

ALGORITMI DISTRIBUITI E “PLUG & PLAY” PER LA GENERAZIONE DI POTENZA ELETTRICA E TERMICA IN UNA MICROGRID

*Sami Barmada, Emanuele Crisostomi, Antonino Musolino
Marco Raugi, Rocco Rizzo, Mauro Tucci*

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni
(DESTEC) - Largo Lucio Lazzarino, 56122, Pisa

Parole chiave: Smart Grid, Generazione Ottima di Potenza, Algoritmi Distribuiti

L'obiettivo fondamentale di una “smart grid” resta la capacità di bilanciare perfettamente e continuamente la domanda e l'offerta. Tuttavia, l'aumento di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, e la previsione che questa sia destinata ad aumentare ancora in futuro, rendono il problema del bilanciamento particolarmente difficile. Infatti, è necessario bilanciare la domanda di energia elettrica (incerta a causa, tra l'altro, delle condizioni meteorologiche che influenzano l'utilizzo di sistemi di riscaldamento/condizionamento), con la disponibilità di energia elettrica, a sua volta incerta a causa, soprattutto della disponibilità di energia elettrica da fonte rinnovabile. Infine, un'ulteriore variabile incerta in gioco è il prezzo orario dell'energia elettrica, che potrebbe influenzare le strategie di power scheduling.

Al momento, il bilanciamento è effettuato un giorno in anticipo, programmando opportunamente i flussi ottimi di potenza. In generale, non potendo prevedere con certezza alcune variabili, si può trattare di un bilanciamento “conservativo” in cui non si sfrutta a pieno la possibile generazione da fonte rinnovabile. Tuttavia, seguendo l'attuale trend smart grid, secondo il quale la rete elettrica sta evolvendo analogamente al modello della rete Internet, in cui in tempo reale e in modo automatico si aggiustano domanda ed offerta di energia elettrica, sta diventando opportuno pianificare strategie scalabili e distribuite per gestire i flussi di potenza in tempo reale.

In questo contesto, il gruppo di elettrotecnica dell'unità di Pisa ha affrontato il problema di decidere chi deve produrre l'energia necessaria in un dato intervallo di tempo. Il problema può essere formulato nel modo seguente:

- data una microgrid in cui sono presenti dei carichi elettrici e termici, e diverse centrali di piccola e media taglia sia alimentate da fonte rinnovabili - ad es. fotovoltaico ed eolico- ed altre centrali convenzionali - ad es. centrali combinate del tipo Combined Heat & Power (CHP);
- supponendo che l'offerta superi la domanda, cioè, che accendendo tutte le centrali disponibili sia possibile soddisfare la domanda di energia elettrica e termica;
- come è possibile decidere in tempo reale quali centrali dovranno produrre l'energia richiesta, tenendo conto dei vincoli di rete, dei vincoli di generazione elettrica, e cercando di minimizzare lo scambio di informazioni?

Chiaramente, l'obiettivo è quello di utilizzare il più possibile l'energia prodotta da fonte rinnovabile, ed in tempo reale cercare di supportare tale energia, se non sufficiente, con quella programmabile prodotta dai CHP. Tale risultato porta vantaggi economici (si risparmia sul combustibile da bruciare) e vantaggi ambientali. Al tempo stesso, il compito diventa

ovviamente più complicato, a causa della non programmabilità e della non facile previsione dell'energia da fonte rinnovabile.

