



**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
COMUNE DI GUSPINI**

Provincia del Sud Sardegna (SU)



**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
AGROVOLTAICO AVANZATO DENOMINATO GUSPINI 5**

Loc. "Putzu Nieddu", Guspini (SU) - 09036, Sardegna, Italia

Potenza Nominale: Impianto FV 29'997,50 kWp

	Committente - Sviluppo progetto FV: Apollo Solar 3 S.r.l. Viale della Stazione n. 7 - 39100 Bolzano (BZ) P.IVA 03187660216, PEC: apollosolar3srl@pecimprese.it	Gruppo di lavoro La SIA S.p.A. Riccardo Sacconi - Ingegnere Civile Antonio Dedoni - Ingegnere Idraulico Giulio Alberto Arca - Archeologo Simone Manconi - Geologo Francesco Paolo Pinchera - Biologo Progettazione Agronomica (La SIA S.p.A.) Agr. Stefano Atzeni - Agronomo Agr. Franco Milito - Agronomo Agr. Rita Bosi - Agronomo Progettazione Elettrica Ing. Silvio Matta – Ing. Elettrico
	Coordinamento Progettisti Innova Service S.r.l. Via Santa Margherita n. 4 - 09124 Cagliari (CA) P.IVA 03379940921, PEC: innovaserviceca@pec.it	
	Coordinamento gruppo di lavoro La SIA S.p.a. Viale Luigi Schiavonetti n. 286 – Roma (RM) P.IVA 08207411003, PEC: direzione.lasia@pec.it	

Elaborato

RELAZIONE DIMENSIONAMENTO STORAGE

Codice elaborato			Scala	Formato
REL_SP_STORAGE				
REV.	DATA	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Maggio 2024	Ing. S. Matta	Innova Service S.r.l.	Apollo Solar 3 S.r.l.

Note

RELAZIONE

DIMENSIONAMENTO STORAGE

Si sottolinea che le soluzioni tecniche descritte nella presente relazione descrivono un sistema di storage con le attuali tecnologie presenti e disponibili sul mercato, ma saranno con tutta probabilità sostituite da analoghe ma più moderne soluzioni al momento in cui l'impianto andrà in realizzazione.

Sono pertanto da ritenersi valide tutte le indicazioni vincolanti (quali ad esempio la potenza di immissione in rete del sistema di accumulo, approvata dall'Ente gestore della RTN) in termini di potenza e spazio occupato, mentre **sono soggette a rapida evoluzione tecnologica le apparecchiature e i sistemi di immagazzinamento elettrochimico dell'energia e pertanto solamente in fase di progettazione esecutiva verrà scelta la tecnologia di storage da realizzare**, verrà valutato in dettaglio ogni rischio specifico legato a tale scelta e verrà selezionato un prodotto che abbia rispondenza a tutti i requisiti di conformità della normativa in corso al momento della esecuzione dei lavori di realizzazione dell'impianto.

SOMMARIO

1) <u>PREMESSA</u>	4
2) <u>DEFINIZIONI DEI SISTEMI DI ACCUMULO</u>	5
3) <u>RELAZIONE DIMENSIONAMENTO STORAGE</u>	6
4) <u>SISTEMA DI ACCUMULO IN PROGETTO:</u>	8

La presente relazione tecnica costituisce parte integrante del progetto per un impianto tipo Agrovoltaiico Avanzato, con potenza complessiva installata di 29'997.50 kWp, potenza nominale di 28'500.00 kW, potenza in Immissione su RTN pari a 28'500 kW, e con un sistema di Accumulo dell'energia elettrica in forma elettrochimica (BESS) della potenza di 11'000 kW ed energia pari a 33'000 kWh, che sarà ubicato in località 'Putzu Nieddu', nel territorio del Comune di GUSPINI (SU), ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi decreti attuativi.

1) PREMESSA

I sistemi di accumulo per grandi centrali fotovoltaiche permettono di dare un aiuto importante alla flessibilità di rete e alla stabilizzazione della frequenza della stessa. Inoltre, permetteranno di abbassare i costi dell'energia a beneficio di cittadini e industria, attività commerciali ecc, immagazzinando o prelevando l'energia dalla rete quando si ha un esubero di produzione e immettendo energia nella rete quando i prezzi sono più convenienti.

NORMATIVA E CERTIFICAZIONE PER I SISTEMI DI ACCUMULO

Le applicazioni stazionarie dei Sistemi di accumulo sono trattate in un certo numero di Standard IEEE, riepilogate nella Tabella 1 che segue:

STANDARD	TITOLO DELLO STANDARD
1375-1998	Guida per la protezione dei sistemi di batterie stazionari. <i>(Guide for protection of stationary battery systems)</i>
1491-2005	Guida per la scelta e l'uso delle apparecchiature di monitoraggio della batteria in applicazioni stazionarie. <i>(Guide for selection and use of battery monitoring equipment in stationary applications)</i>
1657-2009	Pratica consigliata per la qualificazione del personale addetto all'installazione e alla manutenzione di batterie in sistemi stazionari. <i>(Recommended practice for personnel qualifications for installation and maintenance of stationary batteries)</i>
1660-2008	Guida per l'applicazione e la gestione delle batterie stazionarie utilizzate nel servizio ciclico. <i>(Guide for application and management of stationary batteries used in cycling service)</i>
1679-2010	Pratiche consigliate per la caratterizzazione e la valutazione delle tecnologie emergenti di accumulo di energia in applicazioni stazionarie. <i>(Recommended practice for the characterization and evaluation of emerging energy storage technologies in stationary applications)</i>

Lo Standard IEEE più significativo è il recente 1679-2010, che definisce quali obblighi informativi debba avere il costruttore quando si appresta a fornire una data tecnologia di accumulo. Tra gli altri, il costruttore dovrebbe specificare alle Norme di quale ente il suo prodotto è conforme ai fini della sicurezza. Tra i vari enti lo IEEE STD 1679-2010 cita i seguenti:

- Department of Transportation (DOTR)/International Air Transport Association (IATA)/International International Marine Organization (IMO)
- American Society for Testing and Materials (ASTM)
- Underwriters Laboratories (UL)
- Canadian Standard Association (CSA)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- International Organization for Standardization (ISO)
- International Electrotechnical Commission (IEC*)

* nota IEC (*International Electrotechnical Commission*) è l'organizzazione che a livello mondiale si occupa della standardizzazione che include tutti i Comitati tecnici nazionali (IEC nazionali). Lo scopo dell'IEC è di promuovere la cooperazione internazionale su tutti gli argomenti che concernono la standardizzazione di equipaggiamenti e sistemi elettrici ed elettronici, pubblicando Standard Internazionali, Specifiche Tecniche e Guide tecniche.

