

Abstract Tesi di Dottorato

Bidirectional Metering Advancements and Applications to Demand Response Resource Management

Marco Landi

Il lavoro di tesi, dal titolo “bidirectional metering advancements and applications to Demand Response Resource management”, è incentrato sullo sviluppo di tecniche per la gestione dell’energia, nell’ambito di uno scenario di smart grid, e dei dispositivi tramite quali implementarle. All’interno di tale scenario, ci si è concentrati su dispositivi e tecniche di misura applicabili alle Demand Response Resources (DRRs). Le DRRs garantiscono flessibilità nei carichi elettrici, necessaria per far fronte ad un sempre maggior ricorso a fonti rinnovabili, per loro stessa natura variabili. Inoltre, esse permettono di ridurre i picchi di assorbimento, ritardando la necessità di interventi di ammodernamento della rete. Infine, svolgono un ruolo prezioso nella gestione del sistema elettrico, potendo fornire servizi quali frequency e up/down regulation. Nella categoria delle DRRs possono essere inclusi non solo carichi residenziali e commerciali, ma anche sistemi di accumulo: essi possono essere gestiti in maniera analoga, fornendo gli stessi servizi alla rete, con vincoli perfino meno stringenti. Nel caso specifico, si è focalizzata l’attenzione su sistemi di accumulo a batteria.

Per una efficace integrazione di tali risorse nel sistema elettrico si ha innanzi tutto bisogno di una rete di misura e comunicazione, che permetta di monitorare in tempo reale lo stato della rete e delle risorse disponibili. Ad oggi mancano strumenti di misura e controllo per la gestione della rete, integrando tali risorse. Obiettivo del lavoro di tesi è stato rispondere a queste esigenze tramite lo sviluppo di opportune tecniche di misura e algoritmi di gestione e la realizzazione di un dispositivo low-cost adatto all’applicazione delle metodologie sviluppate. Si è realizzato un dispositivo, basato su microcontrollore ARM STM32F103, che realizza uno smart meter utilizzabile come hub per la misura dei consumi energetici in ambito residenziale, ovvero installabile a bordo di sistemi di batterie per misurarne i parametri di funzionamento caratteristici.

Il prototipo di smart meter realizzato adotta algoritmi avanzati di misura di potenza per garantire misure accurate e bidirezionali in real-time. Attraverso l’integrazione di attuatori, il meter diventa capace di intervenire direttamente sui carichi monitorati. Infatti, il meter è parte di una più complessa infrastruttura di metering e comunicazione, realizzata per consentire l’interfacciamento del meter con il system operator, nonché per fornire agli utenti informazioni relative ai propri consumi tramite una interfaccia web, e per consentire l’implementazione di programmi di Demand Response. Nell’architettura realizzata, la strategia per la riduzione dei carichi si basa su una sistema di priorità per i carichi ed una soglia di prezzo dell’energia, fissati entrambi dall’utente, che dunque consente al sistema di gestire i propri carichi oppure può intervenire manualmente attraverso l’interfaccia web.

Nell’ambito di una collaborazione con il prof. Gross della University of Illinois sono state sviluppate tecniche di misura e gestione per sistemi di accumulo a batteria. Questi rappresentano una importante risorsa per garantire la stabilità della rete. Sono state sviluppate due tecniche, implementabili sul dispositivo realizzato, per la misura del loro stato di vita. Conoscere lo stato di degrado delle batterie risulta fondamentale non solo per la pianificazione di investimenti, ma anche nel garantire affidabilità della batteria stessa nella fornitura di servizi alla rete. Le due tecniche implementate si basano su logica fuzzy e su reti neurali, e garantendo una precisione sufficiente per gli scopi preposti, non richiedono grande potenza di calcolo. E’ poi stata sviluppata una tecnica online per la stima dei parametri del circuito equivalente (cella di Randles) adottato per la batteria.

Le tecniche implementate ed il modello di degrado sviluppato sono stati applicati alla gestione di flotte di veicoli elettrici: essi rappresentano, infatti, anche una risorsa energetica distribuita che può essere sfruttata per fornire supporto alla rete. La fornitura di servizi determina degrado aggiuntivo per le batterie, tuttavia, assumendo lo stato di vita come variabile di stato oltre allo stato di carica, si è in grado di gestire l'allocazione dei servizi in modo da massimizzare la vita delle batterie. Risultati sperimentali hanno mostrato un incremento della durata della vita se confrontata con il caso in cui solo lo stato di carica è assunto come variabile di controllo.