

Comune di : ROTELLO

Provincia di : CAMPOBASSO

Regione : MOLISE



PROPONENTE



sonnedix

SONNEDIX SANTA CHIARA srl  
Via Ettore da Sonnaz, 19  
10121 TORINO (TO)  
P.I. 12214330016

OPERA

## PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGROFOTOVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI  
A 63.628,80 kWp E POTENZA DI IMMISSIONE PARI A 62.698,00 KW  
E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

"VERTICCHIO"

OGGETTO

TITOLO ELABORATO :

SISTEMA DI ACCUMULO INTEGRATO

DATA : 18 febbraio 2022

N°/CODICE ELABORATO :

SCALA : -----

Tipologia : REL (RELAZIONI)

REL 020

I TECNICI

PROGETTISTI:



EDILSAP s.r.l.  
Via di Selva Candida, 452  
00166 ROMA  
Ing. Fernando SONNINO  
Project Manager

TIMBRI E FIRME:



01	201901325	Emissione per Progetto Definitivo . Richiesta V.I.A. e A.U.	EDILSAP srl	Ing. Fernando Sonnino	Ing. Fernando Sonnino
00	201901325	Emissione per Progetto Definitivo . Richiesta V.I.A. e A.U.	EDILSAP srl	Ing. Fernando Sonnino	Ing. Fernando Sonnino
N° REVISIONE	Cod. STMG	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

## Sommario

<b>1. Premessa</b>	<b>3</b>
1.1 Inquadramento Generale	4
<b>2 Sistema di Accumulo</b>	<b>5</b>
2.1 Container Batterie	5
2.1.1 Batterie	5
2.1.2 Container	7
2.2 Quadri Parallelo DC	11
2.3 PCS	12
2.3.1 Inverter di Conversione	12
2.3.2 Trasformatore	15
2.3.3 Quadro MT	16
2.3.4 Sistemi Ausiliari	17
2.3.5 Container	18
2.4 Connessione del Sistema di Accumulo	19
2.5 BMS	19
<b>3 Appendice 1 – Container Batterie</b>	<b>21</b>
<b>4 Appendice 2 – Inverter di Conversione</b>	<b>24</b>
<b>5 Appendice 3 – PCS</b>	<b>26</b>

## 1. Premessa

La presente relazione con funzione di disciplinare tecnico descrittivo e prestazionale ha lo scopo descrivere tecnicamente i componenti principali del Sistema di Accumulo e verificarne il corretto coordinamento e coordinamento con l'impianto di generazione di energia elettrica da fonte Agrofotovoltaica denominato "Verticchio", da ubicarsi nel Comune di Rotello (CB), di potenza nominale complessiva pari a circa 63,629 MWp e di potenza di immissione in rete pari a 62,698 MW. Il Sistema di Accumulo è l'insieme di dispositivi, apparecchi e logiche di gestione e controllo, funzionale ad assorbire e rilasciare energia elettrica, previsto per funzionare in maniera continuativa in parallelo all'impianto di produzione Fotovoltaico.

Al confine Est della SSEE Utente condivisa sarà previsto un sistema di accumulo integrato per l'impianto di SONNEDIX SANTA CHIARA srl, in un'area di circa 4.900 mq, costituito da 6 Cabine Power Station e 15 container di batterie al litio.

Nello specifico caso il Sistema di Accumulo rilascerà l'energia elettrica accumulata in modo che la potenza immessa in rete non superi in nessun caso la potenza indicata da Terna nella STMG; in estrema sintesi il Sistema di Accumulo è caratterizzato dai seguenti dati nominali:

$$70\text{MWh} - 17,1\text{MW}_{\text{AC}}$$

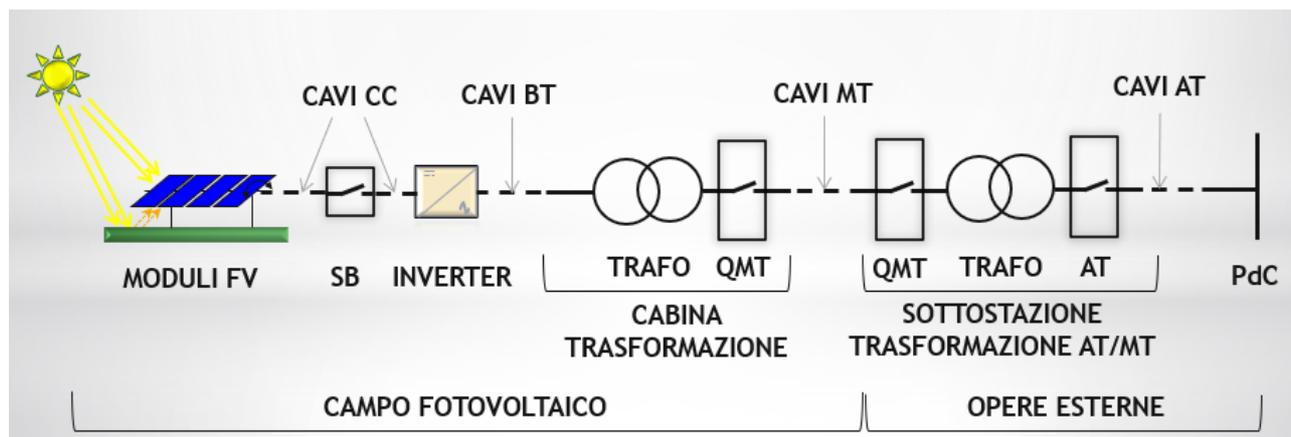
Nella presente relazione verranno descritti più dettagliatamente i componenti principali che costituiscono il Sistema di Accumulo, ovvero:

- i container batterie;
- i quadri di parallelo DC;
- le cabine Power Conversion System (di seguito PCS);
- la connessione del Sistema di Accumulo con l'impianto fotovoltaico e la rete;
- sistema di supervisione (di seguito BMS).

Si ritiene opportuno sottolineare che la scelta definitiva del produttore/modello di ogni apparecchiatura sarà effettuata in fase di progettazione costruttiva in seguito all'esito positivo della procedura autorizzativa, sulla base delle attuali condizioni di mercato nonché delle effettive disponibilità da parte dei produttori. L'architettura d'impianto non subirà comunque alcuna variazione significativa.

## 1.1 Inquadramento Generale

L'impianto di generazione di energia elettrica da fonte agrofotovoltaica è tipicamente molto vasto, poiché l'energia viene generata da ogni modulo fotovoltaico. Compito dei collegamenti elettrici è convogliare tutta l'energia prodotta in un solo punto. Di seguito illustrato uno schema di principio dell'impianto fotovoltaico:



L'impianto FV ha la capacità di generare energia elettrica dai Moduli FV: ogni singolo Modulo FV trasforma l'irraggiamento solare in energia elettrica, generata in forma di corrente continua.

Per il presente impianto sono stati previsti moduli con tecnologia bifacciale, ovvero in grado di convertire in energia elettrica sia la radiazione diretta dal sole che la radiazione sul lato posteriore dei moduli stessi (prevalentemente radiazione diffusa e riflessa dal terreno).

I pannelli FV sono posizionati su strutture dedicate (strutture FV), che sono in grado di massimizzare l'irraggiamento dal quale è investito il pannello lungo l'arco dell'intera giornata, e collegati elettricamente in serie a formare una "stringa" di moduli.

L'energia prodotta dai moduli FV è raggruppata tramite collegamenti in cavo CC e quadri di parallelo stringa (o string boxes – "SB"), e successivamente immessa negli inverter centralizzati che sono in grado di trasformare l'energia elettrica da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) in Bassa Tensione (BT). L'energia disponibile in corrente alternata BT verrà quindi trasformata dal trasformatore in Media Tensione (MT).

L'energia disponibile in corrente alternata MT verrà portata alla cabina generale SSEE Utente tramite collegamenti (cavi MT), dove verrà raggruppata e resa disponibile alle linee MT di trasmissione tra il campo FV e la Sottostazione AT/MT di Terna per l'immissione in rete.

