

Il blackout ispanico: una sorpresa poco sorprendente

**di Roberto Napoli, Consigliere dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino
e Professore Emerito di Sistemi Elettrici al Politecnico di Torino**

Lo scorso lunedì 28 aprile Spagna e Portogallo hanno sperimentato un blackout elettrico, che ha comportato l'interruzione totale del servizio, sconvolgendo tutte le infrastrutture, dai sistemi di trasporto agli ospedali, dalle reti di comunicazioni agli ascensori, determinando una situazione da incubo alla quale, bisogna riconoscere, i cittadini ispanici hanno reagito con grande civismo e buon senso.

Ci vorrà tempo per capire in dettaglio che cosa è successo, analizzando tutte le registrazioni. È quindi troppo presto per tirare conclusioni.

Vale comunque la pena fare qualche riflessione sul funzionamento dei sistemi elettrici e sulle nuove criticità indotte da una transizione energetica talora non adeguatamente programmata verso le generazioni rinnovabili (fotovoltaico ed eolico).

Si tratta di riflessioni generali, che abbiamo ritenuto utile condividere con i colleghi per meglio comprendere alcune criticità, con le quali rischiamo di doverci sempre più confrontare in futuro.

Il blackout ispanico è iniziato alle 12.33 (ora locale di Madrid). L'irraggiamento solare aveva raggiunto livelli elevati e contribuiva in modo particolarmente significativo alla produzione di energia elettrica. Laddove c'era la produzione locale di energia, la domanda locale risultava di 25 GW e la produzione solare aveva raggiunto 32 GW (circa il 60% della produzione totale).

Il resto della produzione totale (circa il 40%) proveniva da centrali convenzionali e dalle centrali nucleari. Il surplus provocato dalla produzione locale era esportato verso i Paesi confinanti (sostanzialmente la Francia).

Da quel momento è partita una sequenza inarrestabile a catena, i cui dettagli sono ancora da analizzare. Produzione e consumi interni locali sono istantaneamente crollati rispettivamente a 14 e 12 GW. Il contraccolpo verso il sistema francese ha rapidamente portato all'intervento delle protezioni francesi, con la disconnessione delle connessioni transfrontaliere per evitare la propagazione dei guasti all'esterno del sistema ispanico.

Nei sistemi elettrici spagnolo e portoghese, rimasti isolati, è quindi iniziata una rapida disconnessione di tutti i sistemi produzione, dando luogo a uno dei più impressionanti blackout sin qui registrati. Per riprendere il servizio sono state necessarie molte ore.

Per cercare di capirci a naso qualcosa, conviene considerare alcune peculiarità del servizio elettrico. La qualità del servizio elettrico è anzitutto caratterizzata da due parametri fondamentali: la frequenza (in Europa 50 Hz) e la tensione. Per l'equilibrio fra produzione e consumo è particolarmente importante la frequenza, le cui oscillazioni non debbono superare un margine di variazione dell'1%, altrimenti scattano le protezioni per evitare guai a macchine, sistemi di controllo e componenti vari.

Nelle centrali convenzionali la frequenza dipende dalla velocità di rotazione degli alternatori. Tale velocità si mantiene costante sino a quando nel sistema turbina-alternatore c'è equilibrio fra potenza elettrica prodotta e la potenza elettrica prelevata. Un disequilibrio comporta una potenza accelerante (o decelerante), che provoca una variazione della velocità e, quindi, della frequenza.

Quando noi attacchiamo alla rete un utilizzatore elettrico, chiaramente variamo istantaneamente la potenza elettrica prelevata. Noi non ce ne accorgiamo, perché il nostro utilizzatore viene istantaneamente alimentato senza apparenti problemi. Eppure, abbiamo rotto il precedente equilibrio fra potenza generata e potenza prelevata e non abbiamo ancora provveduto a produrre l'energia elettrica necessaria per alimentare il nuovo carico.

Da dove viene allora l'energia che istantaneamente abbiamo cominciato a prelevare? A venire subito in soccorso è l'energia cinetica immagazzinata nelle masse rotanti del sistema turbina/alternatore (brevemente energia dinamica). L'aumento della produzione avviene a scapito dell'energia cinetica immagazzinata, con una riduzione della velocità di rotazione delle masse. L'inerzia cinetica ci dà il tempo necessario per provvedere nelle centrali "flessibili" (capaci di regolare la produzione)

all'aumento della produzione, in modo da riportare la velocità delle masse (e, quindi, la frequenza) al valore nominale, prima che si abbiano guai.

Il sistema elettrico attuale è il più grande manufatto costruito dall'uomo, con dimensioni continentali. Tutte le centrali collegate ruotano sincronizzate e collaborano, mettendo sempre a disposizione un'energia cinetica tale da essere in grado di assorbire subito una variazione della potenza richiesta senza effetti sensibili sulla frequenza. Infatti, l'aver realizzato un sistema continentale connesso fa sì che le inevitabili variazioni continue dei carichi e della produzione diventino percentualmente irrilevanti rispetto all'energia cinetica immediatamente disponibile.

Ciò vale sia per le variazioni continue dei carichi che per le variazioni della produzione, dovute, per esempio, a guasti. Anche un'intera centrale o una linea importante possono andare in tilt senza che si abbiano effetti significativi sulla frequenza, purché ci sia un'inerzia dinamica sufficiente (il che è garantito dalla dimensione continentale) e purché ci siano i collegamenti sufficientemente robusti per veicolare l'energia dinamica necessaria verso il luogo dove si è verificato il disequilibrio.

