

INTEGRAZIONE DI SISTEMI DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO IN IMPIANTI DI PRODUZIONE ALIMENTATI DA FONTI RINNOVABILI CONNESSI ALLA RETE ELETTRICA

Aprile 2013

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	3
2. DEFINIZIONI E CONTESTO	3
3. SCHEMI FUNZIONALI.....	5
3.1 Impianto fotovoltaico (FV) puro	6
3.2 Impianto FV con accumulo (storage) sul lato DC, integrato con il convertitore	6
3.3 Impianto FV con accumulo sul lato DC, aggiunto rispetto al convertitore.....	7
3.4 Impianto FV con accumulo sul lato AC	9
4. REQUISITI FUNZIONALI DEL GESTORE D'IMPIANTO	10
5. LOGICHE DI FUNZIONAMENTO	10
6. ARCHITETTURA DI COMUNICAZIONE	11
7. REQUISITI FUNZIONALI MINIMI DEL BMS.....	11
8. CARATTERISTICHE INVERTER / CONVERTER	12

1. INTRODUZIONE

Il Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 5 Luglio 2012, meglio conosciuto come V Conto Energia, all'articolo 11, comma c) e d), dà all'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas il mandato di definire:

c) le modalità con le quali i soggetti responsabili possono utilizzare dispositivi di accumulo, anche integrati con gli inverter, per migliorare la gestione dell'energia prodotta, nonché per immagazzinare la produzione degli impianti nei casi in cui, a seguito dell'attuazione di quanto previsto alla lettera precedente, siano inviati segnali di distacco o modulazione della potenza;

d) le modalità con le quali i gestori di rete possono mettere a disposizione dei singoli soggetti responsabili, eventualmente in alternativa alla soluzione precedente, capacità di accumulo presso cabine primarie.

In questo position paper ANIE, rappresentante dei principali costruttori sia di dispositivi di accumulo che di inverter per impianti di generazione statici, presenta alcune soluzioni con le relative caratteristiche tecniche per ottemperare a questa richiesta.

2. DEFINIZIONI E CONTESTO

Vengono di seguito descritte le logiche di funzionamento con riferimento ai flussi di potenza tra i vari elementi del sistema e al suo collegamento alla rete. L'assunto è l'esistenza di un controllo in grado di comunicare con gli elementi del sistema e imporre dei comportamenti compatibili con le possibilità degli elementi stessi. Nella massima estensione il sistema comunica anche coi carichi elettrici. Nella minima estensione comunica col solo sistema di accumulo.

Le funzionalità sono ottenibili con tutte le tipologie sopra elencate. Eventuali limitazioni vengono indicate caso per caso.

Il controllore può essere un oggetto fisicamente autonomo oppure fare parte di uno degli elementi o delocalizzato remotamente.

Indipendentemente dalla topologia adottata esistono sempre quattro flussi di potenza:

- 1) potenza generata dalla fonte energetica (fv, eolico, gas etc). Questa ha sempre valore ≥ 0 ;
- 2) potenza verso i carichi locali. Valore ≥ 0 .
- 3) potenza verso la rete elettrica del distributore. Valore: potenzialmente $>$, $=$, $<$ di 0. Potenzialmente il flusso può avere qualsiasi segno. La possibilità di avere segno negativo permette un accumulo distribuito. La gestione è devoluta al sistema di controllo. Problematiche fiscali sono lasciate al capitolo dedicato.
- 4) potenza verso il sistema di accumulo. Flusso bidirezionale.

La somma algebrica di questi è istante per istante, al netto delle perdite, nulla.

I sistemi di conversione statica sono capaci di tempi di risposta ai riferimenti elettrici nell'ordine di millisecondi. Le prestazioni energetiche dell'accumulo sono determinate dalla sua capacità. Le prestazioni in potenza dipendono dallo stadio di conversione. Il sistema di conversione può essere progettato per permettere potenze per brevi periodi da decine di millisecondi a secondi pari a N volte (es. 2-3 volte) la nominale.

Il sistema può essere on grid, cioè collegato alla rete di distribuzione, oppure off grid, cioè non collegato alla rete di distribuzione. Nel caso off grid il flusso verso la rete è ovviamente nullo.