2) DEFINIZIONI DEI SISTEMI DI ACCUMULO

Prima di entrare nel merito delle considerazioni tecniche che hanno portato alle scelte di progetto è necessario precisare i termini della questione, definendo i parametri essenziali secondo la normativa tecnica.

Sistema di Accumulo: è un insieme di dispositivi, apparecchiature e logiche di gestione e controllo finalizzate ad assorbire e rilasciare energia. Nel nostro caso si parla di "energia elettrica". Questi dispositivi dovranno funzionare in maniera continuativa all'interno del Sistema, connesso in parallelo alla rete elettrica con obbligo di connessione di terzi, e dovranno essere in grado di generare un'alterazione dei profili di scambio energetico con la rete a cui sono appunto connessi, tramite "operazioni" di immissione/prelievo di energia elettrica secondo quantità programmate.

Il metodo utilizzato per "accumulare" energia elettrica è quello di effettuare la sua conversione in un'altra forma di energia che ne permetta lo stoccaggio, per poi effettuare nuovamente la conversione inversa nel momento in cui tale energia dovrà essere riutilizzata. Pertanto esistono sistemi di accumulo che sfruttano la conversione dell'energia elettrica in energia termica, energia potenziale, cinetica, etc.

Ognuno di questi sistemi, che prevede poi la conversione inversa nel momento in cui si ha esigenza di "richiamare" l'energia elettrica accumulata, presenta pregi e difetti che risultano vantaggiosi o meno in base alle dimensioni dell'accumulo e ad altri fattori di difficile schematizzazione. In questi ultimi anni, il mondo delle rinnovabili ha iniziato un percorso di evoluzione piuttosto importante nei confronti dell'energia elettrica accumulata sotto forma di energia

elettrochimica, tramite “batterie”, che a loro volta si sono evolute e differenziate in base alle tecnologie costruttive e ai materiali utilizzati per realizzarle.

La maggior parte dei sistemi di storage attualmente operativi nel mondo utilizza batterie al litio.

L’universo delle batterie al litio si basa su un gruppo variegato di tecnologie, in cui il filo conduttore per accumulare energia è l’utilizzo degli ioni di litio, particelle con una carica positiva libera che possono facilmente entrare in reazione con altri elementi.

Il funzionamento di carica e scarica delle batterie al litio, la cui struttura è composta da un elettrodo positivo (catodo in litio) ed un elettrodo negativo (costituito da un anodo in carbonio), si realizza tramite **reazioni chimiche** che consentono di accumulare e restituire l’energia, in questo caso generata dagli impianti rinnovabili, ma non solo: infatti il sistema è strutturato per poter caricare le batterie dell’accumulo anche andando ad assorbire energia direttamente dalla rete a cui l’impianto è connesso; questo sia per poter condurre l’impianto secondo logiche dipendenti dalle scelte commerciali/tecniche (prezzo dell’energia nel mercato), sia per poter eventualmente partecipare ai servizi di regolazione e stabilizzazione della rete stessa.



Le batterie al litio presentano caratteristiche tecnologiche molto interessanti per le applicazioni energetiche, tra cui la modularità, l’elevata densità energetica e l’alta efficienza di carica e scarica, che può superare il 90% a livello di singolo modulo. La tecnologia basata su Nichel, Manganese e Cobalto (NMC) ha conosciuto negli ultimi anni una vera e propria rivoluzione dal punto di vista dell’aumento della produzione e della discesa dei prezzi, scesi secondo i dati di Bloomberg di circa l’85% dal 2010 al 2018.

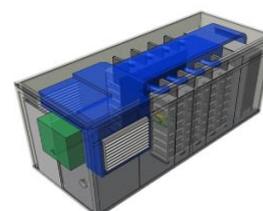
3) RELAZIONE DIMENSIONAMENTO STORAGE

Il progetto dell’impianto agrovoltaiico avanzato della presente, con potenza installata a terra di 29'997.50 kWp, prevede anche la realizzazione di un sistema di accumulo di energia a batterie (BESS – Battery Energy Storage System) agli ioni litio, di potenza pari a 11'000 kW e capacità di immagazzinamento di 33'000 kWh, che equivalgono (teoricamente) alla capacità di erogare la potenza massima dello storage per circa 3 ore, o di immagazzinare l’energia prodotta dall’impianto in massima potenza per circa tre ore, e comunque alla capacità di accumulare tale energia direttamente dall’impianto FV qualora la stessa non venisse convogliata in rete.

Un BESS è un impianto di accumulo elettrochimico di energia costituito da apparecchiature e dispositivi necessari per l’immagazzinamento su media/lunga durata dell’energia ricevuta, ed alla conversione bidirezionale della stessa in energia elettrica su richiesta e in tempi rapidissimi.

L’unità fondamentale dello storage è rappresentata dalle celle elettrochimiche, che vengono tra loro elettricamente collegate in combinazioni serie/parallelo per formare moduli di batterie di determinata potenza e capacità.

I moduli di batterie, a loro volta, vengono elettricamente collegati tra loro ed assemblati in appositi armadi (rack), che verranno infine sigillati e posizionati all’interno di container in modo tale da conseguire i valori richiesti di potenza, energia, tensione e corrente.



Questa caratteristica costruttiva rende i sistemi di accumulo modulari e “modulabili”, lasciando la possibilità, quindi, di incrementare successivamente la capacità energetica dello storage secondo le esigenze che si potranno determinare anche dopo che l’impianto è entrato in funzione.

La struttura dei container sarà autoportante, di tipo monolitico, realizzata in lamiera di acciaio verniciata. Saranno utilizzati travi tubolari in acciaio e lamiere corrugate, perfettamente accoppiate, mediante un procedimento semi automatico di saldatura. La struttura sarà costruita, per la movimentazione, con nr. 4 blocchi di angoli inferiori e nr. 4 blocchi di angolo superiori. Nei quattro angoli e in prossimità dei punti di sollevamento, saranno inseriti dei montanti in travi di ferro e lamiera pressopiegata atti a garantire la resistenza richiesta in fase di sollevamento. Inoltre, il container avrà un’alta resistenza al vento ed al sisma. Saranno previste un certo numero di asole per l’ingresso/uscita dei cavi.

