

Nedůvěrné znění zprávy výboru pro analýzu okolností elektroenergetické krize v roce **2006.**

28. dubna 2025



Úvod: Cíl analýzy	3
1. Účel a funkce výboru.....	7
2. Správa metodiky a dokumentace.....	13
3. Popis událostí z 28. dubna.....	18
Kontext elektrizační soustavy ke dni 28. dubna	18
FÁZE 0. NESTABILITA NAPĚTÍ V PŘEDCHOZÍCH HODINÁCH A TÝDNECH .24 FÁZE	
1. OSCILACE SYSTÉMU	29
FÁZE 2. ZTRÁTY PŘI VÝROBĚ PŘEPĚTÍ	38
FÁZE 3. ZHROUCENÍ NA NULOVÉ NAPĚTÍ.....	46
FÁZE 4. DOPLNĚNÍ ZÁSOB	59
4. Analýza.....	64
Povinnosti a zdroje pro kontrolu napětí.....	64
FÁZE 0. NESTABILITA NAPĚTÍ V PŘEDCHOZÍCH HODINÁCH A TÝDNECH .66 FÁZE	
1. OSCILACE SYSTÉMU	71
FÁZE 2. VÝROBNÍ ZTRÁTY ZPŮSOBENÉ PŘEPĚTÍM	87
FÁZE 3. ZHROUCENÍ NA NULOVÉ NAPĚTÍ.....	97
ANALÝZA ÚLOHY PROPOJENÍ	98
DALŠÍ ANALYZOVANÉ FAKTORY	107
FÁZE 4. DOPLNĚNÍ ZÁSOB	123
ANALÝZA DIGITÁLNÍCH SYSTÉMŮ.....	126
5. Závěry	129
6. Navrhovaná opatření	135
7. Úvahy na evropské úrovni.....	155
Příloha I. Kontrolní střediska.....	157
Příloha II. Kritické společnosti a společnosti s velkým dopadem.....	158
Příloha III. [REDACTED] - připojená zařízení.....	159
Příloha IV. [REDACTED] - připojená zařízení	160
Příloha V. [REDACTED] - připojená zařízení	160
Příloha VI. Doplňování zásob: vývoj doplněného nákladu.....	161
Příloha VII. Akce prováděné GTOSE.....	162
Příloha VIII. Akce prováděné GTCSD	164
PŘÍLOHA IX. Seznam petic	167
Příloha X. Stručné základy elektrizační soustavy.....	168
Příloha XI. Fungování trhu a provozování elektrizační soustavy	177
Příloha XII. Stručné základy kybernetické bezpečnosti a digitálních systémů	179



Výbor pro analýzu okolností, který se shodl na krizi v elektroenergetice ze dne 28. dubna 2025, se na svém čtrnáctém zasedání konaném dne 16. června a na základě kladné zprávy Generálního státního zastupitelství dohodl, že tuto zprávu předloží Radě bezpečnosti ke schválení a následnému projednání v Radě ministrů.

ÚVOD: CÍL ANALÝZY

Dne 28. dubna 2025 ve 12:33:30 došlo na Pyrenejském poloostrově k nulovému napětí a odpojení španělské a portugalské elektrizační soustavy od evropské propojené soustavy.

Současně s touto událostí došlo k vyhlášení elektroenergetické krize v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/941 ze dne 5. června 2019 o rizikové připravenosti v odvětví elektřiny a o zrušení směrnice 2005/89/ES a s plánem rizikové připravenosti pro odvětví elektřiny ve Španělsku, neboť byly překročeny prahové hodnoty pro ztrátu zatížení a nedodanou energii předpokládané v tomto plánu.

Španělská vláda prostřednictvím ministerstva pro ekologickou transformaci a demografické výzvy informovala Evropskou komisi a francouzské a portugalské orgány o tomto prohlášení o elektroenergetické krizi.

Z pověření Národní bezpečnostní rady, která může využít podpůrné orgány pro výkon jím svěřených funkcí, pokud to vyžaduje řešení krize podle článku 20.3 zákona 36/2015 ze dne 28. září o národní bezpečnosti a sděleným příkazem ze dne 30. dubna 2025 třetího místopředsedy vlády a ministra pro ekologickou transformaci a demografickou výzvu byl zřízen "VÝBOR PRO ANALÝZU KRIZOVÝCH STAVŮ, KTERÉ PŘEDCHÁZÍ KRIZI ELEKTRICKÉ ENERGIE Z 28. DUBNA 2025" a "VÝBOR PRO ANALÝZU KRIZOVÝCH STAVŮ, KTERÉ PŘEDCHÁZEJÍ KRIZI ELEKTRICKÉ ENERGIE Z 28. DUBNA 2025".

2025" (dále jen "Výbor 28-A").



Zpráva a její závěry by měly být předloženy ke schválení celé Národní bezpečnostní radě.

Výboru předsedá třetí místopředseda vlády a ministr pro ekologickou transformaci a demografické výzvy a tvoří jej: generální ředitel ministerstva národní bezpečnosti, vrchní velitel Společného velitelství kybernetického prostoru (MCCE); velitel bojové skupiny MCCE, zástupce generálního ředitele Národního kryptologického centra, které je součástí Národního zpravodajského centra (CCN-CNI); ředitel Národního centra pro ochranu kritické infrastruktury (CNPIC), vedoucí Úřadu pro koordinaci kybernetiky (OCC); státní tajemník pro energetiku; generální ředitel pro energetickou politiku a doly; generální ředitel pro energetické plánování a koordinaci; generální ředitel pro vodní hospodářství; zástupce generálního ředitele pro digitální bezpečnost; generální ředitel Institutu pro diverzifikaci a úspory energie (IDAE) a generální ředitel Španělského národního institutu pro kybernetickou bezpečnost. Technický sekretariát výboru vykonává ředitel kabinetu státního tajemníka pro energetiku.

Na svém zasedání 30. dubna se výbor dohodl na zřízení dvou pracovních skupin: jedné pro kybernetickou bezpečnost a digitální systémy (GTCSD¹) a druhé pro provoz elektrizační soustavy (GTOSE⁽²⁾). Důvodem vytvoření těchto dvou specializovaných pracovních skupin je potřeba analyzovat události specifickým, ale koordinovaným způsobem ze dvou nejdůležitějších hledisek, aby bylo možné určit jejich příčiny: z hlediska řízení elektrizační soustavy na jedné straně a z hlediska digitálních technologií na straně druhé.

Tato zpráva je strukturována do sedmi oddílů a dvanácti příloh, které přehledně a postupně přibližují souvislosti, vývoj a závěry vyplývající z elektroenergetické krize z 28. dubna 2025. Každý oddíl se zabývá specifickými aspekty analýzy provedené Výborem, od odůvodnění

¹GTCSD tvoří vrchní velitel Společného velitelství kybernetického prostoru, velitel bojové skupiny Společného velitelství kybernetického prostoru, zástupce generálního ředitele Národního kryptologického centra, vedoucí oblasti reakce na incidenty Národního kryptologického centra, ředitel Národního centra ochrany kritické infrastruktury, vedoucí Úřadu pro koordinaci kybernetické bezpečnosti, náměstek generálního ředitele pro digitální bezpečnost a jako asistent pro GTOSE generální ředitel pro energetické plánování a koordinaci.

²GTOSE se skládá ze státního tajemníka pro energetiku, ředitele odboru energetické politiky a dolů, generálního ředitele pro energetické plánování a koordinaci, náměstka ředitele pro elektroenergetiku a ředitele Institutu pro diverzifikaci a úspory energie, hosty jsou ředitel odboru energetiky a náměstek ředitele pro elektroenergetiku CNMC.



Cílem tohoto uspořádání je nabídnout ucelený a strukturovaný přehled o provedené práci a usnadnit jak celkové pochopení, tak konkrétní konzultace jednotlivých fází procesu analýzy. Cílem této organizace je nabídnout úplný a strukturovaný pohled na prováděnou práci, usnadňující jak globální porozumění, tak konkrétní konzultace každé z fází procesu analýzy.

Po úvodu o vzniku výboru, v němž jsou uvedeny souvislosti, které vedly k jeho zřízení, a základy, na nichž je založena jeho činnost, je v první části představen vznik, účel a fungování výboru, který byl zřízen na základě zákona 36/2015 ze dne 28. září 2015 o národní bezpečnosti a zákona 40/2015 ze dne 1. října 2015 o právním režimu veřejného sektoru. Zejména je zde uvedeno složení, povinnosti a dynamika práce, přičemž je podrobně popsána dobrovolná povaha poskytování informací ze strany zástupců sektoru a důvěrná povaha činnosti výboru, aniž by to bránilo naplnění jeho účelu.

Druhý oddíl popisuje metodiku, kterou se řídily dvě pracovní skupiny, jež prováděly činnost výboru. Podrobně se také zabývá typem informací požadovaných od různých subjektů v odvětví elektřiny a zdůrazňuje, že většina požadavků byla uspokojivě splněna. Tato spolupráce byla rozhodující pro vypracování důkladné analýzy a přesné chronologie událostí z 28. dubna.

Třetí oddíl podrobně popisuje události z 28. dubna. Za tímto účelem Výbor rozdělil časovou osu událostí do pěti fází, které se shodují s obsahem tohoto oddílu. Fáze 0, která zahrnuje dny před událostí a ráno mezi 9:00 a 12:00; fáze 1, mezi 12:00 a 12:30, v níž jsou zjištěny a tlumeny různé oscilace; fáze 2, která zahrnuje minuty mezi 12:32 a 12:33; fáze 2, která zahrnuje minuty mezi 12:32 a 12:33:18, v níž dochází k prvním ztrátám generace v důsledku přepětí; fáze 3, která popisuje zhroucení systému na nulu mezi 12:33:18 a 12:33:30; a konečně fáze 4, která podrobně popisuje obnovení dodávek od 12:33:30 dne 28. dubna do 14:36 dne 29. dubna.

Čtvrtý oddíl odráží analýzu provedenou oběma pracovními skupinami. Tato analýza je rozdělena do dvou pododdílů: první se týká fungování systému a druhý fungování systému.



Druhý, zaměřený na digitální systémy a kybernetickou bezpečnost, vypracovala GTCSD. První podkapitola se zabývá jak událostmi z 28. dubna, tak různými systémovými faktory, které je vysvětlují.

Pátý oddíl obsahuje soubor závěrů odvozených z analýzy provedené ve čtvrtém oddíle. Tyto závěry jsou prezentovány diferencovaně podle jejich rozsahu: na jedné straně ty, které se týkají digitálních systémů, a na druhé straně ty, které odpovídají striktně elektrické oblasti.

Šestý oddíl obsahuje soubor opatření, která by měla řešit faktory, jež vedly k nulové spotřebě elektřiny, a která by umožnila posílit systém jako celek. V tomto oddíle jsou opět oddělena opatření zaměřená na digitální sféru a kybernetickou bezpečnost, která navrhoje GTCSD, od opatření, která se týkají výhradně elektroenergetické sféry a která navrhoje GTOSE.

A konečně sedmý oddíl obsahuje soubor dalších úvah na evropské úrovni.

Zpráva obsahuje také dvanáct příloh, které poskytují podrobné informace nebo doplňující souvislosti k různým aspektům, jimiž se zabývá hlavní část dokumentu. Tyto informace byly vzhledem k jejich délce nebo doplňkové povaze zařazeny do příloh, aby se usnadnila přehlednost a uspořádání zprávy.



1. ÚČEL A FUNKCE VÝBORU

Kontext

Národní bezpečnostní rada na základě článku 21.1 písm. a) zákona č. 36/2015 ze dne 28. září 2015 o národní bezpečnosti, který jí přisuzuje funkci "vydávat nezbytné pokyny pro plánování a koordinaci politiky národní bezpečnosti", přijala na svém zasedání dne 30. dubna 2025 pokyn vytvořit v rámci Generální státní správy výbor pro analýzu okolností elektroenergetické krize a vypracování závěrů, které budou předloženy plénu Rady národní bezpečnosti jako vhodné opatření na ochranu národní bezpečnosti.

Třetí místopředsedkyně a ministryně pro ekologickou transformaci a demokratickou výzvu v rámci svých pravomocí, které jí byly svěřeny článkem 16 výše uvedeného zákona o národní bezpečnosti, provedla výše uvedenou směrnici, schválila oznámený Příkaz ze dne 30. dubna 2025, kterým se zřizuje a upravuje fungování Výboru pro analýzu okolností, které se podílely na vzniku elektroenergetické krize ze dne 28. dubna 2025 (dále jen "Příkaz"), s povahou pracovní skupiny, v souladu s článkem 22.3 zákona č. 40/2015 ze dne 1. října 2015 o právním režimu veřejného sektoru.

"Výbor bude analyzovat okolnosti elektroenergetické krize, k níž došlo 28. dubna 2025, a vypracuje závěry, které 3. místopředseda vlády a ministr pro ekologickou transformaci a demografickou výzvu předloží plénu Národní bezpečnostní rady."

Výbor "se může dohodnout na zapojení odborníků v dané oblasti, požádat je o radu, vyžádat si informace a přizvat zástupce veřejné správy a veřejného a soukromého sektoru k účasti na své činnosti".

Funkce

Krise v dodávkách elektřiny, která se odehrála 28. dubna a která v naší zemi nemá obdobu, vedla Národní bezpečnostní radu k tomu, že považovala za nezbytné vybavit se "agilním a specializovaným nástrojem pro analýzu faktorů, které ke krizi přispěly, identifikaci zranitelných míst a návrh opatření ke zlepšení postupů, zdrojů a kapacit národního bezpečnostního systému". Všechny



To je v souladu se zásadami jednoty činnosti, meziresortní koordinace a spolupráce mezi orgány veřejné správy, které jsou inspirací pro národní bezpečnostní politiku, a v souladu s platnými právními a strategickými mandáty.

Složitost a rozsah událostí, k nimž došlo, vyžadují multidisciplinární přístup a spolupráci různých ministerstev, zúčastněných veřejných orgánů a odborníků, kteří mohou poskytnout příslušné informace, aby bylo zajištěno komplexní posouzení situace a vypracování účinných návrhů na její řešení a předcházení budoucím incidentům.

K naplnění svého cíle je výbor oprávněn shromažďovat informace a odborná stanoviska a přizvat k účasti na své činnosti zástupce veřejné správy a veřejného i soukromého sektoru.

Z provozního hlediska, jak bylo uvedeno výše, výbor zřídil dvě pracovní skupiny: pracovní skupinu pro kybernetickou bezpečnost a digitální systémy (GTCSD) a pracovní skupinu pro provoz elektrizační soustavy (GTOSE).

Dobrovolnost poskytování informací Výboru ze strany provozovatelů elektroenergetických soustav.

