

Riassunto della Tesi di Laurea Magistrale

(Sessione Luglio 2021)

" Studio di colonnine di ricarica bidirezionali per servizi Vehicle-to-Grid"

Candidato: Stefano Palmieri

Relatori: prof. Enrico Pons

prof. Andrea Mazza

prof. Ettore F. Bompard

Riassunto

La transizione energetica che si è avviata negli ultimi anni è volta a sostituire l'utilizzo massivo delle fonti fossili con fonti rinnovabili non inquinanti. Attualmente le fonti rinnovabili più diffuse sono il fotovoltaico ed eolico che producono energia elettrica

Pertanto è fondamentale che il sistema elettrico si sviluppi adeguatamente per supportare tale transizione energetica. Uno dei punti principali è l'installazione di nuovi sistemi di accumulo (SdA) connessi alla rete che possano compensare la generazione intermittente delle fonti rinnovabili e fornire "servizi ancillari" alla rete.

Tra questi sistemi rientrano i sistemi V2G che permettono lo scambio bidirezionale di energia elettrica tra la rete e le batterie delle auto interconnesse attraverso delle colonnine di ricarica specifiche.

Con questi sistemi si raggiunge il duplice vantaggio di avere nuovi SdA distribuiti lungo la rete e di ottimizzare l'utilità delle auto elettriche che sostituiranno gradualmente quelle tradizionali

L'obiettivo della tesi è quello di delineare un quadro generale della tecnologia V2G.

Inizialmente è descritto il quadro normativo attualmente in vigore. Successivamente sono riportati i risultati principali di alcuni test effettuati su un sistema V2G allestito in laboratorio dal Politecnico di Torino. Infine viene descritto il quadro regolatorio italiano che regola la partecipazione di tali sistemi al mercato elettrico ed il confronto con alcuni SdA tradizionali a batteria.

Le norme europee che regolamentano la realizzazione e le modalità operative delle colonnine di ricarica hanno come scopo principale quello di garantire l'interoperabilità dei dispositivi, oltre che la sicurezza ed il corretto funzionamento.

La norma IEC 61851:2019 definisce le caratteristiche generali e le condizioni operative che devono avere i sistemi di ricarica. In particolare sono descritti quattro diversi modi di ricarica (tre in corrente alternata (CA) ed uno in corrente continua (CC)) e tre diversi tipi di connessione tra le colonnine ed i veicoli elettrici.

La norma IEC 61296:2014 uniforma "spine, prese fisse, connettori mobili e fissi per veicoli elettrici", descrivendone i requisiti generati, meccanici ed elettrici da rispettare, sia per ricarica in CA che CC. La norma ISO 15118 regola i requisiti base dell'interfaccia di comunicazione tra il veicolo elettrico e la rete di ricarica. Tale norma si applica anche in modalità V2G.

Nella tesi sono descritte anche una serie norme che regolamentano i requisiti di sicurezza di connessione delle colonnine di ricarica e ne descrivono le procedure di test da svolgere per verificarli. Inoltre sono presenti altre norme che descrivono i test da applicare per valutare le performance e la comunicazione delle colonnine.

Sono stati eseguiti tali test su un sistema V2G allestito in laboratorio per valutarne le performance, la connessione con la rete e la comunicazione.

Nella Figura 1 è rappresentato il set up di collegamento delle apparecchiature in laboratorio.

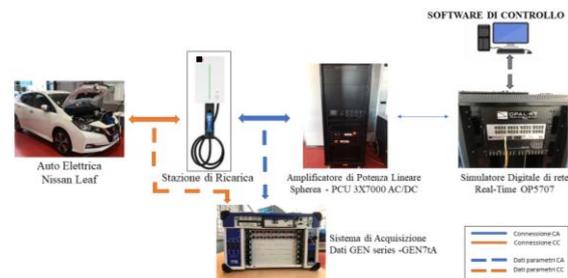


Figura 1. Schema sistema di laboratorio

In questo sistema il veicolo elettrico non è connesso alla rete di alimentazione reale, perché essa è simulata tramite il software RT-Lab che implementa un modello di rete costruito attraverso l'ambiente di programmazione Simulink. Tale modello viene simulato in tempo reale attraverso un simulatore digitale (OPAL-RT OP5700).

Il simulatore real-time è connesso ad un amplificatore di potenza (Sphera - PCU 3X7000 AC/DC) che permette l'accoppiamento con la colonnina di ricarica che lavora con potenze molto più elevate rispetto al simulatore (P_{nom} pari a 11 kW in modalità G2V e pari a 10 Kw in modalità V2G).



L'auto elettrica che è stata utilizzata nei test di laboratorio è una Nissan LEAF, la cui batteria ha una capacità di 60,0 kWh.

Le richieste di carica e scarica alla colonnina possono essere gestite tramite connessione API attraverso la piattaforma LabView, oppure tramite l'App, dalla quale si possono inviare solo comandi di carica del veicolo.