L'energia verrà portata nel Punto di Connessione (PdC) tramite un cavidotto in Alta Tensione (cavi AT) e quindi consegnata alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

## 2 Sistema di Accumulo

Come già introdotto nella premessa, in questo capitolo la descrizione dettagliata dei principali componenti del Sistema di Accumulo.

### 2.1 Container Batterie

Il presente Sistema di Accumulo prevede l'utilizzo di nr. 15 container opportunamente equipaggiati per alloggiare batterie al Litio, ognuno con una capacità massima pari a 5'184kWh con una tensione di riferimento pari a 1'152V<sub>DC</sub>. Con questa configurazione sono disponibili fino a 77'760kWh di capacità, al fine di garantire la capacità netta pari a 70'000kWh.

#### 2.1.1 Batterie

Sono previste batterie a ioni di Litio che è la tecnologia utilizzata più efficacemente per i sistemi di accumulo di energia, perché gli ioni di Litio hanno una densità di carica molto elevata, la più alta di tutti gli ioni che si sviluppano naturalmente. Gli ioni di Litio sono piccoli, mobili e rapidamente immagazzinabili permettendo alle batterie di essere tra le più compatte.

Il funzionamento della batteria è caratterizzato da:

- un intervallo di tensione (range) di funzionamento; la batteria che conserva energia al 50% della sua capacità può durare molto di più di una batteria che conserva energia al 100% della sua capacità; d'altra parte, è molto pericoloso mantenere una batteria al di sotto di una soglia minima, poiché questo renderebbe la batteria irrecuperabile;
- un certo numero e velocità di ciclo di carica/scarica; si definisce un fattore in multipli di "C": i valori tipici sono 0,5C (scarica in mezz'ora), 1,0C (scarica in un'ora), 2,0C (scarica in 2 ore). La carica e scarica di una batteria si misura con la tensione rilevata ai capi della stessa e ogni batteria è definita dalla capacità di lavorare all'interno di un range di tensioni: il valore minimo identifica batteria scarica, il valore massimo batteria completamente carica;
- un intervallo di temperatura; le batterie soggette ad alte temperature e/o irraggiamento diretto, sono soggette a guasti; il guasto di un componente che contiene energia è particolarmente gravoso, perché l'energia immagazzinata tende a liberarsi, quindi in funzione della quantità di energia potrebbero prendere fuoco o esplodere; dato che nel normale funzionamento di carica e scarica, le batterie tendono a surriscaldarsi, è di cruciale importanza il mantenimento delle batterie all'interno di ambienti controllati, capaci di isolare le batterie dall'ambiente esterno e di smaltire il calore prodotto dalle batterie stesse;

- le batterie sono particolarmente soggette a degrado se non vengono utilizzate, per cui si definisce anche una vita media del prodotto anche se il periodo passivo di stoccaggio è particolarmente lungo.

Il container di alloggio delle batterie dovrà quindi avere un sistema di isolamento termico e raffreddamento ottimo ed estremamente affidabile, ed un sistema di spegnimento incendi particolare, che rilevi immediatamente sovratemperature interne a spot e/o valori elettrici anomali ed estingua automaticamente ogni innesco di incendio.

Le batterie vengono disposte in celle elementari contenute in un involucro di alluminio che ha caratteristiche eccellenti in particolare in merito alla conducibilità, sicurezza e dispersione termica verso l'esterno del calore generato dalla batteria stessa. Le caratteristiche meccaniche ed elettriche della cella elementare sono:



- Dimensioni : 130x36x240 [mm]
- Capacità nominale : 400 [Wh]
- Tensione Nominale : 3,2 [V]
- Fattore di scarica : raccomandato 0,5C – utilizzabile fino a 1,0C

Le varie celle elementari saranno raggruppate in moduli, in modo da creare un cassetto di dimensioni e meccanica adatta per essere alloggiato all'interno di un rack. Ogni modulo è costituito da 48 celle elementari.



Il sistema di alloggio e fissaggio è progettato per garantire una dispersione termica, già buona in ventilazione naturale e atta ad avere la massima efficienza con ventilazione forzata. Le caratteristiche meccaniche ed elettriche del modulo sono:

- Dimensioni : 400x864x265 [mm]
- Capacità nominale: 19'200 [Wh]
- Tensione Nominale: 76,8 [V]
- Corrente di scarica: raccomandato 125A (0,5C-4h) – utilizzabile fino a 250A (1,0C-2h)
- Peso : 141kg

I vari moduli verranno raggruppati ed alloggiati nei rack, che saranno in grado di contenere fino a 16 unità, 15 utilizzati per inserire i moduli batteria, che verranno opportunamente collegati dal punto di vista elettrico al fine di rendere disponibili in un range di tensione adeguato per i convertitori, l'uscita dei cavi DC; i collegamenti arriveranno fino all'ultima unità, posizionata in alto sulla colonna di sinistra, dove verrà posizionato il modulo protezione batterie, che avrà doppia funzione: dal punto di vista di potenza, di aprire o chiudere il circuito attraverso un sezionatore 2P dedicato; dal punto di vista di supervisione/sicurezza, di raccogliere tutti i segnali da e verso i vari moduli batteria. Le caratteristiche meccaniche ed elettriche del modulo sono:

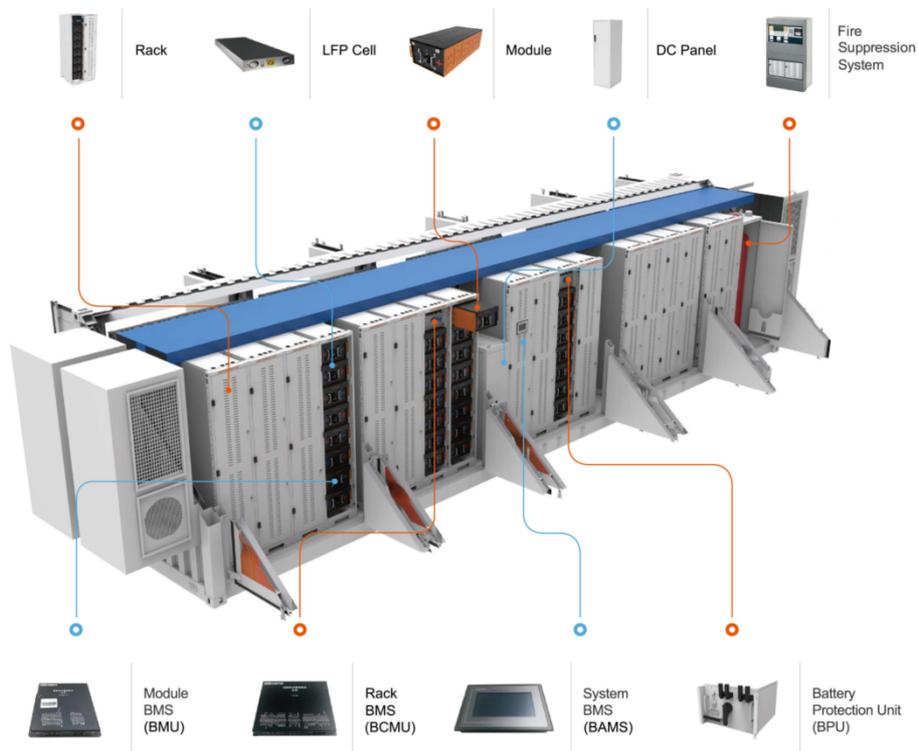
- Dimensioni : 2x(500x938x2400) [mm]
- Capacità nominale : 288'000 [Wh]
- Range Tensione : 1'008...1'296 [V]
- Corrente di scarica : (0,5C-4h) – fino a (1,0C-2h)
- Peso : 2'575kg

Il rack sarà collaudato e certificato in accordo alle Norme IEC valide in ambito di Sicurezza.