Le logiche di funzionamento sono basate sulla possibilità di immagazzinare energia elettrica tenendo conto dei rendimenti e mediando tra diverse finalità:

- massimo autoconsumo istantaneo. Flusso verso la rete prossimo a zero
- Peak shaving
- Timeshift
- Programmazione
- accumulo per conto del distributore
- addolcimento rampe di carico del sistema elettrico
- altro...

Queste logiche possono essere variate nel corso del tempo anche a distanza di pochi minuti.

Le Norme CEI 0-21 e CEI 0-16 edizione III definiscono già taluni servizi di supporto alla rete. L'accumulo consente un miglioramento di alcuni, quali:

- Regolazione della frequenza (con particolare riguardo alla sottofrequenza). Una gestione opportuna dell'immagazzinamento permette di mantenere una potenza di riserva. Questa può essere utilizzata in caso di sottofrequenza. Nel caso di non utilizzo questa può essere resa la sera.
- Regolazione di tensione / potenza reattiva. L'introduzione di un dispositivo di accumulo in un impianto fornisce, grazie essenzialmente all'inverter, la possibilità di scambiare potenza reattiva con la rete, contribuendo all'eventuale necessità di rifasamento dell'impianto e più in generale alla regolazione di tensione.
- Disponibilità di riserva distribuita.
- Miglioramento della partecipazione ai piani di difesa del SEN (Allegato A72) nell'ottica di accumulare l'energia eccedente rispetto all'ordine di modulazione proveniente dal gestore di rete.
- Sbilanciamenti. L'introduzione di un sistema di accumulo migliora la programmabilità e la prevedibilità degli impianti, riducendo così l'ammontare degli sbilanciamenti che costituiscono un onere per il sistema.

Sarebbe utile che accanto alla definizione tecnico-normativa di questi servizi di rete se ne definisse la remunerazione e più in generale la struttura del mercato dei servizi ancillari. Per alcuni di questi le regole di dispacciamento sono già in fase di revisione (AEEG DCO 508/2012 per la regolazione primaria di frequenza e più in generale la procedura di revisione delle regole di dispacciamento avviata con DCO 160/2012).

I principali componenti di un sistema di produzione e/o consumo di energia elettrica in cui risulta integrato un sistema di accumulo sono, suddivisi in base alle loro funzionalità:

- Fonte di produzione (es: moduli fotovoltaici / pala eolica / turbina)
- Generatore, statico o rotante
- Regolatore di carica
- Sistema di accumulo
- Gestore di impianto
- Utenze elettriche (normali, preferenziali, privilegiate)

Alcune funzioni possono essere integrate in uno stesso componente di impianto o replicate in differenti componenti.

I componenti che per le funzionalità a cui assolvono sono direttamente connessi con la rete elettrica devono soddisfare, oltre alle relative norme di prodotto, anche quanto previsto da CEI 0-21 e CEI 0-16.

3. SCHEMI FUNZIONALI

Gli schemi funzionali unifilari riportati qui di seguito rappresentano varie possibilità di accumulo elettrico in sistemi di produzione distribuita di energia elettrica connessi in rete in bassa tensione (BT), sia con presenza di sorgente fotovoltaica (FV), o comunque da sorgente di energia rinnovabile, che in assenza di suddetta sorgente.

Come conseguenza della connessione in BT i sistemi considerati sono tutti sotto i 200kW.

Nel prosieguo, per semplicità, sarà sempre indicata la sorgente fotovoltaica.

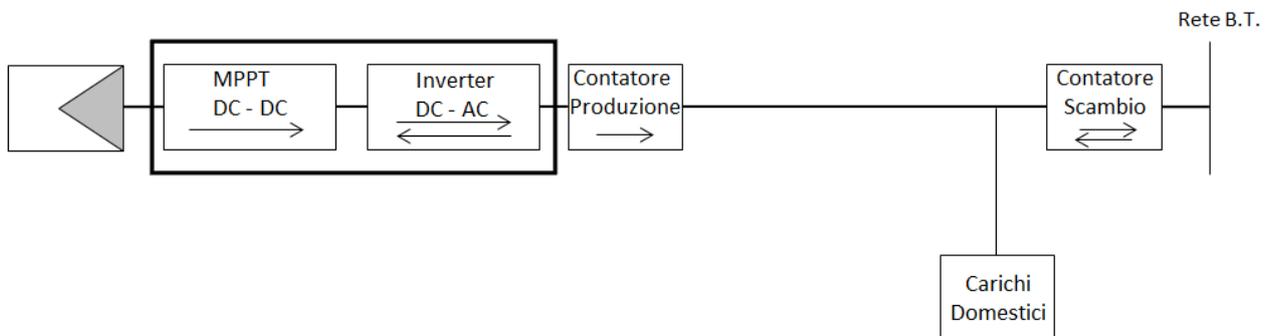
I casi considerati sono:

