

Apagada general

Anatomia d'un col·lapse elèctric

Josep Vidal Santamaria

Enginyer energètic · Universitat Politècnica de València

El passat 28 d'abril, entre les 12:30 h i les 12:33 h, la xarxa elèctrica va col·lapsar. El subministrament elèctric va caure a tota la península Ibèrica i part del País Basc francès. Sense avís previ es van aturar indústries, comerços, trens, semàfors, targetes bancàries, els hospitals van haver d'encendre els generadors de reserva, etc. De sobte, les nostres rutines quotidianes es van parar per complet. Allò que pareixia gairebé impossible en un país desenvolupat, va ocórrer.

El col·lapse de la xarxa elèctrica va ser el resultat d'una complexa seqüència d'esdeveniments que, lligats a la dimensió política i estratègica de la xarxa elèctrica, n'han complicat la investigació, com també el desplegament de mesures correctores que eviten un esdeveniment similar en el futur.

La investigació s'ha dividit en dos fases: la primera ha servit per a recopilar i analitzar les dades disponibles sobre l'incident per tal de reconstruir els esdeveniments i determinar les causes de l'apagada; en la segona fase, el grup d'experts se centrarà a suggerir recomanacions per a prevenir incidents similars en el futur. Les dues parts conclouran amb un informe fàctic amb conclusions i recomanacions de millora.

Allò que coneixem actualment segons els informes oficials

Instants abans de l'apagada, el sistema elèctric disposava d'uns 10 GW de generació síncrona (amb inèrcia, que podríem definir com una mena de resistència física que les turbines oposen als canvis bruscos) i d'uns 21,8 GW no síncrona. Un consum elèctric nacional d'uns 28 GW de potència i una exportació internacional d'uns 3,8 GW de potència.

Cal destacar que la xarxa elèctrica espanyola està dissenyada per a suportar demandes d'uns 40 GW. Per tant, els 31,8 GW de consum total (consum nacional i exportacions internacionals) que hi havia en eixe instant no haurien d'haver comportat un problema per al sistema.

Prèviament a l'apagada, es van registrar dos períodes anòmals d'oscil·lacions en potència i freqüència. La primera oscil·lació va tindre lloc entre les 12.03 h i les 12.07 h i va afectar només la península Ibèrica, va ser originada per un comportament anòmal d'una central de generació. Tot i que la resposta per part de *Red Eléctrica de España* (REE) va ser satisfactòria, seguint fil per randa els procediments operacionals establits, les mesures correctores van generar les condicions necessàries per al segon període d'oscil·lacions, aquesta vegada a escala europea.



Centre de Vigo: apagada elèctrica (Autor: Seoane Prado. Wikimedia).

El segon període d'oscil·lacions va ocórrer entre les 12.19 h i les 12.21 h i va afectar tot el continent europeu, fenomen prèviament conegut que els tècnics anomenen "oscil·lacions interàrea". REE prengué les accions corresponents per a restaurar de nou el funcionament normal de la xarxa. Tanmateix, les mesures preses (especialment la reducció de l'exportació cap a França) van causar un increment en la tensió d'alguns dels nusos principals de la xarxa de transport d'electricitat, fet que causaria aturades d'alguns generadors segons més tard.

A les 12.32.57 h i durant els vint segons posteriors es va enregistrar una pèrdua de generació d'uns 2,2 GW de potència. La primera desconexió, d'uns 355 MW, va ser d'una subestació situada a Granada on connectaven plantes fotovoltaïques, solars tèrmiques i eòliques. Dénou segons després, a les 12.33.16 h va tindre lloc a Badajoz una segona desconexió d'uns 720 MW, principalment de plantes solars tèrmiques i, per últim, un segon i mig més tard, a les 12.33.17 h es va enregistrar un cúmul de desconexions de més de 1100 MW en diverses localitzacions, de les quals destaquen Segòvia, Badajoz, Càceres, Huelva i Sevilla.

Aquestes pèrdues de generació van ser causades per tensions excessivament elevades i, a conseqüència d'això, es produí una reducció dràstica de la freqüència que va deteriorar encara més l'estat de la xarxa elèctrica. Aquestes desconexions han generat acusacions creuades entre les elèctriques i REE sobre si els generadors segueixen correctament els procediments d'operació establits en matèria de control de tensió o, si per contra, REE va realitzar una mala previsió sobre les necessitats de control de tensió. A falta de l'informe definitiu, tot apunta que les desconexions van ser justificades i, per tant, evidencia l'insuficient planificació per part de REE com a detonant de l'apagada general.

Entre les 12.33.19 h i les 12.33.22 h, en només tres segons, la freqüència de la xarxa peninsular va baixar fins a valors totalment anòmals de 48 Hz, sobre els quals REE intentà prendre mesures ràpidament. Es va activar automàticament el procediment per tal de recuperar el balanç entre generació i consum amb la desconexió dels consums prescindibles. La caiguda de freqüència va ser tan ràpida que les mesures de reacció no van ser suficients. Una reducció tan acusada i ràpida de la freqüència va ser impossible de gestionar pels mecanismes de resposta actuals, ja que aquests tarden uns trenta segons a activar-se mentre que la freqüència va assolir valors anòmals en tan sols tres segons.

