidsstämpel;
- b) skickar information om ändrat status för motsvarande digital ingång till extern kontrollcentral.

13 - 14. Huvudskydds brytare för DC (-Q2 i [Ref 3]) har en extra växlande kontakt som signalerar den aktuella positionen för brytaren. I brytarens stängda läge ger digital ingång 13 signal men inte digital ingång 14 – och vise versa med brytaren i öppet läge.

Vid statusändring av digitala ingångarna 13 och -14, utför PLC



- a) registrering av händelsen med tidsstämpel;
- b) skickar information om ändrat status för motsvarande digitala ingång till extern kontrollcentral.

15. I händelse av ett strömavbrott och spänningen försvinner från de lågspända samlingsskenorna på sekundärsidan på transformatorstationen (till vilka ESM-huvudströmterminalerna är anslutna) slås huvudbrytare för inkommande AC (-Q1 i [Ref 3]) i ESM (som ligger i (-WC1 i [Ref 3]) brytare) ifrån. AC-brytaren (-Q1 i [Ref 3]) triggsignal löser ut då PQFI-omriktarens interna larmkontakt. PQFI-omriktaren är programmerad att slå ifrån vid en ådan händelse. Denna funktion garanterar att anti-ö-driftskraven uppfylls.

I händelse av detta skall PLC:

- a) registrera händelsen med tidsstämpel (att ett fel har skett i PQFI-omriktaren) i enligt med det felmeddelande som tas emot från PQFI-omriktaren via Modbus RTU dataprotokollet till PLC.

2.5.3 Automatisk reglering

Systemets handhavande beskrivs utförligt i [Ref 9] FEAB ESM Operators Manual, 1VPD110001A0085 pdf och [Ref 7] DESS Operator's panel manual, DESS_User_Manual_ver1.8.pdf.

2.5.3.1 Läge Urladdning

PLC initierar urladdningsprocessen vid förutbestämd tid på dagen om batteriernas laddtillstånd (State Of Charge, SOC) är mer än 5 %, genom att sända signalen till PQFI-omriktarens kontroll (PQF Manager) för att starta urladdning av batterierna (med den fördefinierade nivån på aktiv effekt) för den förutbestämda tidsperioden (standardinställning är att systemet ska ge ut 80 kW effekt under en timme). Listan över de fördefinierade parametrarna består av:

- Tid på dagen när urladdningen börjar.
- Nivå på aktiv effekt under urladdningsprocessen;
- Varaktighet för urladdningsprocessen.

Det finns möjlighet att välja önskat antal laddnings-/urladdningscykler per dag. Om det är programmerat för en urladdningscykel per dag och användaren försöker lägga till ytterligare en, då beräknar styrsystemet den tillgängliga kapaciteten på batteriet efter slutförandet av den första urladdningscykeln och informerar användaren om det. Det ska inte vara möjligt att lägga till en ny urladdningscykel längre tid än vad som motsvarar systemets beräknade kapacitet hos batterierna efter fullbordandet av den föregående cykeln.

Alla tidigare värden kan ställas in med hjälp av manöverpanelen.

Det är inte möjligt att ange en nivå av aktiv effekt, under urladdningsprocessen, högre än 80kW (aktiv effekt matas till nätet).

För att öka livslängden hos batterierna, är styrsystemet programmerat till att ladda ur batterisystemet ner till 15 % av dess totala SOC. Urladdningsdjupet (DoD) har programmerats till att ligga mellan 75 % SOC till 15 % SOC vid normal drift. Styrsystemet är programmerat för att begränsa maximal urladdning av batterierna till SOC 5 % för att skydda batterierna.

Under urladdning av aktiv effekt, stöttar också ESM -systemet nätet genom att reglera reaktiv effekt (upp till 60kVAr) och förbättra elkvaliteten, genom filtrering av högre övertoner av ström. Det bör påpekas att dessa funktioner tillhandahålls kontinuerligt under normala arbetsförhållanden i systemet oavsett laddningstillstånd (SOC) hos batterierna. I det här fallet fungerar ESM som ett aktivt filter för nätet. Kapaciteten hos den reaktiva effektkompenseringen och filtreringen av övertoner hos ESM beror på mängden av aktiv effekt som kan skickas från batteriet till nätet (se systemprestanda beroende på driftläge). Funktionen behöver inte några åtgärder från PLC, och kommer att genomföras automatiskt av PQFI-omriktarens interna kontrollsystem.

Efter urladdning av batterierna (denna information skickas från PQFI-kontrollen till PLC), växlar systemet till ett annat driftsläge (" Battery stand - by-läge ").

2.5.3.2 Läge Batteri stand-by

Systemet är i detta läge under dygnet mellan de planerade urladdnings- och laddningslägena och all tillgänglig kapacitet för omriktaren används för reaktiv effektkompensering (upp till 100kVAr) och filtrering av strömövertoner, som detekteras vid anslutningspunkten av ESM till nätet.

I det här läget finns det ingen verksamhet som behöver reglering från PLC kopplad till aktiv effektkompensering och det kommer således inte finnas något aktivt kraftflöde mellan batterierna och PQFI-omriktaren.



2.5.3.3 Läge Laddning

PLC kommer att inleda laddningen vid den fördefinierade tiden på dagen, om batteriernas SOC inte är mer än 95 %, genom att sända signalen till PQFI-omriktarens kontroll (PQF Manager) för att starta laddningen av batterierna (med fördefinierad nivå av en aktiv effekt) för förutbestämd tidsperiod (som standardinställning laddas batterierna med 40 kW effekt under två timmar, om batterierna tidigare laddats ur). Listan över de fördefinierade parametrarna består av:

- Tid på dagen när laddningen börjar.
- Nivå på aktiv effekt under laddningsprocessen;
- Varaktighet av laddningsprocessen.

Alla tidigare värden kan ställas in med hjälp av manöverpanelen.

Det är inte möjligt att ange en nivå av aktiv effekt, under laddningsprocessen, högre än 80kW (aktiv effekt konsumerad från nätet).

Det finns möjlighet att välja önskat antal laddningscykler per dag. Om systemet är programmerat för en laddningscykel och användaren försöker lägga till ytterligare en laddningscykel, kommer styrsystemet att estimerar den tillgängliga kapaciteten på batterierna efter slutförandet av den första laddningen och informera användaren om det. Det ska inte vara möjligt att lägga till en ny laddningscykel längre tid än vad som motsvaras av den beräknade kapaciteten hos batterierna efter fullbordan av den föregående cykeln.

Styrsystemet är programmerat för att begränsa laddningen av batterierna upp till SOC max. 95 % för att skydda batterierna.

Under laddning av aktiv effekt kommer energilagret också att stödja nätet genom reaktiv effektkompensering och genom filtrering av vissa högre övertoner. Den reaktiva effektkompenseringen – och filtreringsförmågan av övertoner hos ESM beror på mängden aktiv effekt som kan användas för batteriladdning. Det bör påpekas att dessa funktioner tillhandahålls kontinuerligt under normala arbetsförhållanden i systemet oavsett laddningstillstånd (SOC) hos batterierna. Funktionen behöver inte några åtgärder från PLC, och kommer att genomföras automatiskt av PQFI-omriktarens interna kontrollsystemet.

Efter laddningen av batterierna (denna information skickas från PQFI manager till PLC), växlar systemet till ett annat driftsläge (" Battery stand - by-läge ").

