Bando di gara per progetti di ricerca di cui all'art. 10, comma 2, lettera b) del decreto 26 gennaio 2000, previsti dal Piano triennale 2019-2021 della Ricerca di sistema elettrico nazionale 1.2 Accumulo elettrochimico

Decreto MISE 7 dicembre 2020

Virtual Storage per la Fast Reserve e servizi integrati di inerzia sintetica, peak shaving e load levelling

ViStoFaRe

Deliverable D1.3

CSEAB_00326

INTRODUZIONE

Obiettivo dell'attività LA1.3 è stata la progettazione e realizzazione di un prototipo in scala di laboratorio di un dispositivo StorInPlus. Lo scopo è la realizzazione di un prototipo in scala di laboratorio del dispositivo StrorInPlus in versione trifase per una potenza di 15kW, al fine di validare la strategia di controllo definita e implementata nella LA1.2 e il suo sviluppo su microcontrollore (LA1.4), da realizzare presso il laboratorio LASEER di UNICAL. Le attività sviluppate sono state: elaborazione del piano di sviluppo correlato con i documenti relativi al piano di verifica e validazione ed il piano della documentazione del progetto; la progettazione degli apparati, con realizzazione delle schede hardware e la codifica dei software applicativi per l'implementazione delle strategie di controllo base di dispositivo e dei moduli di misura; la prototipazione con l'acquisto dei materiali e l'allestimento il sistema prototipale completo e la microrete test, che prevede un SdA elettrochimico interfacciato alla microrete attraverso il prototipo StorInPlus, un generatore diesel e un carico modulabile realizzato attraverso un simulatore di carico elettrico, destinati alle verifiche funzionali e prestazionali sviluppate nella LA1.4 dopo l'integrazione del microcontrollore realizzato nella stessa attività.

1. PROGETTAZIONE DEL PROTOTIPO STORINPLUS

Al fine di redigere il progetto del prototipo in scala dello StorInPlus, da realizzare presso il laboratorio LASEER dell'UNICAL, è stato definito il piano di sviluppo del dispositivo. Il piano di sviluppo del prototipo ha permesso di individuare l'elenco dei documenti di progetto con le relative specifiche, la definizione dei test per la verifica e validazione del sistema con le relative specifiche di dettaglio. Sulla base del piano di sviluppo ed in particolare, sulla base dei risultati ottenuti dalle LA 1.2, 1.4 e 3.1, si sono definite le prime specifiche tecniche per la redazione del progetto vero e proprio del primo prototipo di StorInPlus in scala di laboratorio.

Per la definizione della progettazione si è partiti dallo schema circuitale definito per lo StorInPlus come riportato in fig. 1 nell'attività LA3.1.

