

Gestione intelligente della domanda: prospettive e tecnologie per il controllo distribuito dei carichi in Bassa Tensione¹

Federico Silvestro, *Università di Genova- DITEN*
Enrico Ragaini, *ABB*

1. Introduzione

La domanda di elettricità aumenterà in futuro, mentre la flessibilità di generazione diminuisce a causa della presenza di risorse rinnovabili non programmabili. Un modo efficace per preparare e gestire la rete di distribuzione con l'aumento della domanda, è quello di applicare le diverse tecniche disponibili nelle reti intelligenti, quali il bilanciamento del carico, il *load shifting* e il *peak shaving* attraverso la gestione intelligente del carico (ILM).

Molti studi e ricerche hanno dimostrato l'importanza del ruolo che la gestione della domanda (DSM) può coprire, con diversi vantaggi come ad esempio la riduzione del fenomeno dei picchi nella domanda di energia. Inoltre, l'aumento della presenza di generazione di energia da fonti intermittenti sulla rete di distribuzione può richiedere una maggiore flessibilità di carico per permettere una corretta gestione di tali reti.

La memoria è rivolta ai progettisti di un impianto, *system integrator* che hanno a che fare con ottimizzazione energetica, e agli *energy manager*.

La soluzione proposta utilizza un distacco carichi "intelligente" che tiene conto della variabilità nel tempo (su piccola scala) dei consumi, non richiede informazioni di dettaglio sui singoli carichi e rimanda nel tempo l'uso dei carichi non prioritari. Inoltre è implementabile utilizzando uno o più interruttori (componenti tipicamente già presenti in impianto), il che rende agevole la sua applicazione anche in caso di *retrofit* su impianti esistenti.

Ormai i carichi elettrici sono soggetti attivi nel mercato e la loro possibilità di decidere se essere o no connessi alla rete può influenzare in modo significativo la gestione del sistema di alimentazione. Questa situazione è dovuta al noto processo di liberalizzazione del mercato elettrico che è già avvenuto, o ancora in atto, in un gran numero di paesi del mondo.

Inoltre, nel contesto del mercato liberalizzato, la flessibilità, ovvero la gestione dei carichi da parte dell'operatore del sistema, assume un grande valore anche nella soluzione di problemi di congestione che spesso emergono dai risultati del mercato del giorno prima, o nelle operazioni in tempo reale (interruzione senza preavviso) a volte necessarie a preservare la rete da possibili problemi di sovraccarico. Inoltre il recente aumento dei consumi di energia elettrica e la generazione intermittente richiedono comunque più flessibilità ai carichi alle reti di distribuzione che li dovranno gestire.

In questo lavoro si utilizza il modello di un centro commerciale come caso di studio per ILM, al fine di valutare e confrontare i diversi risultati ottenuti utilizzando un algoritmo di controllo predittivo in grado di gestire i consumi dei carichi elettrici.

2. Modello di un TRADE CENTER

Il modello del centro commerciale studiato è composto da 100 utenti principali suddivisi in 3 diverse categorie (ristoranti, negozi di grandi dimensioni, piccoli negozi), si è ipotizzato che ci siano 25 utenti per la prima e la seconda categoria, mentre 50 rappresentano i piccoli negozi. Per ogni categoria sono assegnati alcuni carichi come indicato nella lista qui riportata:

- Ristoranti (illuminazione, cucina, lavastoviglie, frigorifero, ventilazione riscaldamento e aria condizionata (HVAC))
- Negozi di grandi dimensioni (illuminazione principale, Magazzino, illuminazione, alimentazione generale, HVAC)
- Piccoli negozi (illuminazione, alimentazione generale, HVAC)

¹ Tratto da F. Adinolfi, A. De Danieli, A. Fidigatti, S. Massucco, E. Ragaini, F. Silvestro, " Intelligent Load Management for a Shopping Mall Model in a Smartgrid Environment ", Powertech Conference, June 2013 Grenoble

Infine, tre carichi (illuminazione, alimentazione e HVAC) rappresentano le utenze generali del centro commerciale. In figura 1 è riportato uno schema funzionale della struttura proposta.

I tre carichi principali sono collegati direttamente alla sbarra primaria. In totale sono stati modellati 378 carichi elettrici ed ogni carico ha il suo interruttore di riferimento.

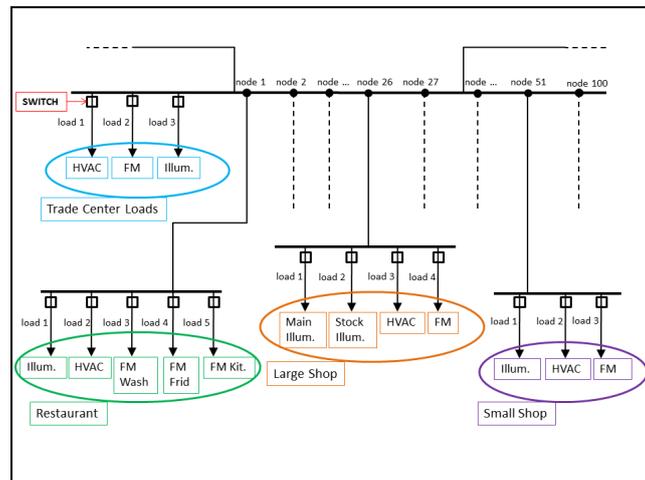


Figura 1 : Schema generale del modello di centro commerciale .