Aniž by byla dotčena obecná zásada spolupráce stanovená v článku 7 zákona č. 36/2015 ze dne 28. září a obecně v článku 18 zákona č. 39/2015 ze dne 1. října 2015 o společném správním postupu orgánů veřejné správy, Výbor si vyžádal informace od provozovatelů elektrizačních soustav za předpokladu spolupráce a dobrovolnosti.

Činnost výboru probíhala na základě dobrovolné spolupráce, aniž by bylo dotčeno dodržování práv a povinností, které jsou jednotlivým subjektům elektrizační soustavy přiznány právními předpisy, a postupy jakéhokoli druhu, které mohou zahájit příslušné orgány při výkonu svých funkcí v souladu s platnými odvětvovými právními předpisy a ve svých oblastech, které se liší od oblastí odpovídajících tomuto výboru.

Důvěrnost jednání výboru

Jednání výboru probíhalo za předpokladu zachování důvěrnosti.



Výbor zachoval důvěrnost údajů a zpráv poskytnutých hospodářskými subjekty v případech, kdy hospodářské subjekty na žádost třetích stran nedaly výslovný souhlas k šíření těchto informací.

Stejná zásada důvěrnosti se vztahuje i na obsah schůzí výboru, jehož členové podléhají buď povinnosti mlčenlivosti stanovené v čl. 26 odst. 2 písm. b). 2 zákona č. 19/2013 ze dne 9. prosince 2013 o transparentnosti, přístupu k veřejným informacím a řádné správě věcí veřejných, nebo zásadě důvěrnosti stanovené v čl. 52 konsolidovaného znění základního statutu zákona o veřejných zaměstnancích, schváleného královským legislativním nařízením č. 5/2015 ze dne 30. října.

Výše uvedená důvěrná povaha musí být v souladu se smyslem existence výboru, na který tato zpráva reaguje a jehož účelem je analyzovat okolnosti krize v elektroenergetice z 28. dubna - což nepochybně zahrnuje, jak je uvedeno v důvodové části nařízení ze dne 30. dubna, "analýzu faktorů, které přispěly ke krizi, identifikaci slabých míst a návrh opatření ke zlepšení postupů, zdrojů a schopností národního bezpečnostního systému" - a vypracovat odpovídající závěry této analýzy a předložit je plénu Národní bezpečnostní rady.

Zpráva obsahuje stanovisko ke všem aspektům, které byly analyzovány v rámci plnění mandátu uděleného výboru, a to s takovou mírou podrobnosti, aby tato analýza byla srozumitelná a užitečná pro účely, pro které byl výbor zřízen.

Rovnováha mezi těmito dvěma faktory - zásadou důvěrnosti a dodržováním mandátu výboru - znamená, že zpráva vyžaduje pouze určité informace o konkrétních zařízeních nebo provozovatelích a je přísně omezena na ty, které jsou nezbytné k tomu, aby bylo možné specifikovat faktory, které přispěly ke krizi, určit slabá místa a navrhnut opatření ke zlepšení.

Obecně a s ohledem na komunikaci s veřejností, která je neodmyslitelně spjata se zásadou transparentnosti veřejné činnosti, se má za to, že bude muset dodržovat ustanovení výše uvedeného zákona č. 19/2013 ze dne 9. prosince, a to jak s ohledem na tzv. aktivní publicitu upravenou v jeho čl. 5 odst. 1, tak při dodržování omezení práva na přístup k veřejným informacím (čl. 5 odst. 3, 14 a 15).



Ve stejném duchu spolupráce a s cílem usnadnit co největší transparentnost zaslal výbor dne 4. června zástupcům odvětví, s nimiž spolupracoval, dopis, v němž je požádal o výslovné svolení k šíření konkrétních aspektů zaslaných informací a požádal je o co největší transparentnost, aby mohly být co nejpodrobněji sděleny veřejnosti. Tato zpráva zohledňuje odpovědi obdržené od různých oslovených subjektů.

Ze všech 67 oslovených subjektů jich šest vyjádřilo výslovné přání, aby informace byly důvěrné; tři uvedli, že k jejich šíření je třeba předchozího souhlasu s obsahem; 57 výslovný souhlas nezaslalo a jeden povolil šíření vlastních údajů.

Tato zpráva zohledňuje odpovědi, které byly získány od různých konzultovaných subjektů.

Sdělování údajů příslušným orgánům

Na výbor, který má povahu pracovní skupiny, se na základě ustanovení čl. 22 odst. 3 zákona č. 40/2015 ze dne 1. října vztahuje zásada legality podle článku 103 Ústavy.

Článek 61 zákona 39/2015 ze dne 1. října upravuje zahájení řízení na odůvodněnou žádost jiných orgánů.

Podle ustanovení tohoto článku je každý správní orgán, který není příslušný k zahájení daného řízení a který se příležitostně nebo z důvodu své kontrolní, vyšetřovací nebo pátrací funkce dozví o okolnostech, jednání nebo skutečnostech, které jsou předmětem jiného řízení, oprávněn podat návrh orgánu příslušnému k zahájení řízení.

Skutečnost, že výbor získal přístup k údajům nebo informacím, které mohou být předány jiným orgánům na základě odůvodněné žádosti uvedené v článku 61 zákona č. 39/2015, v rámci důvěrnosti, není překážkou pro takový postup, pokud je prováděn způsobem respektujícím záruku zákazu sebeobviňování v souladu s rozsahem, který ústavní judikatura (STC 21/2021) přisuzuje této záruce, která působí, náležitě upravená, i ve správním sankčním právu.



Kontextové podmínky

Práce tohoto výboru je proto podřízena jeho cílům, rámci dobrovolné spolupráce ze strany konzultovaných zástupců, povinnosti dodržovat důvěrnost za podmínek stanovených předpisy a samotnými zástupci, kteří si svobodně stanovili další podmínky, pokud to považovali za vhodné.

Druhým faktorem, který určoval práci výboru, byl časový rámec. Cílem komise je mimo jiné poskytnout solidní analytický základ pro to, aby Španělské království splnilo ustanovení nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/941 ze dne 5. června 2019 o rizikové připravenosti v odvětví elektřiny a o zrušení směrnice 2005/89/ES, z něhož vychází plán rizikové připravenosti pro odvětví elektřiny ve Španělsku.

Článek 6.5 plánu - s odkazem na článek 17 nařízení - stanoví pro příslušný orgán, v tomto případě Generální ředitelství pro energetickou politiku a doly, maximální lhůtu tří měsíců na předložení hodnotící zprávy ex-post Evropské komisi a Koordinační skupině pro elektřinu a vyzývá ji, aby se pokusila tuto lhůtu zkrátit. Výbor pracoval na tomto dočasném pověření a zdvojnásobil své úsilí, aby získal průkaznou analýzu, která mu jednak umožní navrhnout opatření stanovená v jeho funkcích, jednak bude základem pro následné splnění této povinnosti podávat zprávy evropským orgánům.

Obecně se výbor mohl spolehnout na spolupráci všech subjektů v odvětví elektřiny, kterým je vděčný za jejich spolupráci. V tak složitém systému, v němž působí řada subjektů všech typů velikosti a právní povahy, byla schopnost reakce a granularita získaných informací nerovnoměrná, a proto bylo v některých případech nutné provést větší počet ověření a modelování, aby bylo dosaženo přesvědčivých důkazů, což bylo operativní úsilí, které umožnilo tento nedostatek překonat. Ve stejném smyslu nebyly v některých případech, rovněž z důvodu nedostatku zdrojů, informace zaslány před kontrolami na místě, což by umožnilo operativnější analýzu.



Technologická rozmanitost, složitost některých systémů a v některých případech i absence některých monitorovacích prvků a nedostatečná centralizace představovaly rovněž výzvu, zejména v oblasti analýzy digitálních systémů, která se rovněž setkala s operativním úsilím, jež zahrnovalo více než 1 200 hodin práce.

Výbor nicméně identifikoval určité obrysové prvky, které podmínily jeho práci.

Rámec důvěrnosti kromě toho, že omezuje jeho veřejné šíření, v některých případech ztěžuje přístup k některým prvkům kontrastu, které musely být doplněny jinými zdroji.

Dobrovolný rámec spolu se složitostí a délkou dokumentace vedl k určitým zpožděním při získávání informací.

Navzdory ochotě většiny aktérů nebyly informace vždy dostatečně přesné. V této souvislosti výbor upozorňuje na ta měření, která nebyla z různých důvodů správně kalibrována, což bylo napraveno.

Stejně tak, jak bylo uvedeno výše, ne všichni zaměstnanci měli odpovídající prostředky k poskytování informací s potřebnou granularitou a podrobností, zejména proto, že neměli potřebné vybavení. Došlo také k určitým opomenutím, k informacím, které z různých důvodů nebyly do data dokončení této zprávy obdrženy.

Další složitost vyplývá ze samotné konfigurace "navazujícího" systému, kde se běžně vyskytují právní subjekty - partnerství, společné podniky - tvořené různými uživateli sběrné stanice nebo rozvodny. Kromě obtíží s určením jejich zástupce se mezi jejich partnery přirozeně objevila debata o významu spolupráce s touto komisí, což vedlo ke zpoždění při získávání informací, přestože je společnost měla krátce po obdržení žádosti od této komise.

Vlastnická struktura tohoto typu zařízení, která je rozhodující pro charakteristiku jedné z hlavních úrovní studia tohoto výboru, znamenala, že se partneři v některých případech rozhodli uchýlit k nezávislým analýzám, aby vydali



jejich hodnocení toho, co se stalo. Výbor oceňuje tuto snahu partnerů, i když to byl druhý faktor, který zdržoval získávání informací.

Rozdílné tempo získávání dat, rychlé na začátku a výrazně pomalejší v poslední části analýzy, ztížilo strukturování práce a zvýšilo počet iterací s aktéry za účelem dokončení analýzy.

Díky těmto rámcovým podmínkám, a to jak z hlediska času, tak z hlediska podrobnosti dokumentace a procesu shromažďování údajů, byl výbor schopen strukturovat přesný popis skutečnosti.

Míra jistoty však poskytuje pevný základ pro práci výboru, zejména pokud jde o doporučení, která mohou v této rané fázi pomoci posílit systém v krátkodobém a střednědobém horizontu.

2. METODIKA A ŘÍZENÍ DOKUMENTACE

V případě **pracovní skupiny pro kybernetickou bezpečnost a digitální**

systémy: Pracovní plán byl vymezen na třech úrovních:

- Úroveň 1: Systémový operátor Red Eléctrica de España
 - Analýza dokumentace, informací a údajů
 - Analýza / revize systémů na místě.
- Úroveň 2: Kontrolní střediska různých společností.
 - Analýza dokumentace, informací a údajů.
 - Analýza / revize systémů na místě.
- Úroveň 3: Generační centra, která jsou na těchto řídicích centrech závislá.
 - Analýza dokumentace, informací a údajů.
 - Žádost o údaje od kontrolních středisek.

Současně byl vypracován akční plán, jehož cílem je mimo jiné posílit prevenci a odhalování kybernetické bezpečnosti v odvětví elektroenergetiky:

- Analýza povrchu expozice.



- Posilit dohled nad otevřenými zdroji na internetových fórech a stránkách, temném webu atd., a to z hlediska věrohodných tvrzení příslušných aktérů, prodeje informací nebo dat z možných exfiltrací atd.
- Analyzovat podobné případy kybernetických útoků na elektrickou soustavu a studovat způsoby činnosti: taktiky, techniky a postupy (TTP).

Analýzy ve výše uvedených subjektech se zaměřily na hodnocení jejich kontrolních středisek, bezpečnostních operací a postupů v nich prováděných a na hodnocení stávajících registrů činností.

Studie zohlednila mimo jiné následující prvky subsystému kybernetické bezpečnosti subjektu:

- Komponenty z validace a ověřování z uživatelů na adrese systému, zejména těch, které se týkají vzdáleného přístupu.
- Ochrana perimetru a prostředky pro oddelení a řízení sítě: především firewall a zařízení pro ochranu na 2., 3., 4. a 5. vrstvě.
- Ochrana systému proti škodlivému kódu a pokročilá ochrana systémů EDR (Endpoint Detection and Response).
- Sondy pro detekci hrozob a sledování provozu.
- Záznamy o činnosti.
- Systémy řízení incidentů a záznamy.
- Zprávy o zabezpečení a audity zranitelností.
- Síťové diagramy a konfigurační diagramy.

K provedení plánovaných akcí vytvořil výbor šest týmů rychlé reakce (RRT), které pracovaly v koordinaci s technickým koordinačním týmem.

Bylo shromážděno přibližně 133 GB informací, které přispely k této analýze. Seznam akcí provedených GTCSD v rámci této analýzy je uveden v příloze VIII.

Analyzované organizace spolupracovaly tím, že poskytly přístup k požadovaným informacím, jakož i k vizualizaci a křížové kontrole.



informace prostřednictvím technických konzol, které jsou k dispozici v různých řídicích střediscích.

Před návštěvou subjektu jim byl zaslán formulář a postup pro analýzu kybernetické bezpečnosti a digitálních systémů, aby RRT měla předem co nejvíce informací a mohla se na návštěvu a analýzu náležitě připravit.

Současně skupina zahájila řadu doplňkových akcí. Zejména:

1. Posílení kybernetického dohledu

- Informace byly vyžádány od všech kontrolních středisek, která obdržela zprávy obsahující v některých případech informace o jejich výrobních střediscích.
- Na základě údajů poskytnutých různými řídicími centry byla provedena předběžná neinvazivní analýza s cílem identifikovat možná rizika a hrozby pro kybernetickou bezpečnost, které by mohly souviset s krizí z 28. 4. 2025.
- Více než 1 000 veřejných IP adres bylo analyzováno a zkонтrolováno v databázích hrozob a zranitelností s cílem identifikovat náznaky zranitelných systémů nebo potenciálních vstupních vektorů.
- Byly vypracovány zprávy o zdokumentovaných případech kybernetických útoků na elektrickou síť v jiných zemích s cílem určit podobné taktiky, techniky a postupy (TTP), vzorce a ukazatele kompromitace, jakož i zúčastněné subjekty. Tyto informace byly poskytnuty skupinám RRT, aby se zaměřily na hledání důkazů a indicií těchto TTP.
- Došlo k posílení dohledu nad fóry a stránkami, které jsou často využívány určitými subjekty k přihlašování kybernetických útoků, prodeji dat apod. vylákané, vydírání atd., aniž by byla zjištěna jakákoli relevantní činnost.