#### 2.1.2 Container

I rack batterie saranno posizionati all'interno di container, in soluzione derivata da High Cube 40'' marine container. Di seguito la vista del container chiuso ed un esploso dello stesso che evidenzia i componenti principali:





Di seguito si riporta una specie di legenda che vuole avere anche la funzione di descrizione preliminare dei componenti principali installati all'interno del container batterie:

LFP Cell – è la cella elementare delle batterie, già ampiamente descritta nel paragrafo precedente; la cella elementare è adatta ad essere raggruppata nei moduli;

Module – è il modulo, all'interno del quale sono posizionate e collegate 48 celle elementari; il modulo è adatto ad essere installato all'interno dei rack: 1 modulo = 1 unità rack;

Battery Protection Unit (BPU) – è il modulo di sezionamento batterie, in grado di aprire / chiudere il circuito di potenza verso l'esterno del rack: 1 modulo = 1 unità rack;

Rack – è l'armadio, ogni colonna è adatta per ospitare fino ad 8 unità rack; nella presente configurazione sono previsti multipli di armadi a due colonne, quindi un totale di 16 unità rack, equipaggiati con 15 moduli batterie e 1 modulo interfaccia;

DC Panel – è il quadro di interfaccia lato potenza tra i rack batteria (ed in particolare BPU) ed i quadri di parallelo DC (Corrente Continua); al suo interno sono previsti:

- fusibili di protezione per ogni ingresso lato rack,
- sensori di corrente per la misurazione del flusso di corrente DC,
- contattore DC per l'apertura / chiusura automatico e da distanza del circuito di potenza verso l'esterno del container,

- interruttore DC per proteggere elettricamente il circuito di potenza, con apertura automatica in caso di guasto rilevato dai sensori di corrente.

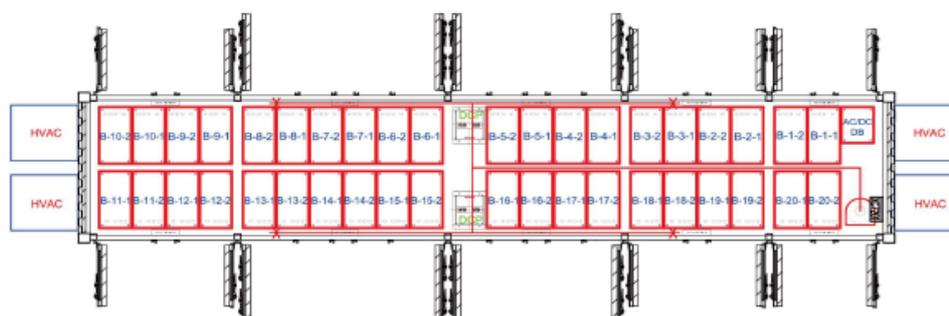
Rack BMS – è il modulo di comunicazione batterie e concentrare i segnali di controllo di tutti i moduli batterie ad esso collegati;

Module BMS (BMU) – è l’unità di concentrazione dei segnali provenienti dai vari Rack BMS inseriti nel container;

System BMS (BAMS) – è l’interfaccia locale del BMS, con schermo di interfaccia locale uomo-macchina che supervisione stato e comandi di tutti i moduli BMS del container, e trasmette tutto all’unità centrale di BMS;

Fire Suppression System – è il sistema di rilevazione anti-incendio con funzione anche inibizione e spegnimento di tutte le unità fonti potenziali di incendio nel container.

Di seguito il particolare della vista preliminare dall’alto in versione preliminare:



Nel presente Sistema di Accumulo sono previsti nr. 15 container, ognuno avente le seguenti caratteristiche essenziali:

- Nr. rack per container : 18
- Nr. Moduli per container : 270
- Nr. Celle elementari per container : 12'960
- Energia Installata per container : 5,184MWh
- Energia utilizzabile per container : 4,666MWh
- Tensione Nominale : 1'152 [V<sub>DC</sub>]
- Range Tensione : 1'008...1'296 [V<sub>DC</sub>]
- Dimensioni : Standard 40'' HC → ~ 14x2,9x2,5 [m] \*
- Peso : 62,16 [ton] \*
- Classe di resistenza al fuoco : F90 Fire Retard

(\*) – dimensioni e peso del container: 62,16 tonnellate è un peso assolutamente impegnativo per cui è necessario approfondire la modalità di gestione dei componenti di ogni container; il container non viaggerà completamente accessoriato, ma verranno montati in cantiere:

- gli armadi del sistema di condizionamento, che escono dalla sagoma del container 40'' HC verranno trasportati separatamente, provvedendo al montaggio delle unità esterne direttamente in cantiere;
- il peso del container è riferito al container completamente accessoriato; è doveroso sottolineare il fatto che il container arriverà come già detto senza unità esterne del sistema di condizionamento (circa 2,5ton), e, soprattutto, tutti i rack batterie saranno senza moduli batterie, che arriveranno separatamente (questa è una richiesta obbligatoria anche per una questione di sicurezza), per cui con un peso inferiore di

$$18 \text{ [rack/container]} \times 15 \text{ [moduli batterie / rack]} \times 141 \text{ [kg/modulo batterie]} = \\ = 38,07 \text{ [tons]}$$

Il container così avrà una sagoma per il trasporto standard 40'' HC ed un peso attorno alle 20 ton, per cui anche questo valore è standard.

## 2.2 Quadri Parallelo DC

I quadri parallelo DC utilizzati per tutto il Sistema di Accumulo sono 6, uno per ogni PCS.

I quadri parallelo DC hanno il compito di collegare l'inverter di conversione CA/CC e CC/CA ai container batterie, in modo che tra inverter e armadi di parallelo DC ci sia un solo collegamento DC opportunamente dimensionato.

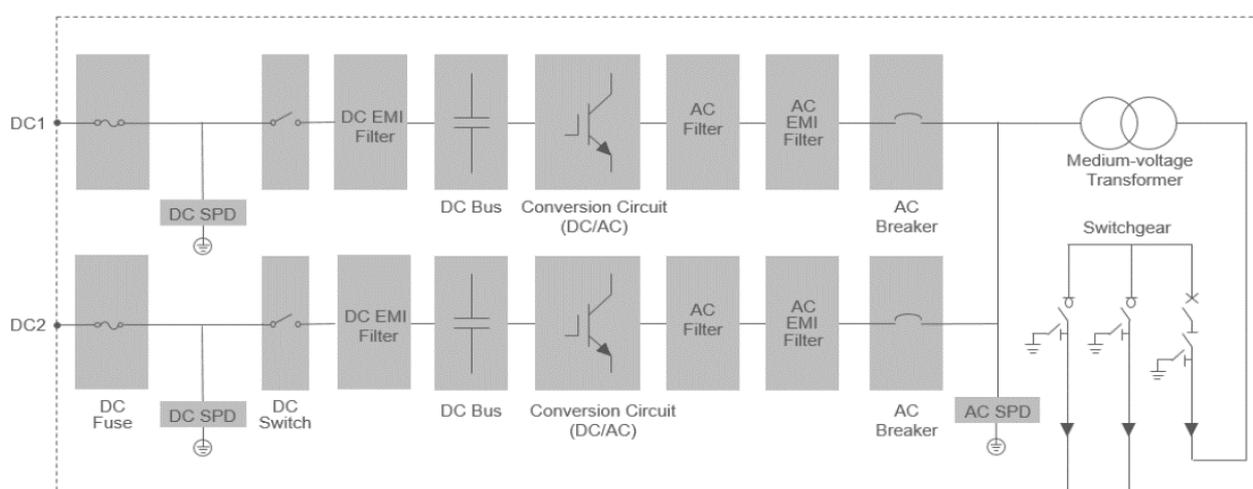
I quadri parallelo DC sono realizzati in vetro-resina in modo da garantire una classe di isolamento II ed ubicate in prossimità dell'inverter di conversione abbinato, installata in un apposito chiosco in grado di proteggerle dall'esposizione diretta all'irraggiamento solare. Nella seguente tabella sono riportate le loro principali caratteristiche.