Il telaio della porta sarà realizzata in profilati di acciaio e saldato al controtelaio fissato sulla struttura del container; la stessa avrà apertura verso l’esterno. Le pareti saranno realizzate con lamiera metallica di spessore 1,5 mm, saldate a tenuta con il fondo ed il tetto. Il perimetro del tetto sarà costruito con profilati in acciaio, e dovrà essere garantito il drenaggio delle acque piovane. Tutte le strutture e le lamiere saranno saldate in continuo tra loro e con la struttura principale. La coibentazione sarà ottenuta mediante pannelli sandwich autoportanti di spessore totale 30 mm, fissati con opportuni profili orizzontali e verticali in acciaio zincato alle strutture. I suddetti pannelli saranno costituiti da lamiere interne ed esterne di spessore 0,5 mm ed avranno un’anima realizzata in poliuretano ad alta densità. Il basamento del container sarà costituito da una struttura perimetrale con profilati UNP e travi intermedie realizzate con pressopiegati con profilo a “C” di spessore 4 mm.

Il pavimento sarà in grado di sopportare un carico di 15/20 quintali a mq. Saranno saldati sul fondo appropriati supporti per fissare le apparecchiature; per consentire il passaggio dei cavi interni saranno predisposte delle canaline. Sarà garantita la continuità elettrica della struttura del container mediante l’inserimento di nr. 4 bulloni di messa a terra, inseriti nei quattro vertici inferiori del box.

In virtù delle loro caratteristiche tecnologiche, tra cui l’estrema rapidità con cui gli stessi sono capaci di immettere ed assorbire energia dalla rete, gli storage elettrochimici si configurano tra i principali fattori abilitanti della transizione energetica in corso, contribuendo a:

- Fornire servizi ancillari di rete (come la regolazione di frequenza) e supporto alla stabilità del sistema (es. inerzia);
- Limitare il curtailment di eolico e FV (previsto in aumento in assenza di altre misure) e ridurre i fenomeni di congestioni di rete;
- Ottimizzare gli investimenti in infrastrutture di rete.

La versione finale del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) prevede, per il raggiungimento degli obiettivi per la sicurezza energetica del sistema elettrico, l’installazione di nuovi sistemi di accumulo centralizzati per una potenza complessiva pari ad almeno 6 GW entro il 2030 (3GW entro il 2025), “prevalentemente rivolti a partecipare al mercato dei servizi di rete e localizzati principalmente nella zona Sud seguita da Sicilia e Sardegna”. Di questa nuova capacità di accumulo almeno il 50% dovrà essere costituita da sistemi di accumulo elettrochimici.

L’impianto di storage sarà quindi in grado di garantire diversi servizi di dispacciamento e controllo della frequenza sulla base delle necessità della rete, partecipando al mercato dei servizi e ai progetti pilota indetti dal gestore della rete di trasmissione. A tal proposito, si menziona il progetto “Fast Reserve” per la fornitura del servizio di regolazione ultra-rapida della frequenza, all’interno del quale alla Sardegna è stato riservato un contingente di potenza. Inoltre Terna metterà in consultazione un ulteriore progetto pilota volto a sperimentare nuove modalità di fornitura del

servizio di regolazione secondaria di frequenza da parte di dispositivi ad energia limitata, fonti rinnovabili non programmabili e aggregati di dispositivi; progetto in cui lo storage potrà ovviamente prendere parte.

Infine, l'Impianto di accumulo, con l'impianto di produzione FV, potrà partecipare al mercato della capacità. Grazie alla presenza del sistema di accumulo, l'impianto di progetto sarà in grado di "modulare" l'energia elettrica immessa in rete, potendo accumulare l'energia prodotta durante periodi di massima offerta e vendendo poi la stessa nei periodi di massima richiesta (arbitraggio dell'energia). In ogni situazione di esercizio, comunque, il sistema di accumulo sarà gestito al fine di immettere in rete una potenza massima complessiva (inclusa la potenza dell'impianto fv) pari alla potenza in immissione concessa nella STMG.

Al fine di garantire il funzionamento in sicurezza dello storage, ogni container dovrà essere dotato di:

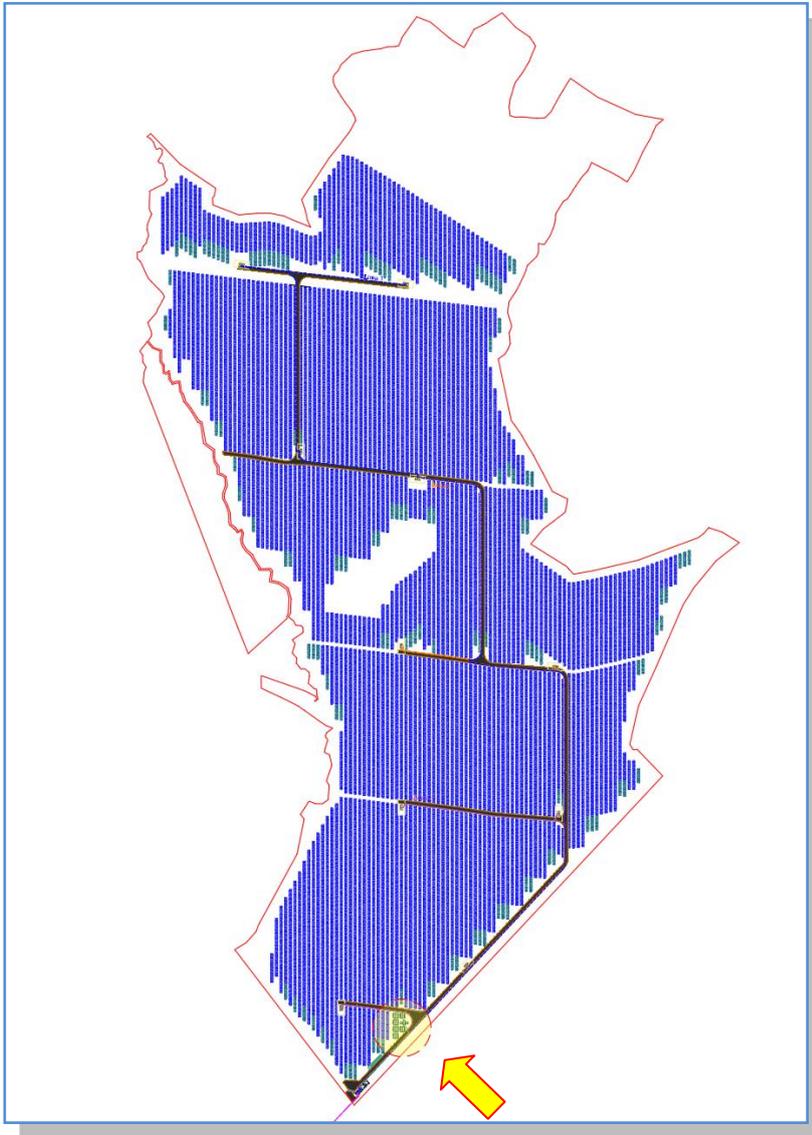
- Sistemi di controllo delle condizioni ambientali, con lo scopo di mantenere le condizioni di umidità, temperatura e ventilazioni dei locali a valori ottimali per il corretto funzionamento in sicurezza dell'impianto;
- Centrale rilevamento fumi, calore e fiamme libere;
- Sistema antincendio, in grado di contenere eventuali incendi, spegnere le fiamme e prevenire in modo affidabile la diffusione di incendi secondari;
- Battery Management System, BMS, un componente fondamentale per il funzionamento dei sistemi di storage, ma che ricopre anche un importante ruolo di prevenzione dei guasti; ai BMS sono richiesti diverse funzioni, tre le quali:
 - La ricarica in sicurezza delle celle;
 - Il mantenimento del sistema nelle condizioni di lavoro raccomandate dal progettista (V,I,T);
 - L'interruzione di corrente in caso di malfunzionamento;
 - Lo scambio di informazioni con l'esterno;
 - L'avviso di pericolo se una cella è in stato di cortocircuito;
 - Diagnostica (presenza di deformazioni, fumo nell'ambiente, problemi elettrici);
 - Azionamento ventole, sistemi di sicurezza.