1. impianto fotovoltaico (FV) puro;
2. impianto FV con accumulo (storage) sul lato DC, integrato con il convertitore;
3. impianto FV con accumulo sul lato DC, aggiunto rispetto al convertitore;
4. impianto FV con accumulo sul lato AC.

I vantaggi di un sistema di storage combinato con sorgente di produzione di energia da fonti rinnovabili sono:

- Possibilità di fare Autoconsumo e favorire l'indipendenza elettrica del Prosumer (Produttore e Consumatore allo stesso tempo), spesso indicata come Autarchia o Electrical Self Sufficiency;
- La possibilità teorica di caricare la batteria da rete, può rappresentare per la rete stessa un elemento di stabilità creando quindi un servizio alla rete;
- Dal punto di vista del prosumer, sempreché sia lecito, acquistare energia a basso costo e rivendere a costo diverso, apre nuove prospettive nel senso del mercato dell'energia, Energy Time Shift;
- La presenza di inverter bidirezionale crea le condizioni per fornire servizio di reattiva notturno favorito dalla presenza della batteria;
- Aumenta la programmabilità e la stabilità della produzione da sorgente rinnovabile.

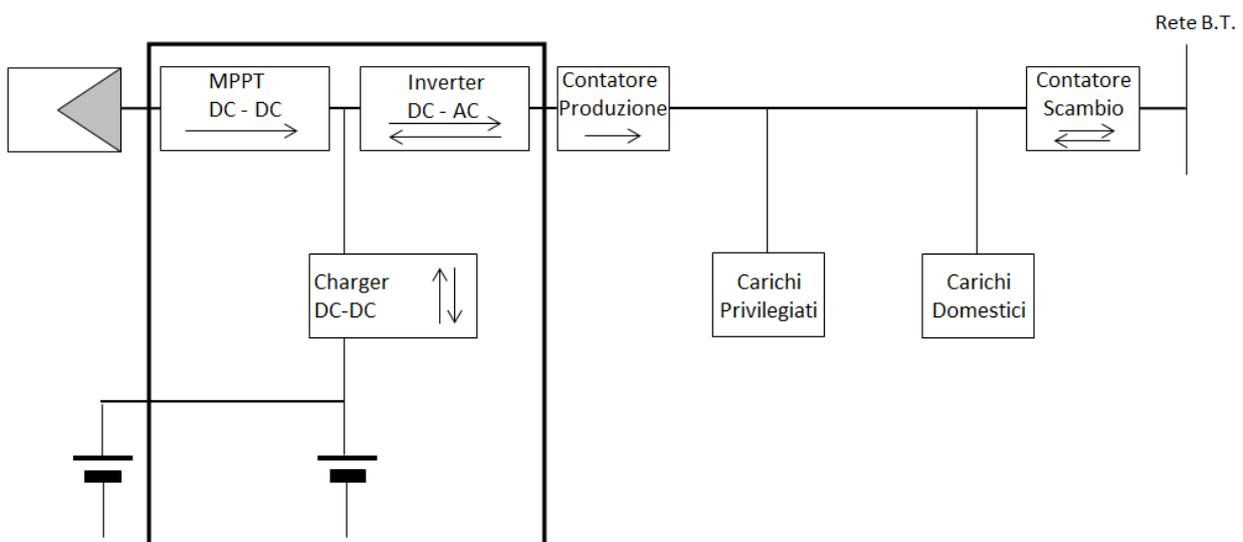
3.1 Impianto fotovoltaico (FV) puro



Un sistema di produzione da sorgente rinnovabile FV connesso in BT si compone di:

- Sorgente FV, i pannelli, le stringhe ed il parallelo di stringhe e tutto ciò che costituisce la loro connessione (BoS, Balance of System);
- Inverter o Convertitore DC/AC, rappresentato nel riquadro nello schema;
 - l'inverter può avere o meno il sistema di inseguimento del massimo punto di estrazione di potenza (MPPT), può avere o meno uno stadio di conversione intermedio DC/DC (spesso detto booster) e l'inverter vero e proprio, lo stadio DC/AC, può essere o meno bidirezionale.
- Contatore di produzione unidirezionale, in Italia;
- Carichi domestici;
- Contatore di scambio bidirezionale verso la rete;
- Rete in bassa tensione, BT.

