

Un parco eolico sotto controllo

GRAHAM DUDGEON

Produrre energia tramite le turbine a vento è un'attività che comporta numerosi rischi di carattere tecnico ed economico: variabilità delle correnti, topologia, tecnologia impiegata, numero delle pale, ecc. Secondo MathWorks, una simulazione dettagliata è in grado di gestire tali rischi

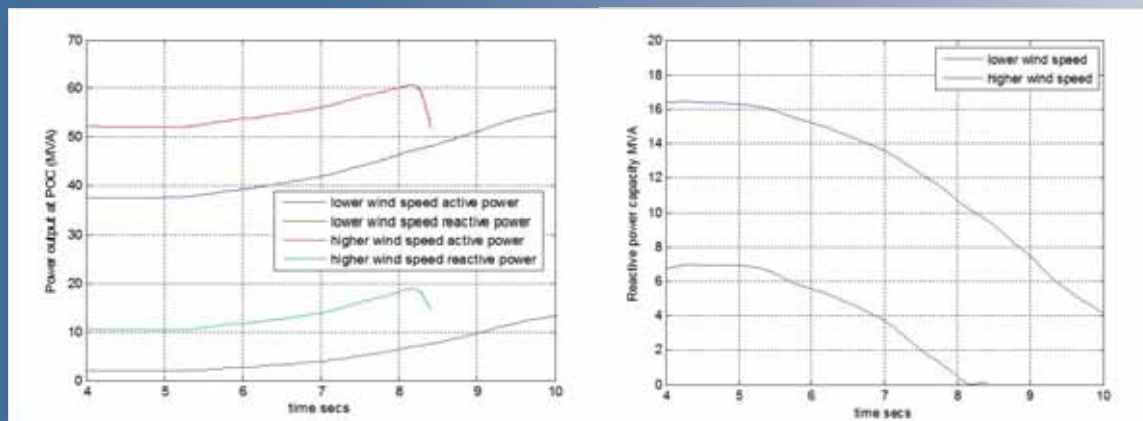
Produrre energia in modo affidabile e redditizio in un parco eolico è un'attività affetta da numerosi rischi di carattere tecnico ed economico, dovuti alla variabilità del vento, alla posizione del parco eolico, alla tecnologia impiegata e alla quantità di turbine numericamente disponibili, nonché alle caratteristiche operative del sistema di controllo e gestione del parco eolico stesso. Una volta reso operativo l'impianto, i dati forniti dal sistema di monitoraggio vengono analizzati per identificare e quantificare le discrepanze previste ed effettive in fatto di produzione di energia. Gestire queste discrepanze è uno sforzo costoso sia in termini di tempo sia di denaro. Usando modelli di simulazione dettagliati si può snellire questo processo, acquisendo una visione approfondita sul comportamento del sistema in

modo economico e ripetibile. La simulazione può portare vantaggi nel ciclo di vita di un parco eolico, partendo dalle specifiche e dal progetto fino ad arrivare al supporto durante tutta l'attività.

Eseguendo studi di modellazione e simulazione su un parco eolico si riducono i rischi tecnici e operativi: è infatti possibile esplorare i trade-off del progetto, valutare il funzionamento del sistema di controllo e gestione, stimare con precisione la produzione ottenibile e svolgere studi sui guasti in un ambiente sicuro. La simulazione consente di analizzare le risposte del sistema, che, altrimenti, non si potrebbero vedere prima della fase di integrazione. Grazie alla simulazione, i tecnici possono identificare in anticipo gli eventuali problemi, evitando spese significative: l'adozione delle op-

portune misure correttive diventa così più tempestiva ed efficiente dal punto di vista economico.

È possibile usare modelli di simulazione anche come supporto operativo, ad esempio per la diagnosi in caso di comportamenti imprevisti del sistema, per la valutazione degli aggiornamenti richiesti dai sistemi di controllo o dall'architettura del sistema nonché per lo studio dei piani di espansione del parco eolico. Generalmente gli studi di modellazione e simulazione sui parchi eolici vengono eseguiti usando pacchetti software disparati, ognuno dei quali gestisce un singolo dominio e/o aspetto della progettazione e delle prestazioni del parco eolico. Gli strumenti software che portano alla condivisione di un ambiente comune migliorano l'efficienza della progettazione. In tale ambiente, il



Confronto di produttività fra due parchi eolici con differenti condizioni di vento.

modello di simulazione funge da punto di riferimento integrato per i vari gruppi di ingegneri, che lo usano come base per le attività di progettazione e per le comunicazioni. Tutto questo consente di valutare le prestazioni del sistema in una fase iniziale del processo di sviluppo. Inoltre, a mano a mano che il parco eolico avanza nel suo ciclo vitale, il modello di simulazione si evolve attraverso affinamenti e verifiche continui, fino a diventare uno strumento indispensabile di supporto operativo.

Gli sviluppatori di parchi eolici possono accedere a dati misurati molto prima dell'installazione. I dati derivanti dalla valutazione del sito del parco eolico vengono usati come input del modello di simulazione. I modelli aggregati di parco eolico, che rappresentano un parco come una singola turbina, aiutano a valutare il comportamento nel punto di collegamento alla rete. Questi modelli aggregati non riescono però a rendere conto della variabilità della produzione di energia nel sito, ivi compresa l'energia reattiva messa a disposizione da ciascuna turbina. La disponibilità di energia reattiva è cruciale nel supportare la tensione del sistema e nel rispettare i requisiti in tema di tolleranza ai buchi di

tensione. Per migliorare la fedeltà del modello nella simulazione, vengono presi in considerazione le specifiche tecnologie delle turbine eoliche e i profili del vento nei vari punti del parco eolico. I dati misurati su velocità e direzione del vento vengono usati per descrivere le variazioni previste del profilo eolico e per stabilire il posizionamento delle turbine: in tal modo si ottimizza la produzione di energia e l'efficienza delle turbine per un certo sito.