In accordo alla Figura 1, per ogni carico sono state definite tre caratteristiche: nome, potenza nominale e un profilo di assorbimento di potenza giornaliero, sulla base di dati storici. Inoltre sono stati assegnati a ciascun interruttore un valore di priorità e uno stato di disponibilità: questo è un compito critico a causa della metodologia del controllore che durante il funzionamento disconnette, quando necessario, in primo luogo i carichi con il livello di priorità più basso. Questa logica di controllo, è stata incorporata nell'interruttore principale della rete che a sua volta comanda l'interruttore di bassa tensione di ciascun carico .

I profili di consumo sono stati modellati con risoluzione di 1s. Alcuni profili sono derivati da una campagna di misura reale precedente (ad esempio, il profilo di assorbimento di energia del frigorifero), invece alcuni altri sono modellati con una procedura che parte da punti campionati ogni 15 minuti.

L'obiettivo dell'algoritmo è di contenere il consumo di energia di sotto di una soglia predeterminata, definita sulla base delle valutazioni dell'operatore, e in futuro da possibili comandi del distributore (DSO – Distribution System Operator) o di aggregatore di carico. In particolare, una volta definita una potenza MP obiettivo (Potenza media) intesa come valore medio desiderato nell'intervallo di tempo T, l'obiettivo di questo controllore è garantire che l'energia finale al termine del periodo T sia uguale o inferiore a $MP * T$.

Il controllore principale è collegato a tutti gli interruttori attraverso un bus, attraverso il quale viene condivisa l'informazione circa la necessità di staccare o ripristinare carichi e il relativo livello di priorità. Il livello di priorità di ogni interruttore è impostato attraverso una tabella di look-up precedentemente definita.

3. SIMULAZIONI

Le simulazioni sono eseguite su un giorno e coprono tre diversi scenari, in cui vengono valutati gli effetti del controllo. La memoria presentata riporta un solo scenario, così composto:

- 378 carichi con un assorbimento massimo complessivo di 1.639 MW
- Ogni carico ha il suo interruttore con un determinato livello di priorità tra 1 e 9
- Il periodo di tempo per il controller principale T (ICTRL) è pari a 900 secondi (15 minuti)
- La potenza obiettivo impostata è uguale a 275 kWh/15 minuti. Questa scelta implica che il valore desiderato di energia consumata in un'ora sia inferiore a 1.100 kWh.

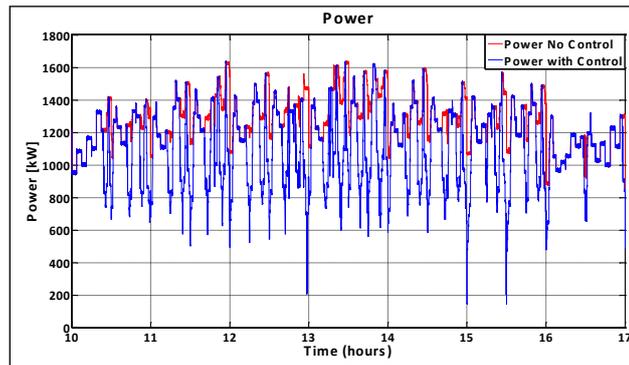


Figura 2: Simulazione giornaliera

Durante la simulazione il controller funziona solo nelle ore centrali della giornata, quando la domanda di energia cresce in modo significativo. Una vista ingrandita di queste ore è proposta in figura 3.

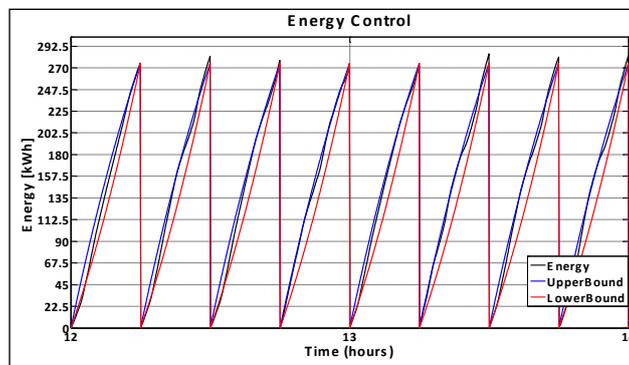


Figure 3: Zoom sul periodo critico tra le 12 e le 14

La metodologia proposta per la gestione del carico, attraverso un controllore predittivo, permette di ottenere buoni risultati in termini di controllo dei picchi per edifici terziari, aprendo la strada al controllo del carico anche attraverso i DSO e aggregatori nelle future reti di distribuzione.

Riferimenti

- F. Adinolfi, A. De Danieli, A. Fidigatti, S. Massucco, E. Ragaini, F. Silvestro, "Intelligent Load Management for a Shopping Mall Model in a Smartgrid Environment", Powertech Conference, June 2013 Grenoble
- D. Westermann and A. John, "Demand matching wind power generation with wide-area measurement and demand-side management," IEEE Trans. Energy Conversion, vol. 22, no. 1, pp. 145–149, 2007.
- Q. B. Dam, S. Mohagheghi, J. Stoupis, "Intelligent Demand Response Scheme for Customer Side Load Management", IEEE Energy2030, Atlanta, GA USA 17-18 November, 2008.
- Peter Palensky, Dietmar Dietrich, "Demand Side Management: Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads", IEEE Transaction on Industrial Informatics, Vol. 7, No. 3, Aug. 2011
- A. Mohsenian-Rad, V. Wong, J. Jatskevich, R. Schober, and A. Leon-Garcia, "Autonomous demand-side management based on game-theoretic energy consumption scheduling for the future smart grid," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 1, no. 3, pp. 320–331, Dec. 2010.
- A. De Danieli, A. Fidigatti, E. Ragaini, S. Massucco, A. Morini, F. Silvestro, "Load Management by advanced protection systems in Low voltage microgrids" IEEE EnergyCon 2012, Florence (Italy), 9-12 Sep. 2012.