3.2 Impianto FV con accumulo (storage) sul lato DC, integrato con il convertitore



Questo tipo di impianto ha il sistema di gestione di carica e scarica della batteria integrato all'interno dell'inverter, la batteria può essere contenuta o meno all'interno del convertitore stesso.

Gli altri elementi di impianto sono gli stessi del sistema classico FV puro; è possibile però considerare aggiuntivamente la presenza di carichi privilegiati vista la disponibilità di un sistema di accumulo.

Di nuovo l'inverter può avere o meno il sistema di inseguimento del massimo punto di estrazione di potenza (MPPT), può avere o meno uno stadio di conversione intermedio DC/DC (spesso detto booster) e l'inverter vero e proprio, lo stadio DC/AC, può essere o meno bidirezionale.

Il convertitore DC/DC verso la batteria è bidirezionale oppure può essere costituito da due convertitori distinti che operano, opportunamente pilotati, nelle due direzioni di carica e scarica della batteria.

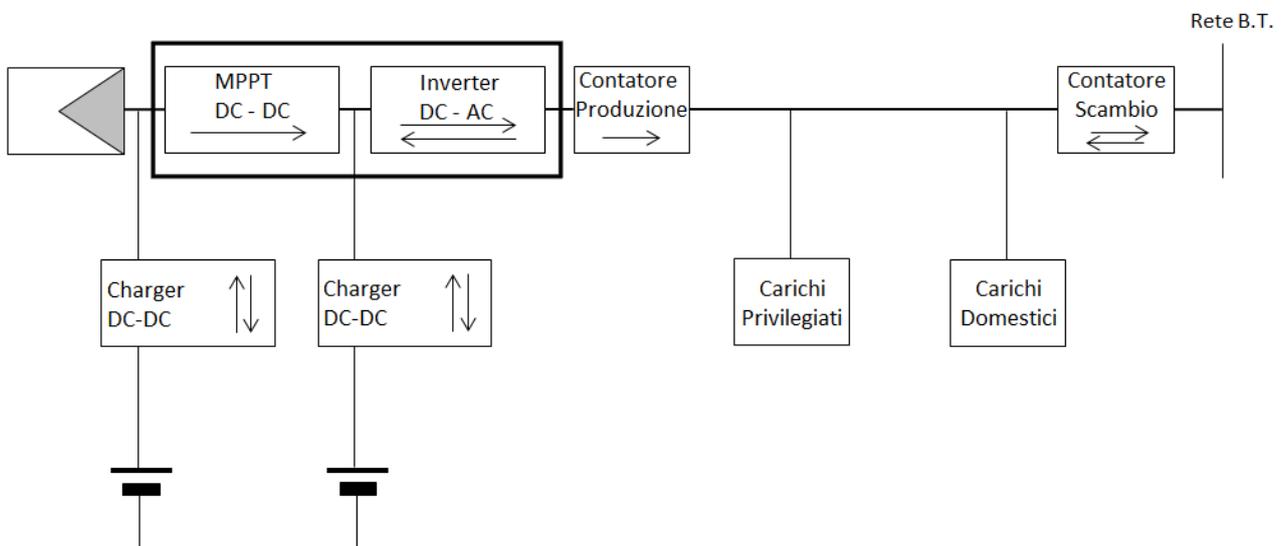
E' indicato con il simbolo di una batteria il sistema di accumulo elettrico considerato con il suo Battery Management System (BMS) che ne gestisce le fasi di carica e scarica interloquendo o meno con gli stadi a monte, e ne tutela la funzionalità prolungata nel tempo e la sicurezza per le persone.

I vantaggi di questo tipo di impianto sono:

- Adeguato per impianti nuovi;
- Mantenimento degli incentivi già acquisiti in caso di sostituzione di vecchio inverter con uno dotato di storage integrato;
- Efficienza elevata del ciclo completo di carica e scarica;
- Semplicità di installazione per l'utente finale.

