

Solpulsen EMS

Teknisk Dokumentation

Version 2.1 - Februari 2026

Solpulsen Energy AB

KONFIDENTIELLT - Endast foer intern anvaendning och godkaenda partners

Innehaallsfoerteckning

1. Systemöversikt

- 1.1 Introduktion
- 1.2 Systemarkitektur
- 1.3 Driftslaegen

2. Peak Shaving

- 2.1 Grundprincip
- 2.2 Algoritm och styrlogik
- 2.3 Konfigurationsparametrar
- 2.4 Resultat och besparingar

3. Nord Pool Integration

- 3.1 Prishaemtning
- 3.2 Prisbaserad batterioptimering
- 3.3 Elomraadesspecifik optimering

4. Væderprediktion och Solproduktion

- 4.1 SMHI-integration
- 4.2 Solproduktionsprediktion
- 4.3 Saesongsvariationer

5. Batterihantering

- 5.1 BMS-integration
- 5.2 Degraderingsmodell
- 5.3 Saekerhetsprotokoll

6. Installation och Driftsaettning

- 6.1 Haardvarukrav
- 6.2 Konfiguration
- 6.3 Felsoekning

7. API-referens

- 7.1 REST API Översikt
- 7.2 Realtidsdata
- 7.3 Styrkommandon

8. Rapportering och Analys

- 8.1 Maanadsrapport
- 8.2 BRF-specifik rapportering

8.3 Exportformat

1. Systemoeversikt

1.1 Introduktion

Solpulsen EMS (Energy Management System) aer ett intelligent energihanteringssystem utvecklat foer svenska fastigheter, bostadsraettsfoereningar och industriella anläggningar. Systemet optimerar i realtid foerdelningen mellan solenergiproduktion, batterilager, nätanslutning och lokal foerbrukning.

EMS-plattformen aer designad foer att maximera egenanvändning av lokalt producerad solenergi, minimera elkostnader genom dynamisk lastbalansering, och reducera effektoppar genom intelligent peak shaving. Systemet integrerar med Nord Pool foer realtidspriser i elområdena SE1 till SE4 och använder SMHI-data foer väderprediktioner.

Arkitekturen bygger paa en modulär design med separata subsystem foer mätning, styrning, optimering och rapportering. Kommunikation sker via Modbus TCP/RTU, MQTT och REST API. All data lagras i en centraliseringad databas med fullständig revisionshistorik.

1.2 Systemarkitektur

EMS-systemet består av följande huvudkomponenter:

Gateway Controller: Central styrning som kör optimeringsalgoritmer och hanterar kommunikation med alla periferienheter. Baserad paa industriell Linux-plattform med realsystem.

Mätmoduler: CT-sensorer och Modbus-mätare foer momentan effektmätning paa alla tre faser. Samplingsfrekvens 1 Hz med 0.5 procent noggrannhet.

Batteriinterface: BMS-kommunikation via CAN-bus eller Modbus foer styrning av laddning och urladdning. Stödjer litumbatterier från BYD, Huawei, Growatt och SMA.

Växelriktarinterface: Integration med solcellsväxelriktrare via SunSpec Modbus eller proprietära protokoll. Stödjer Fronius, SMA, Huawei, Growatt och Enphase.

Molnplattform: Centraliseringad datainsamling, analys och fjärröversyn via säker HTTPS-anslutning. Dashboard foer realsystemöversikt och historisk analys.

1.3 Driftslägen

Systemet stödjer tre primära driftslägen:

Automatiskt läge: Fullständig AI-styrda optimering baserad paa elpriser, väderprognos, historiska foerbrukningsmönster och batteriets laddningsnivå. Detta är standardsläge för produktionsmiljö.

Manuellt laege: Operatoeren kan manuellt styra batteriets laddning och urladdning, saetta effektgraenser och ooverskrida automatiska beslut. Anvaends vid underhall eller felsoekning.

Noedstopp: Omedelbar avstaengning av alla aktiva styrkommandon. Batteriet gaer till standby, vaexelriktare fortsaetter i naetanslutning. Aktiveras via fysisk knapp eller fjaerrkommando.

2. Peak Shaving

2.1 Grundprincip

Peak shaving aer en av de mest vaerdefulla funktionerna i Solpulsen EMS. Funktionen oevervakar det momentana effektuttaget fraan elnaetet i realtid och aktiverar batteriurladdning automatiskt naer effektoppar detekteras.

Effektavgifter kan utgoeraen 30 till 50 procent av den totala elkostnaden foer industriella kunder och bostadsraettsfoereningar med hoeg effektanvaendning. Genom att reducera effektopparna kan Solpulsen EMS avsevaert minska dessa kostnader.