<b>Input</b>	< 5 ingressi
<b>Fusibili</b>	350A gPV – 1'500V (2 per stringa – “+” e “-“)
<b>Scaricatore sovratensione</b>	I+II (sulla barra parallelo DC)
<b>Output</b>	Diretto dal sistema sbarre DC
<b>Classe di Isolamento</b>	II
<b>Grado di protezione</b>	IP 65
<b>Dimensioni</b>	820x1'422x425 mm
<b>Peso</b>	50 kg
<b>Temperatura di funzionamento</b>	-5...+55°C

### 2.3 PCS

Il Power Conversion System prevede l'utilizzo di nr. 6 container opportunamente equipaggiati per alloggiare un sistema di conversione CC/CA e CA/CC, ognuno con una capacità massima pari a 2'850kW<sub>AC</sub> con una tensione di riferimento pari a 630V<sub>AC</sub>. Con questa configurazione sono disponibili fino a 18'900kVA di capacità, al fine di garantire una potenza attiva netta pari a 17'100kW<sub>AC</sub>.

Di seguito è illustrato lo schema elettrico semplificato della parte potenza del PCS utilizzato per questo Sistema di Accumulo.



#### 2.3.1 Inverter di Conversione

Sono previsti nr. 2 Inverter di conversione per ogni PCS; gli inverter di conversione utilizzati per tutti l'impianto sono del costruttore Sungrow, modello SC1575UD. Ogni singola macchina è in grado di convertire fino a 1'575kVA, per cui l'utilizzo di due inverter collegati in parallelo, identifica una potenza massima di conversione del PSC pari a 3'150kVA. Di seguito è illustrato il modello SC1575UD.



Lato DC – gli inverter di conversione avranno un unico ingresso in cavi DC provenienti dai quadri parallelo DC; l'ingresso sarà protetto da fusibili DC opportunamente dimensionati con scaricatore di sovratensione e interruttore DC per la protezione ed il sezionamento dei circuiti DC inverter con circuiti DC batterie.

Lato AC – l'inverter avrà l'uscita verso un sistema sbarre AC comune tra i due inverter previsti per la PCS; ogni inverter sarà opportunamente protetto tramite interruttore automatico; il sistema sbarre AC sarà collegato direttamente al lato BT del trasformatore MT/BT.

Gli inverter, aventi grado di protezione IP 65, saranno installati direttamente sulla struttura skid in configurazione per esterno (outdoor) risultano adatti ad operare nelle condizioni ambientali che caratterizzano il sito di installazione dell'impianto FV.

Ciascun inverter è in grado di monitorare, registrare e trasmettere automaticamente i principali parametri elettrici in corrente continua ed in corrente alternata. L'inverter selezionato è conforme alla norma CEI 0-16.

Nella tabella della pagina successiva si riportano le principali caratteristiche tecniche dell'inverter selezionato.

Model	SC1200UD	SC1375UD	SC1575UD	SC1725UD
<b>DC side</b>				
Max. DC voltage			1500 V	
Min. DC voltage	700V	800V	915V	1000V
DC voltage range for nominal power	700 – 1500 V	800 – 1500 V	915 – 1500 V	1000 – 1500 V
Max. DC current			1936 A	
No. of DC inputs			1	
<b>AC side (Grid)</b>				
AC output power	1320 kVA @ 25 °C (77 °F) / 1200 kVA @ 45 °C (113 °F)	1512 kVA @ 25 °C (77 °F) / 1375 kVA @ 45 °C (113 °F)	1732 kVA @ 25 °C (77 °F) / 1575 kVA @ 45 °C (113 °F)	1897 kVA @ 25 °C (77 °F) / 1725 kVA @ 45 °C (113 °F)
Max. AC current	1587 A @ 25 °C (77 °F) / 1443 A @ 45 °C (113 °F)			
Nominal AC voltage	480 V	550 V	630 V	690 V
AC voltage range	422 – 528 V	484 – 605 V	554 – 693 V	607 – 759 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz			
Max. THD of current	< 3 % (at nominal power)			
DC component	< 0.5 % In			
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	>0.99 / 1 leading – 1 lagging			
Adjustable Reactive power	-100 % – 100 %			
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3			
<b>AC side (Off-Grid)</b>				
Nominal AC voltage	480 V	550 V	630 V	690 V
AC voltage range	422 – 528 V	484 – 605V	554 – 693V	607 – 759V
AC voltage Distortion	< 3 % (Linear load)			
DC voltage component	< 0.5 % Un (Linear balance load)			
Unbalance load Capacity	100 %			
Nominal Voltage frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz			
<b>Efficiency</b>				
Max. efficiency / CEC efficiency	98.9 % / 98.5 %			
<b>Protection</b>				
DC input protection	Load break switch + fuse			
AC output protection	Circuit breaker			
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type II			
Grid monitoring / Ground fault monitoring	Yes / Yes			
Insulation monitoring	Yes			
Overheat protection	Yes			
<b>General Data</b>				
Dimensions (W*H*D)	1080 * 2400 * 1400 mm 42.5" * 94.5" * 55.1"			
Weight	1500 kg 3307 lbs			
Isolation method	Transformerless			
Degree of protection	IP65 NEMA 4X			
Operating ambient temperature range	-35 to 60 °C (> 45 °C derating) -31 to 140 °F (> 113 °F derating)			
Allowable relative humidity range	0 - 100 % (non-condensing)			
Cooling method	Temperature controlled forced air cooling			
Max. operating altitude	4000 m (> 2000 m derating) 13123 ft (> 6561 ft derating)			
Display	LED, WEB HMI			
Communication	RS485, CAN, Ethernet			
Compliance	CE, IEC 62477, IEC 61000, UL1741, UL1741 SA, IEEE1547			
Grid support	L/HVRT, L/HFRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Volt-var, Volt-watt, Frequency-watt			

### 2.3.2 Trasformatore

All'interno di ciascuna cabina sarà ubicato un trasformatore elevatore MT/BT, raffreddato ad olio, sigillato ermeticamente ed installato su apposita vasca di raccolta olio.

Ogni trasformatore è essenzialmente definito da potenza nominale ed un rapporto di trasformazione pari tensione primaria / tensione secondaria. Le principali caratteristiche della macchina selezionata sono riportate di seguito.

<b>Caratteristiche costruttive</b>	Ermetico - KNAN Natural Oil (FR3)
<b>Potenza</b>	3'150 kVA
<b>Gruppo vettoriale</b>	Dy11
<b>Tensione primario - V<sub>1</sub></b>	33'000 V
<b>Tensione secondario - V<sub>2</sub></b>	630 V
<b>Frequenza nominale</b>	50 Hz
<b>V<sub>cc</sub></b>	6%
<b>Perdite nel ferro</b>	≤ 0,15%
<b>Perdite nel rame</b>	≤ 0,8%
<b>Dimensioni</b>	2,1x1,5x2 [m]
<b>Peso – con olio</b>	5,5t – 4,5t
<b>Peso – senza olio</b>	4t – 3,5t

L'olio utilizzato come isolante all'interno del trasformatore è del tipo naturale FR3, quindi caratterizzato da un minor impatto ambientale rispetto al più "tradizionale" olio minerale in quanto realizzato interamente con oli vegetali biodegradabili e con punto di fuoco molto più alto. Sono previsti non più di 1'800 litri di olio per ogni macchina.

In accordo con le Normative di riferimento, ed in particolare la IEC 60076-1/2/3, la potenza di un trasformatore è definita ad una temperatura ambiente di riferimento pari a 40°C; essendo una macchina passiva, il limite di potenza è definito in funzione di un surriscaldamento dei componenti e della relativa vita utile del componente con classe termica inferiore. Dato che la temperatura raggiunta dal singolo componente è in funzione sia della temperatura ambiente che della potenza passante:

- per T. amb < 40°C, la potenza sopportata dal trasformatore sarà superiore alla potenza nominale;

- per  $T. amb > 40^{\circ}C$ , la potenza sopportata dal trasformatore sarà inferiore alla potenza nominale.