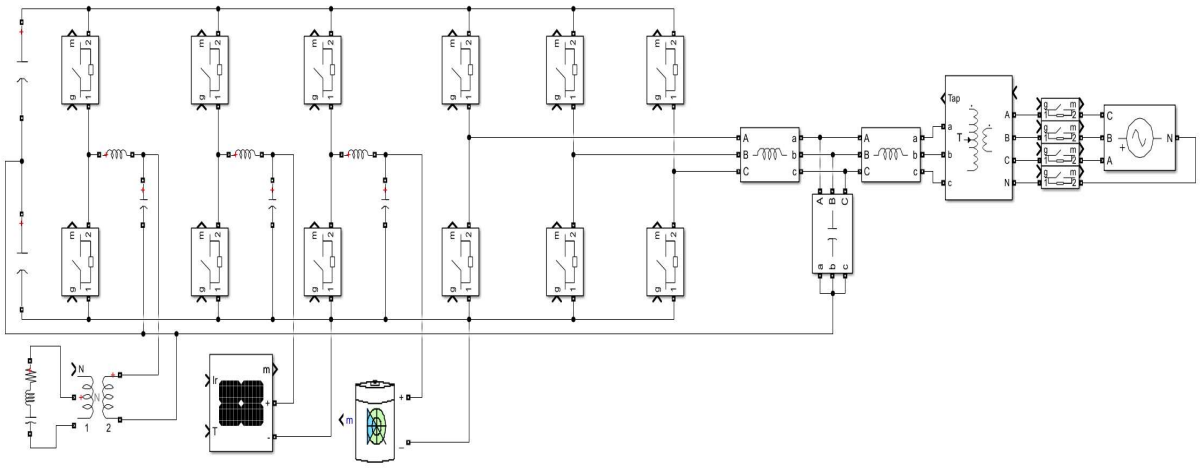

Fig. 1 Schema finale dello StorInplus

Tale schema è stato lo stesso modellato in ambiente Matlab/Simulink come riportato in Fig. 2

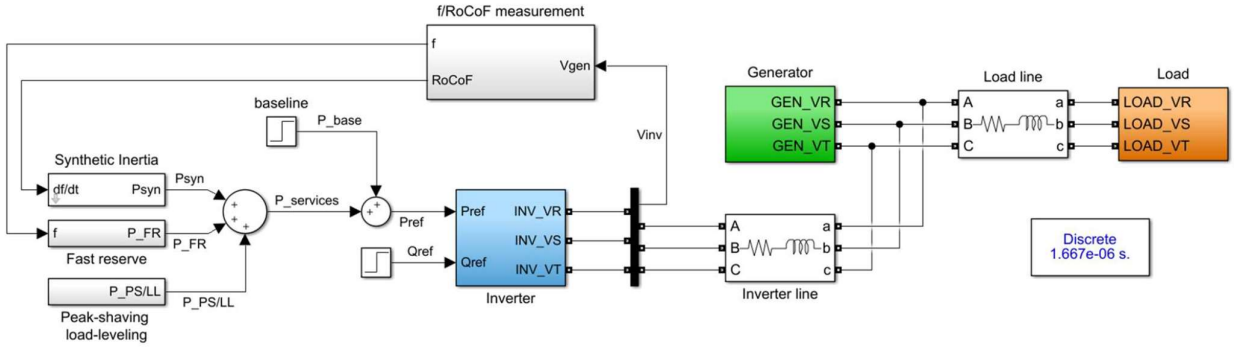

Fig. 2 a) Modello del sistema integrato StorInPlus – rete; b) modello dello StorInPlus in ambiente Matlab/Simulink.

Per poi realizzare una prima versione di prototipo per come riportato in Fig. 3.

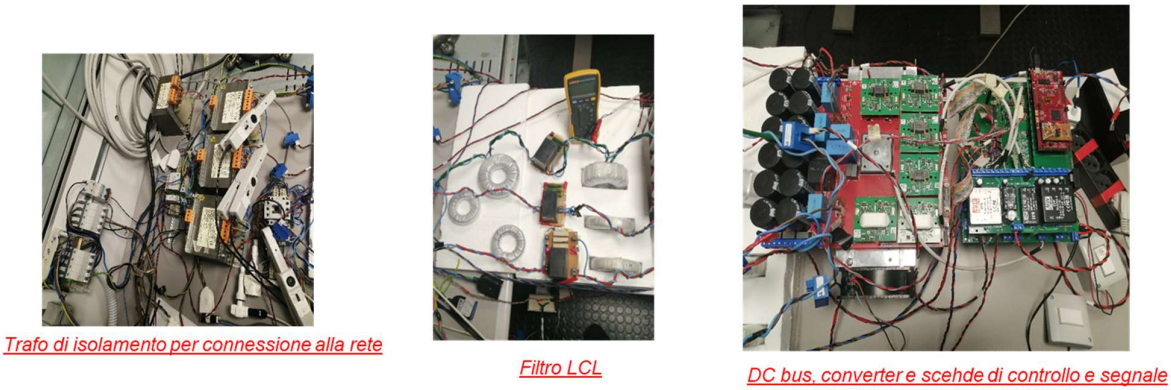

Fig. 3 Prima versione del prototipo di StorInPlus in scala di laboratorio

Su questo primo prototipo sono stati finalizzati i primi test, ed in particolare il funzionamento grid-connected con inseguimento di un profilo di potenza attiva e reattiva come riportato in Fig. 4