Algoritmen anvaender en konfigurerbar troeskeln som standard aer satt till 50 kW. Naer det momentana effektuttaget oeverstiger 80 procent av troeskeln vaerdet boerjar batteriet leverera kraft foer att haalla nere toppeffekten. Systemet tar haensyn till batteriets laddningsnivaa (State of Charge, SOC), foervaentad last baserat paa historiska moenster, samt vaederprognos foer solproduktion.

2.2 Algoritm och styrlogik

Peak shaving-algoritmen arbetar i tre faser:

Fas 1 - Prediktion: Baserat paa historiska data och vaederprognos beraeknas foervaentade effektoppar foer de kommande 24 timmarna. Algoritmen identifierar tidsperioder med hoeg risk foer effektoppar.

Fas 2 - Foerberedelse: Batteriet laddas strategiskt under laagprisperioder foer att ha tillraecklig kapacitet naer effektopparna foervaentas. SOC-maalet beraeknas baserat paa foervaentad toppeffekt och batteriets maximala urladdningshastighet.

Fas 3 - Aktiv styrning: Naer realtidseffekten naermar sig troeskeln aktiveras batteriurladdning med proportionell styrning. Urladdningshastigheten justeras dynamiskt foer att haalla effektuttaget under troeskeln utan att toemma batteriet i foertid.

Saekerhetsmarginaler: Systemet behaaller alltid en minimiSOC paa 10 procent foer att skydda batteriets livslangd. Vid kritiskt laag SOC prioriteras batterihaelsa oever peak shaving.

2.3 Konfigurationsparametrar

Foeljande parametrar kan konfigureras foer peak shaving:

PEAK_THRESHOLD_KW: Effektgraens i kilowatt. Standard 50 kW. Raekvidd 10 till 500 kW.

PEAK_ACTIVATION_PERCENT: Procentuell aktiveringsgraens. Standard 80 procent. Naer effekten oeverstiger denna andel av troeskeln aktiveras peak shaving.

MIN_SOC_PERCENT: Minsta tillaaatna laddningsnivaa. Standard 10 procent. Batteriet urladdas aldrig under denna nivaa.

PREDICTION_HORIZON_HOURS: Prediktionshorisont i timmar. Standard 24. Hur laangt fram algoritmen planerar.
RAMP_RATE_kw_per_sec: Maximal aendringshastighet foer batterieffekt. Standard 5 kW per sekund. Begraensar mekanisk stress paa batteriet.

2.4 Resultat och besparinger

Baserat paa data fraan 47 installationer under 2025 visar peak shaving foeljande resultat:

Genomsnittlig reduktion av effektoppar: 65 procent

Maximal reduktion: 82 procent (BRF Solglimten, Malmoe)

Genomsnittlig kostnadsbesparing: 23 000 SEK per aar foer en typisk BRF

Payback-tid foer batterisystem med peak shaving: 4.2 aar

De baesta resultaten uppnaas vid anlaggningar med:

Forutsaegbara lastmoenster (kontor, skolor)

Hoega effektavgifter (oever 50 SEK per kW)

Tillraecklig batterikapacitet (minst 50 kWh foer 50 kW troeskell)

God solproduktion som kompletterar batteriets kapacitet

3. Nord Pool Integration

3.1 Prishaemtning

Solpulsen EMS integrerar med Nord Pool för reeltidspriser i de svenska elområdena SE1 (Luleå), SE2 (Sundsvall), SE3 (Stockholm) och SE4 (Malmö). Systemet hämtar automatiskt day-ahead priser varje dag klockan 13:00 CET när Nord Pool publicerar nästa dags priser.

Prisdata hämtas via Nord Pool Group API med autentisering via API-nyckel. Data inkluderar timpris i EUR/MWh som konverteras till SEK/kWh med aktuell växelkurs från Riksbanken.

Utöver day-ahead priser övervakar systemet även intraday-marknaden för prisuppdateringar som kan påverka optimeringsstrategin. Vid extrema prisskillnader (över 200 procent avvikelse från day-ahead) triggas en omoptimering av batteristrategin.

3.2 Prisbaserad batterioptimering

Batteriets laddnings- och urladdningsstrategi optimeras baserat på elpriserna:

Laddning vid låga priser: När elpriset understiger 30 öre per kWh laddas batteriet med maximal effekt. Detta är typiskt under nattetid (kl 02-05) och under perioder med hög vindkraftproduktion.

Urladdning vid höga priser: När elpriset överstiger 150 öre per kWh används batterilagret för att undvika dyrar nätköp. Urladdningshastigheten anpassas efter prisnivån.