Uns segons més tard, entre les 12.33.19 i 12.33.21 h, la península Ibèrica perdé el sincronisme amb la resta d'Europa i, per seguretat, és a dir, per a evitar un efecte dominó que afectara també la xarxa francesa, la interconnexió amb França es desconnectà i va deixar la península Ibèrica aïllada de la xarxa elèctrica de l'Europa continental. El sincronisme és una mena de metrònom que tota la xarxa europea segueix; en tot moment, el metrònom de la xarxa espanyola va començar a descompassar-se amb el de la xarxa europea.

Arran de la desconexió amb França, la xarxa espanyola operava amb una inèrcia molt baixa i el desequilibri entre demanda i consum feia que la freqüència continuara baixant, fet pel qual una gran quantitat de generadors es van acabar desconnectant per seguretat fins a l'apagada total. A les 12.33.24 h, la xarxa peninsular va col·lapsar totalment.

S'hauria pogut evitar el col·lapse?

L'objectiu principal de la xarxa elèctrica és ben simple (apropar l'electricitat dels generadors als consumidors), però mantenir en contínua operació un sistema amb milions d'elements interconnectats i que varien constantment no és una tasca fàcil.

Aquest esdeveniment ha sigut un recordatori que la fiabilitat de la xarxa elèctrica no depèn del tipus de tecnologia que s'usa, sinó de com gestionem el sistema elèctric. Les normes d'operació vigents aquell dia van ser dissenyades per a un sistema basat en combustibles fòssils, nuclear i hidràulica, com el que existia fins fa uns anys. La situació actual, però, és ben diferent: a mesura que s'integren noves tecnologies renovables solars i eòliques, les normes d'operació s'haurien d'haver actualitzat. En aquest sentit, tard i amb preses, tant la Comissió Nacional dels Mercats i la Competència (CNMC) com el Govern d'Espanya s'han afanyat i el dia 12 de juny van publicar un nou procediment d'operació per tal de millorar el control sobre la tensió de la xarxa.

Mes enllà dels canvis regulatoris, també s'han agilitzat les inversions per tal d'aconseguir una xarxa elèctrica més resilient i robusta. La freqüència, tot i que no va ser la causa principal de l'apagada segons els informes oficials, continua sent un repte creixent en les xarxes dominades per les renovables. Per tal de mantindre constant la fre-

qüència, és a dir, mantindre el balanç entre generació i consum d'electricitat, els operadors dels sistemes disposen de diversos mecanismes, el que més ràpid s'activa és la reserva primària, un mecanisme pel qual els operadors del sistema elèctric poden requerir a certs generadors pujar (o baixar) la seua producció de manera ràpida per tal de corregir els desequilibris instantanis entre generació i consum. Els temps de resposta d'aquests generadors que participen en la reserva primària són d'entre quinze i trenta segons. Per tant, difícilment la reserva primària s'hauria pogut activar a temps davant d'aquest incident.

Per tal de millorar els temps de resposta, alguns països han optat per implantar sistemes de resposta ràpida en freqüència que redueixen els temps de resposta per davall d'un segon. Aquesta tecnologia la poden aportar els sistemes d'emmagatzematge (bateries), màquines rotatives i alguns mecanismes de resposta de la demanda, és a dir, consumidors que prèviament pacten una possible desconexió brusca remunerada.

En aquesta línia, s'ha publicat recentment una convocatòria d'ajudes de fons europeus per a atraure inversions en sistemes d'emmagatzematge i s'estan debatent els canvis regulatoris necessaris perquè en els pròxims anys es desenvolupen mercats de resposta ràpida en freqüència.

Una possible solució complementària a les bateries és la incorporació d'elements que proporcionen inèrcia a la xarxa. A major inèrcia, més difícilment i més lentament es desviarà la freqüència del seu valor establert de 50 Hz, i també més fàcil serà reaccionar davant canvis bruscos en l'estabilitat del sistema elèctric. Aquesta tecnologia la poden aportar volants d'inèrcia, masses rotatives acoblades que giren a la freqüència de la xarxa o compensadors síncrons que mitjançant l'electrònica de potència emulen la inèrcia de manera sintètica.

Així, s'instal·laran pròximament huit compensadors síncrons a la península, quatre a les Canàries i un a les Balears. Aquests elements reforçaran el control de tensió, aportaran inèrcia i donaran fermesa a la xarxa. També s'incorporarà a Catalunya un sistema FACTS (*Flexible AC Transmission Systems per les sigles en anglés*) capaç d'atenuar oscil·lacions i estabilitzar la tensió de manera molt precisa. La ubicació elegida per a aquest innovador sistema ha sigut Vic per la proximitat amb la frontera amb França.

A banda, també s'està debatent l'obligació d'incorporar una nova tecnologia grid-forming de generadors renovables (màquines eòliques i inversors solars) que incorporen mecanismes interns d'atenuació d'oscil·lacions i proporcionen més estabilitat a la xarxa que els actuals generadors renovables.

Amb independència de les causes de l'apagada, sembla bastant evident que aquests esdeveniments es poden previndre amb la tecnologia existent, però caldrà seguir analitzant la xarxa existent i futura per tal de traçar un pla rigorós d'inversió que asseguere una futura xarxa elèctrica estable, segura i robusta.