2.5.4 Parameterinställning

För att utöka funktionerna i ESM, är det möjligt att ändra följande parametrar:

- a) Antal laddnings/urladdningscykler per dag.
- b) Start/sluttid för laddnings-/urladdningsdriften för den speciella cykeln.
- c) Den aktiva effektnivån för den specifika cykeln för laddning-/urladdningsdriften.
- d) Varaktighet för den specifika laddnings-/urladdningscykeln.

De inställda värdena är möjligt att ändra med hjälp av manöverpanelen som är i det lokala styrsystemets skåp.

2.5.4.1 Grundinställning

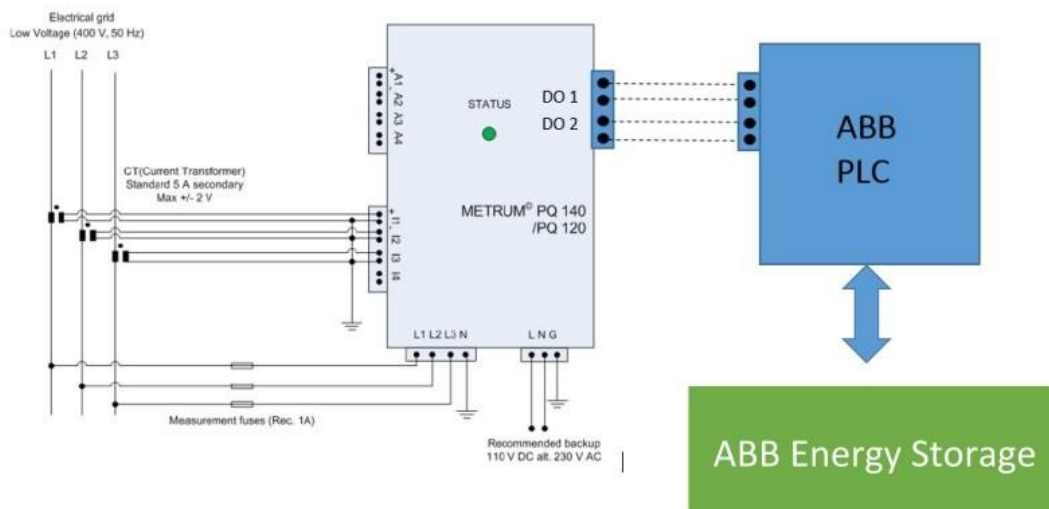
Om inget annat anges körs en laddnings- & urladdnings cykel per dygn. Laddningen är mellan 02.00 till 05.00 och urladdningen mellan 19.40 till 20.40 CET vintertid och 20.40 till 21.40 sommartid. Effektnivå och varaktighet enligt Appendix 1 och [Ref 4].

2.5.5 Manuell styrning

PLC tillåter manuell styrning av systemets laddnings-/urladdningsdrift. Den manuella/automatiska omkopplaren i manöverpanelen används för detta ändamål. Det är möjligt att stoppa den initierade processen (laddning eller urladdning) och starta den igen senare med hjälp av START/STOPP-knappar i manöverpanelen.

2.5.6 Extern styrning

I det manuella läget kan PLC sättas i extern mode. I detta läge kan PLC opereras för start och stopp via digitala insignaler. PQC är kopplad till PLC för styrning av energilagret baserat på händelser i nätet.



Figur 11: PQC.

2.5.7 Dataloggning

PQFI-omriktarens kontroll (PQF Manager) skall registrera alla extrema värden som påverkar dess normala arbete (se "The PQF-Manager user interface" kapitel i [Ref 1] för den utpekade PQFI-omriktartypen).

Energilagrets styrsystem kan tillhandahålla alla nödvändiga uppgifter (prestandadata, driftdata etc.) externt med hjälp av Ethernet eller via något av de seriella gränssnitten.

2.6 Miljökrav

Batterisystemet är installerat inuti en speciell container där lämpliga klimatförhållanden är möjliga att upprätthålla. Hög IP klass på utomhuskapslingen ger damm och immissionsfri miljö.

Installations höjden måste vara under 1000 meter över havet.

Batterileverantören (LG Chem) rekommenderar en drifttemperatur för batterierna mellan 18 ° C och 28 ° C.

2.7 Brandskydd

På grund av typen av de Li-Ion batterier som används har det ansetts föreligga en viss brandrisk under drift av systemet.

För att eliminera den mycket osannolik risken för brand har ett ordentlig CO₂ baserat branddetekterings- och släckningssystem installerats inne i ESM-containern. Se Figur 3: System layout.

För att släcka batterisystemet i det fall eld utbryter, kommer den totala volymen av hela utrymmet att fyllas med släckgas för att eliminera allt tillgängligt syre inne i containern.



Versionshistorik

Version	Utfärdare	Datum	Beskrivning
1.0	Jan Warg	2014-06-18	Energilager för Steg 1
1.1	Jan Warg	2014-06-19	Steg 2 med förändrat Metrum system
1.2	Jan Warg	2014-06-19	Layout ändringar
1.3	Jan Warg	2014-06-25	Steg 1 uppdateringar och referenser

Förkortningar

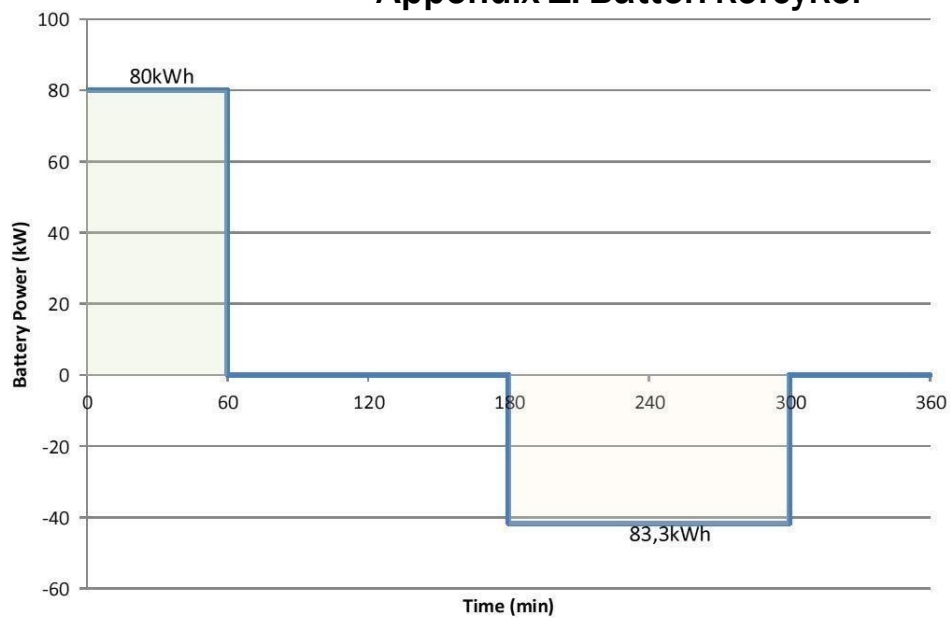
BMS	Battery Management System
BESS	Battery Energy Storage System
BU	Battery Unit
CSS	Compact Secondary Substation
CT	Current Transformer
DI	Digital Input
DOD	Depth Of Discharge
DSP	Digital Signalling Processor
ESM	Energy Storage Module,
EQM	Electricity Quality Measurement, Elkvalitétmätning
FEAB	Falbygdens Energi AB
HMI	Human Machine Interface
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning
LFP	Lithium Iron Phosphate (LiFePO ₄)
Li-Ion	Lithium Ion
PLC	Programmable Logic Control
PQC	Power Quality Control
PQFI	Power Quality Filter Inverter by ABB (bi-directional power converter type), omriktare
SOC	State Of Charge
µC	micro Controller