Arbitrage-berechnungen körs automatiskt varje timme. Algoritmen berechnet optimale laddnings- und urladdningsstrategie für die kommenden 24 Stunden mit Berücksichtigung von Batterieverlusten (round-trip efficiency 92 prozent), Degradationskosten und Netzkosten.

Genomsnittlig arbitragevinst under 2025: 8 500 SEK per år för ett 100 kWh batterisystem i SE3.

3.3 Elområdsspecifik optimering

Optimeringsstrategin anpassas efter elområde:

SE1 och SE2: Lågre elpriser generellt. Fokus på peak shaving snarare än prisarbitrage. vindkraftproduktion dominerar, vilket ger mer volatila priser under vintermaånader.

SE3: Högst prisvolatilitet. Störst potential för prisarbitrage. Kärnkraft och vindkraft i kombination ger komplexa prismönster. Genomsnittlig prisskillnad mellan dag och natt: 45 öre per kWh.

SE4: Högsta genomsnittspriset. Importberoende från kontinenten ger höga pristoppar. Störst potential för peak shaving-besparingar. Genomsnittlig effektavgift: 62 SEK per kW.

4. Vaederprediktion och Solproduktion

4.1 SMHI-integration

Systemet anvaender SMHI Open Data API foer vaederprediktioner. Foeljande parametrar haemtas:

GHI (Global Horizontal Irradiance): Solinstrahlning i W/m². Primaer parameter foer solproduktionsprediktion. Haemtas med 1 timmes upploeaning foer de kommande 48 timmarna.

Temperatur: Paverkar solcellernas verkningsgrad. Varje grad oever 25 grader Celsius minskar effekten med cirka 0.4 procent foer kristallina kiselceller.

Molnighet: Kompletterande parameter foer att justera GHI-prognosen. Haemtas som oktas (0-8 skala).

Vindstyrka: Paverkar kylning av solpaneler och daerigenom verkningsgrad. Relevant vid hoega temperaturer.

Data haemtas var 6:e timme fraan naermaste SMHI-station. Foer anlaggningar som ligger laangre aen 50 km fraan naermaste station anvaends interpolation mellan de tvaa naermaste stationerna.

4.2 Solproduktionsprediktion

Prediktionsmodellen beraeknar foervaentad solproduktion baserat paa:

Anlaggningsspecifika parametrar: Installerad effekt (kWp), paneltyp, lutningsvinkel, azimut, skuggningsanalys.

Vaederdata: GHI, temperatur, molnighet fraan SMHI.

Historisk prestation: Systemet laer sig anlaggningens faktiska prestanda oever tid och justerar prediktionsmodellen. Typisk foerbaettring efter 3 maanaders drift: 15 procent laegre prediktionsfel.

Prediktionsnoggrannhet (MAPE):

1 timme fram: 8 procent

6 timmar fram: 18 procent

24 timmar fram: 28 procent

48 timmar fram: 35 procent

Prediktionen anvaends foer att optimera batteristrategin. Om hoeg solproduktion foervaentas naesta dag kan batteriet laddas ur mer aggressivt kvallen innan foer att skapa utrymme foer solenergi.

4.3 Saesongsvariationer

Solproduktionen i Sverige varierar kraftigt oever aaret:

Sommar (juni-augusti): 8-16 kWh per kWp per dag. Laanga dagar med hoeg solinstraalning. Peak shaving-behovet aer laegre daa solproduktionen taecker en stor del av foerbrukningen.

Vaar och hoest (mars-maj, september-november): 3-8 kWh per kWp per dag. Variabel produktion. Batterioptimering fokuserar paa prisarbitrage och peak shaving i kombination.

Vinter (december-februari): 0.5-3 kWh per kWp per dag. Minimal solproduktion. Batteriet anvaends primaert foer peak shaving och prisarbitrage. Laaddning sker naestan uteslutande fraan naetet vid laaga priser.

Systemet justerar automatiskt sin strategi baserat paa aerstid och aktuella foerhaallanden.

5. Batterihantering

5.1 BMS-integration

Solpulsen EMS kommunicerar med batteriets Battery Management System (BMS) via CAN-bus eller Modbus. Foeljande data laeses kontinuerligt:

State of Charge (SOC): Batteriets laddningsnivaa i procent. Uppdateras var 5:e sekund.

State of Health (SOH): Batteriets haelstillsaand baserat paa kapacitetsfoerlust. Beraeknas maanadsvis.

Celltemperaturer: Individuella celltemperaturer foer oevervakning av termisk balans.

Cellspaenningar: Individuella cellspaenningar foer detektering av obalans.