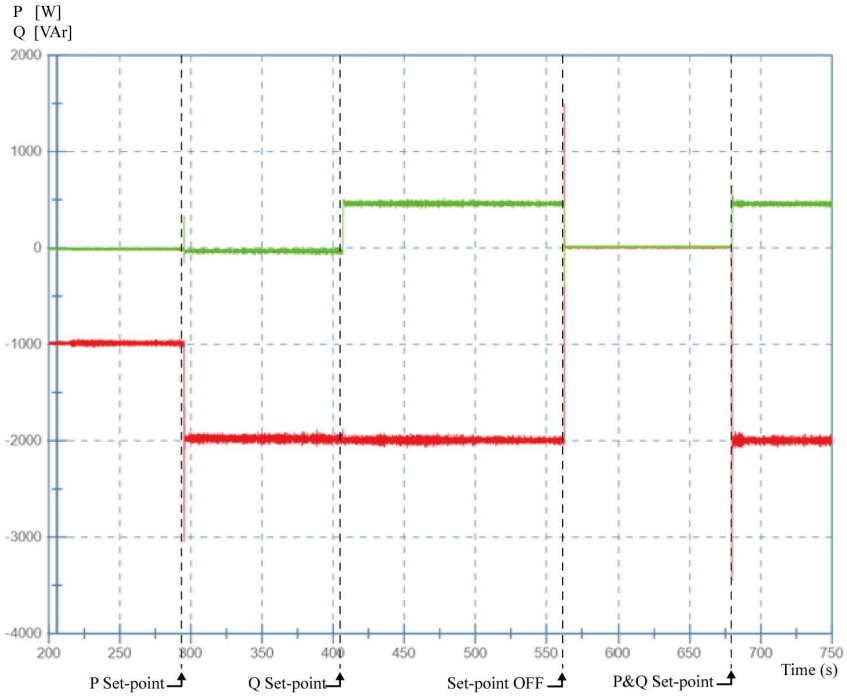

Fig. 4 Grid following grid connected – inseguimento di un Pprofile e Qprofile

La prima fase di redazione del progetto ha richiesto la definizione delle specifiche dei componenti e la loro ricerca per la realizzazione del prototipo di StorInPlus, con l'obiettivo di individuare quelli con caratteristiche idonee all'applicazione da progettare. Tra questi, i più rilevanti sono:

- il modulo IGBT per realizzare i convertitori di potenza;
- i driver per il comando degli IGBT;
- i filtri dei convertitori di potenza;
- la scelta e dimensionamento dei trasformatori di isolamento;
- la scelta delle tipologie (galvanici o ottici) di isolatori (digitali ed analogici) per l'isolamento dei segnali che saranno scambiati tra i sistemi di potenza ed il microcontrollore;
- dimensionamento e progettazione circuiti stampati per il prototipo.

Inoltre, sulla base della strategia di controllo specifica, è stato necessario definire il numero e i punti di misure di tensioni e correnti, quindi il numero di ADC del microcontrollore o eventuali periferiche aggiuntive necessarie, la tipologia delle misure (AC o DC) ed i range di misura (valore massimo da

misurare), per garantire un corretto dimensionamento dei circuiti di condizionamento dei segnali, analogici e digitali.

Inoltre, sono in fase di definizione le specifiche ed i requisiti funzionali (hardware e software) per la progettazione e realizzazione dello StorInPlus.

Per quanto concerne il sistema di controllo dello StorInPlus, sono in fase di definizione le specifiche in termini di periferiche (ADC, PWM, Timer, GPIO) necessarie a gestire il prototipo da progettare e realizzare.

Al fine di redigere il progetto del prototipo in scala dello StorInPlus, da realizzare presso il laboratorio LASEER dell'UNICAL, sono state progettate le schede elettroniche che costituiranno il dispositivo. Sono stati dimensionati i componenti dei filtri dei convertitori, i circuiti di condizionamento, il trasformatore di isolamento del convertitore DC/AC di interfaccia con la rete.