Referenser

[Ref 1]	PQFI Installation, Operation & Maintenance Manual, 2GCS211014A0070.pdf
[Ref 2]	ESM_OPC_variables.pdf
[Ref 3]	Hårdvaruinstallation uppsättning 2, LC11SES0355 rev8.pdf
[Ref 4]	Standard charging cycle.xls
[Ref 5]	Metrum_PQ_Controller_DB_Mätsystem_8page_SVE_R23.docx
[Ref 6]	FEAB Energy Storage Module Data Sheet, FEAB ESM Datasheet.pdf
[Ref 7]	DESS Operator's panel manual, DESS_User_Manual_ver1.8.pdf
[Ref 8]	Battery Rack Installation and Inspection Manual. LG Chem
[Ref 9]	FEAB ESM Operators Manual, 1VPD110001A0085 pdf



Appendix 1. Batteri körcykel



Figur 12: Batteri Körcykel



FALBYGDENS ENERGI

Upprättad av (namn/enhet)

Jan Warg/FEAB

BESKRIVNING

Projekt

ESM Testmiljö Steg 1

Uppdragsgivare (namn/enhet)

Pia Borg/FEAB

1 (10)

Utgåva nr

0.7

Datum

2014-08-27

ESM Testmiljö Steg 1



1.	Introduktion/Formalia	3
1.1	Versionshistorik	3
1.2	Syfte och avgränsning.....	3
1.3	Referenser	3
1.4	Förkortningar.....	3
2.	Testmiljö.....	4
2.1	Översikt	4
2.2	Testobjekt	5
2.3	Hårdvara	7
2.4	Systeminställningar, parametersättningar, testdata	7
2.5	Testprogramvara.....	7
3.	Testutrustning.....	7
3.1	Hårdvara	7
3.2	Testprogramvara.....	8
3.3	Systeminställningar, parametersättningar, testdata	9
4.	Förutsättningar uppstart.....	9
5.	Omstarts kriterier.....	9
6.	Acceptanskriterier	10



1. Introduktion/Formalia

1.1 Versionshistorik

Version	Utfärdare	Datum	Beskrivning
0.1	Jan Warg	2014-05-06	Första version, utkast.
0.2	Jan Warg	2014-05-20	Solenergi ej kopplat till Metrum
0.3	Jan Warg	2014-06-10	3 versioner av set-up
0.4	Jan Warg	2014-06-11	Omstartskriterier
0.5	Jan Warg	2014-06-12	Metrum delar uppdaterade
0.6	Jan Warg	2014-06-13	HOBO temp och nya referenser
0.7	Jan Warg	2014-06-25	Fig 1 rättad. PEC ersatt med PQFI

1.2 Syfte och avgränsning

Denna testmiljöbeskrivning sammanfattar på en övergripande nivå alla ingående delar i och kring testobjektet, Energilagringensmodulen (ESM) 1VPD110001A0084.

1.3 Referenser

Specifikationen är baserad på följande material:

- [Ref 1] ESM Systembeskrivning Steg 1.docx
- [Ref 2] Standard charging cycle.xls
- [Ref 3] Metrum CS sve.pdf
- [Ref 4] MetrumSC_Measurement_Parameters_R1.xls
- [Ref 5] Metrum_PQ_Controller_DB_Mätsystem_8page_SVE_R23.docx
- [Ref 6] Metrum installation och handledning hos FEAB
- [Ref 7] FEAB Energy Storage Module Data Sheet, FEAB ESM Datasheet.pdf
- [Ref 8] DESS Operators's panel manual, DESS_User_Manual_ver1.8.pdf
- [Ref 9] Battery Rack Installation and Inspection Manual. LG Chem
- [Ref 10] FEAB ESM Operators Manual, 1VPD110001A0085 pdf
- [Ref 11] PQFI Installation, Operation & Maintenance Manual, 2GCS211014A0070.pdf
- [Ref 12] PQF-Link Installation and user's guide
- [Ref 13] Temperature Measuring with data loggers.docx
- [Ref 14] HOBO U12-4 Ext. Ch. temp/RH Datalogger, U12006-manual.pdf
- [Ref 15] HOBO U12 temp/RH Datalogger, U12011-manual.pdf
- [Ref 16] HOBOWare-User-Guide.pdf
- [Ref 17] ESM_OPC_variables.pdf
- [Ref 18] Hårdvaruinstallation uppsättning 1, LC11SES0355 rev7.pdf
- [Ref 19] Hårdvaruinstallation uppsättning 2, LC11SES0355 rev8.pdf
- [Ref 20] Nordic Solar.pdf

1.4 Förkortningar

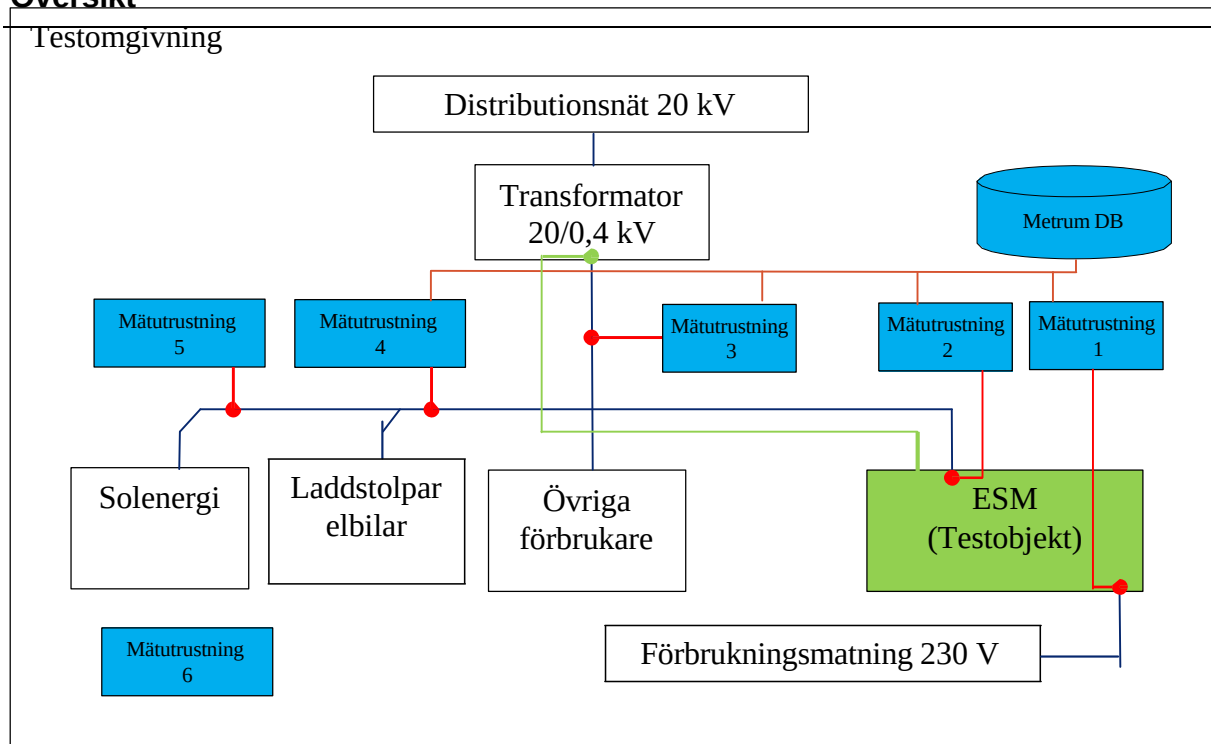
BMS	Battery Management System, Batterikontrollsystem
BESS	Battery Energy Storage System, Energilager med batterisystem
BU	Battery Unit, batterienhet
CSS	Compact Secondary Substation, nätstation
CT	Current Transformer, strömtransformator
DI	Digital Input, ingång digital
DOD	Depth Of Discharge, djup på gjord urladdning
DSP	Digital Signalling Processor