V případě **pracovní skupiny pro provoz elektrizační soustavy** se požadované informace týkaly alespoň období mezi 9:00 a 12:35 hod. dne 28. 4. 2025, aby bylo možné analyzovat příčiny a sled události, a období mezi 12:35 hod. a okamžikem úplného obnovení dodávek, aby bylo možné posoudit postup obnovení. Stejně tak byly jednotlivé subjekty požádány o informace o týdnu předcházejícím incidentu, jakož i o jakékoli další informace, které mohou být relevantní pro objasnění toho, co se stalo. Zejména, a jak navrhla část sektoru, byly analyzovány dříve pozorované vzorce podobné těm, které se vyskytly po 12:00 dne 28. dubna, a konkrétně epizoda přepětí ze dne 22. dubna a epizoda podpětí ze dne 24. dubna.

Shromážděné kvantitativní informace zahrnují údaje o aktivních, jalových, frekvenčních a napěťových měřeních, sekvencích vypínání a odpojování zařízení, příčinách těchto odpojení, oscilografických záznamech a kompletním seznamu výstrah SCADA ve vašem řídicím systému.

Kvalitativní informace zahrnují vysvětlení a interpretaci údajů, informace o účasti výrobních jednotek na obnovení provozu, jakož i analýzu, úvahy o tom, co se stalo, a návrhy na kroky nebo opatření, regulační, nová zařízení nebo systémy, zlepšení komunikace nebo jiná opatření s cílem zabránit opakování události tohoto druhu a případně zlepšit společnou reakci systému až do úplného obnovení dodávek.

Pokud bylo nutné obdržené informace upřesnit nebo porovnat, byly podány další žádosti o upřesnění a rozšíření konkrétních prvků informací, aby pracovní skupina mohla vypracovat co nejúplnejší vysvětlení toho, co se stalo.

Podobně se na pozvání různých společností a s cílem usnadnit výměnu a poskytování informací konalo několik schůzek GTOSE v prostorách těchto zástupců. Uskutečnila se také telematická setkání. Vzhledem k organizačním kritériím nebylo možné zúčastnit se všech pozvání, ačkoli bylo vyvinuto úsilí o udržení plynulých vztahů se všemi aktéry, a zejména s těmi, kteří jsou z hlediska objemu a zájmu nejvýznamnější pro charakteristiku okolností, k nimž došlo 28. dubna.



Pro účely analýzy informací bylo vytvořeno zabezpečené úložiště s omezeným přístupem, do kterého byla uložena veškerá dokumentace obdržená v reakci na žádost o informace, jakož i veškeré další záležitosti, které společnost GTOSE považuje za důležité.

GTOSE rovněž vytvořila analytický tým nebo *pracovní skupinu složenou z technických pracovníků různých útvarů Státního sekretariátu pro energetiku* (kabinet, Generální ředitelství pro energetickou politiku a doly, dále jen DGPEYM, Generální ředitelství pro energetické plánování a koordinaci, dále jen DGPLACE, a IDAE), který byl pověřen vyčerpávající analýzou získaných informací, vypracováním souhrnných zpráv a vyplněním kontrolní a monitorovací tabulky.

Technický sekretariát Výboru pro analýzu přitom vydal celkem 111 dopisů se žádostí o spolupráci od různých subjektů, přičemž bylo vyřízeno 770 žádostí, z nichž většina byla zodpovězena.

Akce prováděné GTOSE jsou rovněž popsány v příloze VII.

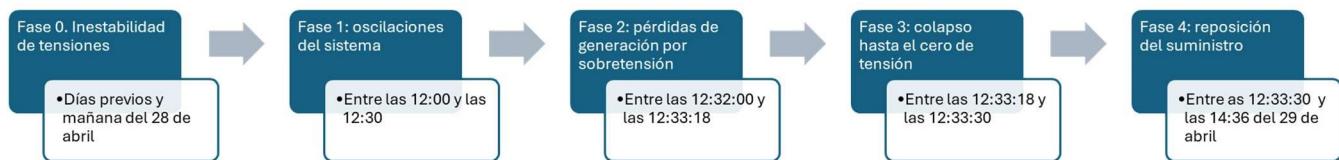
Získané informace umožnily vypracovat analýzu a chronologii událostí z 28. dubna a jejich příčin a v případě potřeby porovnat údaje poskytnuté různými činiteli, aby se objasnilo, co se stalo na konkrétních místech nebo v konkrétních časech, čímž byl splněn účel, kterým tento výbor pověřila Rada národní bezpečnosti.



3. POPIS UDÁLOSTÍ Z 28. DUBNA APRIL

Pro lepší popis a analýzu sledu událostí z 28. dubna Výbor rozdělil časovou osu do následujících pěti fází:

- **Fáze 0 - stresová nestabilita:** týden před akcí a ráno v den akce mezi 9:00 a 12:00 hod.
- **Fáze 1 - oscilace systému:** mezi 12:00 a 12:30:00 hod.
- **Fáze 2 - ztráty z výroby v důsledku přepětí:** mezi 12:32:00 a 12:33:18 hod.
- **Fáze 3 - zhroucení na nulové napětí na poloostrově:** mezi 12:33:18 a 12:33:30.
- **Fáze 4 - obnovení dodávek:** od 12:33:30 dne 28. dubna do 7:00 dne 29. dubna pro 99,95 % poptávky, ačkoli všechny technické práce byly ukončeny ve 14:36 hodin.



Fáze incidentu z 28. dubna

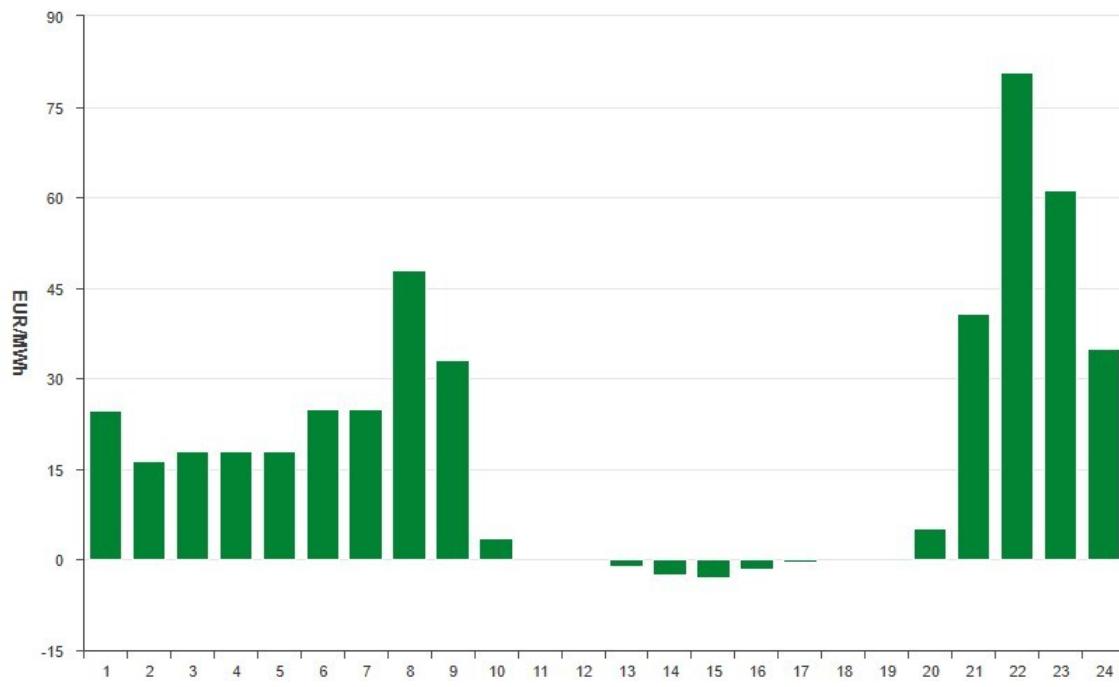
Kontext elektrizační soustavy 28. dubna

Před popisem fází a chronologie incidentu je uvedena kontextualizace elektrizační soustavy 28. dubna z různých fyzikálních a tržních hledisek. V přílohách X a XI jsou uvedeny podrobnosti o fungování elektrizační soustavy pro lepší kontextualizaci této části.

Jak je v elektrizační soustavě obvyklé, byly podmínky *směsi* pro 28. duben původně stanoveny postupy stanovenými den předtím, v neděli 27. dubna.



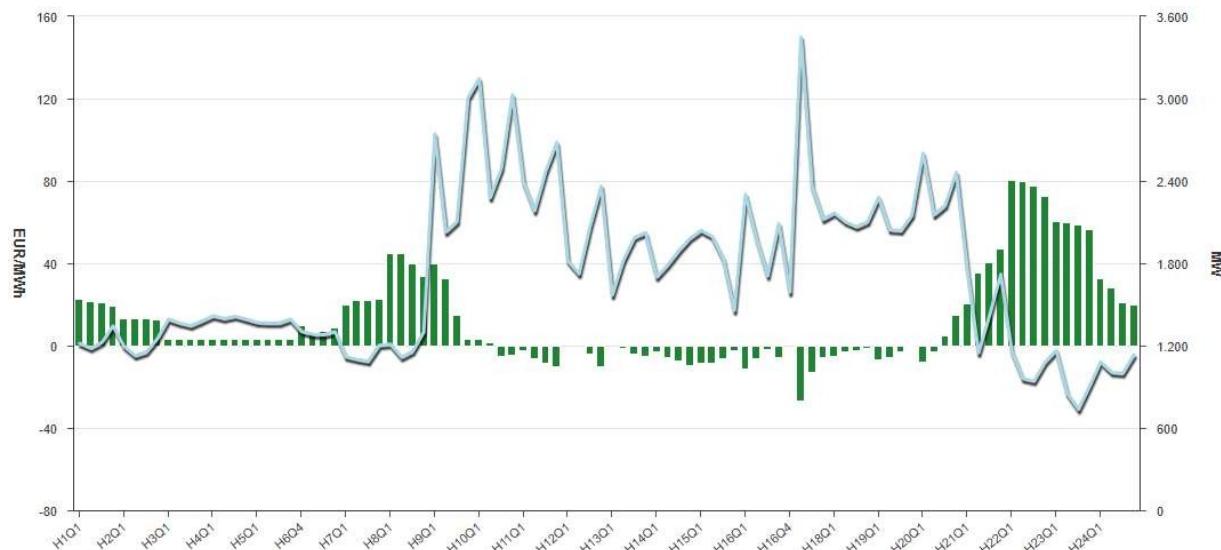
V poledne 27. dubna se **denní velkoobchodní trh** (OMIE) v jednotlivých hodinách dne 28. dubna shodoval s průměrnou denní cenou 18,50 €/MWh³, přičemž v centrálních hodinách dne byly ceny nulové nebo záporné:



Graf 1 Hodinové ceny na spotovém trhu (OMIE) 28. dubna. Zdroj: OMIE

Jak je navíc patrné z grafu 2, **vnitrodenní tržní cena**, která je výsledkem následně provedených aukcí, rovněž vykazuje kolísání mezi kladnými a zápornými cenami, v tomto případě s výkyvy ve čtvrt hodinových obdobích.

³Pro srovnání, aritmetický průměr ceny pro rok 2024 činil 58,6 €/MWh a pro rok 2025 do května včetně činí 60,4 €/MWh.



Stejně tak, jako každý den, provedl provozovatel soustavy v souladu s provozním postupem 3.2 "Technická omezení" plánování řešení **technických omezení** (RRTT) základního denního provozního řádu (dále jen PDBF) a po zveřejnění předběžného denního realizovatelného řádu (dále jen PDVP) dne 27. dubna ve 14:43 hodin provedl plánování technických omezení v reálném čase, a to jak v odpoledních hodinách dne 27. dubna, tak i v průběhu samotného dne 28. dubna.

Při plánování technických omezení vychází provozovatel soustavy z těch výrobních zařízení, která nebyla prohlášena za nedostupná. Pro plánování odpovídající 28. březnu bylo na základě shromážděných souhrnných informací celkem zařízení s instalovaným výkonem 12 800 MW, jejichž vlastníci vyhlásili nedostupnost, včetně přibližně 7 400 MW kombinovaného cyklu a přibližně 3 000 MW jaderné energie.

Tabulka 1 Nedostupnost výrobních jednotek. Zdroj: Zdroj: REE

Technologie	Nedostupný výkon* (MW)
Uhlí	903,5
Kombinovaný cyklus	7.426,3
Palivový plyn	0,0
Jaderné	3.078,6
Turbinační čerpání	1.392,1
<i>Hodnoty nedostupného výkonu zohledňující celé hodinové periody pro všechny nedostupnosti.</i>	



Jak Výbor zjistil z důvodů nedostupnosti oznámených provozovatelů výroben, je zřejmé, že ve většině případů se jedná o technické závady při opravách, revizích, údržbě nebo doplňování paliva. V případech

deklarovaným důvodem nedostupnosti je [REDACTED]

Pevninská elektrizační soustava měla k dispozici různé výrobní jednotky, jak je patrné z níže uvedeného porovnání nedostupnosti s celkovou kapacitou. To vše v kontextu nízké poptávky, jak odpovídá sezónnosti.

Tabulka 2 Nedostupný výkon a instalovaný výkon. Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů REE.

Technologie	Nedostupný výkon* (MW)	Celkový instalovaný výkon (MW)
Uhlí	903,5	1.820
Kombinovaný cyklus	7.426,3	24.562
Palivový plyn	0,0	8
Jaderné	3.078,6	7.117
Turbinační čerpání	1.392,1	3.331
Hodnoty nedostupného výkonu zohledňující celé hodinové periody pro všechny nedostupnosti.		

Podle informací předložených provozovatelem soustavy se harmonogram RRTT jak v předchozím dni (27. dubna ve 14:43 hodin byl zveřejněn PDVP na 28. dubna), tak od té doby v reálném čase řídí různými kategoriemi nebo rozdíly bezpečnosti dodávek, přičemž pro 28. duben je rozdělení následující:

- **Dynamická regulace napětí:** soustava vyžaduje možnost dynamické regulace napětí pomocí žádané hodnoty, kterou jsou konvenční elektrárny podle provozního postupu 7.4 povinny zajistit. Proto je v harmonogramu RRTT pro 28. den naplánováno 10 tepelných skupin (3 jaderné skupiny a 7 paroplynových elektráren) pro funkci dynamické regulace napětí: střední zóna (1), jihozápadní zóna (2), jihovýchodní zóna (1), severozápadní zóna (1), severní zóna (1), východní zóna (2), východní-severní zóna (1) a východní-jižní zóna (1).



