

Årsagen til blackout i Spanien sidste år: Ineffektiv spændingskontrol

Nye teknologier giver nye sårbarheder

En europæisk ekspertgruppe afleverede den 26. marts 2026 en 472 sideres slutrapport om strømafbrydelsen på den iberiske halvø den 28. april 2025. Denne note gengiver enkelte hovedtræk fra redegørelsen, men henviser ellers til selve rapporten¹.

Den høje leveringssikkerhed, som kendetegner kraftsystemer i Europa og USA skyldes delingen af erfaringer fra alvorlige driftshændelser i mange lande. Disse erfaringer er anvendt i udviklingen af nationale sikkerhedssystemer. Derfor er hændelsesrapporter så nyttige.

Den iberiske halvø er et udsat hjørne af Europa

Europas elforsyning består af fire synkroner vekselstrømssystemer foruden nogle mindre øer (fig. 1). Vekselstrømssystemerne forbindes indbyrdes med højspændt jævnstrøm (HVDC).

Det kontinentale Europa udgør den største regionale gruppe (RG).

Vekselstrømsnet forsynes traditionelt fra roterende maskiner med en vis mekanisk inert. Denne inert har hidtil sikret systemets stabilitet i tilfælde af fejl i nettet.

Der er risiko for pendlinger i et vekselstrømsnet, især hvis der er lange afstande og svage forbindelser. Stående pendlinger kan udvikle sig til systemsammenbrud. Derfor er der udviklet systemer til detektering og dæmpning af pendlinger i nettet.

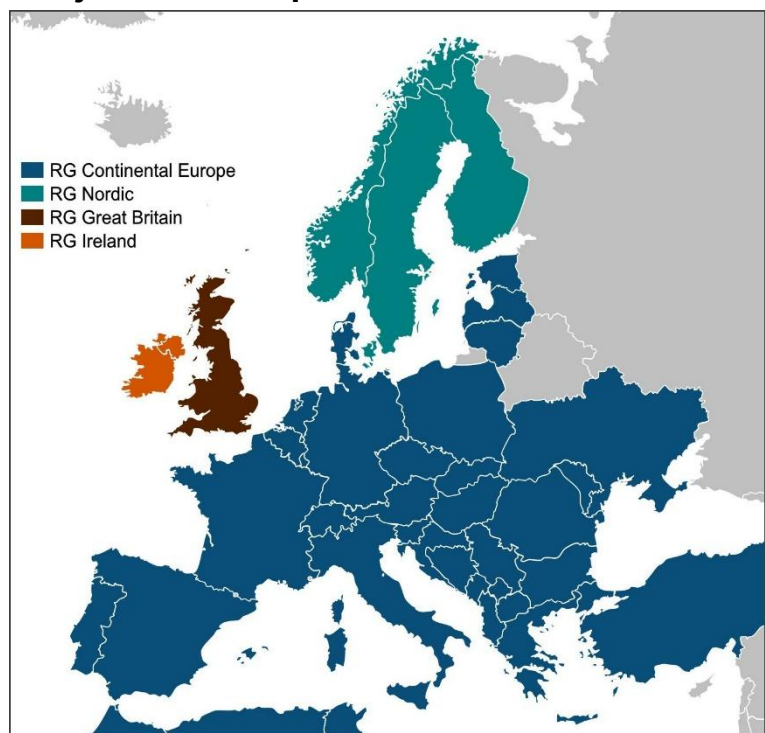


Fig. 1 - Kilde: Wikipedia

Der er undertiden konstateret lavfrekvente pendlinger (< 1 Hz) mellem den iberiske halvø og det østlige Europa. Det har man hidtil ikke set på med særlig alvor.

Vindmøller forbindes til nettet med kraftelektronik, så omdrejningstallet kan optimeres i forhold til vinden. Derfor har væksten af vind- og solkraft reduceret systemets roterende masse og ændret systemets dynamiske egenskaber. Derved opstår et behov for løbende opdatering af de styresystemer og beskyttelser, som skal sikre en stabil drift.

¹ Grid Incident in Spain and Portugal on 28 April 2025 - Final Report - 20 March 2026 - https://www.entsoe.eu/publications/blackout/28-april-2025-iberian-blackout/#Publications_&_Documents

Utydelig konklusion

Hvis man kun læser kapitel 9.1 ("Summary"), bliver man ikke meget klogere. Teksten efterlader det indtryk, at hændelsen er resultatet af et sammenbrud af uheldige omstændigheder. Jeg synes, at den ineffektive spændingskontrol burde fremhæves i sammendraget. I Europa pakker vi gerne kritik pænt ind. Jeg har set en del tilsvarende rapporter fra USA, og her er man mere direkte. Meningen er jo at lære noget med et begrænset tidsforbrug.