Inoltre, è stata definita la configurazione del dispositivo ed i componenti necessari alla realizzazione delle schede elettroniche che costituiranno lo StorInPlus.

Sulla base delle attività svolte nel periodo precedente, è stato possibile definire il piano di sviluppo del dispositivo; inoltre, sono state definite le specifiche che dovrà avere il prototipo di laboratorio; quindi, sono stati individuati i dispositivi che potranno essere utilizzati e le soluzioni tecnologiche da impiegare per la realizzazione dello StorInPlus. In base a queste scelte, si è proceduto con la progettazione delle schede elettroniche e dei componenti che permetteranno di realizzare il prototipo di laboratorio del dispositivo.

Le schede elettroniche progettate sono 4:

- Scheda elettronica di alimentazione: per fornire a tutti i componenti e circuiti integrati le opportune alimentazioni, sia in termini di tensioni che correnti e soprattutto il giusto isolamento tra le diverse parti del dispositivo;
- Scheda elettronica di potenza: è la scheda elettronica che ospita il modulo IGBT (SKiip 35ACC12T7V1), il DC bus e i driver, che permettono la realizzazione dei diversi convertitori DC/DC e DC/AC che compone il dispositivo;
- Scheda elettronica di segnale: è la scheda elettronica in cui sono presenti i circuiti di condizionamento ed opto-isolamento delle misure (tensioni e correnti) e dei segnali di comando dei convertitori (PWM, enable, comandi, ecc.), con lo scopo di garantire il giusto grado di isolamento e sicurezza nel funzionamento dei convertitori;

- Scheda elettronica di interfaccia: è la scheda elettronica di interfaccia tra scheda microcontrollore (LaunchPad C2000 TMS320F28379D della Texas Instruments) e scheda elettronica di segnale, ed ha la funzione di garantire il corretto sbroglio ed adattamento della scheda microcontrollore individuata (GPIO del microcontrollore) con gli ingressi e le uscite della scheda elettronica di segnale (PWM, Enable, comandi, segnali da misurare, ecc.).

L'utilizzo del modulo SKiip 35ACC12T7V1, costituito da n. 6 gambe ad IGBT, permette la realizzazione di n. 1 convertitore DC/AC trifase, n. 2 convertitori DC/DC (per sistema di accumulo e sorgente da fonte rinnovabile) e n. 1 convertitore DC/AC monofase (per eventuali carichi critici). Quindi sono stati previsti fino a 12 segnali PWM (una coppia per ciascuna gamba) e n. 6 Enable (uno per ciascuna gamba), opto-isolati mediante sistemi digitali. Il condizionamento delle misure è stato realizzato mediante partitori resistivi ed amplificatori di isolamento: n. 9 misure di corrente DC o AC, n. 3 misure di tensione DC e n. 7 misure di tensione AC. È possibile comandare fino ad 11 relè/contattori.

Per realizzare il convertitore DC/AC di interfaccia con la rete è stato previsto un filtro LCL, uno per ciascuna fase del convertitore, con possibilità di collegamento sia a stella che a triangolo. Questa scelta permette di poter realizzare un dispositivo con DC bus a bassa tensione (450V) oppure ad alta tensione (800V) a seconda della configurazione impostata per il trasformatore. Infatti, per un dispositivo con DC bus a bassa tensione (configurazione che si prevede di realizzare come prototipo) la connessione alla rete del convertitore, è eseguita mediante l'impiego di un trasformatore in configurazione STELLA con neutro (lato rete) – TRIANGOLO (lato convertitore). Nel caso in cui si volesse optare per un sistema con DC bus ad alta tensione, si dovrà utilizzare il trasformatore in configurazione STELLA con neutro – STELLA con neutro.

Sulla base di quanto predisposto nelle precedenti fasi, al fine di redigere il progetto completo del prototipo in scala dello StorInPlus, da realizzare presso il laboratorio LASEER dell'UNICAL, sono stati individuati tutti i componenti che costituiranno il dispositivo.

Sono state valutate anche possibili alternative per alcuni componenti che risultano essere difficilmente reperibili.