ESM	Energy Storage Module, energilager modul
FEAB	Falbygdens Energi AB
HMI	Human Machine Interface, man-maskin gränssnitt
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning, värme, ventilation & kyla
IB	International Batteries, batterileverantör
LG	LG Chem, batterileverantör
PLC	Programmable Logic Control, programmerbart styrsystem
PQFI	Power Quality Filter Inverter by ABB (bi-directional power converter type), omriktare
SOC	State Of Charge, nivå på laddning
µC	micro Controller

2. Testmiljö

2.1

Översikt



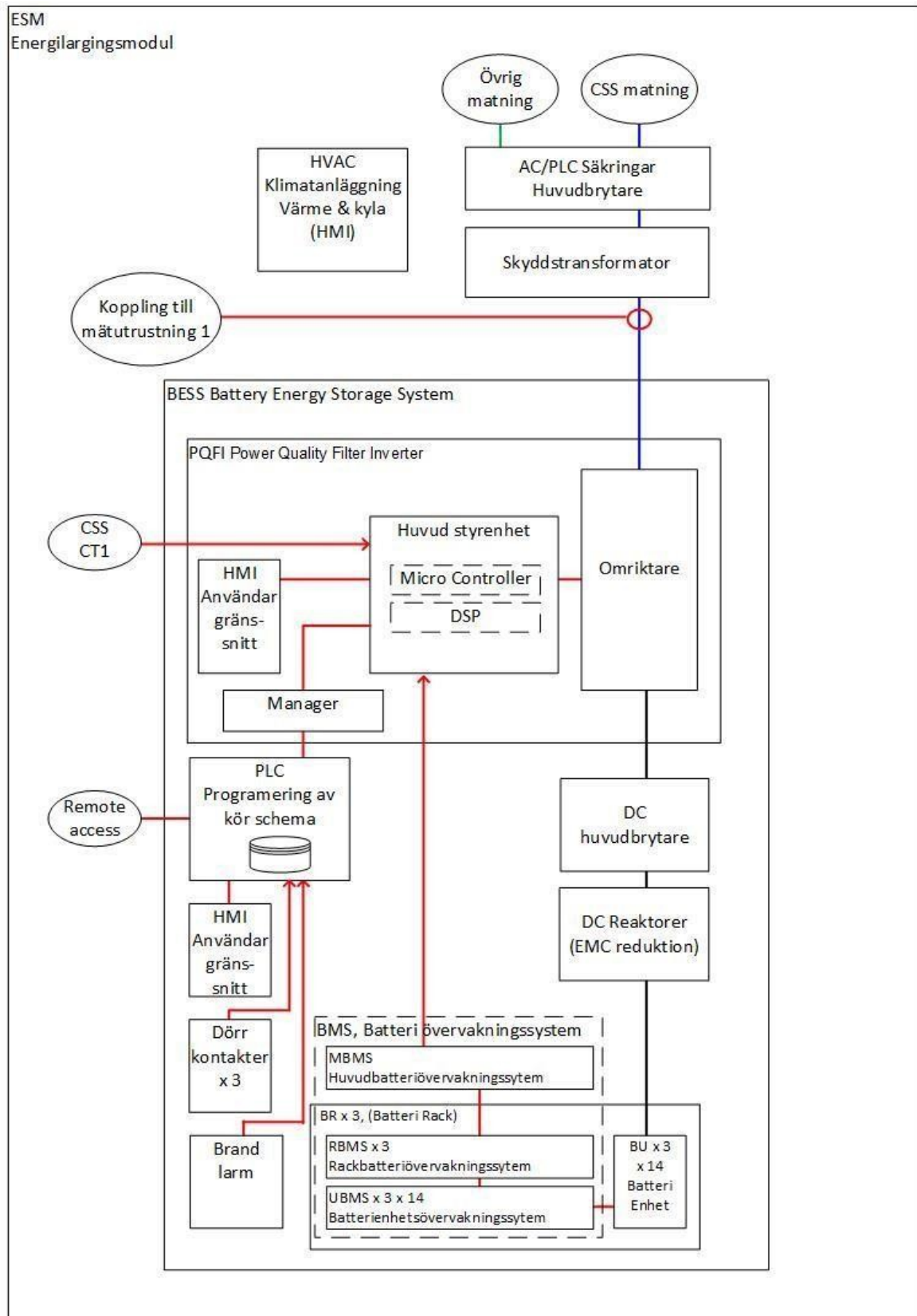
Mätutrustning 1, 2, 3 och 4 är elkvalitémätare från Metrum.

Mätutrustning 5 är en energimätare som är integrerad i solenergisystemet.

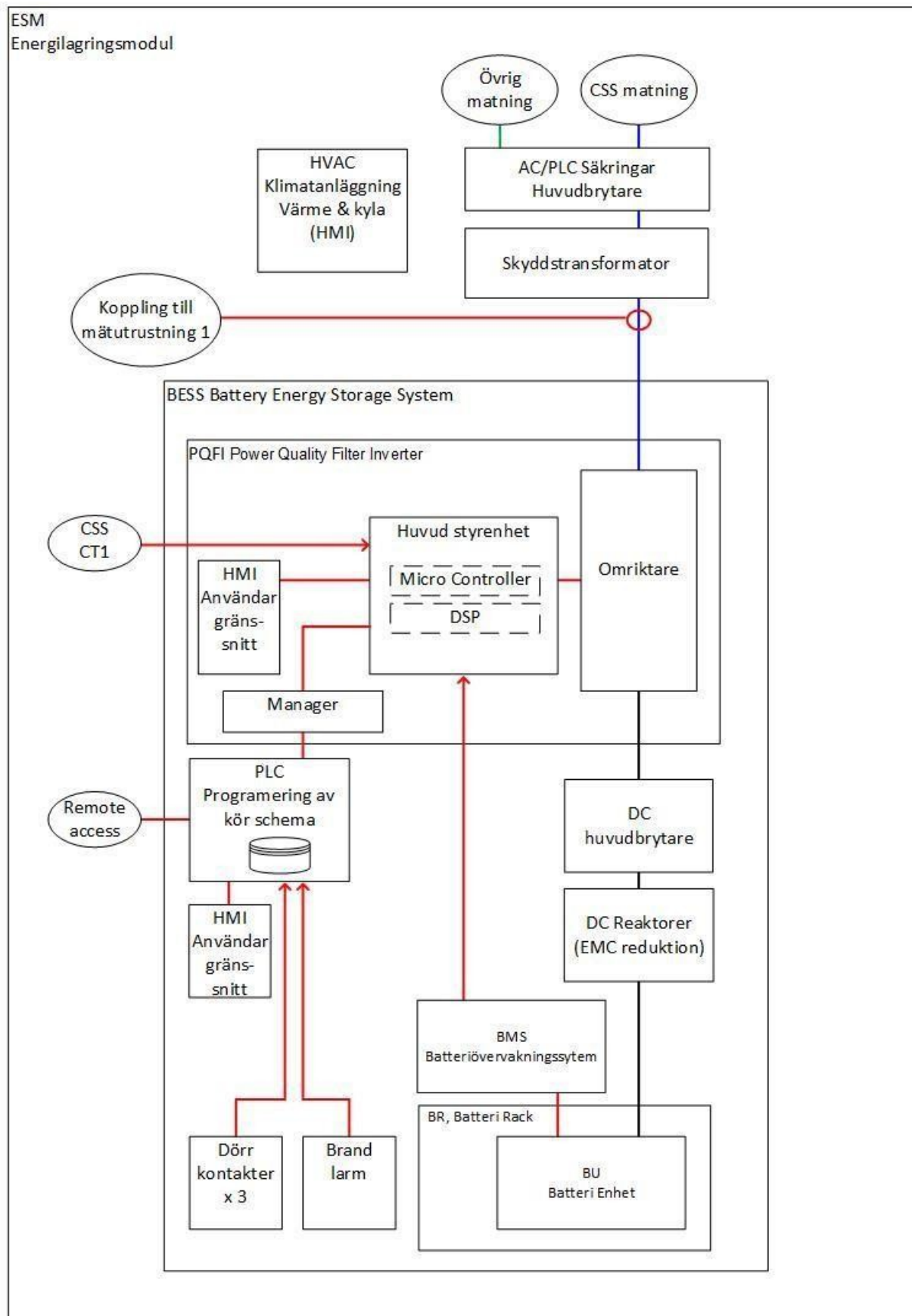
Mätutrustning 6 för temperatur registrering ett instrument (HOBO) inbyggd i ESM.