- Jak je vidět, skupiny mají určité rozložení po celém Španělsku, což je dáno spíše lokálním charakterem napětí a jeho kontrolou. Jedna ze skupin však [REDACTED] v jihozápadní oblasti [REDACTED] a odpoledne 27. dubna vyhlásila nedostatečnost [REDACTED] trvala až do 00:00 hodin 30. dubna). V důsledku toho se provozovatel soustavy rozhodl v harmonogramu technických omezení v reálném čase ve 20:36 h zachovat výpadek spojený s elektrizační soustavou. Provozovatel soustavy rozhodl o zachování harmonogramu [REDACTED] od 0:00 h do 2:00 h dne 28. dubna pro regulaci napětí v Andalusii (a mezi 8:00 a 9:00 h jako rezervu).
- **Statická regulace napětí:** za účelem udržení odpovídající úrovně napětí v noci, kdy je poptávka nižší a výroba větrné energie je snížena, je v době od 1:00 do 8:00 omezena výroba 14 tepelných bloků (jaderných, plynových a uhelných s kombinovaným cyklem). Omezení spočívá v povinnosti zůstat připojené (tj. zůstat připojené k soustavě a v provozu), aby byla zaručena dostatečná úroveň absorpce jalového výkonu, vzhledem k tomu, že s topologickými opatřeními - připojením reaktorů a otevřením vedení - přijatými společností Red Eléctrica de España (dále jen "REE") nejsou bez přijetí těchto dodatečných opatření zaručeny úrovně napětí v rámci regulačních provozních rozsahů.
- **Bezpečnost v trvalém režimu a v případě mimořádných událostí:** aby se zabránilo přetížení sítě, je výroba z obnovitelných zdrojů v Toledo a Ciudad Realu v PDVP omezena. V reálném čase 28/4 je toto omezení prodlouženo (od 9:55 do 11:00 a od 11:51) a od 10:11 je přidáno omezení výroby z obnovitelných zdrojů v Extremaduře, aby se zabránilo přetížení sítě v případě nepředvídaných událostí (N-1). Výroba [REDACTED] je rovněž omezena na dvě hodiny v časných ranních hodinách, aby se zabránilo přetížení sítě v Navaře.
- **Omezení v distribuční síti:** na žádost distributora v dané oblasti a za účelem zajištění dodávek v určité oblasti z důvodu místního přetížení je skupina [REDACTED] distribuční sítě naprogramována na technické minimum 24 hodin denně [REDACTED] [REDACTED] který byl ve stejném období rovněž omezen statickou regulací napětí. V reálném čase je na žádost distributora v oblasti omezena výroba z obnovitelných zdrojů v Levante z důvodu prací na síti.



- **Rezerva:** v reálném čase, jak 27. dubna, tak i 28. dubna, jsou různé tepelné skupiny (kombinované plynové cykly) naprogramovány tak, aby poskytovaly dostatečnou rezervu pro zvýšení výkonu, a to jak při ranním, tak i odpoledním náběhu.
- **Snížení výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů:** v reálném čase dochází ke snížení redispečinků mezi 9:00 a 13:00 (až do maximální hodnoty 579 MWh ve 13:00, která se nikdy neuskutečnila).

FÁZE 0. NESTABILITA NAPĚtí V PŘEDCHOZÍCH HODINÁCH A TÝDNECH

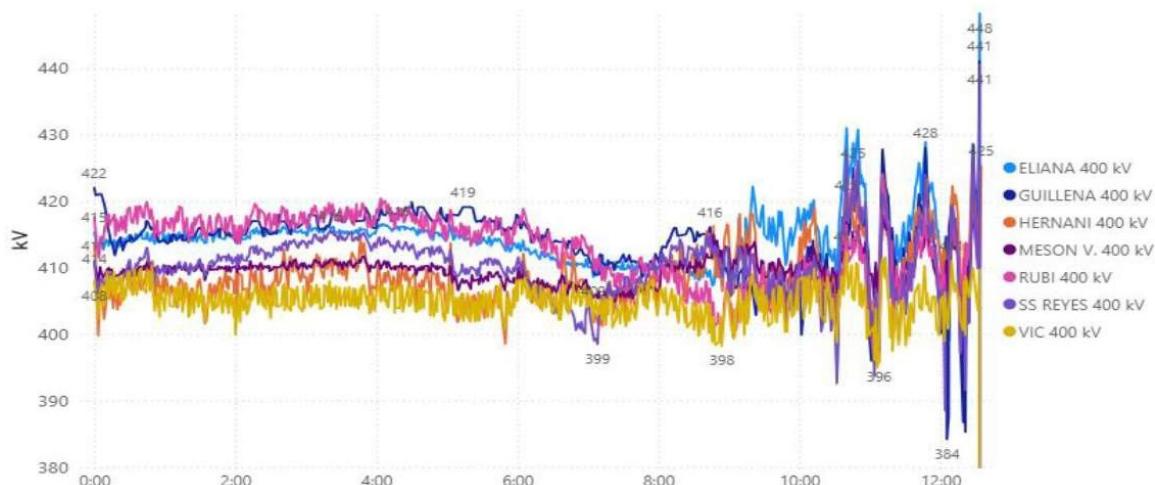
Poznámka: Stručný popis základů elektrizační soustavy je uveden v příloze X, kde je uveden další kontext níže uvedených koncepcí.

Minulé události

Někteří činitelé se odvolávali na předchozí případy nestability v tomto roce, jako příklad uváděli 31. leden, 19. březen a 22. a 24. duben, a spojovali situaci před 28. dubnem s těmito případy, zejména s 22. a 24. dubnem. Blok Analýza podrobněji popisuje a analyzuje epizody výkyvů v těchto dnech.

Situace ráno dne 28A

Během dopoledne 28. dubna zaznamenala poloostrovní elektrizační soustava kolísání napětí (náhlé nárůsty a poklesy napětí), které různé subjekty označily za netypické.



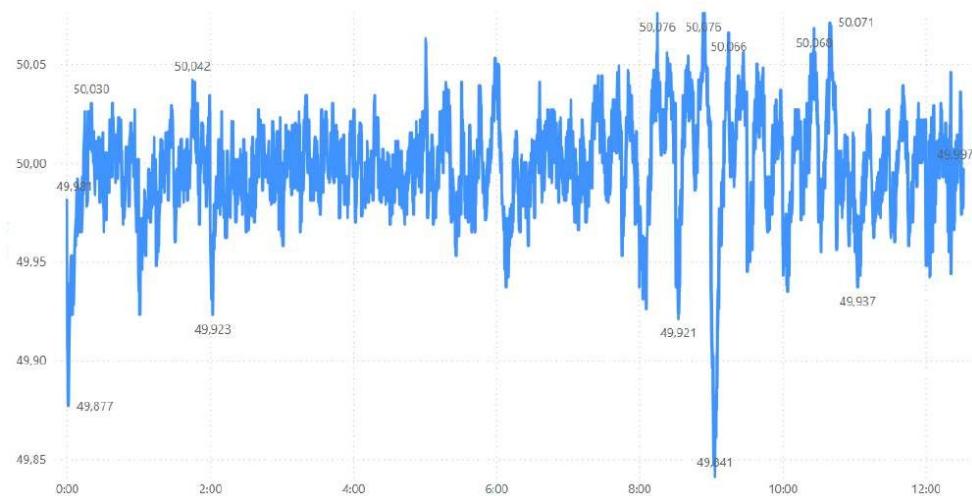
Graf 3 Vývoj napětí v síti 400 kV od 00:00 hodin dne 28. dubna. Zdroj: ZDROJ: REE

Jak je patrné z grafu 3, obecně je profil napětí do 06:00 stabilní, s typickými hodnotami v provozu soustavy a s variabilitou menší než 5 kV. V 06:00 dochází v propojení s Francií ke změně programu o přibližně 1 000 MW (z 2 590 MW vývozce na 1 600 MW vývozce). Krátce před zahájením změny programu jsou ve všech pilotních uzlech sítě 400 kV zjištěny odchylky napětí, které jsou relativně malé, jak ukazuje graf.



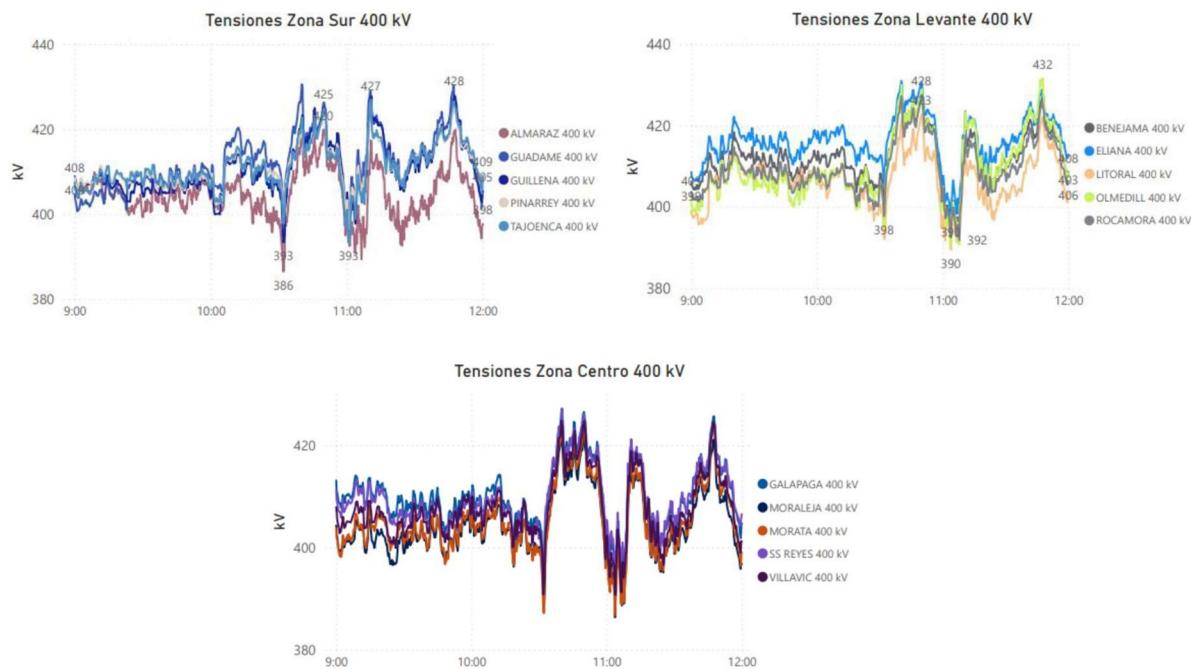
Přibližně mezi 6:00 a 8:00 hodinou se napětí obecně snižuje v souladu s nárůstem poptávky po elektřině v této době (vyšší úroveň zatížení sítě).

Kolem 9:00 h byla v systému zjištěna odchylka frekvence. Jak předal provozovatel systému, v 9:02h došlo k frekvenčnímu posunu o -148 mHz v důsledku změn v mezinárodních programech v Evropě (zejména ve Francii, Itálii a Německu). Kromě této odchylky nejsou až do cca 12:00 h pozorovány žádné prudké změny frekvence (viz fáze 1 - oscilace).



Graf 4 Vývoj frekvence 28. dubna do 12:00. Zdroj: REE

Od 9:00 hodin je pozorována větší variabilita napětí, zpočátku bez výrazných výkyvů. Teprve od 10:30 h jsou pozorovány větší exkurze, tj. kolísání hodnot napětí s větší amplitudou vzhledem ke standardním hodnotám, jak je patrné z grafu 5.



Graf 5 Vývoj napětí v síti 400 kV ráno 28. dubna. Zdroj: ČTÚ, ČTÚ, ČTÚ, ČTÚ, ČTÚ: ZDROJ: REE

Obrázek 1 ukazuje "tepelnou mapu" znázorňující vývoj napětí v různých bodech poloostrovní sítě během dopoledne 28. dubna v síti 400 kV.

Výbor byl informován o kontaktech různých zástupců a dispečinku provozovatele systému, kteří požadovali informace o zjištěných odchylkách napětí,

Podle údajů poskytnutých provozovatelem soustavy i správci distribučních sítí sice v ranních hodinách v den události docházelo k



GOBIERNO
DE ESPAÑA

CONSEJO DE
SEGURIDAD NACIONAL

COMITÉ PARA EL ANÁLISIS
DE LAS CIRCUNSTANCIAS QUE CONCURRIERON
EN LA CRISIS DE ELECTRICIDAD DEL 28 DE ABRIL DE 2025

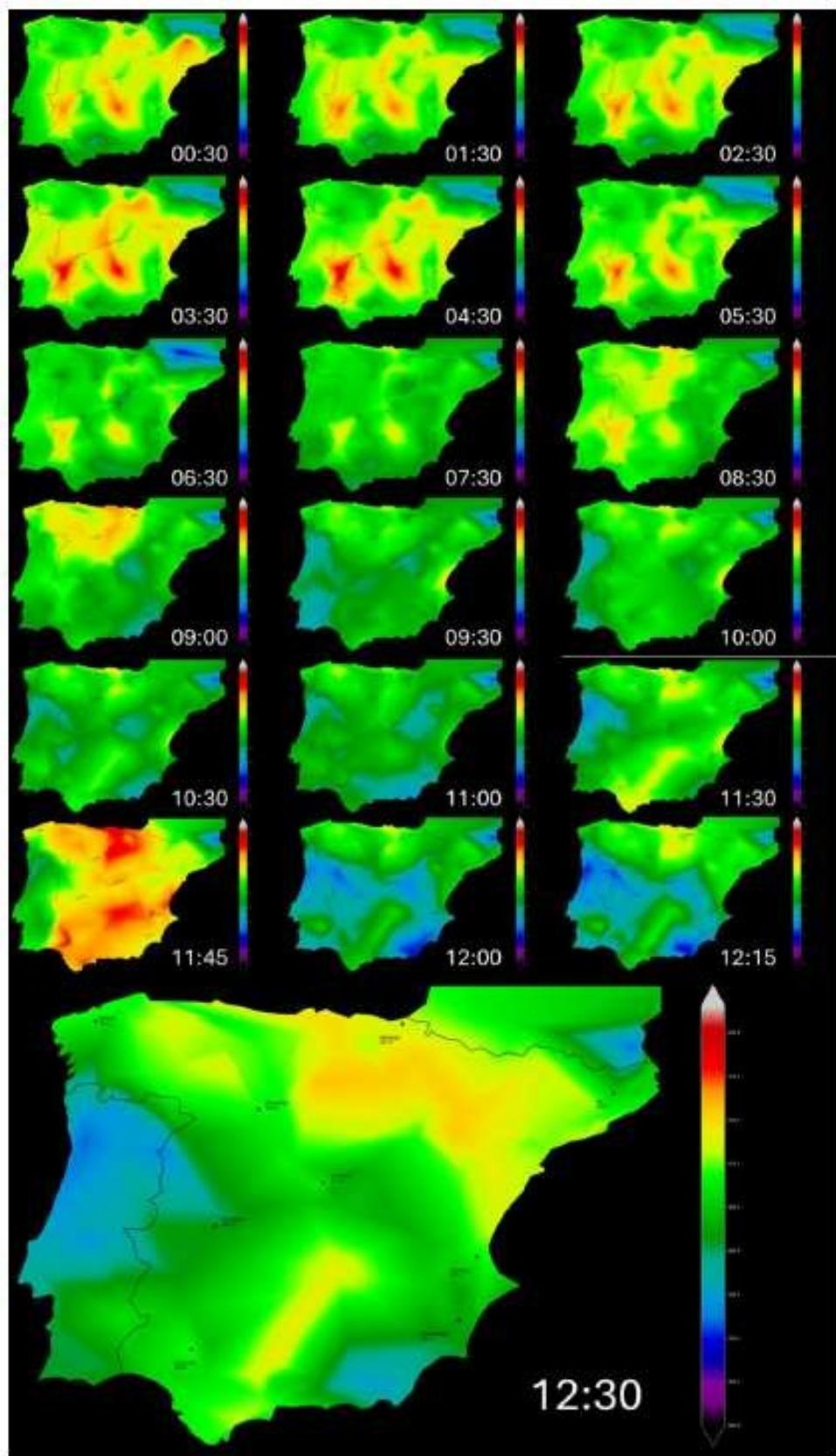
viděl příslušné kolísání napětí, se zdá, že úrovně napětí v přenosové síti zůstávají v rámci úrovní stanovených provozními postupy 1.1 a 1.3 (mezi 380 a 435 kV v síti 400 kV a mezi 205 a 245 kV v síti 220 kV) po celé období do 12:30 hodin.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