4) SISTEMA DI ACCUMULO IN PROGETTO:

Il sistema di accumulo (storage) in progetto prevede una superficie di circa 1'300 metri quadrati da adibire ad area in cui saranno posizionati tutti i componenti del sistema di storage, sito in prossimità della Cabina di Raccolta Generale, e ad essa collegato tramite un cavidotto con linea in AT a 36 kV.

L'area ha una conformazione naturale irregolare, è posizionata dietro le file di pannelli per eliminare interferenze di ombre, e risulta leggermente "separata" dal resto dell'impianto, caratteristica che permette di avere una separazione tra l'impianto di storage e il resto dell'impianto (pur essendo in aderenza), grazie alla quale è possibile attuare, qualora necessarie, delle tecniche di mitigazione visiva e tecniche di attenuazione/schermatura del rumore che eventualmente si dovesse riscontrare; inoltre permette anche una adeguata segregazione dello storage dal resto dell'impianto. Se necessario, si potrà ulteriormente aumentare la segregazione eliminando un numero minimo di strutture con pannelli fv.

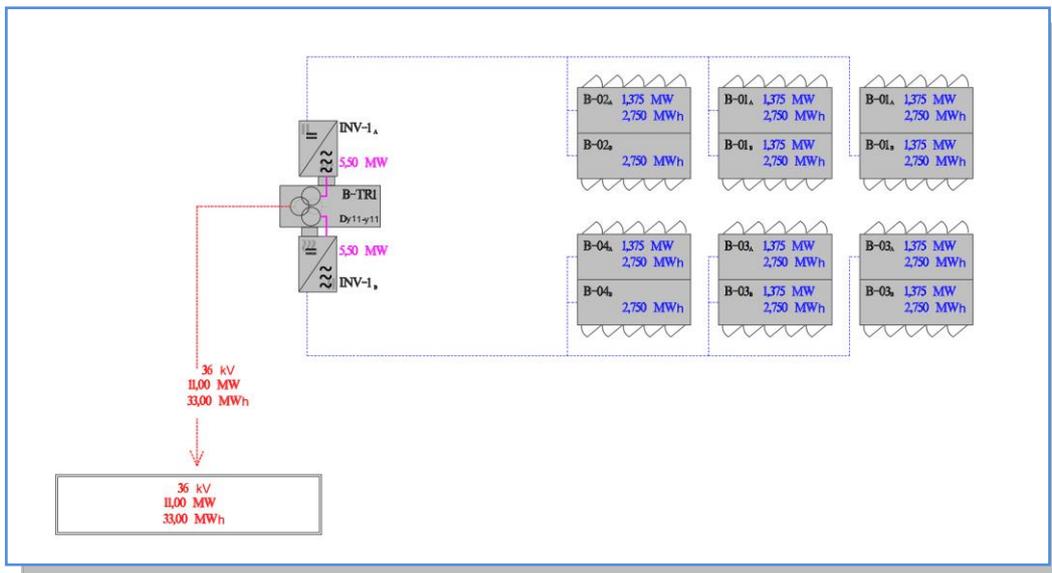
POSIZIONAMENTO PLANIMETRICO DELLO STORAGE:



PARTICOLARE:



SCHEMA A BLOCCHI IMPIANTO STORAGE: :



La potenza prevista per l'impianto di storage (potenza di 11'000 kW ed energia immagazzinabile di 33'000 kWh), viene ottenuta utilizzando i seguenti componenti:

- Inverter bidirezionale tipo FREMAQ MULTI PCSK 690V / Frame 4
- Gruppo di trasformazione, che prevede in forma compatta la presenza di un trasformatore elevatore a doppio secondario, gli ingressi per due inverter di grossa potenza e i dispositivi di sezionamento e protezione per le linee in AT in uscita al dispositivo, tipo: TWIN SKID COMPACT da 8'780 kVA
- Gruppo Batterie in Container, tipo: TWIN SKID COMPACT (1,375 MW e 2,75 MWh), combinato in più unità serie/parallelo per raggiungere i valori di potenza e di energia di progetto.

All'interno dell'area di impianto verranno dunque posizionate le apparecchiature relative al sistema di accumulo elettrochimico, costituite dai container batterie, e da n. Twin Skid che contiene:

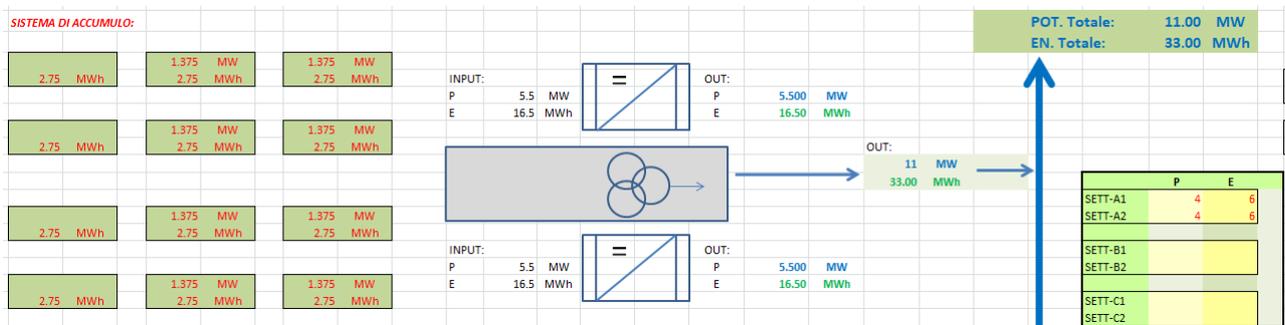
- il converter ;
- il trasformatore BT/AT;
- l'Energy Management System;
- le protezioni di bassa/media/alta (36 kV) tensione.