Et omvendt spændingssammenbrud

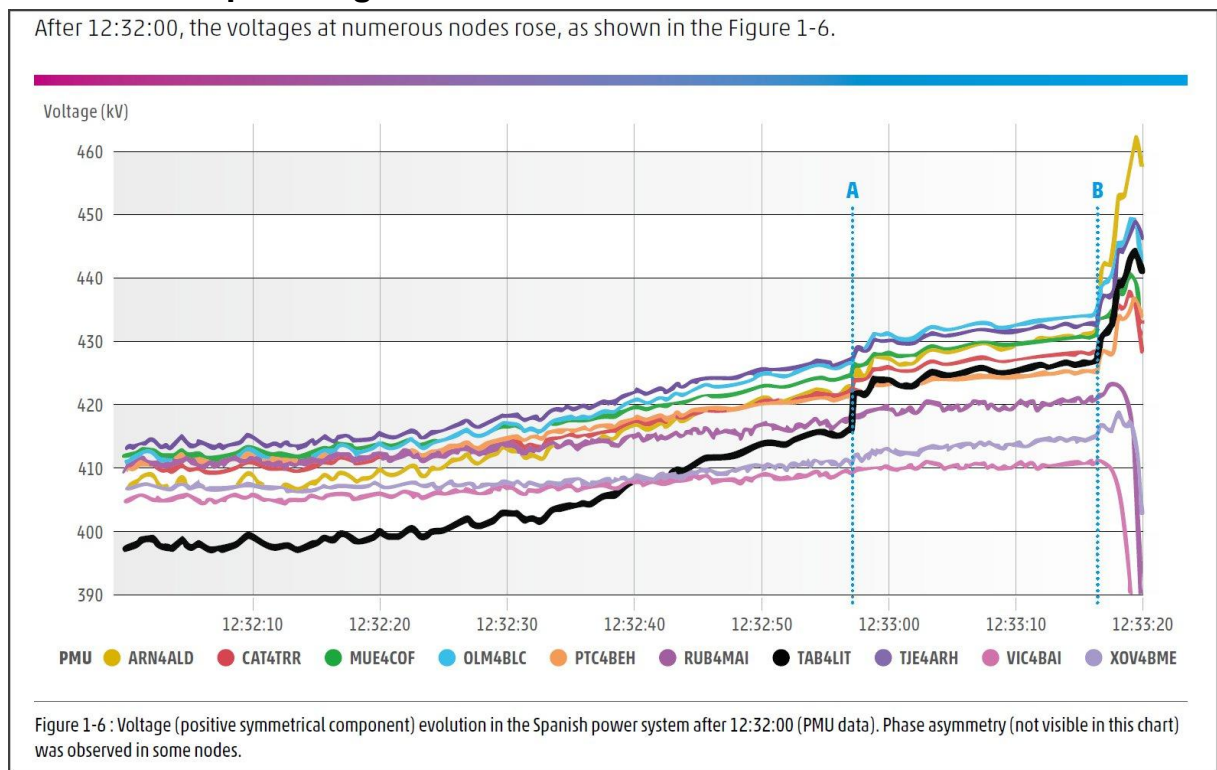


Fig. 2 - Spanien tillader spændinger op til 440 kV - De fleste andre lande tillader højst 420 kV.

Systemoperatørerne skal både balancere produktion med forbrug og opretholde systemets spænding. De to balancer styres ved regulering af henholdsvis aktiv og reaktiv effekt. Det kræver tilstrækkelige styrbare ressourcer af begge dele.

Manglende reserver af reaktive ressourcer har tidligere ført til interessante blackouts. Det gælder f.eks. da det meste af Frankrig blev mørklagt den 19. december 1978. Det samme var tilfældet i Sydsverige og på Sjælland den 23. september 2003. Nettets egen generering af reaktiv effekt vokser med spændingens kvadrat. Hvis spændingen af en eller anden grund falder, genererer nettet mindre reaktiv effekt, og så falder spændingen lidt mere. Dermed er man inde i en ond cirkel, som kun kan ende med kollaps, hvis man ikke har noget at stå imod med.

I det aktuelle tilfælde var det lige modsat. En forhøjet spænding giver mere generering af reaktiv spænding i nettet, og så stiger spændingen lidt mere. Og så kører karrusellen. Fig. 2 viser, at det omvendte spændingssammenbrud tog ca. 70 sekunder. Det gav ikke tid til manuelle indgreb, og de automatiske kilder til regulering af reaktiv effekt var utilstrækkelige.