Al fine di consentire l'accumulo di energia dalla rete, il contatore di produzione dovrebbe essere adeguato per diventare bidirezionale.

3.3 Impianto FV con accumulo sul lato DC, aggiunto rispetto al convertitore



Questo tipo di impianto ha il sistema di gestione di carica e scarica della batteria aggiunto ed indipendente dall'inverter.

Il Charger si può connettere direttamente all'uscita dell'impianto FV oppure, per mezzo di opportuna presa intermedia predisposta, tra l'eventuale booster ed il convertitore DC/AC.

Gli altri elementi di impianto sono gli stessi del sistema classico FV puro, è possibile però considerare aggiuntivamente la presenza di carichi privilegiati vista la disponibilità di un sistema di accumulo.

Di nuovo l'inverter può avere o meno il sistema di inseguimento del massimo punto di estrazione di potenza (MPPT), può avere o meno uno stadio di conversione intermedio DC/DC (spesso detto booster) e l'inverter vero e proprio, lo stadio DC/AC, può essere o meno bidirezionale.

Il convertitore DC/DC verso la batteria è bidirezionale oppure può essere costituito da due convertitori distinti che operano, opportunamente pilotati, nelle due direzioni di carica e scarica della batteria.

E' indicato con il simbolo di una batteria il sistema di accumulo elettrico considerato con il suo Battery Management System (BMS) che ne gestisce le fasi di carica e scarica interloquendo o meno con gli stadi a monte, e ne tutela la funzionalità prolungata nel tempo e la sicurezza per le persone.

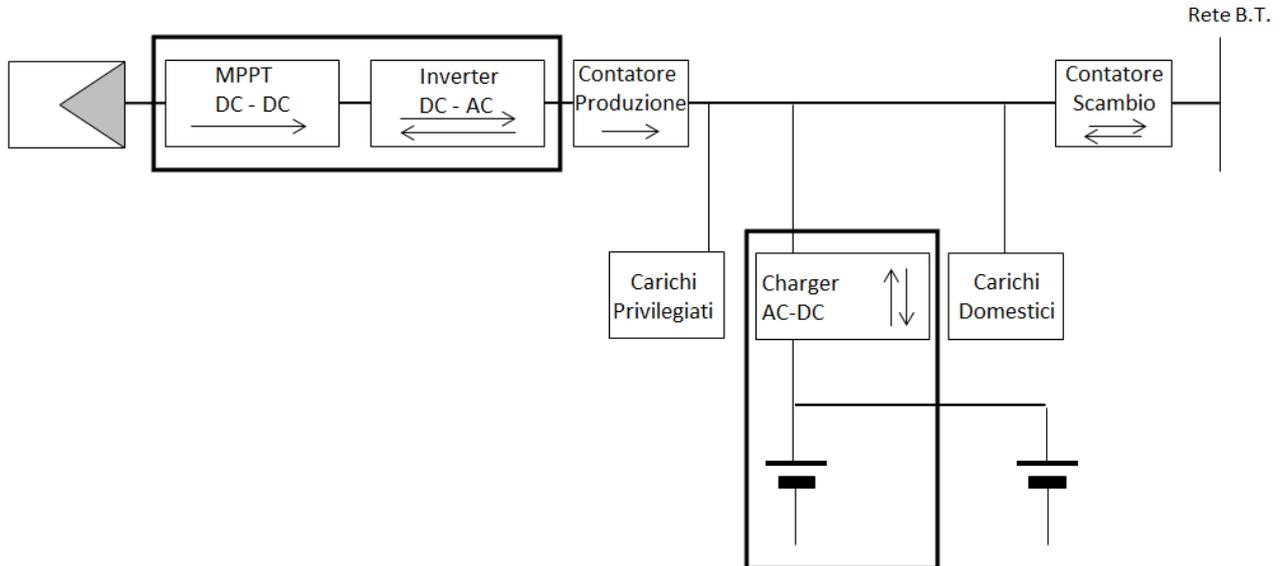
Al fine di consentire l'accumulo di energia dalla rete, il contatore di produzione dovrebbe essere adeguato per diventare bidirezionale.

I vantaggi di questo tipo di impianto sono:

- Adeguato per impianti nuovi;
- Mantenimento degli incentivi già acquisiti (mediante adeguamento del contatore di produzione rendendolo bidirezionale);
- Efficienza elevata del ciclo completo di carica e scarica.