CONSEJO DE
SEGURIDAD NACIONAL

COMITÉ PARA EL ANÁLISIS
DE LAS CIRCUNSTANCIAS QUE CONCURRIERON
EN LA CRISIS DE ELECTRICIDAD DEL 28 DE ABRIL DE 2025



Obrázek 1 Teplotní mapa napětí v síti 400 kV 28. dubna. Zdroj: ZDROJ: REE

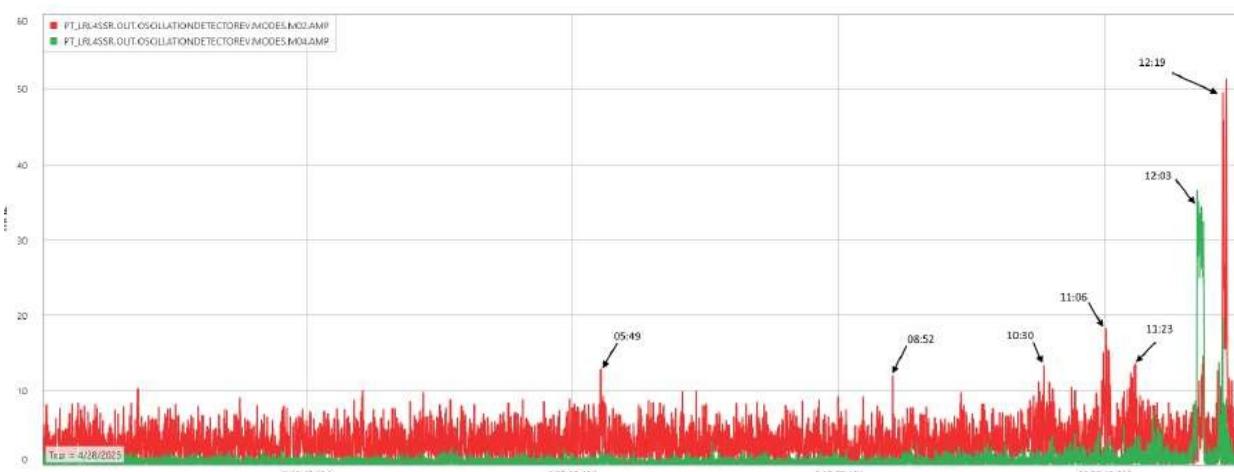


FÁZE 1. OSCILACE SYSTÉMU

První oscilace

Dne 28. dubna před 12:00 bylo zjištěno až pět oscilací s malou amplitudou a menším dopadem na elektrické veličiny, které byly systémem tlumeny, aniž by provozovatel soustavy musel přijmout významná opatření. Tyto oscilace se vyskytovaly ve frekvenčním rozsahu 0,2 Hz a objevily se v 05:49, 8:52, 10:30, 11:06 a 11:23.

Obrázek 6 ukazuje amplitudu kmitů zjištěných v systému při dvou frekvencích: kolem 0,2 Hz (červená) a kolem 0,6 Hz (zelená). Různé "špičky" ukazují, kdy jsou oscilace v nejvyšší amplitudě.



Obrázek 6 Oscilace zaznamenané 28. dubna, 0,2 Hz (červeně) a 0,6 Hz (zeleně). Zdroj: ZDROJ: REE

Oscilace o frekvenci 0,2 Hz v časech 05:49 a 08:52 mají velmi malou amplitudu a na napětí mají téměř neznatelný vliv.

Kmitání 10:32 má poněkud větší amplitudu a v některých uzlech způsobuje malý výkyv napětí o amplitudě až 4 kV od špičky ke špičce.

Oscilace 11:03 způsobuje výkyvy napětí o amplitudě až 7 kV od špičky ke špičce a projevuje se také malými amplitudami výkyvů výkonu na propojení, které je systém schopen tlumit přibližně 6 minut.

Konečně oscilace v 11:23 je tlumena během 2 minut a má podobnou amplitudu jako předchozí, což způsobuje oscilace napětí o amplitudě přibližně 6 kV od špičky ke špičce.

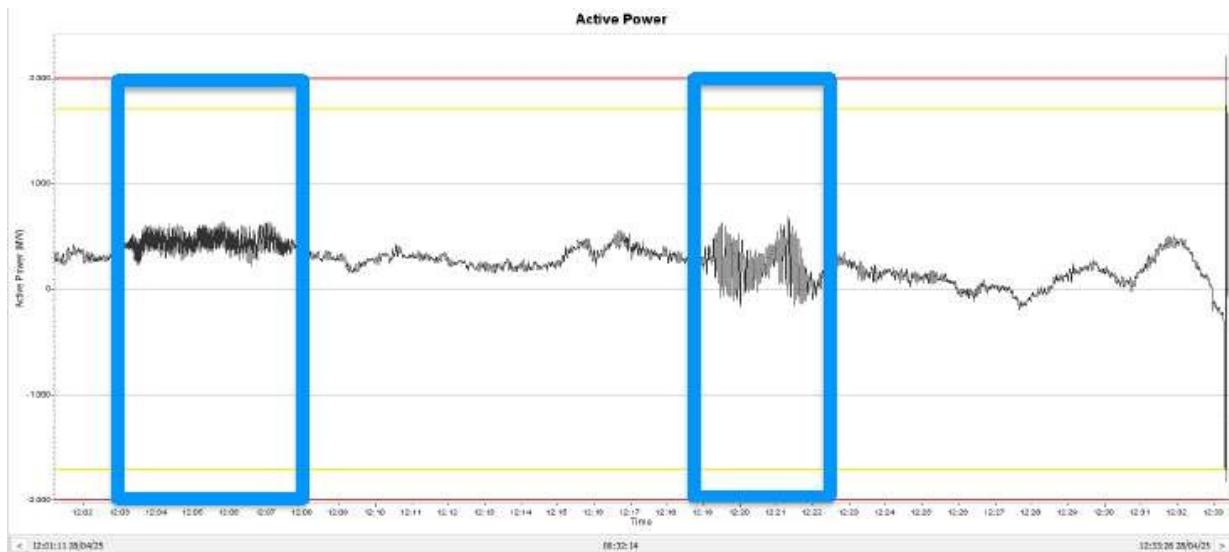


Žádná z těchto oscilací s malou amplitudou a frekvencí 0,2 Hz nezpůsobí překročení normálních provozních prahových hodnot napětí.

V souvislosti s těmito oscilacemi však provozovatel soustavy za účelem zvýšení tlumení soustavy spojil 3 obvody 400 kV, které byly dříve odpojeny:

- PINE FOREST - Tajo (11:08)
- ARCOS - GOAT (11:17)
- PIEROLA - VANELLOS (11:20)

Následně, mezi 12:00 a 12:30, zaznamenala elektrická soustava dva nové oscilační jevy, tentokrát s výraznější amplitudou, které jsou podrobně popsány níže.



Graf 7 Oscilace zaznamenané mezi 12:00 a 12:30 dne 28. dubna. Zdroj: REE

12:03 oscilace

První relevantní oscilace nastává ve 12:03, má frekvenci 0,6 Hz a amplitudu 70 MHz. Je utlumen za 4 minuty a 42 sekund.



Graf 8 První oscilace (12:03). Zdroj: (REE)

Tato oscilace má vyšší frekvenci (tj. je "rychlejší") než nejčastěji pozorované oscilace v evropském systému a byla zjištěna v různých částech EU.

Několik provozovatelů ██████████ uvedlo, že toto kolísání napětí bylo s velkou amplitudou zaznamenáno také v Portugalsku. Podle provozovatele soustavy bylo zjištěno přinejmenším v Tavelu (Francie), kde bylo pozorováno, že oscilace v tomto bodě je prakticky ve fázi s oscilací zaznamenanou v ES.

400 kV Carmona na jihu Pyrenejského poloostrova. Kromě toho bylo podle REE toto kmitání zjištěno také ve francouzských rozvodnách Loony a Albertville, kde je amplituda kmitání již menší než polovina amplitudy pozorované v Tavelu. A konečně se uvádí, že bylo zjištěno také ve Freiburgu (Německo), rovněž s nižší amplitudou.

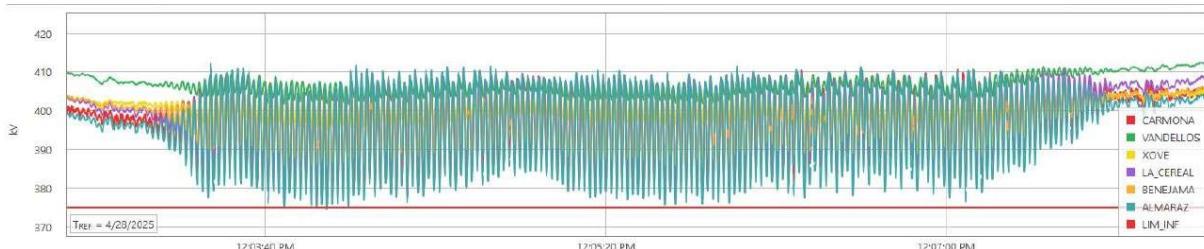
Během této poruchy dochází k silným oscilacím napětí, a to nejen frekvence a výkonu, především na jihu a západě Pyrenejského poloostrova. Na rozdíl od předchozích výkyvů napětí zjištěných téhož rána nebo v předchozích dnech se v tomto případě jedná o opakované oscilace nárůstu a poklesu napětí v řádu sekund, které se řídí specifickým vzorcem shodným s oscilací frekvence, a to v podobě "houpačky".

Oscilace napětí v rozvodnách Almaraz 400 kV a Arroyo de San Serván 400 kV, obě v Extremaduře, dosahují amplitudy od špičky ke špičce 31,2 kV, resp. 32,7 kV, což způsobuje, že napětí v rozvodně Almaraz 400 kV v určitém okamžiku klesne mírně pod hranici 375 kV (93,75 % napětí v rozvodně Arroyo de San Serván 400 kV).



jmenovitého napětí). Kolísání výkonu se objevuje také v propojení s Francií.

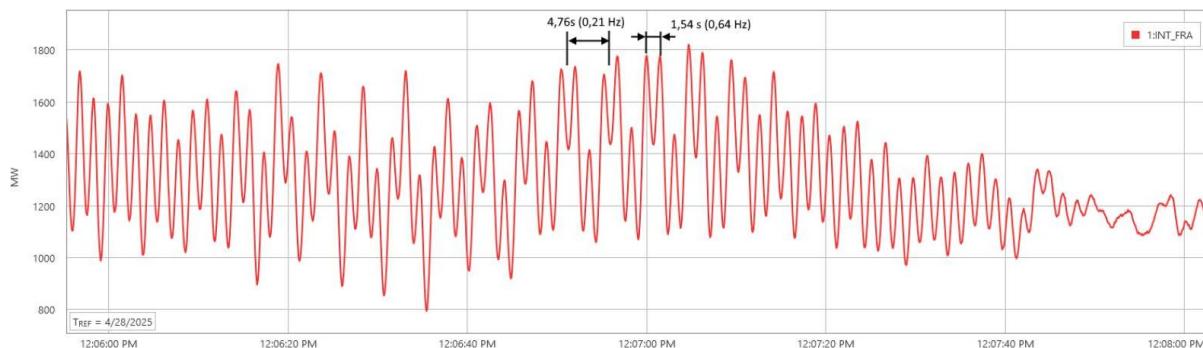
Během tohoto období hlásí agenti provozovatelé soustavy některá volání týkající se oscilací.



Graf 9 Napětí v uzlech 400 kV během prvního kmitání (12:03). Zdroj: ZDROJ: REE

Podle provozovatele soustavy je při výskytu oscilací ve 12:03 zjištěn prudký pokles tlumení soustavy (ukazatel zranitelnosti soustavy vůči těmto jevům) pro oscilace v rozsahu 0,2 Hz. Jinými slovy, výpočty provozovatele jednotné soustavy ukazují, že s výskytem oscilace 12:03 se soustava stává zranitelnější nebo náchylnější k oscilacím o frekvenci 0,2 Hz.

Ke konci tohoto kmitání o frekvenci 0,6 Hz se navíc objevilo malé kmitání o frekvenci kolem 0,2 Hz, které je překryto kmitáním o frekvenci 0,6 Hz.



Obrázek 10 Kmitání o frekvenci 0,2 Hz se objevuje superponované ke konci kmitání o frekvenci 0,6 Hz.
Zdroj: REE

V reakci na tuto situaci se přijímá řada opatření ke zvýšení vyrovnávací paměti:



- V souladu s protokoly dohodnutými s francouzským provozovatelem přenosové soustavy RTE ve 12:04 je RTE požádán, aby od 12:07 do 13:00 provedl snížení výměny s Francií o 800 MW, čímž se stanoví program vývozu 1 500 MW.
- Kromě toho byla v souladu s těmito protokoly ve 12:06 dohodnuta s RTE změna provozního režimu stejnosměrného obvodu (HDVC) propojení, který se ve 12:11 změnil z režimu emulace střídavého proudu (Pmode 3⁴) na režim stejnosměrného proudu (Pmode 1⁵) s nastavenou hodnotou 1 000 MW vývozce, která byla zachována až do konce incidentu.
- Propojením pěti obvodů 400 kV, které byly dříve odpojeny, se zvýší síťová síť.