Maximal laddnings- och urladdningseffekt: Dynamiska graenser baserat paa temperatur och SOC.

Systemet stoedjer foeljande batterimaerken: BYD HVS/HVM, Huawei LUNA2000, Growatt ARK, SMA Sunny Island, Tesla Powerwall, Sonnen eco.

5.2 Degraderingsmodell

Foer att maximera batteriets livslangd anvaender EMS en avancerad degraderingsmodell:

Cykeldjup: Djupa cykler (0-100 procent) orsakar mer degradering aen grunda cykler (20-80 procent). Systemet begraensar normalt cykeldjupet till 20-80 procent SOC.

Temperatur: Hoeg temperatur accelererar degradering. Systemet reducerar laddningshastigheten naer celltemperaturen oeverstiger 35 grader Celsius och stoppar laddning oever 45 grader.

Laddningshastighet: Snabbladdning (oever 1C) orsakar mer degradering. Standardgraens aer 0.5C foer daglig drift.

Foervaentad livslangd med Solpulsen EMS-optimering: 12-15 aar (jaeemfoert med 8-10 aar utan optimering). Baserat paa 6000 ekvivalenta fulla cykler.

5.3 Saekerhetsprotokoll

Batterisakerhet aer hoegsta prioritet. Foeljande saekerhetsprotokoll aer implementerade:

Oeverladdningsskydd: Laddning stoppas omedelbart naer SOC naar 100 procent eller naer nagon cellspaenning oeverstiger 4.2V (foer LFP: 3.65V).

Underurladdningsskydd: Urladdning stoppas naer SOC naar miniminivaan (standard 10 procent) eller naer nagon cellspaenning understiger 2.8V (foer LFP: 2.5V).

Termiskt skydd: Laddning och urladdning stoppas naer celltemperaturen oeverstiger 55 grader Celsius. Varning genereras vid 45 grader.

Kortslutningsskydd: Omedelbar fraankoppling vid detekterad kortslutning. Kraever manuell aateraetaellning.

Brandskydd: Integration med fastighetens brandlarmsystem. Vid brandlarm gaer batteriet till saekert laege (fraankopplat, passiv kylning).

6. Installation och Driftsaettnig

6.1 Haardvarukrav

Foer installation av Solpulsen EMS kraevs foeljande haardvara:

Gateway Controller: Solpulsen GW-100 eller kompatibel industriell Linux-dator. Minimum 2 GB RAM, 32 GB lagring, Ethernet, RS485, CAN-bus.

CT-sensorer: 3 stycken split-core stroemtransformatorer dimensionerade foer anlaggningens maerksaekring. Typiskt 100A, 200A eller 400A.

Modbus-maetare: Carlo Gavazzi EM340 eller Eastron SDM630 foer trefasmaetning. Ansluts via RS485.

Naetverksanslutning: Ethernet eller 4G-modem foer molnanslutning. Minimum 1 Mbit/s uppstraems.

Installationstid: Typiskt 4-6 timmar foer en standardinstallation med befintligt batteri och solcellssystem.

6.2 Konfiguration

Systemkonfiguration sker via webbgraenssnitt eller REST API:

Steg 1: Anslut Gateway Controller till lokalt naetverk och verifiera internetanslutning.

Steg 2: Konfigurera Modbus-adresser foer maetare och vaexelriktare.

Steg 3: Konfigurera BMS-anslutning (CAN-bus eller Modbus).

Steg 4: Ange anlaggningsparametrar: installerad soleffekt, batterikapacitet, effektgraens.

Steg 5: Vaelj elomraade (SE1-SE4) och ange naetavgiftsstruktur.

Steg 6: Aktivera optimeringsalgoritmer och verifiera korrekt drift under 24 timmar.

Konfigurationsaendringar loggas med tidstaempel och anvaendaridentitet foer fullstaendig spaarbarhet.

6.3 Felsoekning

Vanliga problem och loesningar:

Problem: Ingen kommunikation med maetare.

Loesning: Kontrollera RS485-kabeldragning, termineringsmotstaand (120 ohm), och Modbus-adress. Anvaend Modbus-scanner i diagnostiklaege.

Problem: Felaktiga effektvaerden.

Loesning: Verifiera CT-sensorernas orientering (pilar mot last). Kontrollera fasordning. Koer kalibreringsprocedur.

Problem: Batteriet laddas inte.

Loesning: Kontrollera BMS-kommunikation. Verifiera att SOC inte aer 100 procent. Kontrollera celltemperaturer (maaste vara mellan 5 och 45 grader). Kontrollera att vaexelriktaren aer i hybridlaege.