Nel caso di connessione nel punto intermedio tra stadi esistenti, il convertitore dovrebbe già possedere una presa di ingresso/uscita qualificata all'uopo dal costruttore.

3.4 Impianto FV con accumulo sul lato AC



Questo tipo di impianto è la replica di un impianto FV classico con l'aggiunta nella parte AC del sistema di un dispositivo di conversione verso batteria, (interna o/e esterna) considerando però aggiuntivamente la presenza di carichi privilegiati vista la disponibilità di un sistema di accumulo.

Di nuovo l'inverter FV può avere o meno il sistema di inseguimento del massimo punto di estrazione di potenza (MPPT), può avere o meno uno stadio di conversione intermedio DC/DC (spesso detto booster) e l'inverter vero e proprio, lo stadio DC/AC, può essere o meno bidirezionale.

Il Charger si può connettere alla rete domestica come un normale carico domestico ed è bidirezionale oppure può essere costituito da due convertitori distinti che operano, opportunamente pilotati, nelle due direzioni di carica e scarica della batteria.

E' indicato con il simbolo di una batteria il sistema di accumulo elettrico considerato con il suo Battery Management System (BMS) che ne gestisce le fasi di carica e scarica interloquendo o meno con gli stadi a monte, e ne tutela la funzionalità prolungata nel tempo e la sicurezza per le persone.

I vantaggi di questo tipo di impianto sono:

- Adeguato per impianti sia nuovi che esistenti;
- Certezza del mantenimento degli incentivi già acquisiti in caso di aggiunta del sistema storage in AC;
- Non occorre rendere bidirezionale il contatore di produzione.

Presentando un ulteriore stadio di conversione nel percorso di carica della batteria rispetto all'accumulo in DC, l'efficienza del ciclo completo di carica e scarica può risultare ridotta rispetto all'accumulo in DC.

4. REQUISITI FUNZIONALI DEL GESTORE D'IMPIANTO

Il gestore d'impianto ha l'obiettivo di gestire il sistema comprensivo di accumulo, sia esso stand alone o integrato nell'impianto, sulla base di logiche interne locali o di comandi esterni. Esso può essere un componente a se stante in grado di rilevare i parametri a lui necessari direttamente o indirettamente, comunicare con i restanti dispositivi di impianto in maniera tale da garantirne un funzionamento organico ed omogeneo e trasmetterne gli indicatori principali circa il loro stato. In alternativa tali funzioni possono essere direttamente integrate all'interno di uno dei componenti di impianto.

- Misure. Opportuni sistemi di misura possono essere inclusi nel sistema dotato di accumulo.
- Ingressi/uscite. Possono fare parte del sistema dotato di accumulo anche sensori, attuatori, elementi di comunicazione esterni.
- Interfaccia con dispositivo A72. Può essere prevista un'interfaccia con controllore di impianto CEI 0-16 che provvede a condurre gli ordini del distributore al gestore di impianto.

Può essere disponibile una porta dati che permette la connessione di un sistema di lettura dei dati gestiti, attraverso protocollo anche proprietario.

Le funzioni di sicurezza sono demandate ai singoli componenti di impianto come previsto dalle rispettive Norme di prodotto; il gestore di impianto deve tuttavia interagire con tali componenti per monitorarne lo stato ed il corretto funzionamento.

Le funzionalità proprie del gestore di impianto possono anche essere implementate nel controllore d'impianto previsto nella Norma CEI 0-16 ed III (allegato O) ancora in fase di approfondimento, così come il gestore di impianto descritto in precedenza potrà assolvere alle funzioni di controllore di impianto di futura implementazione nell'ambito del CEI CT316.

5. LOGICHE DI FUNZIONAMENTO

Il gestore di impianto è in grado, secondo una logica interna che può essere programmabile, oltre che attuare la politica di gestione energetica che permetta di erogare i servizi di cui al capitolo 2, anche di offrire servizi quale ad esempio la massimizzazione dell'autoconsumo. È auspicabile che tali aspetti siano premiati garantendo all'impianto un'immunità rispetto alle richieste di disconnessione dalla rete da parte dei distributori.