Subito dopo i sistemi di controllo intervengono sui sistemi di produzione localmente vicini per ripristinare l'equilibrio locale produzione/consumi, compensando le variazioni.

Quando si fanno le previsioni sui consumi e si organizzano di conseguenza le produzioni, tutti i gestori devono obbligatoriamente fare la cosiddetta "verifica della sicurezza alla n-1", ossia verificare analiticamente che, nella situazione di lavoro programmata e con le riserve predisposte in linea, una qualunque variazione singola, ancorché rilevante, possa essere assorbita dalla rete senza contraccolpi.

Questa verifica era facilitata dal fatto che le produzioni avvenivano tutto sommato in pochi luoghi e i collegamenti erano ben identificati e controllati. Per anni, quindi, il problema del controllo della frequenza è stato considerato definitivamente risolto. Questo non significa che non erano possibili blackout perché, quando avviene una variazione rilevante ed è necessario intervenire, il nuovo punto di lavoro non è più protetto dalle verifiche della sicurezza alla n-1, per ripristinare la quale occorrono diverse azioni. Se durante questo periodo di scopertura (diversi minuti) si verifica un altro guasto rilevante (o, come spesso accade, si sbagliano gli interventi di rimessa in sicurezza, per esempio a causa della concitazione) allora può succedere di andare a sbattere in qualche blackout imprevisto. A cambiare le carte in tavola sono intervenute le generazioni rinnovabili aleatorie (fotovoltaico ed eolico). Questi sistemi di generazione non dispongono di masse rotanti. Nella conversione da energia eolica o fotovoltaica in energia elettrica, la frequenza viene ottenuta agendo sull'elettronica dei dispositivi di conversione. Quindi, queste generazioni non mettono a disposizione un'energia cinetica. Tuttavia, dotandoci di batterie, è possibile ottenere un'equivalente *energia statica*, che, come è stato dimostrato, può anch'essa venirci efficacemente in aiuto per la regolazione di frequenza.

I termini energia statica e dinamica sono qui usati per semplicità, anche se poco canonici.

Una domanda (e un'aspirazione frequente) è: possiamo esercire un sistema elettrico solo con fotovoltaico ed eolico?

Nonostante gli entusiasmi integralisti la risposta è un sonoro "NO". O meglio, "PURCHÉ".

Certo, si può pensare di soddisfare in un certo istante la domanda solo con fonti aleatorie quando disponibili, ma se non abbiamo in rete un'energia statica sufficiente e la rete non è in condizione di veicolare subito quest'energia dove serve, il sistema elettrico andrebbe continuamente in tilt, a causa delle inevitabili continue variazioni di produzione e domanda e dell'intervento delle protezioni.

Se in rete aumentano le fonti rinnovabili prive di batterie e se non si cura l'infrastruttura di rete, si corrono grandissimi rischi.

L'inerzia statica ha anche il problema di avere tempi di risposta molto rapidi, rispetto all'inerzia cinetica. La sfida per i sistemi di controllo è gigantesca. Un conto è avere a che fare con poche centrali collegate a linee robuste, un conto con milioni di centri di produzione in gran parte non adeguatamente controllati e con collegamenti non sempre adeguati.

Quando non si riesce a controllare bene tutte queste fonti aleatorie e la frequenza comincia a ballare, può cominciare l'incubo degli stacchi a catena, rapidissimi e incontrollati.

Una volta collassato il sistema, la ripresa non è immediata. In ogni sistema ci sono delle (poche)

centrali in grado di ripartire in "bianco". Poi, man mano che queste centrali di ripristino sono ripartite e hanno raggiunto la velocità giusta, via via possono essere sincronizzati tutti gli altri generatori, poco alla volta. La sincronizzazione dei generatori che devono essere via collegati richiede una procedura ben definita, per completare la quale occorre che i generatori siano portati a vuoto alla velocità di sincronismo.

L'operazione di ripristino di un sistema di dimensioni nazionali va fatta quindi poco per volta e richiede inevitabilmente diverse ore, anche se non c'è stato nessun guasto da nessuna parte.

Bisogna anche dire che sulle infrastrutture convenzionali abbiamo più di cento anni di esperienze. Sulle infrastrutture con forte presenza di rinnovabili l'esperienza è ben più ridotta. Eventi come il blackout ispanico sono utilissimi per accumulare lezioni e trarne le conseguenze.

Alcune indicazioni di buon senso sono però possibili.

Non puoi pensare di controllare contemporaneamente in tempi strettissimi miliardi di componenti, che possono anche interagire fra loro in modo che non conosciamo completamente.

Come già insegnavano gli antichi romani, la logica del "divide et impera" è quella più efficace. Bisogna suddividere il sistema in tanti sottosistemi singolarmente capaci di prendersi le proprie responsabilità e di impegnarsi per evitare interferenze a catena.

Le rinnovabili sono una strada obbligata, sia per l'ambiente che per l'indipendenza energetica e per la riduzione dei costi. Bisogna però essere ben cosci che non è un'autostrada senza limiti di velocità, ma ci sono diversi ostacoli rischiosi, che richiedono forti investimenti nelle infrastrutture energetiche e nei depositi di energia, oltre che una visione strategica molto puntuale.

Altrimenti fenomeni come il blackout ispanico saranno sempre meno sorprendenti e sempre più probabili.