Nell'ultima fase di progettazione, sono state apportate le opportune modifiche, necessarie all'adeguamento del prototipo alle esigenze emerse dalle fasi di simulazione del prototipo stesso, al fine di disporre di tutti i sistemi di condizionamento, segnali di I/O e controllo, necessari al corretto funzionamento del dispositivo.

Sono quindi state definite tutte le specifiche tecniche delle schede elettroniche progettate, che costituiranno il prototipo del dispositivo StorInPlus.

2. PROTOTIPIZZAZIONE ED ALLESTIMENTO DEL PROTOTIPO STORINPLUS

Sulla base delle precedenti attività è stato possibile redigere l'elenco di tutti i componenti del prototipo del dispositivo StorInPlus, la lista dei materiali (Bill of Materials – BOM) per ciascuna delle schede elettroniche che costituirà lo StorInPlus, i file Gerber delle schede elettroniche, le specifiche elettriche, geometriche e meccaniche delle schede stesse.

Inoltre, sono state definite le specifiche minime per la fornitura delle suddette schede elettroniche assemblate, i componenti dei convertitori e le specifiche di montaggio ed assemblaggio del prototipo, per la redazione del capitolato tecnico di gara necessario alla fornitura del prototipo del dispositivo StorInPlus.

Sono stati progettati e definite le specifiche relative ai filtri dei convertitori DC/DC e DC/AC del dispositivo StorInPlus, con l'individuazione dei componenti commerciali e delle relative caratteristiche elettriche.

Sono stati individuati i dispositivi di protezione e definite le specifiche elettriche minime che devono avere.

Infine, è stato predisposto il capitolato tecnico di gara pubblica per l'assemblaggio e fornitura del prototipo e di tutti i dispositivi necessari alla realizzazione del dispositivo di StorInPlus, secondo le suddette specifiche, facendo riferimento all' l'architettura del dimostratore in scala di laboratorio che prevede:

- Gruppo elettrogeno DIESEL, MONOFASE/TRIFASE (230/400V-50HZ), POTENZA 10KW (installato presso il sito del dimostratore);
- Prototipo StorInplus realizzato in base alle schede progettate nella linea di attività LA1.3 (in fase di installazione presso il sito del dimostratore);
- Sistema di accumulo elettrochimico a litio, 205V – 32kWh nominali (installato presso il sito del dimostratore).

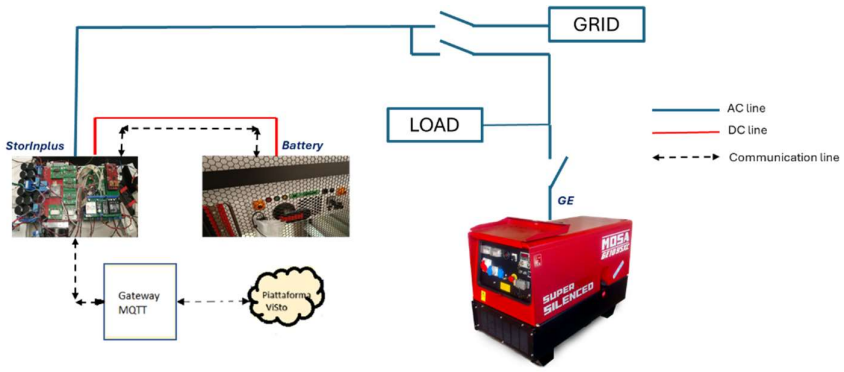

Fig. 5: Layout del dimostratore in scala di laboratorio presso il sito dimostratore UNICAL

3. ALLEGATI

1. BoM_Segnale_Rev.G_Ver.6_09
2. BoM_SchedaInterfaccia_uC_0923
3. BoM_SchedaAlimentazioni_0923
4. BoM_Potenza_Rev.G_Ver.6_04
5. Altri componenti - Trifase1
6. Altri componenti – Trifase
7. GerberSchedaAlimentazioni_0923
8. GerberSchedaInterfaccia202406
9. GerberSchedaPotenza202406
10. GerberSchedaSegnale202406

ANNA
PINNARELLI
06.05.2025
00:53:33
GMT+02:00