Derfor er redegørelsen for forvaltningen af de reaktive ressourcer central. Rapporten nævner disse faktorer (i tilfældig rækkefølge):

- Kobling med reaktive komponenter (f.eks. shunt-reaktorer) foregår manuelt og tager tid.
- VE-produktion drives med fast fasevinkel og dermed konstant MW/MVar-forhold og kan altså ikke reagere automatisk på spændingsvariationer.
- De konventionelle synkrone kraftværker bidrog ikke med deres fulde reaktive kapaciteter ifølge angivne data.
- Den gældende Procedure 7.4 om reaktiv effekt fra synkrone generatorer omfatter ikke specifikation af dynamisk respons, og der er ingen økonomiske konsekvenser, hvis de gældende krav ikke opfyldes.
- Spændingskontrollen for producenter i lokale net er ikke indrettet efter systemets behov.
- Når Spanien tillader en højere 400 kV spænding end resten af Europa, bliver margenen mellem denne grænse og grænsen for automatisk bortkobling af produktion meget lille eller ikke eksisterende.

Hvis man skal sige det pænt, er der ret meget at rette op på her.

Det sidste punkt er utroligt. Se fig. 2. Normalt fylder man kun et glas til et stykke fra randen for ikke at spilde.

De synkrone generatorer skal regulere den reaktive effekt efter spændingen. De kan godt optage reaktiv effekt, men de har en stabilitetsgrænse, som man gerne holder sikker afstand til. Det kan være grunden til, at de traditionelle kraftværker ikke bidrog så meget til spændingsreguleringen, som de burde have gjort.

Fastlæggelsen af, hvor meget reaktiv effekt man bør råde over, er et spørgsmål om erfaring og risikovillighed. I praksis bør der være kriterier for dimensioneringen og regler for manuelle indgreb. I Frankrig var det en overbelastning af nettet, og man havde ca. ½ time, hvor man håbede, at krisen ville gå over af sig selv. Det gjorde den ikke. På Sjælland havde man efter en hændelse i Sverige kun 92 sekunder, hvad der ikke gav mulighed for manuelle indgreb.

Den ringe interesse for reaktiv effekt er forståelig. Som regel går det jo godt, men ikke altid.

Andre undersøgelser

Den europæiske ekspertgruppe, som står bag rapporten, undersøgte også de pendlinger, som blev målt før net-sammenbruddet, udvekslingerne mellem TSO og DSO'er og den automatiske frekvensafloadning.

Udvalgte konklusioner:

- *Analysen viser, at selv en væsentligt større inert i nettet ikke ville have forhindret tabet af synkronisme.*
- *Analyserne viser klart, at hændelsens nøglefænomen var den ineffektive spændingskontrol i det spanske kraftsystem. Simuleringer viser, at større marginer af reaktiv effekt kunne have forhindret systemsammenbrud og gjort det muligt at holde lavere spændinger og således opretholde systemstabiliteten.*

Oversigt over ekspertgruppens anbefalinger

Spændingskontrol:

- Analyse af muligheden for at detektere reduceret spændingsstabilitet (Prioritet: lav)
- Retningslinjer for god praksis for midler til spændingsstøtte og for studier af spændingsstabilitet. (Prioritet: høj)
- Enheder i spændingsstyringstilstand (Prioritet: høj)
- Synlighed og tilstrækkelighed af aktiver af reaktiv effekt (Prioritet: medium)
- Automatisk aktivering af reaktive ressourcer (Prioritet: medium)
- Spænding, tilladeligt driftsområde (Prioritet: høj)
- Sikre passende hurtig tilpasning af aktiv og reaktiv effekt, så længe VE-anlæg anvender konstant fasevinkel. (Prioritet: medium)

Pendlinger:

- Rammer til forbedring af dæmpning af svingninger mellem områder i det synkrone europæiske område (Prioritet: høj)
- Forbedret dynamisk overvågning og driftsmæssig detektion af svingninger i nettet (Prioritet: høj)

Afbrydelser:

- Godkendte indstillinger af generatorbeskyttelse for enheder, som er tilsluttet TSO og DSO (Prioritet: medium).
- Defineret spændingsprofil, som klasse A enheder skal kunne klare (fault-ride-through-capability) (Prioritet: høj)
- Regelmæssig kontrol med netbrugeres vurdering af nettets robusthed (spændingsvariationer, RoCoF) (Prioritet: medium)
- Undersøgelse af lokale generatorer uden for den centrale overvågning (Prioritet: medium)

Der er intet overraskende i denne liste. Man finder næsten identiske anbefalinger efter bølgen af blackouts i USA og Europa i 2003. Derfor burde meget af det for længst være gennemført i Spanien.

Dermed kan vi også aflive formodningerne om, at hændelsen skyldes væksten i vind- og solkraft eller den reducerede roterende masse.

Systemovervågning, systemkontrol og systembeskyttelse skal til enhver tid være opdateret i forhold til aktuelle systemændringer. Nogle opdateringer giver sig selv. Andre skal opdages ved studier af hændelser i egne eller andres net. Derfor er klare hændelsesrapporter så nyttige.

Med overgang til mere omfattende brug af ikke-styrbar produktion (vind og sol) bevæger man sig ind i et felt, hvor erfaringerne er få. Det kræver særlig omhu og giver måske mulighed for at høste nye erfaringer.