Nel verificare il coordinamento inverter-trasformatore saranno considerati solo i due punti a temperatura ambiente 40 e 50°C, e sarà debitamente tenuto in conto il fattore di utilizzo del sistema di accumulo che, per caratteristiche già evidenziate nel paragrafo dedicato, non sarà particolarmente gravoso.

In particolare il costruttore è tenuto a condividere la curva potenza in funzione della temperatura ambiente: durante la progettazione esecutiva sarà necessario verificare il completo coordinamento inverter-trasformatore MT/BT lungo tutti i range possibili di temperatura ambiente.

Il trasformatore è corredato dei relativi dispositivi di protezione elettromeccanica, quali sensori di temperatura, relè Buchholtz., ecc; nella figura sottostante è riportata un'immagine esemplificativa della tipologia di trasformatore installato presso ciascuna cabina.



### 2.3.3 Quadro MT

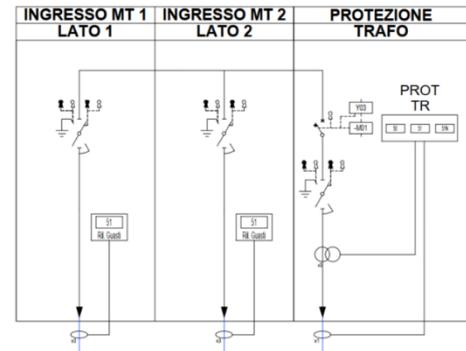
Il quadro di media tensione (QMT) è classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

36kV-16kA-630A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

ovvero in particolare con l'Internal Arc Certification (IAC) su tutti e 4 i lati (Fronte Lati Retro) a massima sicurezza dell'operatore.

Il quadro sarà composto da tre unità, il cui schema elettrico di principio è illustrato a fianco; le tre unità saranno:

- nr. 2 per l'attestazione dei cavi di MT sia lato rete che lato campo; dato che la distribuzione della rete MT di collegamento delle PCS è ad anello aperto, questi scomparti saranno accessoriati con:
  - sistema di interblocchi a chiave per garantire la sicurezza dell'operatore nelle manovre di manutenzione straordinaria e/o per riconfigurazione anello aperto;
  - rilevatore di guasto (51) per segnalazione a locale e a distanza dell'avvenuto guasto.
- nr. 1 per la protezione trasformatore MT/BT, con un relè di protezione dedicato per le protezioni:
  - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
  - massima corrente omopolare per la rimozione dei guasti monofase a terra (51N).



#### 2.3.4 Sistemi Ausiliari

Ogni PCS ha un sistema ausiliari per l'alimentazione dei carichi interni necessari per il funzionamento dello stesso PCS, piuttosto che alimentazione dei sistemi ausiliari dei container batteria.

Nella sezione in bassa tensione saranno ubicati due quadri in bassa tensione contenenti:

- Quadro di alimentazione sezione ausiliari;
- Trasformatori BT/BT (isolato in resina) di potenza nominale pari a 30-50 kVA per l'alimentazione dei servizi ausiliari;
- Un quadro di distribuzione secondaria per l'alimentazione dei carichi della cabina di trasformazione, suddivisi in
  - Sezione "normale" di alimentazione dei servizi non essenziali;
  - Sezione "preferenziale" sotto UPS, dedicata all'alimentazione dei servizi essenziali, quali ad esempio: comandi elettrici di emergenza, SCADA per segnalazione allarmi e stato dei componenti principali.
- Un quadro UPS per alimentazione di emergenza (6kVA – 230/230V, autonomia 2h@ 200 VA).

### 2.3.5 Container

I componenti del PCS saranno posizionati all'interno di container, in soluzione derivata da High Cube 20'' marine container. I container PCS utilizzati per tutti l'impianto sono del costruttore Sungrow, modello SC3150UD-MW, di seguito illustrato.



Nel presente Sistema di Accumulo sono previsti nr. 6 container, ognuno avente le seguenti caratteristiche essenziali:

- Nr. Inverter per container : 2 x SC1575UD
- Nr. Trasformatori per container : 1 x 3'150kVA
- Nr. Unità QMT per container : 3 da 36kV/16kA/630A
- Tensione Lato Corrente Continua : 1'152 [V<sub>DC</sub>] - 1'008...1'296 [V<sub>DC</sub>]
- Tensione Lato Corrente Alternata : 33'000 [V<sub>AC</sub>]
- Dimensioni : Standard 20'' HC → ~ 6x2,9x2,5 [m] \*
- Peso : 16 [ton]
- Grado di Protezione : IP65 (PCS) / IP54 (altri componenti)
- Sistema di raffreddamento : ventilazione forzata

## 2.4 Connessione del Sistema di Accumulo

Il Sistema di Accumulo sarà connesso con l'intero impianto fotovoltaico, mediante un sistema di distribuzione Media Tensione ad anello aperto, che prevede in estrema sintesi:

- nr. 2 scomparti sul quadro MT di Sottostazione di Trasformazione, accessoriati con:
  - o nr. 1 interruttore MT 36kV-16kA-630A equipaggiato con relè di protezione elettronico (cod. ANSI 50/51 67N);
  - o nr. 3 TA 600/5 [A] che mandano i segnali al relè di protezione elettronico;
  - o nr. 1 Toroide apribile CSH 120 che manda i segnali al relè di protezione elettronico;
  - o segnali provenienti dai TV dello scomparto dedicato alla rilevazione della tensione sulle sbarre generali MT, già descritto nella relazione del PTO;
- nr. 2 scomparti sui quadri MT di ogni unità PCS da collegare, con IMS semplice (già descritto nel paragrafo precedente del PCS), accessoriati con:
  - o sistema di interblocchi a chiave per garantire la sicurezza dell'operatore nelle manovre di manutenzione straordinaria e/o per riconfigurazione anello aperto;
  - o rilevatore di guasto (51) per segnalazione a locale e a distanza dell'avvenuto guasto.

I cavi di Media Tensione saranno opportunamente dimensionati per il passaggio della corrente di tutti i PCS, per cui pari a:

$$18'900\text{kVA} \rightarrow \text{circa } 330\text{A} @33\text{kV}$$

## 2.5 BMS

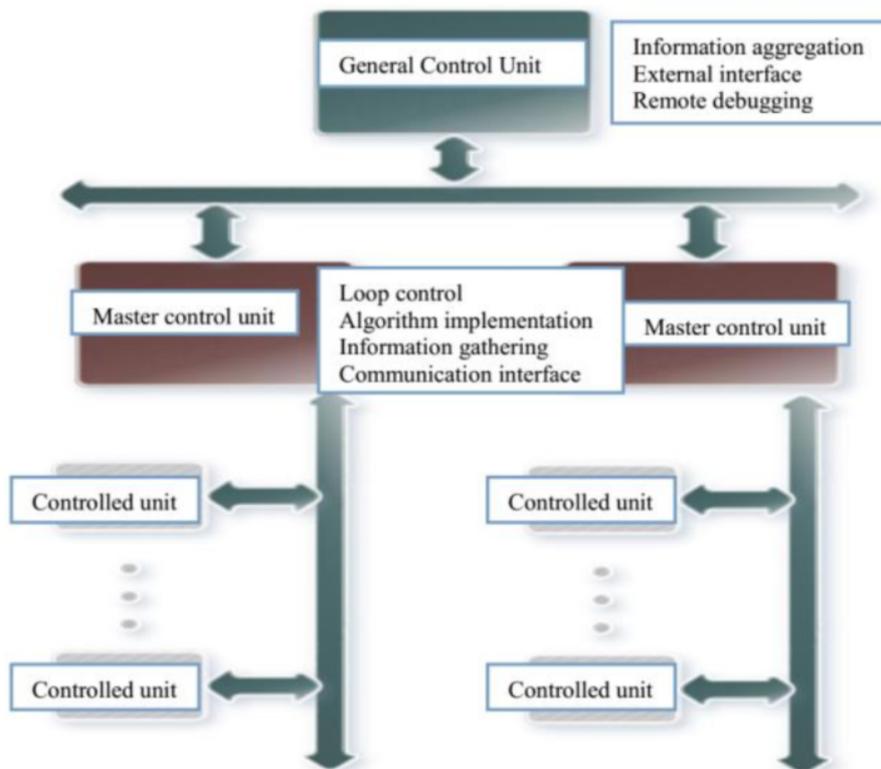
Il BMS (Battery Management System) è uno degli elementi più importanti del Sistema di Accumulo, perché sarà in grado di monitorare e proteggere l'intero sistema, garantendo l'esercizio dello stesso in condizioni di massima sicurezza.