2.2 Testobjekt

2.2.1 Testobjekt med LG batterier



2.2.2 Testobjekt med IB batteri

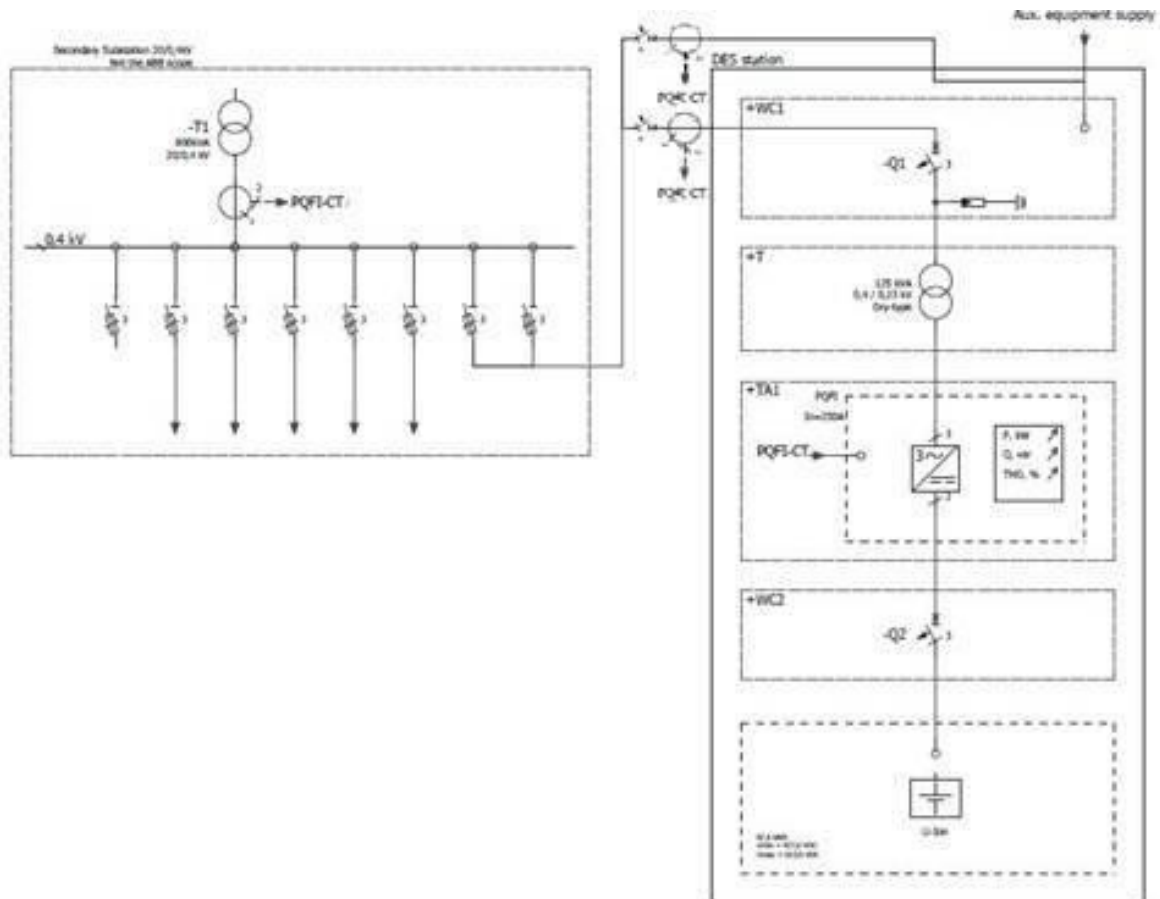


2.3 Hårdvara

2.3.1 Installation med IB batterier

Se [Ref 18] Hårdvaruinstallation uppsättning 1, LC11SES0355 rev7.pdf

2.3.2 Installation med LG batterier



Se [Ref 19] Hårdvaruinstallation uppsättning 2, LC11SES0355 rev8.pdf

2.4 Systeminställningar, parametersättningar, testdata

Se systemets beskrivning och grundinställning i [Ref 1]. Standard laddning och urladdningscykel se [Ref 2]. PLC digitala ingångar för alarm och event är uppsatt enligt [Ref 17]

2.5 Testprogramvara

Finns ej i systemet.

3. Testutrustning

Generell eller grund uppsättning listas här. Använd hänvisningar så mycket som möjligt men en kort beskrivning av Metrums utr.

3.1 Hårdvara

Lista kort och hänvisa till Metrums uppsättning där antal och typ framgår



3.1.1 Metrum mätning av elkvalité

Mätutrusning 1: Metrum SC, se [Ref 3]

Mätutrusning 2: Metrum SC, se [Ref 3]

Mätutrusning 3: Metrum SC, se [Ref 3]

Mätutrusning 4: Metrum SC, se [Ref 3]

3.1.2 Energimätare solenergi

Mätutrustning5: En mätare ingår i leveransen av solcellerna. Den kan fjärravläsas via <https://enlighten.enphaseenergy.com/> logga in med henrik.kylander@goteborgenergi.se Password feabsol1. Se [Ref 20].

3.1.3 Temperatur registrering

Mätutrustning 6: HOBO U12-4, se [Ref 14]

3.2 Testprogramvara

3.2.1 Extern lagring av registrerad data från omriktaren och BMS

PC med program ABB BESS_link 4.5.21(PQF-link) installerat och som är ansluten till PQFI:s kontrollkort. Loggning av PQFI-data och SOC görs med hjälp av PQF-Link mjukvaran. Loggning av BMS-data från batteriet görs också med hjälp av PQF-Link mjukvaran. Se [Ref 12]

3.2.2 Registrering av elkvalité

Registrering av AC-effekten och hjälpkraftsdata för energilagret görs med hjälp av Metrum's utrustning.