Inserendo i dati misurati nell'ambiente di simulazione si riduce anche il tempo necessario a sviluppare un modello di simulazione utile come strumento ingegneristico. Basando i modelli fisici su dati misurati, gli ingegneri possono realizzare rapidamente un modello verificato.

Buchi di tensione

I requisiti più recenti impongono ai parchi eolici di restare collegati in condizioni di post-guasto e buchi di tensione. Le sequenze di controllo che un parco eolico può eseguire in tali condizioni possono variare. Ad esempio: scollegarsi durante un guasto e ricollegarsi dopo; restare collegato durante e dopo il guasto; opzioni precedenti, seguite dall'erogazione di energia reattiva dopo il guasto per supportare il ripristino

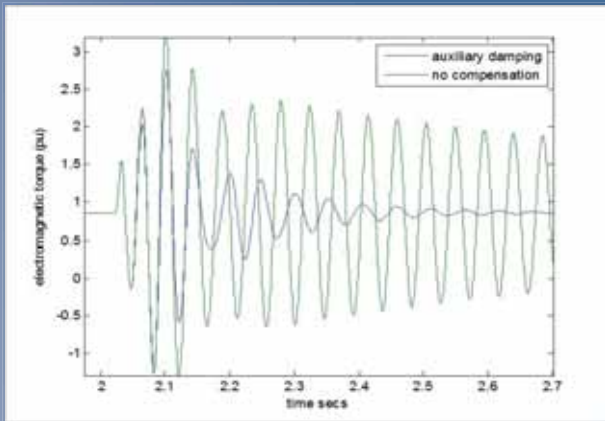
della tensione; altra sequenza di controllo che supporti il funzionamento del parco eolico e mantenga la conformità al codice della rete.

Un modello aggregato non può valutare in modo adeguato tali condizioni, poiché la risposta ai buchi di tensione nel punto di collegamento alla rete dipende dalla capacità di generare energia reattiva, da parte di ciascuna turbina e degli eventuali dispositivi aggiuntivi di supporto alla tensione. Per valutare la sequenza di controllo scelta è necessario usare un modello di parco eolico con turbine individuali e una rappresentazione dettagliata dei sistemi di gestione e controllo. È improbabile che la capacità di generare energia reattiva sia la stessa per ogni turbina, a causa della variabilità del vento e della conseguente variabilità dell'energia attiva prodotta da ciascuna turbina. Il modello di simulazione può essere usato anche per verificare che il software di controllo delle turbine e il software del sistema di gestione dell'impianto rispettino i rigidi requisiti in fatto di buchi di tensione.

Giusto dimensionamento

Un adeguato dimensionamento dei componenti in fase di progettazione porta a una doppia riduzione dei

Ridurre l'SSR attraverso il controllo del convertitore lato rotore.



costi. Innanzitutto, se i componenti hanno caratteristiche sufficienti a soddisfare i requisiti operativi si riducono i tempi di inattività e le richieste di assistenza durante il ciclo vitale di una turbina.

Si riducono anche le spese di capitale, riducendo al minimo l'uso di componenti con capacità eccessive. Prendiamo ad esempio un parco eolico con 40 turbine di Tipo III.

L'energia reattiva viene fornita solo dai convertitori di potenza lato rotore. Viene mostrata la risposta nel punto di collegamento alla rete a seguito di un calo di tensione pari al 90% della tensione nominale, per due diversi scenari.

Nel primo scenario, la velocità del vento in tutto il sito è relativamente alta, quindi i convertitori delle turbine hanno una scarsa capacità di fornire energia reattiva. Nel secondo scenario la velocità del vento è inferiore, quindi i livelli di energia reattiva sono maggiori.

La simulazione mostra che la tensione crolla nello scenario con vento ad alta velocità. In tale scenario, la

capacità di fornire energia reattiva si esaurisce dopo otto secondi, causando il crollo della tensione. I risultati della simulazione suggeriscono che i componenti non hanno caratteristiche sufficienti a soddisfare i requisiti operativi. Questi risultati possono influenzare la decisione di usare convertitori più potenti per le turbine, oppure un dispositivo supplementare di supporto alla tensione.

Queste simulazioni sono importanti per stabilire le capacità che i componenti del sistema devono avere per raggiungere determinati obiettivi di produzione e per rispettare il codice della rete.

Migliorare la risposta

Nonostante la risonanza subsinonica (SSR) sia più spesso associata ai grandi impianti termici, essa può manifestarsi anche nei grandi parchi eolici collegati a reti compensate in serie. L'SSR fa aumentare la fatica meccanica subita dagli alberi motore delle turbine e i conseguenti guasti, riducendo così la disponibi-

lità delle turbine stesse.

L'approccio tradizionale alla riduzione dell'SSR consiste nell'integrare nella rete elettrica un dispositivo di compensazione in serie. Tuttavia, collegando a ciascuna turbina un convertitore di energia è possibile applicare tecniche innovative di controllo e ridurre localmente l'effetto dell'SSR, su ciascuna turbina. L'SSR può ad esempio essere mitigata aggiungendo un segnale ausiliario al segnale di controllo della coppia elettromagnetica nel convertitore lato rotore di una turbina dotata di DFIG (generatore sincrono a doppia alimentazione).

Sono molti i fattori di rischio che possono impedire a un parco eolico di raggiungere i propri obiettivi di produzione di energia. Una simulazione dettagliata è in grado di gestire tali rischi, aiutando gli ingegneri a supportare tutte le fasi del ciclo vitale del parco eolico.

Graham Dudgeon, marketing manager per il settore della produzione di energia, MathWorks.