Di seguito si riassumono le funzioni essenziali del BMS:

- monitoraggio delle condizioni di funzionamento di ogni singolo modulo batterie;
- stima dello stato di carica (State of Charge – SOC) di ogni singolo modulo batterie;
- stima dello stato di salute (State of Health – SOH) di ogni singolo modulo batterie;
- controllo del sistema ed andamento del ciclo di carica / scarica;
- gestione delle variabili termiche sia puntuali (modulo batterie) che generali (container batterie);
- ricerca ed analisi dei segnali di allarme / guasto provenienti dai container batterie;
- monitoraggio dei parametri di funzionamento del Sistema di Accumulo;

- indicazione disponibilità di energia per lo SCADA dell'intero impianto, in modo da sapere se è possibile/necessario avviare una sessione di carica o scarica delle batterie.

Di seguito è rappresentata l'architettura base del sistema BMS.



Ovviamente il BMS sarà completamente accessibile in supervisione allo SCADA dell'intero impianto (Fotovoltaico + Accumulo).

### 3 Appendice 1 – Container Batterie

Di seguito si riporta il datasheet di un fornitore primario per le batterie container.



#### Cell Technology

##### 1. Lithium Iron Phosphate

Best Lithium Option for BESS;  
 The safest Lithium technology for BESS

##### 2. Stacking plates

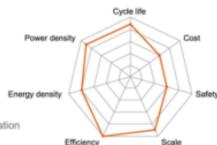
Stacking plates is good for high power operation and thermal dissipation

##### 3. Prismatic Cell

Multi-layered Protection at cell level

##### 4. Aluminum Case

Excellent Thermal Conductivity and Cooling Performance;  
 Safe and efficient heat release from inside to outside



#### Module



#### Rack



#### Sustainable Design

Continuously innovating to increase the energy density while maintaining the same form factor and cell dimensions, thus facilitating future upgrades to higher capacity, higher energy density, ESS with no change to pack design.

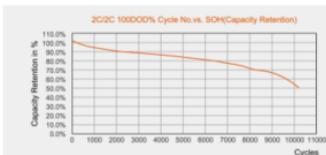
Cell Model	FE80B	FE105A	FE125A	Unit
Weight	2.20	2.30	2.35	kg
Dimensions	Length	130		mm
	Width	36		mm
	Height	240		mm
Nominal Capacity	86	105	130	Ah
Nominal Voltage	3.2			V
Allowed C-Rate	2	2	1	C
Recommended C-Rate	2	1	0.5	C

#### Features of Module & Rack Design

1. Platform Design for Energy, Medium and Power Solutions
2. 0.5C to 2C options available for Frequency regulation, Peak Shaving, Energy Reserve, etc
3. The Highest Energy density for LFP Energy Solution to optimize footprint and BOP cost
4. Passive & Active Thermal Ventilation System, Designed in both Module & Rack
5. Particular Considering for Containerized solution with proper aisle space
6. The Highest Lifetime Performance for Energy Storage System
7. Tested and Listed to UL and IEC Standard for Safety

#### Long Life and Wide Application & Experience

Wide application & experience on Telecom, BESS and Automotive, collecting knowhow and innovating superior and adaptive technology.



##### Long Cycle life

2000 cycles @90%SOH  
 6000 cycles @80%SOH  
 8000 cycles @70%SOH

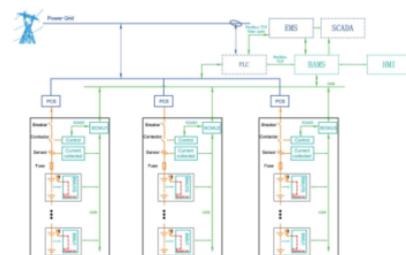
##### Wide application & experience

Telecom since 2010  
 BESS since 2011  
 Automotive since 2012

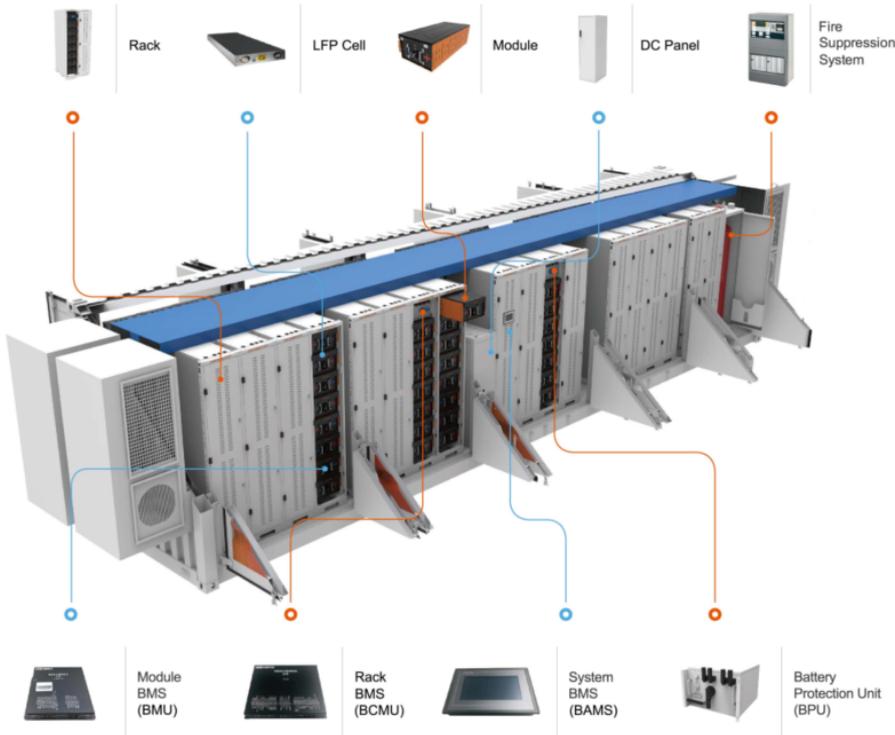
#### BMS

##### BMS Function

1. Battery working condition Monitoring
2. State of Charge (SOC) estimation
3. State of Health (SOH) estimation
4. Discharge Control
5. Thermal Management
6. Fault Diagnosis Alarm
7. Information Monitor
8. Balance
9. Protection



**INESP Containerized Solution**



**COMPLETED  
NESP BESS**

**D.C.System**

- Cell
- Module
- Rack
- BMS (Module, Rack, System)
- Battery Protection Unit
- Container
- DC Panel
- HVAC System
- Fire Suppression System

**A.C.System**

PCS Partner List: Siemens, SMA, Sungrow, etc.  
KPI for chooson: Country Certificate, Product Type, System Cost, Client Requirement, etc.