[REDAKTOVÁNO] [REDAKTOVÁNO] [REDAKTOVÁNO]. Připojení prvních tří okruhů se uskuteční ve 12:07. Podle informací provozovatele systému se další dvě linky přidají pro zlepšení tlumení systému ve 12:08.

Několik sekund po 12:07 je tento první výkyv utlumen.

Ve 12:15 španělský provozovatel soustavy žádá portugalského provozovatele přenosové soustavy REN o snížení exportní výměny na 2 000 MW, aby snížil průtok vedením 400 kV CEDILLO-FALAGUEIRA a zlepšil tlumení ve snaze snížit zatížení vedení. Společnost REN žádá o zachování výkonu 2 500 MW v současné době, přičemž nakonec souhlasí s tím, že navrhované snížení bude uplatňováno od 13:00 hodin.

Ve 12:16:45 se s ohledem na informace od různých činitelů opět objevuje oscilace o frekvenci 0,6 Hz. V této době je amplituda připadající na režim 0,6 Hz přibližně 30 mHz (o něco méně než polovina předchozí epizody).

12:19 hodin oscilace

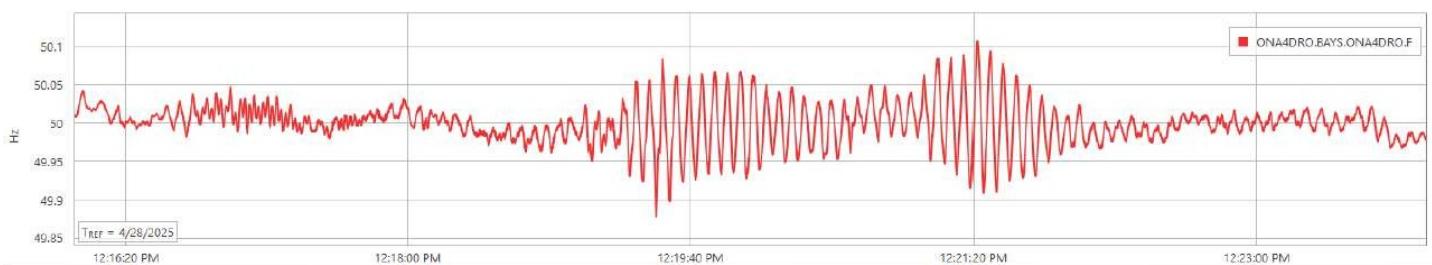
Jak je patrné z grafu 11, po tomto novém výskytu 0,6Hz oscilace kolem 12:16 hlásí několik agentů ve 12:19 výskyt druhé 0,6Hz oscilace.

⁴Provozní režim, ve kterém je činný výkon na článek definován podobně jako u vedení střídavého proudu.

⁵Průtok při konstantním výkonu podle nastavené hodnoty.

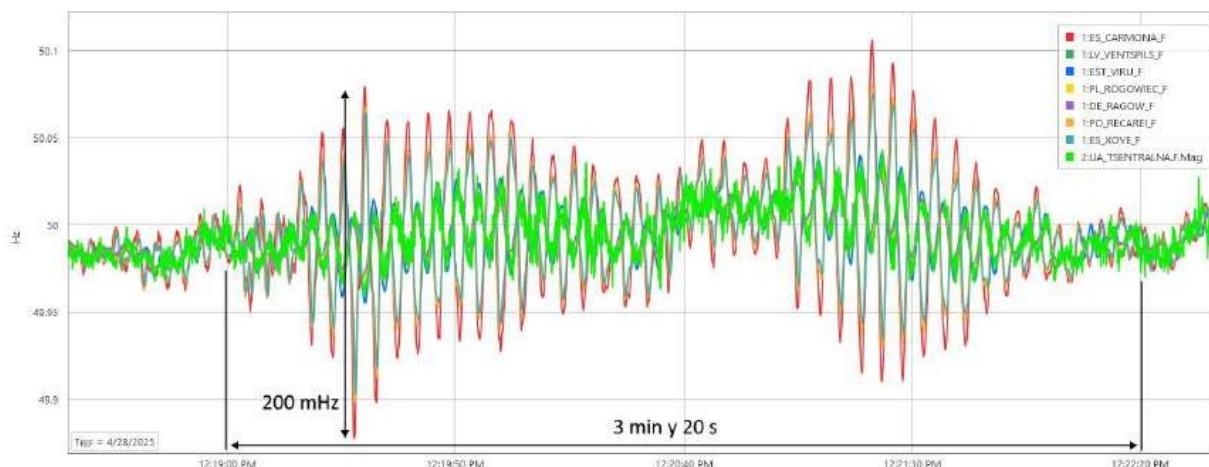


amplitudově relevantní kmitání s nižší frekvencí, v tomto případě 0,2 Hz, ale s trojnásobnou amplitudou, až 200 mHz.



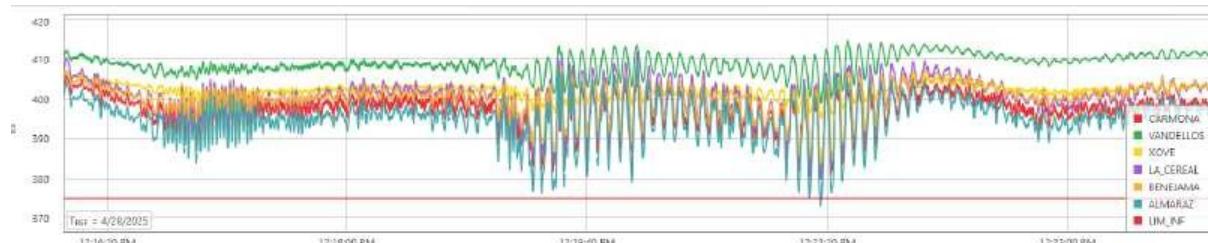
Graf 11 Frekvence od 12:16. Zdroj: REE

Jak je zřetelněji vidět na obrázku 12, je tlumena za 3 minuty a 20 sekund.



Graf 12 Druhá oscilace (12:19): Zdroj: REE

Během těchto oscilací jsou pozorovány oscilace napětí s vysokou amplitudou, která dosahuje amplitudy 23 kV na 400 kV v Almarazu. Přestože napětí zůstávalo po většinu tohoto období v mezích, v určitém okamžiku v rozvodně Almaraz 400 kV kleslo napětí mírně pod mezní hodnotu 375 kV (93,75 % jmenovitého napětí).



Graf 13 Napětí v uzlech 400 kV během druhého kmitání (12:19) Zdroj: REE



Tato oscilace o frekvenci 0,2 Hz odpovídá jedné z přirozených oscilací evropské soustavy, konkrétně oscilačnímu režimu Východ - Střed - Západ, kdy Pyrenejský poloostrov osciluje proti středu evropské synchronní soustavy - Německu, Itálii, Rakousku, Dánsku... - a ten zase proti Turecku. Tuto oscilaci zaznamenali a hlásili agenti ve zbytku Evropy.

V důsledku těchto nových oscilací přijala společnost REE následující tlumicí opatření:

- Ve 12:19 je RTE kontaktována, aby opět snížila výměnu s Francií na 1 000 MW od 12:20 do 14 hodin. Během této fáze zůstává zachován provozní režim dříve zřízeného propojení HVDC Pmode 1.
- Ve 12:20 je kontaktována společnost REN, aby ve 12:30 snížila výměnu s Portugalskem na 2 000 MW⁶. Následně ve 12:26 je s REN dohodnuto další snížení programu od 12:45.
- Připojení dalších dvou okruhů 400 kV (ve 12:21 hod. [REDACTED] a ve 12:25 [REDACTED]), které se připojují k pěti připojeným minutám před a třem připojeným minutám před oscilací ve 12:03.

Kromě toho REE nařídila spřažení tepelné výroby s možností regulace požadovaného napětí a hledala skupinu, která by se nejrychleji spřáhla v jižní zóně⁷. Ukázalo se, že je to [REDACTED].

který poskytl nejkratší čas, 1 hodinu a 30 minut, vzhledem k tomu, že byl horký, protože byl odpojen v 9:00. Ve 12:26 byl kontaktován majitel tohoto zařízení, aby potvrdil [REDACTED] plánování této skupiny v technickém minimu z důvodu technických omezení v reálném čase od 14:00 hodin. Ten se však nedostavil spojení, protože nulové napětí bylo vytvořeno dříve.

Na druhé straně jiný agent [REDACTED] upozornil provozovatele systému, že v souvislosti s oscilacemi, [REDACTED] by mohl být odpojen, aby jako preventivní opatření (v rámci přípravy na eventualitu, že by mohl skončit

⁶Program se zvyšuje z 2 545,2 MW na 2 000 MW a začíná se regulovat ve 12:27 hodin.

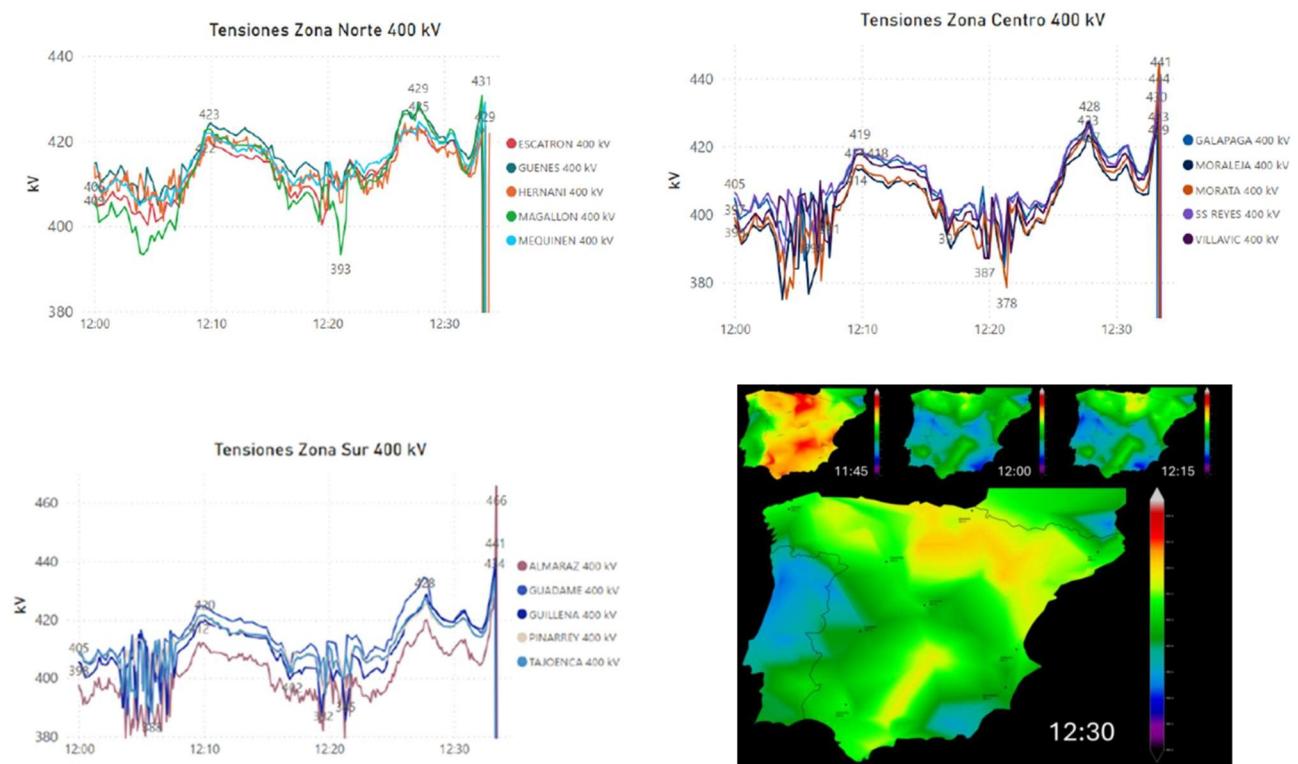
⁷Několik generátorů potvrdilo, že od 12:18 byli v různých časech požádáni o dostupnost a odhadovaný časový harmonogram pro dokování klastrů v oblasti.



odpojení) požádá provozovatel soustavy v tomto okamžiku o spuštění další elektrárny [REDACTED], která má být nakonec připojena do 15h.

Vývoj napětí ve fázi 1

Během této fáze 1 je chování napětí i nadále proměnlivé. V této fázi dochází k silným výkyvům napětí kolem 12:05 a 12:20, které se shodují s výše uvedenými dvěma hlavními výkyvy frekvence, přičemž nejvýraznější jsou výkyvy ve střední a jižní oblasti sítě 400 kV.



Graf 14 Vývoj napětí v síti 400 kV mezi 12:00 a 12:35. Zdroj: ČTÚ, ČTÚ, ČTÚ, ČTÚ, ČTÚ: ZDROJ: REE

Opatření přijatá ke zvýšení tlumení kmitů mají vliv na napětí, jak je popsáno v části Analýza.

Pro kontrolu a návrat napětí na jmenovité hodnoty je systém vybaven různými nástroji:

- Jak je uvedeno výše, pro toto období bylo z důvodu technických omezení naplánováno řízení napětí několika výrobních skupin podle pokynů provozního postupu 7.4.
- Provozovatel soustavy rovněž provádí topologické manévry v síti, připojuje reaktory (v uzlech vysokého napětí) a odpojuje je v uzlech vysokého napětí.



opačný případ. Zejména po oscilaci ve 12:03, protože způsobila minimální hodnoty napětí pod 390 kV, se provozovatel rozhodl odpojit několik reaktorů:

- o 12:04 Villaviciosa 400 kV REA 1
- o 12:04 Guadame 220 kV REA 3
- o 12:05 Kolo 400 kV REA 2
- o 12:05 Aragon 400 kV REA 1
- Následně, protože s návratem oscilací v čase 12:16 je v některých částech systému opět dosaženo nízkých hodnot napětí, jsou další tlumivky vypnuty:
 - o 12:17 Cabra 400 kV REA 1
 - o 12:21 Peñaflor 400 kV REA 1
 - o 12:24 Palos 220 kV REA 1
 - o 12:24 Morata 400 kV REA 4
- Po skončení druhé oscilace, ve 12:22 h, je pozorován všeobecný trend nárůstu napětí z hodnot blízkých jmenovitým hodnotám na vysoké hodnoty - avšak stále v rámci provozního limitu - a proto se provozovatel soustavy rozhodne připojit 5 reaktorů (2 v severní zóně, 2 v jižní zóně a 1 v centru) ke snížení napětí:
 - o 12:26 Vitoria 400 kV REA 2
 - o 12:27 Peñaflor 400 kV REA 1
 - o 12:27 Guadame 220 kV REA 3
 - o 12:27 Guadame 400 kV REA 2
 - o 12:28 Morata 400 kV REA 4

Tato fáze končí klesající tendencí napětí, která pokračuje i po 12:30.