Ogni skid è collegato ai rispettivi container contenenti i pacchi batterie. I diversi skid saranno collegati alla Cabina di Raccolta Generale dell'impianto attraverso una o più linee in AT a 36 kV, in maniera conforme ai requisiti previsti dalla norma CEI 0-16 ed al Codice di Rete di Enel / TERNA.

Le caratteristiche principali del sistema di accumulo sono:

- Convertitore bidirezionale a quattro quadranti ad alta efficienza ottimizzato per applicazioni ESS;
- Efficienza di conversione di prim'ordine con un unico stadio di conversione della potenza, ottimizzato per perdite minime;
- Costruzione modulare e industrializzazione dell'armadio per la massima affidabilità e un facile accesso a tutti i componenti per manutenibilità e facilità di manutenzione in loco;
- Inverter collegati alla rete, compatibili anche con la modalità operativa off-grid;
- Funzioni integrate del codice di rete (LVRT, controllo della potenza reattiva, controllo della frequenza e della tensione) in conformità con gli standard europei e internazionali più avanzati;
- Compatibile con tutti i tipi di batteria;
- Possibilità di monitoraggio remoto sia per un singolo dispositivo che per un'installazione multiinverter;
- Protezione lato DC integrata fornita da sezionatore con bobina di rilascio;
- Protezione da cablaggio errato integrata sul lato CC;
- Protezione lato CA integrata con interruttore di sezionamento automatico;
- Monitoraggio attivo integrato dell'isolamento CC;
- Modbus integrato su RS485 e TCP-IP su connessione dati Ethernet;
- Ingressi integrati per sensori ambientali.

Lo schema complessivo del sistema di storage è illustrato nella seguente immagine:



BATTERIE:

Si prevede l'utilizzo di batterie Litio/ioni.

CERTIFICAZIONI:

attualmente le batterie devono rispettare una serie di norme e certificazioni in Italia e in Europa come precedentemente descritto. In particolare, le principali certificazioni relative ai modelli selezionati come evidenziato nei datasheet allegati e in parte riportati di seguito, sono:

-
- Certificazione delle singole celle: UL 1642, UN 38.3
 - Certificazione del prodotto: CE, IEC 62619, UL 1973, UN 38.3,
 - IEC 61000-6-3, BattG
 - 2006/66/EG

In fase di realizzazione i modelli e le tecnologie potrebbero essere differenti, ma chiaramente sempre rispondenti alle normative vigenti e con le idonee certificazioni di conformità.

Si riportano in calce alla presente le schede dei principali componenti attualmente selezionati per il progetto.

ASPETTI DI SICUREZZA E AMBIENTALI

Di seguito si evidenziano le caratteristiche chimiche, elettriche e tecnologiche per le principali tipologie di batterie applicabili alla situazione in oggetto.

Batterie Litio/Ioni

In una batteria litio/ioni il catodo è solitamente costituito da un ossido litiato di un metallo di transizione (LiTMO₂ con TM = Co, Ni, Mn) che garantisce una struttura a strati o a tunnel dove gli ioni di litio possono essere inseriti o estratti facilmente.

L'anodo è generalmente costituito da grafite allo stato litiato in cui ogni atomo è legato ad altri tre in un piano composto da anelli esagonali fusi assieme e che grazie alla delocalizzazione della nuvola elettronica conduce elettricità.

L'elettrolita è composto tipicamente da sali di litio come l'esafluorofosfato di litio (LiPF₆) disciolti in una miscela di solventi organici (carbonato di dimetile o di etilene) e la membrana separatrice è costituita normalmente da polietilene o polipropilene. I collettori di corrente sono generalmente costituiti da metalli che non devono reagire con l'elettrolita e sono solitamente il rame per l'anodo e l'alluminio per il catodo.

Le batterie litio/ioni sono una famiglia di accumulatori elettrochimici che si differenziano tra loro oltre che per la tecnologia dell'elettrolita (liquido o polimerico) anche per quella dei materiali catodici ed anodici. Il materiale catodico più utilizzato ed il primo ad essere usato è l'ossido litiato di cobalto (LiCoO₂) il quale presenta una buona capacità di immagazzinare ioni di litio, ma critico quando si verifica la sovraccarica della cella, che può determinare il collasso della struttura del materiale con conseguente rilascio di grande quantità di calore. Inoltre la lieve tossicità e l'elevato costo del cobalto ha determinato recenti sforzi per cercare alternative migliori.

Per migliorare la stabilità e ridurre i costi sono oggi realizzati catodi composti di ossidi misti a tre elementi di transizione a base di nichel/cobalto come l'NCA, NMC, che permettono di ottenere prestazioni superiori dell'ossido di cobalto con prezzi decisamente inferiori. Il materiale anodico maggiormente utilizzato è il carbonio nella forma allotropica della grafite, poiché permette di ottenere una capacità prossima a quella del litio metallico.

Come materiale anodico alternativo al carbonio ed alla grafite, è possibile utilizzare ossidi di titanio, per esempio anatasio e rutilio. In particolare, il titanato di litio Li_{4/3}Ti_{5/3}O₄ (LTO) è stato ampiamente studiato come materiale anodico ottimale da molti enti di ricerca nel mondo. Le batterie agli ioni di litio con anodo LTO possono garantire un'elevata potenza, una lunga durata ed una estrema sicurezza perché l'elettrodo LTO presenta vantaggi in termini di stasicità termica sia a basse temperature (-30°C) che ad alta temperatura (+70°C).

Rispetto alle altre tecnologie di batterie ricaricabili di alta qualità le batterie agli ioni di litio presentano una serie di vantaggi. Hanno una delle densità di energia più elevate di qualsiasi tecnologia di batteria oggi (100-265 Wh / kg o 250-670 Wh / L). Inoltre, le celle della batteria agli ioni di litio possono fornire fino a 3,6 Volt, 3 volte superiori rispetto a tecnologie come Ni-Cd o NiMH; ciò significa che possono fornire grandi quantità di corrente per applicazioni ad alta potenza. Le batterie agli ioni di litio inoltre richiedono una manutenzione relativamente bassa e non richiedono cicli programmati per mantenere la durata della batteria.