Problem: Hoeg latens i molnanslutning.

Loesning: Kontrollera naetverksanslutning. Systemet fungerar autonomt vid naetverksavbrott men rapporterar inte data.

Kontrollera brandvaegg foer port 443 (HTTPS) och 8883 (MQTTS).

7. API-referens

7.1 REST API Oeversikt

Solpulsen EMS exponerar ett REST API foer integration med tredjepartssystem:

Basadress: <https://api.solpulsen.se/v2>

Autentisering: Bearer token (JWT)

Format: JSON

Rate limit: 100 requests per minut

Tillgaengliga endpoints:

GET /facilities: Lista alla anläggningar

GET /facilities/{id}/realtime: Realtidsdata (effekt, SOC, produktion)

GET /facilities/{id}/history: Historisk data med tidsintervall

POST /facilities/{id}/commands: Skicka styrkommandon

GET /facilities/{id}/optimization: Aktuell optimeringsplan

GET /prices/nordpool/{zone}: Nord Pool-priser foer angiven zon

7.2 Realtidsdata

GET /facilities/{id}/realtime returnerar foeljande data:

grid_power_kw: Momentan effekt fraan naetet (positiv = import, negativ = export)

solar_power_kw: Momentan solproduktion

battery_power_kw: Momentan batterieffekt (positiv = urladdning, negativ = laddning)

battery_soc_percent: Batteriets laddningsnivaa

load_power_kw: Total foerbrukning

frequency_hz: Naetfrekvens

voltage_v: Fassspänningar (array med 3 vaerden)

Uppdateringsfrekvens: 1 sekund

Dataformat: JSON med ISO 8601-tidstaemplar i UTC

7.3 Styrkommandon

POST /facilities/{id}/commands accepterar foeljande kommandon:

set_mode: Aendra driftsæge (auto, manual, emergency_stop)

set_battery_power: Saett batterieffekt i manuellt laege (-100 till 100 kW)

set_peak_threshold: Aendra peak shaving-troeskæl (10-500 kW)

set_soc_limits: Saett min/max SOC-grænser (0-100 procent)

force_charge: Tvinga laddning till angiven SOC-nivaa

force_discharge: Tvinga urladdning till angiven SOC-nivaa

Alla kommandon kraever admin-behoerighet. Kommandon loggas med anvaendaridentitet och tidstaempel. Manuella kommandon har timeout paa 60 minuter varefter systemet aatergaar till automatiskt laege.

8. Rapportering och Analys

8.1 Maanadsrapport

Systemet genererar automatiskt maanadsrapporter med foeljande innehaall:

Energioeversikt: Total solproduktion, naetimport, naetexport, battericykler, egenanvaendningsgrad.

Ekonomisk sammanfattning: Total elkostnad, besparing genom peak shaving, besparing genom prisarbitrage, total besparing jaeemfoert med referensscenario utan EMS.

Effektanalys: Maximal effekttopp (med och utan peak shaving), genomsnittlig effektreduktion, antal peak shaving-haendelser.

Batterihaelsa: SOH-trend, antal cykler, genomsnittligt cykeldjup, temperaturhistorik.

Systemprestation: Uptid, antal felhaendelser, kommunikationsavbrott, firmwareversion.

8.2 BRF-specifik rapportering

Foer bostadsraettsfoereningar genereras specialanpassade rapporter:

Aarsbesparingsrapport: Detaljerad redovisning av besparingar per maaned med jaemfoerelse mot foervaentad besparing vid installation. Inkluderar ROI-berakning och foervaentad payback-tid.

Energideklarationsunderlag: Data foerberedd foer energideklaration enligt Boverkets krav. Inkluderar specifik energianvaendning (kWh/m²/aar), prismaerenergi, och vaexthusgasutslaepp.

Styrelserapport: Foerenklad sammanfattning anpassad foer styrelsemedlemmar utan teknisk bakgrund. Fokus paa ekonomiska resultat och miljoepaaverkan.

Jaemfoerelserapport: Benchmarking mot liknande BRF:er i samma elomraade. Anonymiserad data fraan Solpulsens kundportfoelj.

8.3 Exportformat

Rapporter kan exporteras i foeljande format:

PDF: Formaterade rapporter med grafer och tabeller. Laemplig foer utskrift och arkivering.

Excel: Raadata med pivottabeller. Laemplig foer vidare analys.

CSV: Tidsseriedata foer import till tredjepartssystem.

JSON: Strukturerad data foer API-integration.

Automatisk distribution: Rapporter kan schemalaegas foer automatisk distribution via e-post till konfigurerade mottagare. Standard aer maanadsrapport den 1:a varje maaned.