V každém případě informace obdržené různými subjekty neidentifikují, že by se v této fázi 1 (od 12:00 do 12:30 hodin) vyskytly v přenosové síti hodnoty napětí vyšší než maximální prahové hodnoty stanovené v provozních postupech.



FÁZE 2. VÝROBNÍ ZTRÁTY ZPŮSOBENÉ PŘEPĚTÍM

Stav systému v předchozím časovém okamžiku

Před popisem ztrátových událostí při generování je uvedena charakteristika systému v daném okamžiku:

- Ve 12:30, po utlumení předchozích oscilací, se soustava po napěťové špičce o několik minut dříve ocitla s hodnotami napětí s klesající tendencí, ale vyššími (mezi 410 a 420 kV), než jsou jmenovité hodnoty v síti 400 kV.
- Soustava má rovněž frekvenci kolem 50 Hz, nízké tlumení a v důsledku opatření provedených ve výše uvedené fázi 1 omezené toky na propojovacích bodech, propojení HDVC s Francií s výkonovou elektronikou v režimu "DC" s pevným exportním tokem

1 000 MW (2 x 500 MW), síť 400 kV s vyšší úrovní síťování, než se původně plánovalo, po spojení 10 okruhů 400 kV v několika etapách od 11:10 hod. a menší flexibilitou pro řízení napětí.

- V té době činila spotřeba španělské poloostrovní soustavy 25 184 MW, což je nízká spotřeba, ale vzhledem k teplotě (mírná), dni (pondělí) a času (poledne) obvyklá. V té době bylo 2 978 MW čerpací spotřeby (reverzibilní vodní elektrárny, které využívaly nízkých cen slunečního záření k čerpání vody do horní nádrže, která mohla být později přečerpána turbínou k výrobě elektřiny). Pro srovnání, historická špičková spotřeba na poloostrově činí 44 876 MW (17. 12. 2007).
- Výrobní mix ve 12:30, s přihlédnutím k výsledkům trhu a uplatnění technických omezení, činil 82 % výroby z obnovitelných zdrojů, 10 % z jaderné energie (4 připojené reaktory, z toho dva při plném zatížení) a zbytek plyn (3 %, s 6 připojenými elektrárnami), uhlí (1 %) a kogenerace a odpad (4 %).
- Konkrétně ve 12:30 hodin bylo 11 spojených tepelných elektráren s povinností regulovat napětí podle nastavené hodnoty: 4 j a d e r [REDACTED]
[REDACTED] 1 uhelná elektrárna [REDACTED] a 6 plynových elektráren [REDACTED]
[REDACTED]

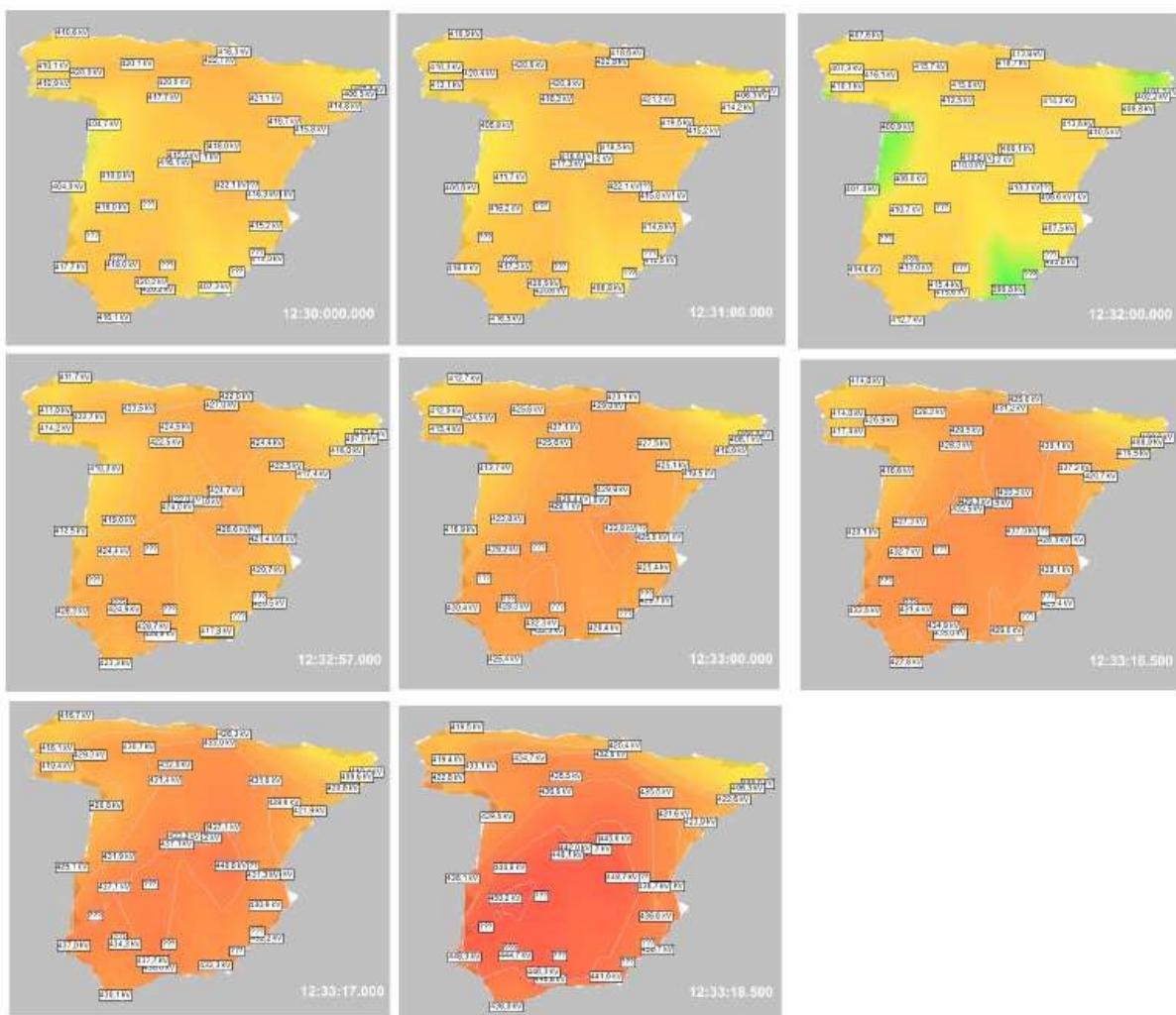


[REDACTED] kromě výroby vody [REDACTED]

- Pokud jde o další aspekty bezpečnosti dodávek, provozovatel soustavy uvádí, že před incidentem měla soustava dostatečnou setrvačnost a rezervy, jak je podrobně uvedeno v části Analýza.
 - V jihozápadní zóně byly skupiny, které měly možnost řídit napětí pomocí žádané hodnoty v reálném čase a které byly naprogramovány na základě technických omezení pro řízení [REDACTED]
[REDACTED] a kombinovaný plynový cyklus [REDACTED], který byl připojen k na technické minimum.

Příval v 12:32

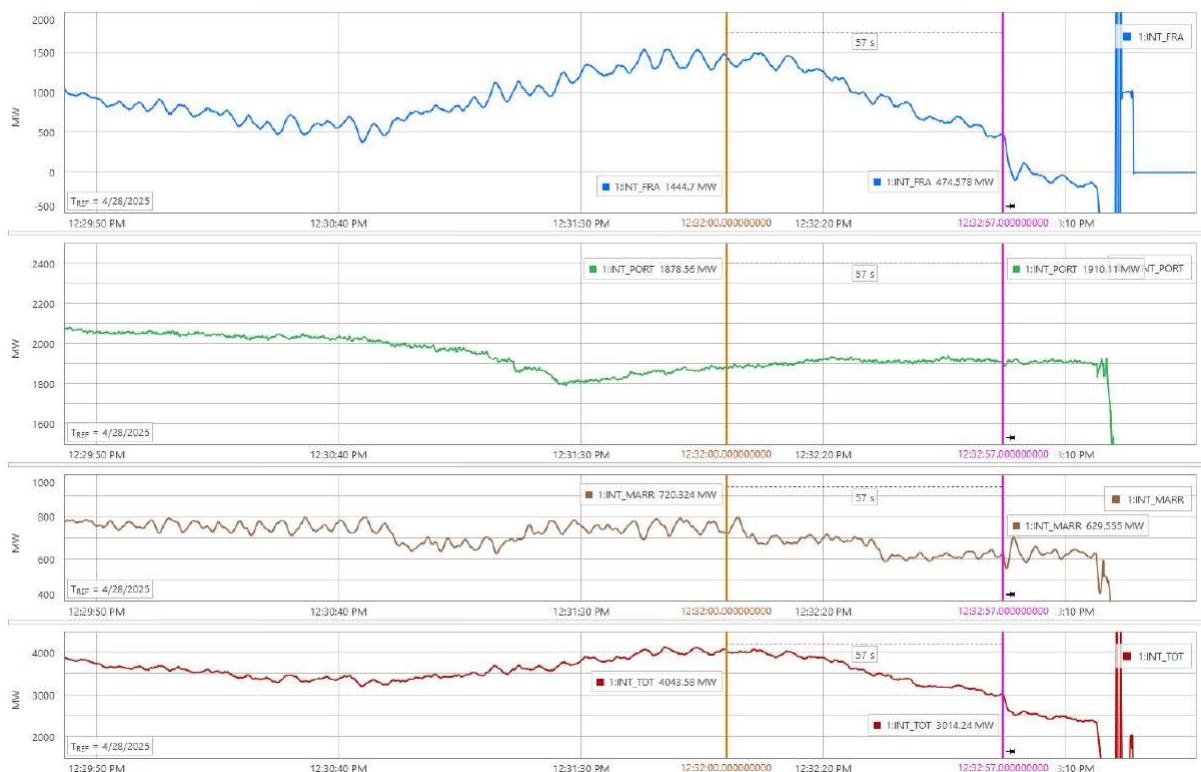
Za této situace a stavu soustavy ve 12:30 se od 12:32:00 začíná napětí v celé přenosové soustavě téměř lineárně zvyšovat, například v SE Olmedilla ze 413 kV na 428 kV za 57 sekund nebo v SE Arroyo de San Serván 400 kV ze 411 kV na 424 kV za stejnou dobu.



Graf 15 Vývoj napětí v síti 400 kV během fáze 2 (12:32:00 - 12:33:18). Zdroj: ČTÚ, ČTÚ, ČTÚ, ČTÚ: ZDROJ: REE

Podle údajů poskytnutých vlastníky distribučních sítí dochází v jejich sítích k nárůstu napětí ve stejnou minutu.

Současně, jak je patrné z grafu 16, dochází během minuty 12:32 k trvalému poklesu vývozu prostřednictvím propojení, zejména v propojení s Francií.



Graf 16 Vývoj mezinárodních výměn ve 12:32 minut: REE

Zjištěné ztráty první generace

Poté, po zvýšení napětí v soustavě, začíná proces ztráty generace, který se skládá ze tří hlavních událostí, které byly původně identifikovány. Tyto tři události jsou "viditelné" v systémových proměnných v podobě náhlých změn mezních výměn, frekvence a úrovni napětí v soustavě.

Kromě těchto tří hlavních událostí bylo zjištěno odpojení výroby nižšího výkonu, které se časově prolínalo s těmito událostmi.

V době od 12:32:00 do 12:32:55 provozovatel soustavy identifikoval ztráty malé výroby elektřiny ve výši 525 MW rozložené po celém území, z čehož 317 MW pochází z distribuované výroby elektřiny o výkonu nižším než 1 MW.

Zjištěné odpojení výroben o výkonu 208 MW:

Instantní	Předřazená rozvodna	Ztracená generace	Technologie
12:32:05,000	[REDACTED]	2,6	[REDACTED]
12:32:09,000	[REDACTED]	21,6	[REDACTED]



12:32:09,000	[REDACTED]	5,9	[REDACTED]
12:32:09,000	[REDACTED]	4,8	[REDACTED]
12:32:09,000	[REDACTED]	2,9	[REDACTED]
12:32:25,000	[REDACTED]	19,2	[REDACTED]
12:32:25,000	[REDACTED]	3,4	[REDACTED]
12:32:29,000	[REDACTED]	22,4	[REDACTED]
12:32:29,000	[REDACTED]	55,6	[REDACTED]
12:32:29,000	[REDACTED]	2,3	[REDACTED]
12:32:45,000	[REDACTED]	0,6	[REDACTED]
12:32:49,000	[REDACTED]	13,3	[REDACTED]
12:32:49,000	[REDACTED]	1,1	[REDACTED]
12:32:53,000	[REDACTED]	11,9	[REDACTED]
12:32:53,000	[REDACTED]	20,0	[REDACTED]
12:32:53,000	[REDACTED]	4,8	[REDACTED]
12:32:53,000	[REDACTED]	10,0	[REDACTED]
12:32:53,000	[REDACTED]	6,0	[REDACTED]

- **Událost 1: 12:32:57,140.** Ztráta výroby v důsledku vypnutí (odpojení) evakuační pozice výroby (Granada), kde bylo v této chvíli dodáváno 355 MW činného výkonu a absorbováno 165 MVar jalového výkonu. (Granada), ve které bylo v daném okamžiku dodáváno 355 MW činného výkonu a absorbováno 165 MVar jalového výkonu.

V této poloze se evakuují až do r o [REDACTED] i n . [REDACTED]

[REDACTED] Řídicí střediska pro výrobu elektřiny jsou připojena k [REDACTED], které mají založenou společnost, jež je vlastníkem společné přenosové infrastruktury (ICE) k přenosové soustavě (viz příloha III).

DŮVĚRNÉ

Graf 17 [REDACTED]

Na základě informací poskytnutých různými subjekty se dospělo k závěru, že k výpadku došlo na straně výroby (tj. v infrastruktuře společně vlastněné výrobci) v důsledku přepětí na sekundáru transformátoru 220/400.

Výpadek výroby na adrese [REDACTED] způsobí pokles frekvence v soustavě, který se obnoví po přechodném jevu trvajícím přibližně 3 sekundy, a snížením



na Pyrenejském poloostrově, sníží se exportní tok na propojení s Francií o přibližně 450 MW (až na nulu).

Pro ostatní události je však nejvýznamnějším vlivem příspěvek k přepětí v důsledku odpojení výroby, jak je patrné z dolní poloviny grafu 17. Tato přepětí jsou zjištěna v různých uzlech sítě a ve 12:33:00 dosahují hodnot přes 430 kV⁽⁸⁾ i když podle provozovatele soustavy nižších než 435 kV uvedených v provozních postupech.