Le LIB non hanno effetto memoria, un processo dannoso in cui ripetuti cicli di carica o scarica parziale possono far sì che una batteria "ricordi" una capacità inferiore. Questo è un vantaggio rispetto sia al Ni-Cd che al Ni-MH, che mostrano questo effetto. Le batterie agli ioni di litio hanno anche un basso tasso di autoscaricamento di circa l'1,5-2% al mese e presentano buoni livelli di sicurezza.

CONSIDERAZIONI DI IMPATTO AMBIENTALE RELATIVE AI SISTEMI DI ACCUMULO

I requisiti generali di impatto ambientale riguardano, su scala globale, argomenti relativi alla progettazione, produzione dei componenti, installazione, funzionamento, manutenzione ed aspetti relativi al riciclo dei materiali, con particolare attenzione al rispetto dell'ambiente e del territorio ed allo sviluppo di prodotti non inquinanti.

I requisiti ambientali di un SdA (Sistemi di Accumulo) sono influenzati dalle condizioni di installazione (residenziale, industriale, Utility, SdA associato a generazione elettrica da fonte rinnovabili), dal tipo di tecnologia elettrochimica utilizzata e dalle tipologie di rischio tecnico introdotte nell'installazione.

I SdA sono influenzati dalle condizioni ambientali in cui vengono installati; a loro volta possono avere degli effetti rispetto all'ambiente circostante in caso di un evento non controllato. In tal senso, i SdA andrebbero considerati durante le condizioni di funzionamento usuali e non usuali.

Il principio generale definisce che in condizioni di funzionamento "usuali" i SdA non dovrebbero essere influenzati dalle condizioni ambientali che caratterizzano l'installazione. Le condizioni ambientali "non normali", disastro naturale o accidentale, dovrebbero avere un impatto il più possibile controllato nei riguardi del SdA e viceversa.

I SdA hanno un impatto sull'ambiente durante tutte le fasi del loro ciclo di vita, in termini di acquisizione dei materiali grezzi, produzione, distribuzione, uso applicativo e trattamenti di fine vita. A tal fine è appropriato ricevere dai fornitori un'analisi di impatto ambientale che generalmente contiene: analisi tecnica della tecnologia di accumulo utilizzata, livello di rumore, test sismici, effetti ambientali.

A titolo esemplificativo e non esaustivo, si possono considerare le seguenti condizioni climatiche e accidentali relative al punto di installazione del SdA:

Condizioni climatiche

- Temperatura
- Umidità
- Altitudine
- Caratteristiche geologiche

Condizioni accidentali di funzionamento e manutenzione

- Terremoto
- Vibrazione
- Allagamenti
- Incendio
- Esplosione

ANALISI DEL RISCHIO

Occorre prima premettere alcune precisazioni terminologiche e lessicali visto che i termini che verranno usati fanno parte di un lessico non scientifico e quindi si potrebbero ingenerare confusioni. Le definizioni che seguono sono prese dalla guida ICH Q9 "Quality risk management":

- **HARM (danno)** Damage to health, including the damage that can occur from loss of product quality or availability (Danno all'integrità includendo quello proveniente dalla perdita della qualità del prodotto o della sua disponibilità)
- **HAZARD (pericolo)** Potential source of harm (Sorgente potenziale di danno)
- **SEVERITY (severità o gravità o magnitudo)** Measure of the possible consequences of a hazard (Misura delle possibili conseguenze di un pericolo)
- **PROBABILITY (probabilità)** Extent to which the harm is likely to occur (Probabilità che si verifichi il danno)
- **RISK (rischio)** Combination of the probability of occurrence of harm and the severity of that harm (Combinazione della probabilità di accadimento di un danno e della severità del danno medesimo)
- **DETECTABILITY (rilevabilità)** Extent to which the harm is evident (Possibilità di rilevare il danno)
- **RISK ANALYSIS (analisi di rischio)** Use of available information to identify hazards and to estimate the risk (Utilizzo di informazioni disponibili per identificare i pericoli e per stimare il rischio)

Le tecniche più utilizzate per l'analisi del rischio sono:

- **Process/System Checklists** (Liste di controllo di processo/sistema)
- **Safety Review** (Revisione di sicurezza)
- **Preliminary Hazard Analysis** (Analisi preliminare di rischio)
- **"What If" Analysis** (Analisi "What If")
- **Cause-Consequence Analysis** (Analisi cause-conseguenze)
- **FMEA e FMECA**(Failure Modes and Effects Analysis, Failure Modes and Effects and Criticality Analysis): (Analisi dei modi di guasto, effetti e criticità)
- **HAZOP** (Hazard and Operability study): (Analisi di pericolo e funzionalità)
- **FTA** (Fault Tree Analysis): (Albero dei guasti)

-
- ETA (Event Tree Analysis): (Albero degli eventi)
 - Dow and Mond Hazard Indices: (Indici di rischio Dow and Mond)
 - HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points): (Analisi del pericolo e punti critici di controllo)

Senza addentrarci in ognuno dei sopraccitati, si descrivono solo i più usati. Ad esempio l'HAZOP è un metodo induttivo che consente di identificare potenziali deviazioni nel progetto di realizzazione di un sistema, rispetto agli intenti iniziali ("design intent"), di esaminarne le possibili cause valutandone le conseguenze. Il metodo FTA è un buon metodo per valutare i fattori che più influiscono su un parametro. I risultati mostrano una rappresentazione visiva dei "fallimenti" e una stima quantitativa delle probabilità del fallimento di ogni modalità.

Il FMEA e FMECA sono sovente applicati ad attrezzature e macchinari, e possono essere utilizzati anche per analizzare un processo di fabbricazione e per individuare passaggi ad alto rischio o parametri critici. La differenza tra FMEA e FMECA consiste nel fatto che con la tecnica originaria, la FMEA, si può condurre un'analisi solo qualitativa di difetti o malfunzionamenti (risk estimation).

La FMECA completa quindi il processo del FMEA incorporando un'indagine intorno al grado di severità e alla probabilità e rilevabilità di ogni evento, con una valutazione della criticità di ogni difetto o malfunzionamento (risk evaluation). Il risultato è la definizione dell'indice di priorità del rischio per ognuno dei sopraccitati eventi.

L'analisi del rischio viene effettuata relativamente alle caratteristiche relative all'installazione di SdA, basandosi sulla severità dell'accadimento e sulla probabilità che esso provochi un danno. A tal fine il Comitato Tecnico internazionale IEC TC 120 Electrical Energy Storage (EES) Systems, è attualmente al lavoro per produrre una Norma per gli aspetti di impatto ambientale e la sicurezza legati agli SdA.