Con l'assetto di esercizio in cui il sistema risulta connesso alla rete, esso deve rispettare appieno quanto prescritto dalla CEI 0-21 / CEI 0-16. Tuttavia può essere anche previsto un funzionamento in isola per alimentare quelle che sono state definite utenze privilegiate; durante questo assetto devono essere rispettate le prescrizioni dell'impiantistica civile eseguito a regola d'arte. Le logiche di controllo e gestione del sistema di PI e DDI come previsto da CEI 0-21 / CEI 0-16 devono valere nei transitori di passaggio da on grid a off grid e viceversa.

6. ARCHITETTURA DI COMUNICAZIONE

Il gestore di impianto si occupa, tra l'altro, di determinare i flussi di energia sui vari elementi. Per conoscere lo stato del sistema e inviare i comandi si basa sul sistema di comunicazione. Il sistema può presentare una porta di comunicazione verso il distributore.

7. REQUISITI FUNZIONALI MINIMI DEL BMS

Il sistema di gestione della batterie (spesso indicato con l'acronimo inglese BMS, 'Battery Management System') è un apparecchiatura elettronica che gestisce ed ottimizza l'utilizzo di un dispositivo di accumulo elettrochimico.

Il BMS monitora in modo continuativo i parametri critici di funzionamento, effettua la loro elaborazione in modo da rilevare condizioni anomale e interviene opportunamente in caso di rilevazione di guasti gravi che possono portare allo sviluppo di reazioni non controllabili con violento rilascio di energia.

Indipendentemente dalla tecnologia elettrochimica, è auspicabile che siano controllati i seguenti parametri:

- la tensione di cella e/o di moduli e della batteria ai suoi terminali;
- la corrente del sistema batteria;
- la temperatura della batteria, preferibilmente misurata in più punti;
- la quantità di energia/carica che viene caricata e scaricata (sovraccarica, sovrascarica).

Il BMS deve essere in grado di effettuare la disconnessione della batteria dal resto dell'impianto per tutelare la sicurezza delle cose e delle persone. La disconnessione deve poter essere eseguita anche in condizioni di totale assenza di energia.

In caso di guasto del BMS stesso è necessario che la batteria venga messa in condizioni di sicurezza attraverso ridondanza od automatismo appropriato.

Il BMS può implementare funzionalità aggiuntive in modo da mantenere la batteria nelle condizioni ottimali di funzionamento, massimizzando la durata e minimizzando i rischi. A titolo di esempio possono essere indicate le seguenti funzionalità:

- Controllo dell'evoluzione dello stato di carica (state of charge, SOC) Lo stato di carica (SOC) è una misura percentuale della massima carica possibile presente all'interno di un sistema batteria ricaricabile
- Controllo dello stato di salute (state of health, SOH). Il SOH è un indice che misura le generali condizioni di un sistema batteria (in termini di usura ed invecchiamento) e la capacità di fornire le sue specifiche prestazioni in rapporto alle condizioni iniziali
- Bilanciamento attivo o passivo di celle/moduli costituenti la batteria
- Controllo/limitazione della potenza erogata
- Controllo attivo della temperatura

Le funzionalità del BMS sopraelencate risultano comunque indipendenti dal tipo di schema di collegamento al sistema elettrico, quali ad esempio l'integrazione ad un: inverter fotovoltaico, convertitore DC/DC, inverter per accumulo lato AC.

Il fornitore deve mettere a disposizione tutte le informazioni utili secondo lo schema della scheda di sicurezza dei materiali (MSDS, allegato 1 del decreto 453/2010/UE).

Il fornire del sistema batteria deve fornire tutte le informazioni possibili circa il corretto smaltimento delle batterie esauste.

Il sistema di gestione della batteria si interfaccia e/o si integra con il sistema di conversione dell'energia in modo da regolare le caratteristiche di funzionamento in funzione dello stato della batteria, ad esempio limitazione della potenza prelevata.

8. CARATTERISTICHE INVERTER / CONVERTER

Oltre alle caratteristiche note, climatiche, EMC, funzioni etc, possono essere aggiunte delle caratteristiche di sovraccarico nel caso siano desiderabili gestioni di supporto alla rete. Le prestazioni in potenza dipendono dallo stadio di conversione. Il sistema di conversione può essere progettato per permettere potenze per brevi periodi da decine di millisecondi a secondi a pari a N volte (2-3 volte) la nominale.