Per registrare i parametri del sistema è utilizzato un sistema di acquisizione dati (HBM GEN series - GEN7tA).

I principali risultati dai test effettuati sul sistema V2G sono riportati di seguito.

È stata testata l'efficienza della colonnina al variare dello Stato di Carica (SOC), la potenza e la tensione di alimentazione. È emerso che l'efficienza di conversione è maggiore per potenze prossime a quella nominale sia in V2G che in G2V, inoltre più ci si allontana dalla potenza nominale della colonnina più l'efficienza scende rapidamente. L'efficienza è più alta per tensioni elevate.

L'efficienza di conversione in V2G è sempre più alta rispetto che in G2V.

Il test di "roundtrip efficiency" ha evidenziato un rendimento pari a 86,6% e che le perdite maggiori si hanno nella fase G2V.

Il tempo impiegato per la carica completa della batteria (G2V) è pari a 4 ore e 44 minuti, mentre il tempo per scaricarla completamente (V2G) è di 3 ore e 15 minuti: sebbene la P_{nom} in G2V è maggiore rispetto a quella in V2G, il rendimento più alto durante la scarica fa sì che il tempo impiegato sia inferiore. Inoltre durante la carica, per SoC prossimi al massimo, si verifica il processo di "derating" che dipende dal sistema di gestione della batteria e modula la potenza in ingresso per salvaguardare la batteria stessa.

I test di interconnessione con la rete hanno evidenziato che il sistema mantiene in fattore di potenza maggiore di 0,9 (valore minimo definito dalla norma) per qualsiasi SoC della batteria, potenza impiegata, tensione applicata e per entrambe le modalità G2V e V2G.

Per quanto riguarda il contenuto armonico delle correnti, il sistema rispetta sempre i limiti in entrambe le modalità operative ed il valore di "total harmonic distortion" (THD), sia in G2V che in V2G, è inferiore al 5% (valore limite imposto dalla norma).

Considerando l'iniezione di corrente continua, il sistema rispetta il limite di corrente continua immessa in rete, dettato dalla norma, per ogni corrente ed in entrambe le modalità.

Per quanto riguarda i test di comunicazione, sono stati calcolati lo "step response time" (STR) ed il "ramp rate" (RR) del sistema in diverse condizioni operative.

Il primo è il tempo impiegato tra l'invio del

comando e il raggiungimento effettivo del valore di potenza impostato; il secondo invece definisce con che rapidità il sistema passa dal valore di potenza iniziale a quello impostato.

Dai test di comunicazione emerge che lo STR del primo comando impostato tramite API è sempre maggiore rispetto agli altri. Invece il RR è più elevato per potenze prossime a P_{nom} , a parità di ΔP richiesta.

Inoltre, quando si richiede il passaggio da G2V a V2G, lo STR ed il RR sono sempre più elevati rispetto che il contrario. Tali valori sono simili sia per comunicazione tramite API che tramite App.

Si è valutato, poi, il comportamento del sistema quando si imposta una richiesta di scarica (V2G) tramite API e contemporaneamente una richiesta di carica tramite App: è emerso che il sistema dà sempre la priorità alla richiesta di carica, ma in base al SoC iniziale e l'orario in cui si vuole l'auto carica, il sistema opera per un certo periodo in V2G, prima di cambiare autonomamente la modalità operativa per rispettare la carica impostata.

Infine, per quanto riguarda l'applicazione effettiva dei sistemi V2G, si è definito il quadro regolatorio italiano per la loro partecipazione al mercato elettrico.

Tali sistemi possono partecipare al mercato del dispacciamento sottoforma di unità virtuali abilitate miste (UVAM), essendo questi del tutto equiparabili, con riferimento ai punti di connessione con la rete presso i quali avviene la carica/scarica, ad altri sistemi di accumulo. Queste unità sono degli aggregati d'impianti di consumo e produzione appartenenti alla stessa zona di mercato. Attualmente in Italia, per la partecipazione al mercato di bilanciamento nel caso di UVAM, la potenza modulabile minima, a salire e/o a scendere, è di 1 MW. Inoltre l'unità abilitata deve essere in grado di iniziare la modulazione entro 5 minuti dall'ordine di dispacciamento se i suoi componenti fossero già in sincronismo con la rete, altrimenti ha a disposizione 15 minuti di tempo dall'arrivo dell'ordine di dispacciamento per modificare la propria immissione o prelievo.

In appendice, nella tesi, si è confrontato il sistema V2G con altri SdA tradizionali a batteria. È emerso che i sistemi V2G sono del tutto equiparabili ai SdA tradizionali per fornire servizi alla rete elettrica. Ma i principali svantaggi sono che per sistemi V2G sono necessari: la disponibilità "tecnica" del veicolo connesso alla rete, ampi spazi ed infrastrutture che permettano la connessione di tutte le colonnine di ricarica con la rete in un unico punto, lo sviluppo di soluzioni tecnologiche (software di gestione), la nuova figura dell'aggregatore che consente l'accesso al mercato di un largo numero di risorse di piccola taglia.