STIMA COSTI E SOLUZIONI DI SMALTIMENTO SISTEMA DI ACCUMULO

Per lo smaltimento dei Sistemi di Accumulo in oggetto, particolare attenzione vanno poste per i rifiuti di tipo "Speciale" e "Tossico-nocivo":

Rifiuti di tipo speciale: in questa categoria sono compresi tutti quei rifiuti derivanti da lavorazioni dell'industria di trasformazione (industria chimica, raffinerie, concerie, ecc.), da attività artigianali (autofficine, laboratori artigianali, ecc.), attività agricole (allevamenti di animali, mangimifici, ecc.) che per quantità e qualità non si possano considerare assimilabili ai rifiuti urbani.

Rifiuti di tipo tossico-nocivo: in questa categoria sono compresi tutti quei rifiuti tossici o nocivi che sono contaminati o contengono in parte tutte le sostanze elencate nel DPR 915/82.

Lo smaltimento di questi rifiuti deve essere eseguito secondo le direttive vigenti nel paese dell'utilizzatore in ambito di tutela dell'ambiente e devono obbligatoriamente essere affidati solo ed esclusivamente a ditte autorizzate e specializzate per il trattamento specifico della sostanza stessa.

Riepilogo aspetti relativi allo smaltimento/ambientali per tecnologia di accumulatori elettrochimici:

TECNOLOGIA	Aspetti relativi allo smaltimento / Ambientali
Piombo acido	Contengono materiali parzialmente inquinanti, per cui lo smaltimento deve essere gestito da ditte autorizzate e specializzate. Dal 1998 è stato istituito il COBAI, Consorzio Obbligatorio per le Batterie al piombo esauste e rifiuti piombosi, che assicura la raccolta e il riciclaggio delle batterie esauste. Attualmente il metallo riciclato delle batterie esauste rappresenta il 40% della produzione italiana di piombo.
Nichel/cadmio	Il maggiore problema ambientale è legato all'apresenza dell'elettrodo di cadmio, un metallo pesante e tossico. Per tale ragione gli accumulatori nichel/cadmio sono classificati come rifiuti pericolosi. La Direttiva Europea 2006/66/EC stabilisce che le batterie nichel/cadmio per applicazioni industriali devono essere raccolte dal produttore e riciclate in strutture specializzate. Dal processo di riciclaggio è possibile recuperare il 99% dei metalli contenuti, e il cadmio derivante da questo processo è destinato alla realizzazione di nuovi accumulatori.
Litio / ioni	Non presentano problemi di inquinamento ambientale dato il ridotto livello di tossicità dei componenti costituenti le batterie. L'unico elemento che può presentare problemi ambientali è rappresentato dai solventi utilizzati all'interno degli elettroliti liquidi, i quali risultano infiammabili, irritanti e corrosivi.
Sodio / cloruro	Non presentano problemi dal punto di vista ambientale dato il carattere poco inquinante dei due elettroliti.

I trattamenti a cui le batterie verranno sottoposte al momento del riciclo e dello smaltimento dovranno rispettare le norme vigenti in materia di rispetto ambientale e sfruttamento del lavoro. A disciplinare gran parte delle attività industriali legate al trattamento dei rifiuti è la direttiva 2010/75/UE. Tuttavia, nel caso ci siano attività legate al trattamento dei rifiuti non previste o non contemplate dalle norme e dalle direttive europee, la proposta di legge delega alla Commissione il potere di adottare atti conformemente all'articolo 290 del TFUE11.

Il ciclo di vita convenzionale dei sistemi a batteria è stato fissato in 12 anni.

La stima che è stata fornita per i costi di smaltimento delle batterie si aggira sui 0,30÷0,60 € per ogni kg di batteria. Pertanto, considerando che il peso medio di un accumulo di una cella Lifepo è di circa 5.3 kg per una energia di 890 Wh (dimensioni di 175x72x204 mm) kg, e che per ogni container da 2'75 MWh vi siano internamente 3'070 celle, lo smaltimento delle batterie dei 36 container avrebbe un costo compreso tra i 175'000 e i 350'000 €.

Qui di lato è riportato un esempio di un pacco batterie tipo LifePo4:

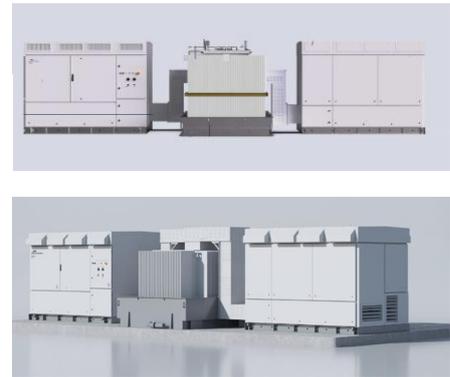
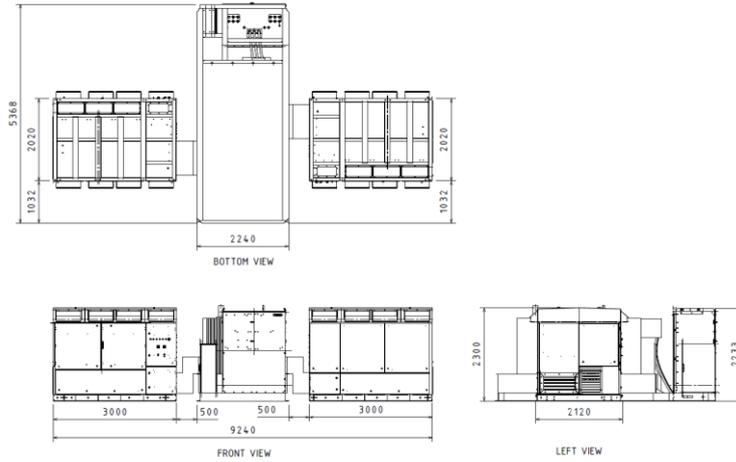
5)