**INESP Module & Rack Specification**

Item	Module	Rack Type 1	Rack Type 2	Rack Type 3
Type No.	76.8NESP180	76880135	76880160	76880184
Cell Capacity	Ah	160	160	160
Energy	kWh	12.3	135	184
Nominal Volt	V	76.8	844.8	1152.0
Minimum Volt	V	67.2	739.2	873.6
Maximum Volt	V	86.4	950.4	1123.2
Dimension (W x D x H)	mm	400*884*265	500*938*1860 (2 pcs)	500*938*2130 (2 pcs)
Weight	kg	110.7	1597.7	2120.5

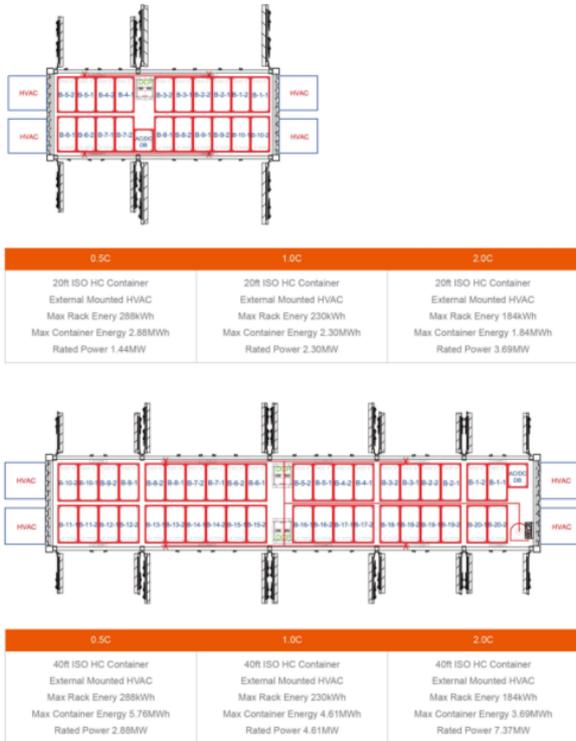
Item	Module	Rack Type 1	Rack Type 2	Rack Type 3
Type No.	76.8NESP200	768100169	768100200	768100230
Cell Capacity	Ah	200	200	200
Energy	kWh	15.4	169	230
Nominal Volt	V	76.8	844.8	1152.0
Minimum Volt	V	67.2	739.2	873.6
Maximum Volt	V	86.4	950.4	1123.2
Dimension (W x D x H)	mm	400*884*265	500*938*1860 (2 pcs)	500*938*2400 (2 pcs)
Weight	kg	133.5	1848.5	2462.5

Item	Module	Rack Type 1	Rack Type 2	Rack Type 3
Type No.	76.8NESP250	768125211	768125250	768125288
Cell Capacity	Ah	250	250	250
Energy	kWh	19.2	211	288
Nominal Volt	V	76.8	844.8	1152.0
Minimum Volt	V	67.2	739.2	873.6
Maximum Volt	V	86.4	950.4	1123.2
Dimension (W x D x H)	mm	400*884*265	500*938*1860 (2 pcs)	500*938*2400 (2 pcs)
Weight	kg	141	1931	2575

**System Specification**

System Characteristics										
Battery Type	Lithium-ion	LFP								
Energy Rating	DC Nominal Energy	MWh	2.88	2.30	1.84	5.76	4.61	3.69	Energy @ C/2 Rate	
	Discharge C-Rate	C	0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	Up to 2C	
Power Rating	Rated Power	MW	1.44	2.30	3.69	2.88	4.61	7.37		
	Nominal Voltage	Vdc	1152						at Rack	
Battery Voltage	Voltage Range	Vdc	1008 - 1296						at Rack	
	SOC Range	Recommended Range	9%-95%							
Physical Characteristics										
Container Building	Quantity	pcs	1							
	Dimensions (L x W x H)	ft	20'						40'	ISO HC
	Weight	ton	31.68	30.64	26.88	62.16	59.74	52.41		
System Performance Characteristics										
Efficiency	D.C. Round Trip Efficiency	%	95%	94%	93%	95%	94%	93%	C/2 P - 25°C	
	Aux Power	Max Aux Power	kW	14.4	27.6	51.6	28.8	55.3	103.2	Depends on HVAC
Interconnection Parameters										
Point of Interconnect	PCS A.C. Voltage	Vac	Customized							
	POI Voltage	kV	Customized							
	A.C. Frequency	Hz	50Hz/60Hz							
Environmental Characteristics										
Environment conditions	Operating Temperature	°C	-40°C to 60°C						Maximum	
	Storage Temperature	°C	10°C to 30°C						Optimum	
Relative Humidity	Maximum Humidity	%	up to 95%							
Altitude	Above Sea Level	m	2000m / 6000'							
Applications										
Ancillary Services, Peak shaving, Demanding Response, Ramping Rate Control, Energy Shifting, etc.										

**General Layout of Containerized Solution**



**Codes & Standards**

Safety	
UL 9540	Safety for Energy Storage Systems and Equipment
UL 9540A	Test Methods for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation - BESS
UL 1973	Batteries for Use in Stationary Applications
UL 1642	Standards for Lithium Batteries
IEC 62619	Safety for Secondary Lithium Cells and Batteries
IEC 61508, UL 991, UL 1996, UL60730-1	Functional Safety for Electrical Systems
NFPA 70E	Standard for Electrical Safety in the Workplace
NFPA 70	(NEC) National Electrical Code
ANSI/IEEE C-2	National Electric Safety Code
UL 60950	Electrical Insulation
NFPA 551 / NFPA 550	Fire Detection and Suppression
IEC 60812	Safety Analysis and Control System (FMEA, FTA)
IEC 61025	
MIL-STD-1629A	
UL1778	UPS for Ancillary
UL1598	Luminaire
UL8750	
UL1012	Rectifier for D.C. power supply
UL1995	Air conditioner for cooling
UN 38.3 / IEC 62281	Transportation Safety of Lithium metal and lithium ion batteries
Performance Standards & Grid Interconnect	
IEC61427-2 2015	Secondary cells and batteries for renewable energy storage – General requirements and methods of test – Part 2: On-grid applications
IEC 62620	Secondary Lithium Cells and Batteries for Industrial Application
PNNL-22010	Protocol for Measuring Performance of Energy Storage System
UL 1741 (SA)	Standards for Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment
IEEE 1547	Standard for Interconnecting DR WITH EP
ANSI/IEC 60529	Degrees of Protection Provided by Enclosures
NEMA 250	Enclosures for Electrical Equipment
NEMA 250 / UL 50E	Environmental Considerations for Electrical Equipment Enclosures
IEEE 693-2005	Recommended Practice for Seismic Design of Electrical Equipment

## 4 Appendice 2 – Inverter di Conversione

Di seguito si riporta un datasheet di un fornitore primario per gli inverter di conversione.



**SUNGROW**  
Clean power for all

### HIGH YIELD

- Advanced three-level technology,max. efficiency 98.9%
- Effective forced air cooling,no derating up to 45 °C(113 °F)
- Wide DC voltage operation window, full power operation at 1500 V

### EASY O&M

- Modular design,easy for maintenance
- IP65 protection degree, easy for outdoor installation
- C5 anti-corrosion degree, suitable for applications close to the sea

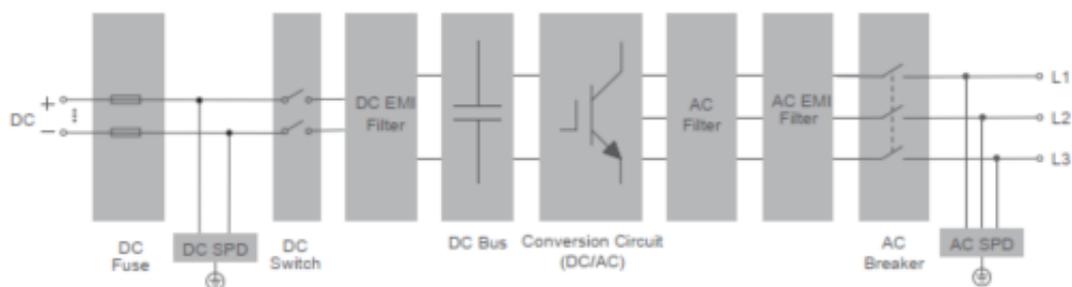
### ESS APPLICATIONS

- Bidirectional power conversion system with full four-quadrant operation
- Compatible with high voltage battery system,low system cost
- Battery charge & dis-charge management and black start function integrated