Metrums systemlösning är av klient/server typ. Server programvaran är installerad på en av FEABs servrar och omfattas av ordinarie dygnsback-up hantering.

Systemet är helautomatiskt och sköter kommunikationen och insamlingen av data från respektive mätinstrument(klienter) via schemaläggning som sparas i den centrala databasen (METDAB) som är en SQL databas. Insamlingstjänsten som finns installerad på FEABs Metrum server kallas METDAC Multiple Port, se [Ref 5]. All kommunikation och larm mm registreras och sparas i den centrala servern för kontinuerlig uppföljning.

METDAB används för att lagra all insamlad mätdata från samtliga installerade mätinstrument. Metrums klientprogram "Metrum PQ Controller" och "Metrum DB Viewer" är installerade på samma server som har den centrala databasen och dessa program kan visa

- samtliga inrapporterade händelser (störningar)
- kurvformsanalys
- grafiska långtidsparametrar
 - spänning
 - ström
 - effekt
 - övertoner
 - mm
- Rapportgenerator för uppföljning mot aktuell svensk föreskrift för spänningsgodhet EIFS 2013:1.
- Statistikverktyg för uppföljning med avbrottstatistik och statistik av spänningsdippar mm.



Användare finns av två typer, "user" som bara kan titta och "admin" som kan konfigurera, ändra och ta bort information. En filstruktur finns där loggfilerna sparas. De sparas även som läsbar textfil som säkerhet om något fel skulle uppstå. Se [Ref 6].

3.2.3 Temperaturmätning HOBO

För registrering temperatur används ett instrument från HOBO, se [Ref 14], [Ref 15] och [Ref 16].

3.3 Systeminställningar, parametersättningar, testdata

Metrums elkvalitémätare är uppsatta enligt [Ref 3] och [Ref 4]

4. Förutsättningar uppstart

4.1.1 Startvillkor

Innan testerna startas kontrolleras följande saker:

- Systemet ska vara redo för normal drift.
- Tidssynkroniseringen ska göras mellan alla huvudkomponenter
- Verifiering av att det går att registrera alla data från de identifierade mätpunkterna.
- Verifiering av att det går att lagra mätvärden på lämpligt sätt.
- Kontroll av laddad energinivå (SOC), se [Ref 9]

Beskrivning av hur batterisystemet förbereds för normal drift finns i [Ref 10].

För att synkronisera klockorna mellan alla huvuddelar i systemet måste alla interna klockor sättas lika med en gemensam huvudtid. De systemkomponenter vars tider ska synkroniseras är följande

- PQFI BESS omriktare
- Energilagrets kontrollsystem
- Metrum's mätsystem

Beskrivning av hur klockorna ställs in (utom Metrum's mätsystem) finns i [Ref 8] och [Ref 11]. Metrums client-server program och anslutna mätare synkroniserar sin klockor mot den server de är installerade på.

För övergång mellan de olika driftlägen som finns, se [Ref 10].

5. Omstarts kriterier

Om anläggningen stoppat skall felet identifieras innan systemet åter startas.

Vid utlöst inkommande huvudbrytare, börja på punkt 1.

Vid driftstopp på PQFI, börja på punkt 3.

1. Slå ifrån inkommande huvudbrytare.
2. Slå till inkommande huvudbrytare.
3. På PQFI kvittera larm och gör omstart på PQFI.
4. Starta upp PQFI genom att välja "start"
5. Starta upp schemat i PLC genom att ställa driftlägesomkopplaren i läge "auto" och tryck "start" på PLC.



6. Acceptanskriterier

Detta är kriterier för att tester skall kunna utföras i testmiljön:

- Kontrollera att inga utestående larm finns i loggen för PQFI, se [Ref 11].
- Kontrollera att inga utestående larm finns i loggen hos BEM, se [Ref 9].
- Kontrollera att Metrums mätutrusning är aktiv, se [Ref 6]
- Kontrollera att registrering av temperatur är aktiv, se [Ref 16]
- Energimätning från solceller och egenförbrukning i containern skall vara igång.
- Planerade förändringar av miljön skall ligga utanför planerad tid för respektive test så att inte utfallet av testet äventyras.



ESM Testmiljö Steg 2

Innehåll

1.	Introduktion/Formalia.....	2
1.1	Versionshistorik.....	2
1.2	Syfte och avgränsning.....	2
1.3	Referenser.....	2
1.4	Förkortningar.....	2
2.	Testmiljö.....	3
2.1	Översikt.....	3
2.2	Testobjekt.....	3
2.3	Hårdvara.....	4
2.4	Systeminställningar, parametersättningar, testdata.....	5
2.5	Testprogramvara.....	5
3.	Testutrustning.....	5
3.1	Hårdvara.....	5
3.2	Testprogramvara.....	5
3.3	Systeminställningar, parametersättningar, testdata.....	6
4.	Förutsättningar uppstart.....	6
5.	Omstarts kriterier.....	7
6.	Acceptanskriterier.....	7



1. Introduktion/Formalia

1.1 Versionshistorik

Version	Utfärdare	Datum	Beskrivning
1.1	Jan Warg	2014-06-25	Uppdaterad från Steg 1
1.2	Pia Borg	2014-08-11	Kompletteratreferens

1.2 Syfte och avgränsning

Denna testmiljöbeskrivning sammanfattar på en övergripande nivå alla ingående delar i och kring testobjektet, Energilagringensmodulen (ESM) 1VPD110001A0084.

1.3 Referenser

Specifikationen är baserad på följande material:

- [Ref 1] ESM Systembeskrivning Steg 2.docx
- [Ref 2] Standard charging cycle.xls
- [Ref 3] Metrum CS sve.pdf
- [Ref 4] MetrumSC_Measurement_Parameters_R1.xls
- [Ref 5] Metrum_PQ_Controller_DB_Mätsystem_8page_SVE_R23.docx
- [Ref 6] Metrum installation och handledning hos FEAB.
- [Ref 7] DESS Operators's panel manual, DESS_User_Manual_ver1.8.pdf
- [Ref 8] Battery Rack Installation and Inspection Manual. LG Chem
- [Ref 9] FEAB ESM Operators Manual, 1VPD110001A0085 pdf
- [Ref 10] PQFI Installation, Operation & Maintenance Manual, 2GCS211014A0070.pdf
- [Ref 11] PQF-Link Installation and user's guide.
- [Ref 12] Temperature Measuring with data loggers.docx
- [Ref 13] HOBO U12-4 Ext. Ch. temp/RH Datalogger, U12006-manual.pdf
- [Ref 14] HOBO U12 temp/RH Datalogger, U12011-manual.pdf
- [Ref 15] HOBOWare-User-Guide.pdf
- [Ref 16] ESM_OPC_variables.pdf
- [Ref 17] Hårdvaruinstallation uppsättning 2, LC11SES0355 rev8.pdf
- [Ref 18] Nordic Solar.pdf