Il problema è stato risolto dall'unità di Pisa trovando la combinazione di potenza generata da ciascuna DER (Distributed Energy Resource) in grado di minimizzare il costo totale della potenza generata, sempre soddisfacendo i vincoli fisici di rete e delle DER. Gli algoritmi utilizzati sono stati AIMD (Additive Increase Multiplicative Decrease), che sono gli stessi algoritmi che vengono utilizzati nelle reti di comunicazione (TCP/IP in Internet), opportunamente modificati per essere usati nella nuova applicazioni di interesse. L'algoritmo è quindi riportato in Figura (a). L'algoritmo è stato quindi testato in una simulazione in Matlab/OpenDSS (dove quest'ultimo è un software per la simulazione di reti elettriche), sulla rete IEEE con 37 nodi, opportunamente modificata come mostrato in Figura (b). Infine, Figura (c) mostra lo scheduling ottimo, e Figura (d) confronta la soluzione con quella centralizzata, evidenziando il vantaggio in termini di costi di comunicazione. Oltre al vantaggio in termini di comunicazione, la soluzione distribuita è più conveniente anche in quanto nuove DER possono iniziare a generare potenza in qualunque momento della giornata senza necessità di preventive sincronizzazioni (modalità "plug & play"). I risultati presentati sono disponibili in maggiore dettaglio nei riferimenti [1-2].

(a)

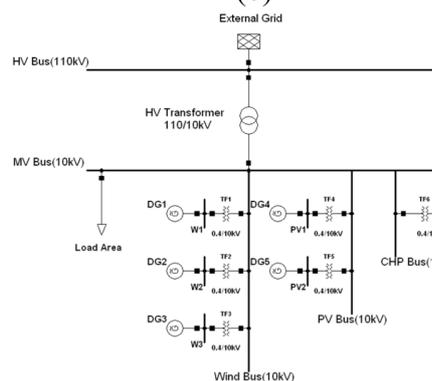
Algorithm IV.3: AIMD UTILITY OPTIMISATION (p_i)

```

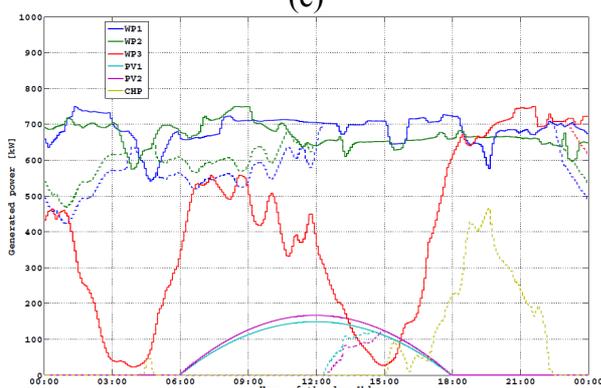
 $p_i(0) = p_{i0}$ 
repeat
   $t = t + 1$ 
  if  $\sum_{i=1}^n p_i(t) < d(t)$ 
     $p_i(t+1) = \min \left[ p_i(t) + \frac{\alpha \lambda}{2a_i}, \bar{p}_i(t) \right], \forall i = 1, \dots, n$  (AI)
  else
     $p_i(t+1) = \max \left[ \left( \beta_\lambda + b_i \frac{\beta_\lambda - 1}{2a_i p_i(t)} \right) \cdot p_i(t), \underline{p}_i(t) \right], \forall i$  (MD)
  until end of simulation

```

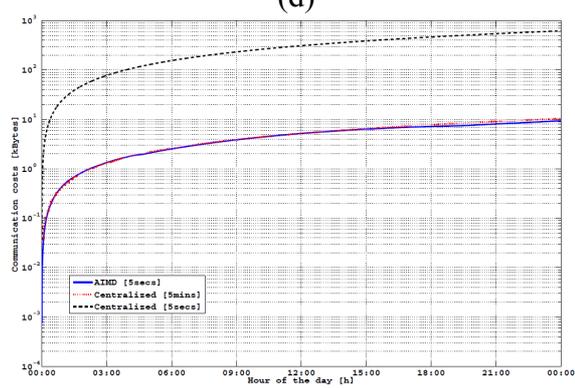
(b)



(c)



(d)



Riferimenti

- [1] E. Crisostomi, M. Liu, M. Raugi and R. Shorten, "Plug-and-play Distributed Algorithms for Optimised Power Generation in a Microgrid," IEEE Transactions on Smart Grid, in Press, 2014.
- [2] M. Liu, E. Crisostomi, M. Raugi and R. Shorten, "Optimal Distributed Power Generation for Thermal and Electrical Scheduling in a Microgrid," IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe), Copenhagen, 2013.