3.2V Lifepo4 Battery 280ah
Prismatic Battery Cell per sistema solare

DATASHEET DEI PRINCIPALI COMPONENTI DEL SISTEMA DI STORAGE

- ***TWIN SKID COMPACT***
- ***FREEMAQ MULTI PCSK 690V***
- ***SOLBANK CSI-SBP-5048280V01***



Twin Skid Compact

RATINGS	Power range @ 40 °C	3050 kVA - 8780 kVA
	Power range @ 50 °C	2830 kVA - 8150 kVA
MEDIUM VOLTAGE EQUIPMENT	MV voltage range	11 kV / 13.2 kV / 13.8 kV / 15 kV / 20 kV / 22 kV / 23 kV / 25 kV / 30 kV / 33 kV / 34.5 kV
	LV voltage range	480 V / 500 V / 530 V / 600 V / 615 V / 630 V / 645 V / 660 V / 690 V
	Transformer cooling	ONAN
	Transformer vector group	Dy11y11
	Transformer protection	Protection relay for pressure, temperature (two levels) and gassing. Monitoring of dielectric level decrease. PT100 optional.
	Transformer index of protection	IP54
	Transformer losses	IEC standard or IEC Tier-2.
	Oil retention tank	Galvanized steel. Integrated with hydrocarbon filter. Optional
	Switchgear configuration	Double feeder (2L)
	Switchgear protection	Circuit breaker (V)
CONNECTIONS	Switchgear short circuit rating ^[1]	16 kA 1 s (optionally 20 kA or 25 kA)
	Switchgear IAC ^[1]	A FLR 16 kA 1 s
	LV-MV connections	Close coupled solution (plug & play)
	LV protection	Motorized circuit breaker included in the inverter
ENVIRONMENT	HV AC wiring	MV bridge between transformer and protection switchgear prewired
	Ambient temperature range ^[2]	-25 °C... +50 °C (T > 50 °C power derating)
	Maximum altitude (above sea level) ^[1]	Up to 1000 m
AUXILIARY SERVICES	Relative humidity	4% to 95% non condensing
	User cabinet	Integrated in the inverter (by default). Optionally, LV cabinet in the skid.
OTHER EQUIPMENT	UPS system ^[1]	1 kVA/1 kW (12 minutes). Optional
	Safety mechanism	Interlocking system
STANDARDS	Fire suppression system	Transformer oil tank retention accessory. Optional.
	Compliance	IEC 62271-212, IEC 62271-200, IEC 60076, IEC 61439-1

NOTES
 [1] Consult with Power Electronics for other options.
 [2] For lower temperatures, consult with Power Electronics.

POWER ELECTRONICS

FREEMAQ MULTI PCSK

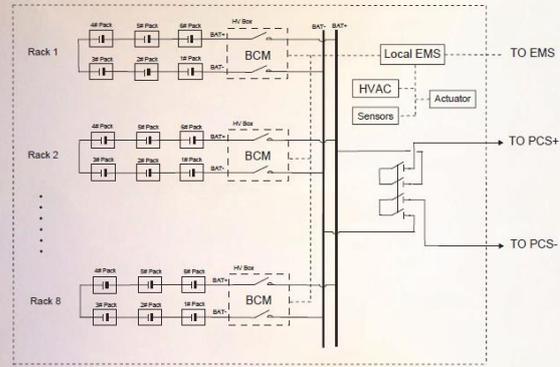
TECHNICAL CHARACTERISTICS

FREEMAQ MULTI PCSK 690V

REFERENCES		FRAME 2	FRAME 4	
		FP2195K2	FP4390K2	FP4390K4
AC	AC Output Power (kVA/kW) @40°C ^[1]	2195	4390	
	AC Output Power (kVA/kW) @50°C ^[1]	2035	4075	
	Max. AC Output Current (A) @40°C	1837	3674	
	Operating Grid Voltage (VAC)	690V ±10%		
	Operating Grid Frequency (Hz)	50/60 Hz		
	Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% per IEEE519		
	Power Factor (cosine phi) ^[2]	0.5 leading...0.5 lagging		
	Reactive power compensation	Four quadrant operation		
	DC	DC Voltage Range	976V-1500V	
Maximum DC voltage		1500V		
DC Voltage Ripple		< 3%		
Max. DC continuous current (A)		2295	4590	
Battery Technology		All type of batteries (BMS required)		
Number of separate DC inputs		2	2	4
EFFICIENCY & AUX. SUPPLY	Efficiency (Max) (η) (preliminary)	98.84%	98.93%	
	Euroeta (η) (preliminary)	98.45%	98.65%	
	Max. Power Consumption (kVA) (preliminary)	8	10	
CABINET	Dimensions [WxDxH] (ft)	9.8 x 6.6 x 7.2		
	Dimensions [WxDxH] (m)	3.0 x 2.0 x 2.2		
	Weight (lbs) (preliminary)	11465	12125	
	Weight (kg) (preliminary)	5200	5500	
ENVIROMENT	Type of ventilation	Forced air cooling		
	Degree of protection	NEMA 3R / IP55		
	Permissible Ambient Temperature	-35°C to +60°C, >50°C / Active Power derating (>50°C)		
	Relative Humidity	4% to 100% non condensing		
	Max. Altitude (above sea level)	2000m / >2000m power derating (Max. 4000m)		
	Noise level ^[3]	< 79 dBA		
CONTROL INTERFACE	Communication protocol	Modbus TCP		
	Power Plant Controller	Optional. Third party SCADA systems supported		
	Keyed ON/OFF switch	Standard		
PROTECTIONS	Ground Fault Protection	Insulation monitoring device		
	Humidity control	Active Heating		
	General AC Protection & Disconn.	Circuit Breaker		
	General DC Protection & Disconn.	DC switch ^[4]		
	Overvoltage Protection	AC and DC protection (type 2)		
CERTIFICATIONS	Safety	UL1741, CSA 22.2 No.107.1-16, IEC62109-1, IEC62109-2		
	Utility interconnect ^[5]	UL 1741 SA - Feb. 2018, IEEE 1547.1-2005		



Circuit Diagram



System Parameters

DC Data

Cell chemistry	LFP
Rated capacity (cell)	280Ah
Rated voltage (cell)	3.2V
Configuration of system	8x1P414S
DC usable capacity @ FAT	2.75MWh
Battery Voltage Range	1159.2V-1490.4V
Nominal Power	1.375MW
Charging/Discharging Mode	0.5P

General Data

Dimensions of ESS unit (WxDxH)	6058 x 2438 x 2896 mm
Weight of ESS unit	30 tons
IP rating	IP55
Operating ambient temperature range	-30°C to 55°C
Relative humidity	≤95%RH
Cooling concept	Liquid Cooling
Fire suppression system	Multiple sensor Detection
Auxiliary power interface	AC480V/60Hz, 3 phase 5 wire
communication interfaces	Modbus TCP/IP
Communication protocols	Ethernet
Altitude	<2000m
Seismic Parameters	Zone4
Certifications	UL1973, UL9540, UL9540A, UN 38.3

Canadian Solar SSES (US) Inc.
545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.csisolar.com