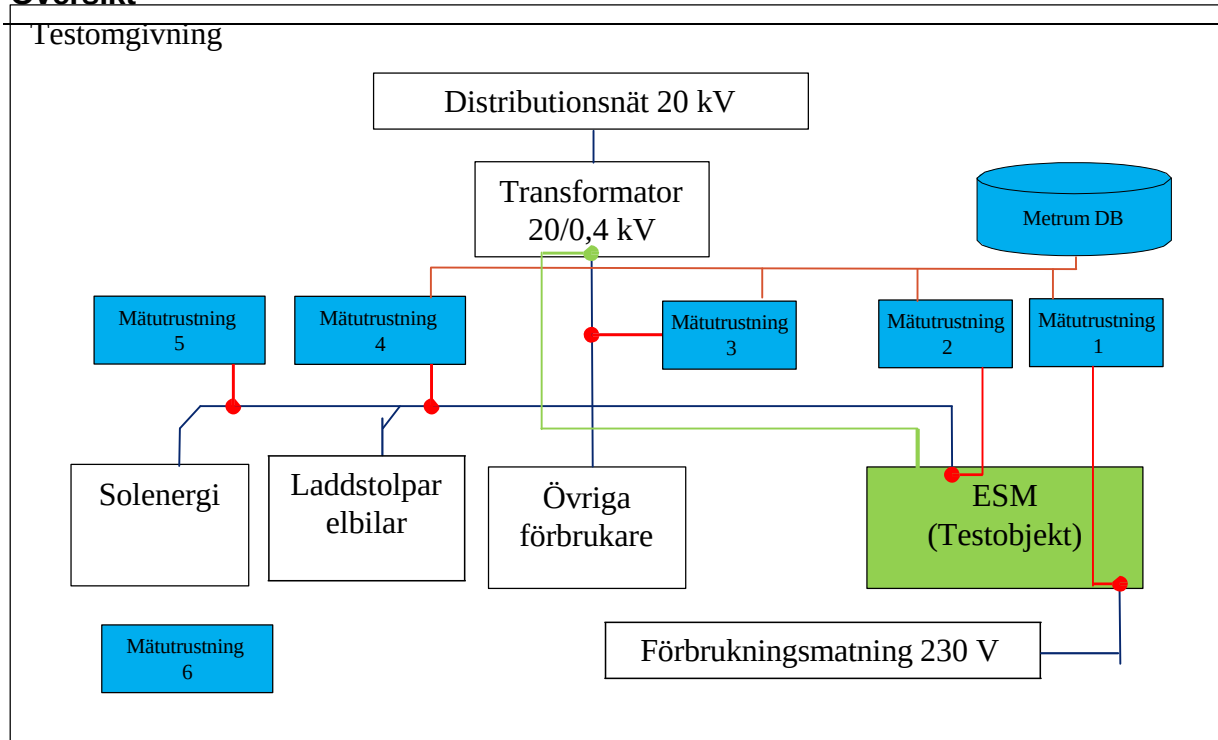
1.4 Förkortningar

BMS	Battery Management System, Batterikontrollsystem
BESS	Battery Energy Storage System, Energilager med batterisystem
BU	Battery Unit, batterienhet
CSS	Compact Secondary Substation, nätstation
CT	Current Transformer, strömtransformator
DI	Digital Input, ingång digital
DOD	Depth Of Discharge, djup på gjord urladdning
DSP	Digital Signalling Processor
ESM	Energy Storage Module, energilager modul
FEAB	Falbygden Energi AB
HMI	Human Machine Interface, man-maskin gränssnitt
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning, värme, ventilation & kyla
IB	International Batteries, batterileverantör
LG	LG Chem, batterileverantör
PLC	Programmable Logic Control, programmerbart styrsystem
PQFI	Power Quality Filter Inverter by ABB (bi-directional power converter type), omriktare

SOC State Of Charge, nivå på laddning
 µC micro Controller

2. Testmiljö

2.1 Översikt



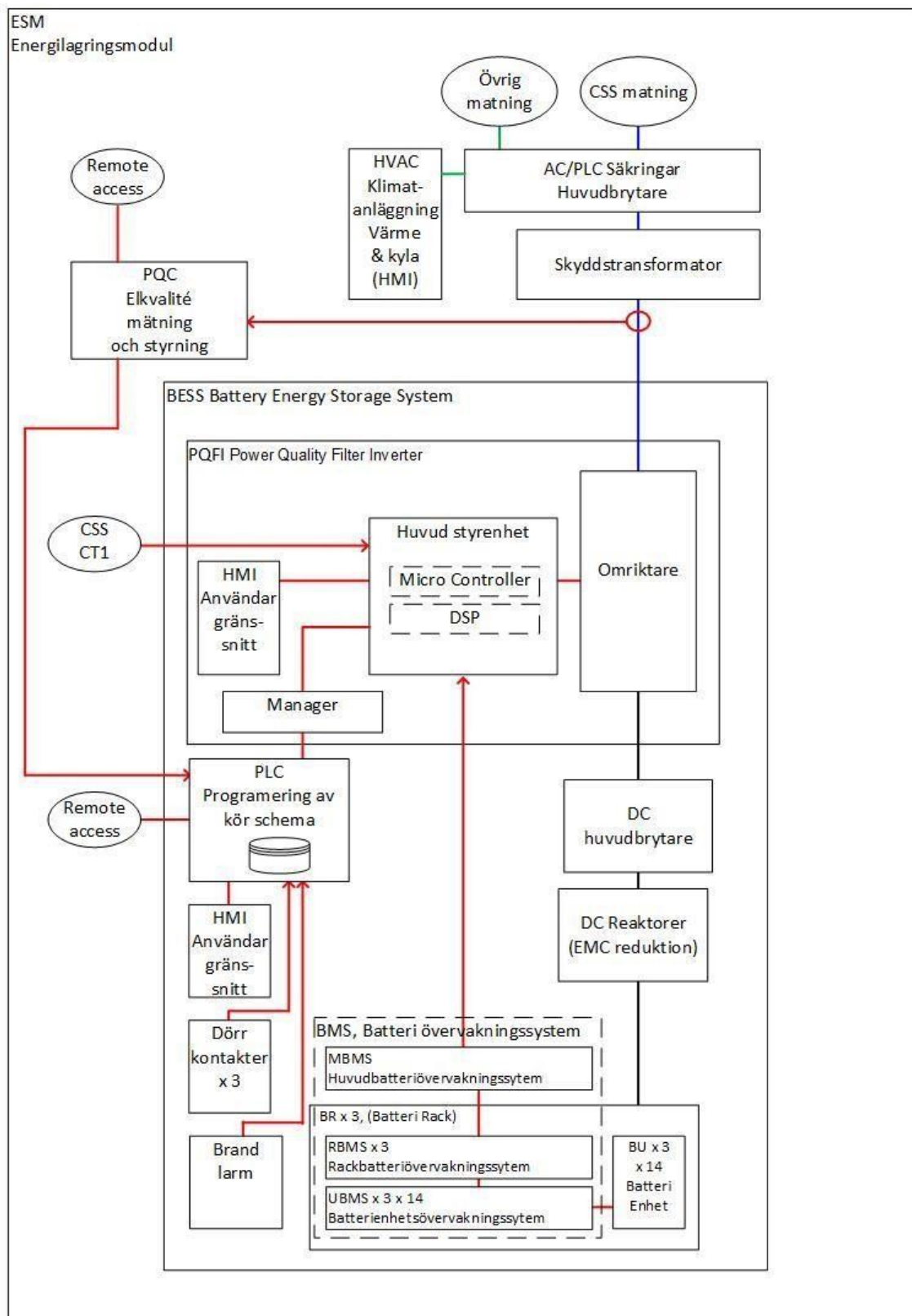
Mätutrustning 1, 2, 3 och 4 är elkvalitémätare från Metrum. OBS! Mätutrustning 4 mäter energi i båda riktningar men inte den solenergi som förbrukas av ladd-stolparna.
 Mätutrustning 5 är en energimätare som är integrerad i solenergisystemet.
 Mätutrustning 6 för temperatur registrering ett instrument (HOBO) inbyggd i ESM.

