



**MISSION
INNOVATION**

accelerating the clean energy revolution

POA MATERIALI AVANZATI PER L'ENERGIA

**PROGETTO IEMAP - Piattaforma Italiana Accelerata per i Materiali per
l'Energia**

Sheet di processo

Stefano Rampino, Edmondo Gilioli, Francesco Pattini



D4.17, Sheet di processo

Stefano Rampino (CNR IMEM), Edmondo Gilioli (CNR IMEM), Francesco Pattini (CNR IMEM)

Maggio 2023

Report MISSION INNOVATION

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA
Mission Innovation 2021-2024 - II annualità
Progetto: Piattaforma accelerata per i Materiali per l'Energia
Work package: WP4 – Materiali per il Fotovoltaico
Linea di attività: LA4.17
Responsabile del Progetto: Massimo Celino (ENEA)
Responsabile della LA: Stefano Rampino (CNR IMEM)

Indice

SOMMARIO	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI	6
3 CONCLUSIONI	8

Sommario

Questo sheet riporta in maniera schematica i criteri tecnici alla base della scelta dei dispositivi di benchmark discreti (PV + Accumulo) realizzati nel corso dell'attività. I criteri tengono conto delle performance delle tecnologie attualmente disponibili sul mercato.

1 Introduzione

Nei sistemi tradizionali PV + Accumulo, i cosiddetti sistemi discreti, l'unità di produzione viene considerata separatamente rispetto a quella di accumulo. Questo protocollo porta spesso a installare i due componenti a distanze considerevoli, aumentando le perdite dovute alla trasmissione o massimizzando la produzione senza considerare le enormi perdite dovute all'elevata potenza inviata all'accumulatore. In molti casi, è necessario prestare attenzione a questi problemi migliorando il dimensionamento dell'impianto o migliorando il sistema di inseguimento del punto di massima potenza (MPPT) dell'impianto fotovoltaico. Tuttavia, la vasta esperienza acquisita negli anni con quest'ultimo tipo di sistemi li rende ancora significativamente più economici ed efficienti rispetto alle architetture integrate emergenti. Andando ad analizzare le limitazioni delle attuali tecnologie è possibile creare uno sheet di processo per la realizzazione dei sistemi ibridi discreti che tenga conto di una serie di criteri di selezione di tipo elettrotecnico e prestazionale.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

Di seguito sono descritti riassuntivamente i criteri di selezione dei dispositivi di produzione di energia fotovoltaica e di accumulo che andranno a formare il sistema ibrido.

- 1) Tipo di cella PV: indipendentemente dalla tecnologia, deve essere un dispositivo realizzato come minimodulo, con celle connesse in serie tra di loro, in modo che il voltaggio di massima potenza sia compatibile con i voltaggi delle batterie a film sottile o dei SuperCap integrati.
- 2) Voltaggio: Il minimodulo PV deve essere scelto/realizzato in modo che il voltaggio di massima potenza (V_{mp}) sia vicino al voltaggio di plateau della batteria, ossia al voltaggio di carica a tensione costante. Invece, nel caso del SuperCap, la tensione di massima potenza della cella non deve superare la tensione massima del SuperCap, V_{max} .
- 3) Corrente: Il minimodulo PV deve avere una I_{sc} che sia comparabile o minore del C-rate della batteria: ad esempio, se la I_{sc} è di XA , la batteria dovrà avere una capacità maggiore o uguale di XAh . Nel caso del SuperCap, la massima corrente di carica non deve superare i 10 A, una condizione assolutamente irraggiungibile per minimoduli, ma comunque da tenere sempre in considerazione.
- 4) Fill Factor: È fondamentale che anche la V_{oc} del minimodulo non superi la tensione massima di carica della batteria più di 0.1V. E che la I_{mp} sia molto simile alla I_{sc} . Per questo motivo il minimodulo deve essere realizzato in modo che la V_{mp} sia almeno l'80% della V_{oc} , quindi, è necessario che il FF sia almeno > 75%.
- 5) Capacità della batteria: per accumulare a meglio l'energia generata dal minimodulo è fondamentale che l'energia accumulabile sia almeno l'80% dell'energia fotovoltaica giornaliera. Quindi, per una cella con $Y\%$ di efficienza, l'energia fotovoltaica giornaliera è di circa $4*Y$ mWh/cm²/day, quella accumulabile quindi di $3.32*Y$ mWh/cm²/day, che corrisponde ad una capacità di una batteria a film sottile con tensione di circa 4 V di almeno $0.83*Y$ mAh per ogni cm² di area del minimodulo. Quindi il C-rate massimo deve essere di $0.83*Y$ mA per ogni cm² di minimodulo. Esempio: per una cella al 20% di efficienza, si produrrà un'energia giornaliera di circa 80 mWh/cm² di modulo/day, e l'energia accumulabile dovrà essere almeno 66.4 mWh/cm² di modulo/day, che corrisponde ad una capacità di una batteria a film sottile con tensione di circa 4 V di almeno 16.6 mAh per ogni cm² di area del minimodulo
- 6) Capacità del supercapacitore: rispetto alle batterie, i supercapacitori hanno densità di energia limitate, solitamente intorno al 1% massimo della capacità energetica di una batteria a film sottile dello stesso peso. Per questo motivo, è stata fissata una capacità energetica minima di $0.0332*Y$ mWh/cm², che nel caso di SuperCap con voltaggio massimo di 3V, è pari ad una capacità di almeno $0.025*Y$ Farad per ogni cm². Esempio: per una cella di efficienza al 20%, la capacità del SuperCap dovrà essere di almeno 0.5 F per ogni cm² di modulo.
- 7) Corrente di shunt del minimodulo: Poiché in condizioni di buio l'energia accumulata tende a dissiparsi anche attraverso la cella solare, è fondamentale che questa "autoscarica" del sistema non scarichi completamente la batteria fino a danneggiarla. È quindi importante che la corrente di shunt, misurata in condizioni di buio, sia minore del C-rate che nelle ore di non illuminazione, che stimiamo essere 18, non deve scaricare tutta la batteria. Quindi la corrente di shunt dovrebbe essere minore di $C/18$, che arrotondiamo a $C/20$ per essere conservativi.

Tabella I - Criteri di selezione dei dispositivi per il sistema ibrido PV+Accumulo

Parametri	Criterio
1) Efficienza PV (Y)	$5\% < Y < 25\%$
2) Voltaggio PV	Per BAT: $V_{mp} = V_{bat}$ Per SuperCap: $V_{mp} = V_{max}$
3) Corrente PV	Per BAT: $I_{sc} \leq C$ Per SuperCap $I_{sc} < 10A$
4) Fill Factor PV	$> 75\%$
5) Capacità batteria	$C > 0.83 \cdot Y$ (mAh) per ogni cm^2 di minimodulo
6) Capacità SuperCap	> 0.5 Farad per ogni cm^2 di minimodulo
7) C-rate batteria	$1C < 0.83 \cdot Y$ (mA) per ogni cm^2 di minimodulo
8) Corrente di shunt della cella per BAT	Massimo $1/20C$ a $0.5V$
9) Corrente di shunt della cella per SuperCap	Minore possibile, ma senza nessuna limitazione

3 Conclusioni

In questo report è stato riassunto l'approccio che ci ha portato a definire quale dispositivi selezionare per la realizzazione dei sistemi di benchmark PV + Accumulo. I criteri di selezione tengono conto dei limiti ingegneristici e prestazionali delle tecnologie fotovoltaiche e di accumulo esistenti.