### GRID SUPPORT

- Compliant with CE, IEC 62477, IEC 61000, UL1741, UL1741 SA, IEEE1547
- Fast active/reactive power response
- L/HVRT, L/HFRT, soft start/stop, specified power factor control and reactive power support

## CIRCUIT DIAGRAM

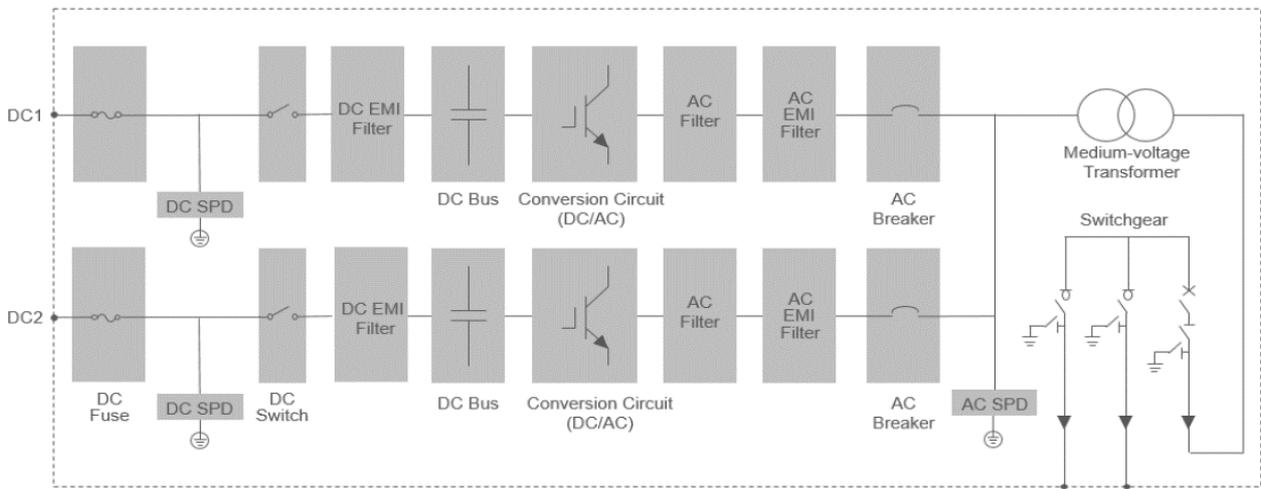


SC1200UD / SC1375UD / SC1575UD / SC1725UD

Model	SC1200UD	SC1375UD	SC1575UD	SC1725UD
<b>DC side</b>				
Max. DC voltage			1500 V	
Min. DC voltage	700V	800V	915V	1000V
DC voltage range for nominal power	700 – 1500 V	800 – 1500 V	915 – 1500 V	1000 – 1500 V
Max. DC current			1936 A	
No. of DC inputs			1	
<b>AC side (Grid)</b>				
AC output power	1320 kVA @ 25 °C (77 °F) / 1200 kVA @ 45 °C (113 °F)	1512 kVA @ 25 °C (77 °F) / 1375 kVA @ 45 °C (113 °F)	1732 kVA @ 25 °C (77 °F) / 1575 kVA @ 45 °C (113 °F)	1897 kVA @ 25 °C (77 °F) / 1725 kVA @ 45 °C (113 °F)
Max. AC current	1587 A @ 25 °C (77 °F) / 1443 A @ 45 °C (113 °F)			
Nominal AC voltage	480 V	550 V	630 V	690 V
AC voltage range	422 – 528 V	484 – 605 V	554 – 693 V	607 – 759 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz			
Max. THD of current	< 3 % (at nominal power)			
DC component	< 0.5 % I <sub>n</sub>			
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	>0.99 / 1 leading – 1 lagging			
Adjustable Reactive power	-100 % – 100 %			
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3			
<b>AC side (Off-Grid)</b>				
Nominal AC voltage	480 V	550 V	630 V	690 V
AC voltage range	422 – 528 V	484 – 605V	554 – 693V	607 – 759V
AC voltage Distortion	< 3 % (Linear load)			
DC voltage component	< 0.5 % U <sub>n</sub> (Linear balance load)			
Unbalance load Capacity	100 %			
Nominal Voltage frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz			
<b>Efficiency</b>				
Max. efficiency / CEC efficiency	98.9 % / 98.5 %			
<b>Protection</b>				
DC input protection	Load break switch + fuse			
AC output protection	Circuit breaker			
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type II			
Grid monitoring / Ground fault monitoring	Yes / Yes			
Insulation monitoring	Yes			
Overheat protection	Yes			
<b>General Data</b>				
Dimensions (W*H*D)	1080 * 2400 * 1400 mm 42.5" * 94.5" * 55.1"			
Weight	1500 kg 3307 lbs			
Isolation method	Transformerless			
Degree of protection	IP65 NEMA 4X			
Operating ambient temperature range	-35 to 60 °C (> 45 °C derating) -31 to 140 °F (> 113 °F derating)			
Allowable relative humidity range	0 - 100 % (non-condensing)			
Cooling method	Temperature controlled forced air cooling			
Max. operating altitude	4000 m (> 2000 m derating) 13123 ft (> 6561 ft derating)			
Display	LED, WEB HMI			
Communication	RS485, CAN, Ethernet			
Compliance	CE, IEC 62477, IEC 61000, UL1741, UL1741 SA, IEEE1547			
Grid support	L/HVRT, L/HFRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Volt-var, Volt-watt, Frequency-watt			

### 5 Appendice 3 – PCS

Di seguito si riporta un datasheet di un fornitore primario per Cabine PCS.



<b>DC Side</b>	
Max. DC voltage	1500 V
Min. DC voltage	1000V
DC voltage range for nominal power	1000– 1500 V
Max. DC current	3520A
No.of DC inputs	2
<b>AC side (Grid)</b>	
AC output power	3150 kVA @ 45 °C (113 °F)
Max. Inverter output current	2886 A
AC voltage range	10-35 kV
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 1 leading – 1 lagging
Adjustable reactive power	-100% – 100%
Feed-in phases / Connection phases	3/3
<b>AC side (Off-Grid)</b>	
Inverter port nominal AC voltage	630V
Inverter port AC voltage range	554-693V
AC voltage Distortion	< 3 % (Linear load)
DC voltage component	<0.5% Un(Linear balance load)
Unbalance load capacity	1
Nominal voltage frequency / Voltage frequency range	50 Hz / 45-55 Hz , 60 Hz / 55 – 65 Hz
<b>Efficiency</b>	
Inverter Max. efficiency	0,989
<b>Transformer</b>	
Transformer rated power	3150kVA
Transformer max. power	3150kVA
L/MV voltage	0.63 kV / 10 – 35 kV
Transformer vector	Dy1 or Dy11
Transformer cooling type	ONAN(Oil Natural Air Natural)
Oil type	Mineral oil(PCB free) or degradable oil in request
<b>Protection</b>	
DC input protection	Load break switch + fuse
Inverter output protection	Circuit breaker
AC output protection	Circuit breaker
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type II
Grid monitoring / Ground fault monitoring	Yes / Yes
Insulation monitoring	Yes
Overheat protection	Yes
<b>General Data</b>	
Dimensions (W×H×D)	6058*2896*2438 mm
Weight	16T
Degree of protection	IP65 (PCS) IP54 (others)
Operating ambient temperature range	-30 to 60°C (> 45°C derating)
Allowable relative humidity range	0 – 100 %(non-condensing)
Cooling method	Temperature controlled forced air cooling
Max. operating altitude	1000 m (standard) / >1000 m (optional)
Display	Touch Screen
Communication	Standard: RS485, Ethernet, CAN; Optional: optical fiber
Compliance	CE, IEC 62477, IEC 61000
Grid support	L/HVRT, L/HFRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Volt-var, Volt-watt, Frequency-watt