2.2 Testobjekt

2.2.1 Testobjekt med LG batterier

Se energilagrets systembeskrivning för Steg 2, [Ref 1], se även handhavande för energilagret i [Ref 7] och [Ref 9].

Nytt för Steg 2 är styrning av lagret med yttre påverkan på nätet, se PQC [Ref 5].


Figur 1

2.3 Hårdvara

Se installerad utrustning från ABB [Ref 17] Hårdvaruinstallation uppsättning 2, LC11SES0355 rev8.pdf och fjärr access beskrivs i [Ref 11]. Batteri utr. Se [Ref 8]



Se installerad utrustning från Metrum PQC i [Ref 5].

2.4 Systeminställningar, parametersättningar, testdata

Se systemets beskrivning och grundinställning i [Ref 1]. Standard laddning och urladdningscykel se [Ref 2]. PLC digitala ingångar för alarm och event är uppsatt enligt [Ref 16]

2.5 Testprogramvara

Finns ej i systemet.

3. Testutrustning

3.1 Hårdvara

3.1.1 Metrum mätning av elkvalité

Mätutrusning 1: Metrum SC, se [Ref 3] och [Ref 4].

Mätutrusning 2: Metrum SC, se [Ref 3] och [Ref 4].

Mätutrusning 3: Metrum SC, se [Ref 3] och [Ref 4].

Mätutrusning 4: Metrum SC, se [Ref 3] och [Ref 4].

3.1.2 Energimätare solenergi

Mätutrustning5: En mätare ingår i leveransen av solcellerna. Den kan fjärravläsas via <https://enlighten.enphaseenergy.com/> logga in med henrik.kylander@goteborgenergi.se Password feabsol1. Se [Ref 18].

3.1.3 Temperatur registrering

Mätutrustning 6: HOBO U12-4, se [Ref 12],[Ref 13], [Ref 14] och [Ref 15]

3.2 Testprogramvara

3.2.1 Extern lagring av registrerad data från omriktaren och BMS

PC med program ABB BESS_link 4.5.21(PQF-link) installerat och som är ansluten till PQFI:s kontrollkort. Loggning av PQFI-data och SOC görs med hjälp av PQF-Link mjukvaran. Loggning av BMS-data från batteriet görs också med hjälp av PQF-Link mjukvaran. Se [Ref 11]

3.2.2 Registrering av elkvalité

Registrering av AC-effekten och hjälpkraftsdata för energilagret görs med hjälp av Metrum's utrustning.

Metrums systemlösning är av klient/server typ. Server programvaran är installerad på en av FEABs servrar och omfattas av ordinarie dygnsback-up hantering.

Systemet är helautomatiskt och sköter kommunikationen och insamlingen av data från respektive mätinstrument(klienter) via schemaläggning som sparas i den centrala databasen (METDAB) som är en SQL databas. Insamlingstjänsten som finns installerad på FEABs Metrum server kallas METDAC Multiple Port, se [Ref 5]. All kommunikation och larm mm registreras och sparas i den centrala servern för kontinuerlig uppföljning.

METDAB används för att lagra all insamlad mätdata från samtliga installerade mätinstrument. Metrums klientprogram "Metrum PQ Controller" och "Metrum DB Viewer" är installerade på samma server som har den centrala databasen och dessa program kan visa



- samtliga inrapporterade händelser (störningar)
- kurvformsanalys
- grafiska långtidsparametrar
 - spänning
 - ström
 - effekt
 - övertoner
 - mm
- Rapportgenerator för uppföljning mot aktuell svensk föreskrift för spänningsgodhet EIFS 2013:1.
- Statistikverktyg för uppföljning med avbrottstatistik och statistik av spänningsdippar mm.

Användare finns av två typer, "user" som bara kan titta och "admin" som kan konfigurera, ändra och ta bort information. En filstruktur finns där loggfilerna sparas. De sparas även som läsbar textfil som säkerhet om något fel skulle uppstå. Se [Ref 6].

3.2.3 Temperaturmätning HOBO

För registrering temperatur används ett instrument från HOBO, se [Ref 13], [Ref 14] och [Ref 15].

3.3 Systeminställningar, parametersättningar, testdata

Metrum's elkvalitémätare är uppsatta enligt [Ref 3] och [Ref 4]

4. Förutsättningar uppstart

4.1.1 Startvillkor

Innan testerna startas kontrolleras följande saker:

- Systemet ska vara redo för normal drift.
- Tidssynkroniseringen ska göras mellan alla huvudkomponenter
- Verifiering av att det går att registrera alla data från de identifierade mätpunkterna (Mätutrustning 1 till 6).
- Verifiering av att det går att lagra mätvärden på lämpligt sätt och att de sparas säkert för senare bruk.
- Kontroll av laddad energinivå (SOC), se [Ref 8]

Beskrivning av hur batterisystemet förbereds för normal drift finns i [Ref 9].

För att synkronisera klockorna mellan alla huvuddelar i systemet måste alla interna klockor sättas lika med en gemensam huvudtid. De systemkomponenter vars tider ska synkroniseras är följande

- PQFI (BESS) omriktare
- Energilagrets kontrollsysteem
- Metrum's mätsystem

Beskrivning av hur klockorna ställs in (utom Metrum's mätsystem) finns i [Ref 7] och [Ref 10]. Metrum's client-server program och anslutna mätare synkroniserar sin klockor mot den server de är installerade på.

För övergång mellan de olika driftlägen som finns, se [Ref 9].



5. Omstarts kriterier

Om anläggningen stoppat skall felet identifieras innan systemet åter startas.

Vid utlöst inkommande huvudbrytare, börja på punkt 1.

Vid driftstopp på PQFI, börja på punkt 3.

1. Slå ifrån inkommande huvudbrytare.
2. Slå till inkommande huvudbrytare.
3. På PQFI kvittera larm och gör omstart på PQFI.
4. Starta upp PQFI genom att välja "start"
5. Starta upp schemat i PLC genom att ställa driftlägesomkopplaren i läge "auto" och tryck "start" på PLC.
6. För att köra via Metrums PQC gå över i Manuel Mode och välj extern styrning på PLC.

6. Acceptanskriterier

Detta är kriterier för att tester skall kunna utföras i testmiljön:

- Kontrollera att inga utestående larm finns i loggen för PQFI, se [Ref 10].
- Kontrollera att inga utestående larm finns i loggen hos BEM, se [Ref 8].
- Kontrollera att Metrums mätutrusning är aktiv, se [Ref 6]
- Kontrollera att registrering av temperatur är aktiv, se [Ref 15]
- Energimätning från solceller och egenförbrukning i containern skall vara igång.
- Planerade förändringar av miljön skall ligga utanför planerad tid för respektive test så att inte utfallet av testet äventyras.

Filnamn: Bilaga 1 System- och testmiljöbeskrivning.docx
Katalog: G:\Gemensam\Rapporter\Elforsks_rapporter\2014_orig
inal\14_58
Mall: H:_MSOfficeMallar\Normal.dotm
Rubrik:
Ämne:
Författare: Pia
Nyckelord:
Kommentarer:
Datum: 2014-10-23 15:10:00
Version: 3
Senast sparad: 2014-11-19 11:45:00
Senast sparad av: KMO
Total redigeringstid: 1 minut
Senast utskrivet: 2014-11-19 11:49:00
Vid senaste fullständiga utskrift
Antal sidor: 64
Antal ord: 16 532 (cirka)
Antal tecken: 87 622 (cirka)