- **Událost 2: 12:33:16,460.** Přibližně 19 sekund po události 1 dochází k další podobné události, která se projevuje poklesem frekvence a zvýšením salda dovozu do Francie.

Ke ztrátě výroby dochází tentokrát minimálně v rozvodně (Badajoz), nejprve v [REDACTED] kolektorové rozvodně obnovitelných zdrojů. [REDACTED]

[REDACTED] (12:33:16,460) a o něco později na sběrné silni [REDACTED] (12:33:17,520).

Oba kolektory se evakuují u rozvodny [REDACTED], v poloze [REDACTED]

Odhaduje se, že kombinovaná výrobní ztráta činí přibližně 730 MW (582 M [REDACTED] 118 MW v [REDACTED]). Konfigurace této rozvodny je podobná jako v předchozím případě: v této poloze [REDACTED] evakuují [REDACTED]

[REDACTED] přidělené řídicím střediskům [REDACTED] (viz příloha IV). Pomocí informací obdržených různými subjekty se identifikují údaje slučitelné s odpojením, které se předvídatelně vytvoří v samotné evakuační infrastrukturě.

Tato nová ztráta generace způsobuje nový pokles frekvence o 55 mHZ v oblasti [REDACTED] Ztráta výroby je tlumena bez obnovení na 50 Hz a tok na propojení s Francií se stává dovozem 895 MW.

Stejně jako předchozí výpadek výroby způsobí i tento výpadek o několik okamžiků později nárůst napětí, což přispěje ke zhoršení stavu sítě, jak je patrné z grafu 18.

⁸ [REDACTED]



Mezi odpojeními [redacted] pozic [redacted], byla identifikována nejméně [redacted] generační odpojení:

- 12:33:16,820 - Fotovoltaický park [redacted], připojený k rozvodně v ul. [redacted] která v té době vyráběla [redacted] MW.
- 12:33:17,368 - 22,87MW větrných elektráren v rozvodně (Segovia) [redacted]

Také po druhém odpojení na adresu [redacted] (12:33:17.520) bylo ve 12:33:17.547 zjištěno odpojení větrné a fotovoltaické výroby o výkonu přibližně 33,8 MW připojené k rozvodně [redacted]. [redacted]
[redacted].

- **Událost 3: 12:33:17.780.** Přibližně 20,5 sekundy po události 1 (1,3 s po události 2) dochází k další významné ztrátě generace, která se projevuje dalším poklesem frekvence a zvýšením importu z Francie.

K této třetí ztrátě výroby dochází v rozvodně [redacted]

(Sevilla), na pozici pro evakuaci obnovitelných zdrojů [redacted], kde dochází ke ztrátě 550 MW.

Konfigurace této rozvodny je podobná jako v předchozích případech: v této rozvodně a jejích třech polohách jsou evakuovány [redacted]
[redacted] připojené k řídicím střediskům [redacted] (viz příloha V).

Bezprostředně poté byly zjištěny také následující menší výpadky výroby:

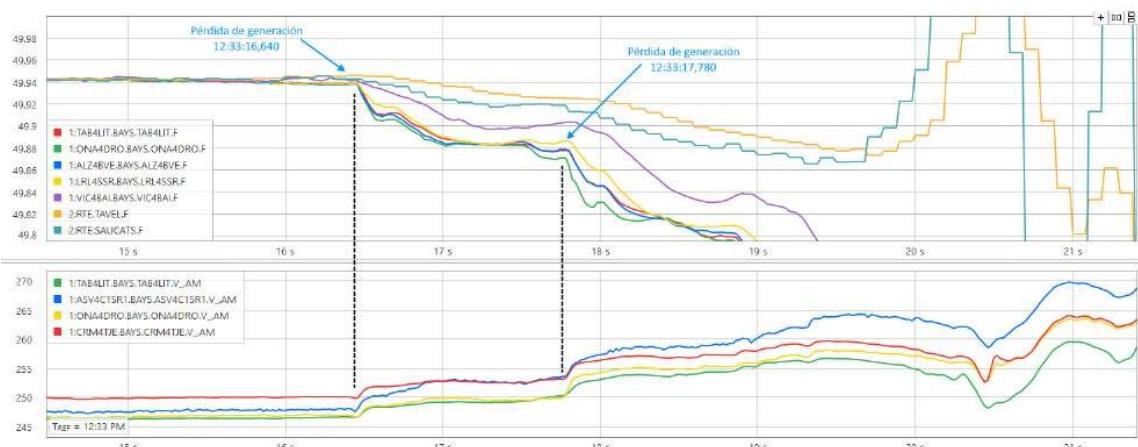
- 12:33:17,975: odpojení fotovoltaického parku [redacted]
[redacted] připojené k [redacted] (Cáceres), když vyráběla [redacted] MW. Napětí hlášené provozovatelem soustavy v tomto bodě z údajů SCADA je 240,89 kV na přenosové síti 220 kV.
- 12:33:18,020: odpojení fotovoltaických elektráren, kteří [redacted] lektráren, jejichž vlastníkem je [redacted], připojených k rozvodně s polem [redacted]

(Badajoz), když vyráběly [redacted] MW, resp. celkem [redacted] MW. Provozovatel soustavy uvádí na základě údajů SCADA napětí 239,39 kV v síti 220 kV.



Tyto generační ztráty vedou k dalšímu poklesu frekvence, a to o 75 mHz u modelu [REDACTED]

[REDACTED] Ten již není amortizován, saldo dovozu na propojení s Francií se zvyšuje o 1 510 MW a zhoršuje se přepětí v různých uzlech sítě.



Obrázek 18 Změna frekvence (nahoře) a napětí (dole), která ukazuje hybnost událostí 2 a 3.
3. Zdroj: ZDROJ: REE

Po tomto novém výpadku výroby během pouhých 20 sekund se veličiny v systému dále vyvíjejí směrem k neudržitelným hodnotám, napětí roste a frekvence klesá, což vede k 3. fázi incidentu, která je popsána níže.

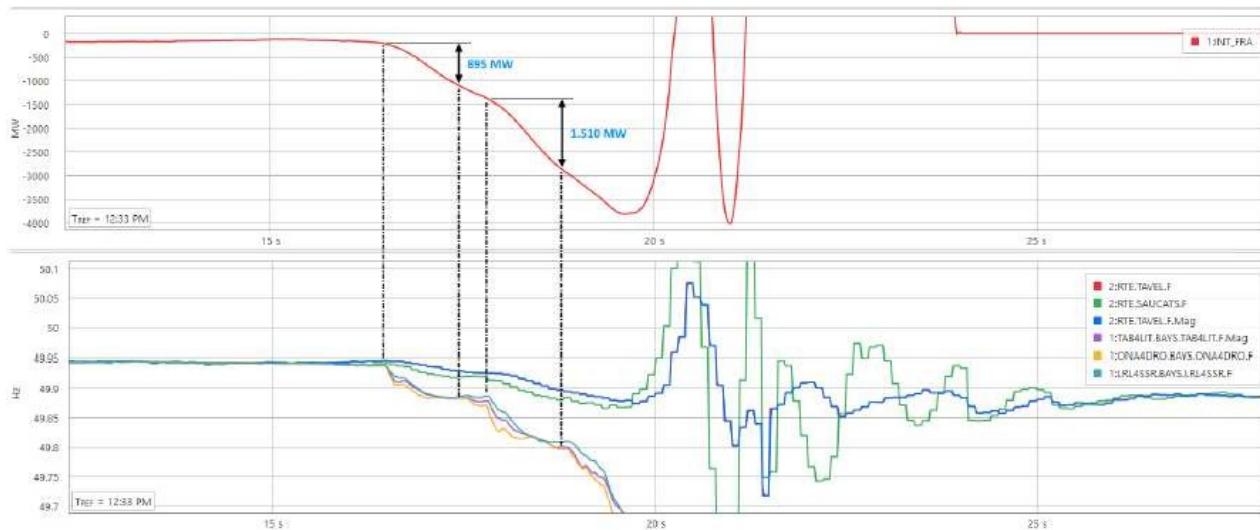


FÁZE 3. POKLES NAPĚtí NA NULU

Přestože přesné určení jednotlivých událostí v této fázi je složitější - vzhledem k velkému překrývání údajů a měření týkajících se událostí, které se prakticky časově shodují - existuje vysoká míra shody mezi analyzovanými údaji a hodnoceními provedenými různými aktéry, pokud jde o charakteristiku této fáze.

V této fázi lze tedy identifikovat dva jevy, které se do jisté míry překrývají: nejprve dochází k masivnímu odpojování generátorů, především v důsledku přepětí. V návaznosti na to, ale o několik okamžiků později, dosáhne pokles frekvence úrovně, která již v posledních okamžicích způsobí odpojení generace v důsledku podfrekvence.

Podle získaných informací se většina této fáze odehrává během pouhých 5 sekund. Z tohoto důvodu mohou existovat drobné nepřesnosti nebo odchylky v pořadí událostí nebo konkrétním časovém okamžiku přiřazeném každé z nich, což lze přičíst různým zdrojům údajů (místní záznamy, telemetrie držitele licence nebo provozovatele soustavy), které navíc někdy vykazují rozdíly v časové konfiguraci. Je třeba připomenout, že údaje pro přibližnou rekonstrukci této fáze podrobně popsané v následujících oddílech poskytli zástupci. To nebrání správnému pochopení této fáze, která je spojena s "řetězovou reakcí" odpojení výroby a přepětí, což následně vede ke snížení frekvence.



Obrázek 19 Výměna s Francií a četnost ve Španělsku a Francii během fáze 3. Zdroj: REE



Přepěťová odpojení

Některé z událostí zjištěných v této fázi jsou pro ilustraci uvedeny níže:

- 12:33:18,102: dochází k odpojení propojovací instalace [REDACTED]. V tuto chvíli vyráběla [REDACTED] MW. Napětí naměřené v okamžiku odpojení bylo 247,6 kV.
 - 12:33:18,360: začíná postupné snižování odváděného výkonu prostřednictvím instalace [REDACTED] [REDACTED]. Elektrárny evakuované v tomto napájecím zařízení vyráběly MW před [REDACTED] čátkem incidentu a zpočátku došlo k omezení výkonu o 16 MW. Ke konečnému odpojení všech výrobních zdrojů dochází později, a to na 12:33:23,260 h.
- 12:33:18,380: závod [REDACTED] je odpojen a evakuuje se v [REDACTED] době, kdy vyráběl [REDACTED] MW. Dostupných informací je napětí na [REDACTED] tomto místě bylo 443,8 [REDACTED] kV. V tomto okamžiku bylo napětí, které jsou zařízení s přípojkou 400 kV povinna vydržet.

Od tohoto okamžiku lze mít za to, že podle informací zaslaných provozovatelem soustavy, jelikož v soustavě byla překročena napětí, která mají výrobní zařízení vydržet, lze očekávat odpojení výroby, což bude dále přispívat ke zvýšení napětí, a tedy k odpojení v podobě "kaskádového efektu" nebo "řetězové reakce".

- 12:33:18,540: elektrárna [REDACTED] byla odpojena, když vyráběla [REDACTED] MW a absorbovala [REDACTED] Mvar.
- 12:33:18,846: propojovací zařízení je spuštěno [REDACTED] Elektrárny, které se evakuovaly z tohoto napájecího zařízení, vyráběly [REDACTED] MW.
- 12:33:18,951: propojovací zařízení je spuštěno [REDACTED]. Závody, které se evakuovaly přes toto propojovací zařízení, vyráběly [REDACTED] MW.



- 12:33:19,000: dochází k dalšímu poklesu výkonu vypouštěného přes propojovací zařízení o 16 MW.
[REDACTED]
[REDACTED]
- 12:33:19,040: [REDACTED] byl odpojen, když vyráběl [REDACTED] MW. Tato farma vypouští napětí 132 kV a je spojena s uzlem přenosové soustavy.
[REDACTED] Napětí na 132 kV bylo 146,8 kV.
- 12:33:19,095: odpojení [REDACTED] od [REDACTED], když se přes něj přelévalo [REDACTED] MW.
- 12:33:19,131: oheň na [REDACTED], od 14% přepětí (132kV) a 15% přepětí (220kV)
- 12:33:19,252: elektrárna byla odstavena, když vyráběl [REDACTED] když vyráběla [REDACTED] MW.
- 12:33:19,260: dochází k dalšímu poklesu výkonu vypouštěného přes propojovací zařízení o [REDACTED] MW.
[REDACTED]
[REDACTED]
- 12:33:19,320: opět je pozorována derivační změna frekvence, která se stává zápornější (klesá rychleji). To je slučitelné se ztrátou další dodatečné generační kvóty.
- 12:33:19,296: elektrárna byla odstavena, když vyráběla [REDACTED] MW.
- 12:33:19,407: dochází k poklesu výkonu o 63,3 MW odváděného přes sběrný transformátor 400/132 kV [REDACTED], který se následně odvádí do přenosové soustavy na [REDACTED]. Elektrárny vypouštějící přes tento transformátor vyráběly před incidentem [REDACTED] MW; transformátor se vypne o 1,24 sekundy později.

12:33:19,620: v tomto okamžiku je dosaženo maximální výměny dovozu s Francií, čímž se dosáhne ztráty synchronizace. Provoz spojení s Francií je podrobněji popsán v části o odpojení propojení.



- 12:33:19,920: dochází ke snížení výkonu vypouštěného přes propojovací zařízení o [REDACTED] MW.
- 12:33:19,951: odpojení propojovacího zařízení z [REDACTED]. V době výjezdu ještě připojené elektrárny vyráběly [REDACTED] MW, ale před začátkem incidentu vyrábělo propojovací zařízení 263,8 MW, což znamená, že před tímto okamžikem došlo ke ztrátě 263,8 MW. [REDACTED] MW, který byl dříve odpojen.
- 12:33:19,969: park je vyhozen [REDACTED] přepětím
- 12:33:19,971: přepěťové vedení je vypnuto, bez vlivu [REDACTED]

Př

epětí, bez vlivu na výrobu nebo spotřebu.

- [REDACTED] je generace, která se vlévala do [REDACTED]
Ztrácí se 313 MW.
[REDACTED]
- 12:33:20,010: jednotka je odpojena od systému
při evakuaci toho výrobce [REDACTED] MW.
Napětí v té době bylo 252 kV v oblasti [REDACTED]
- 12:33:20,100: napájení je odpojeno.
před incidentem tato jednotka vyráběla. [REDACTED] MW. Napětí v [REDACTED] byla 419,6 kV a frekvence v oblasti [REDACTED] 49,549 Hz.

12:33:20,180: frekvence překračuje první hranici pro odpojení čerpacího zařízení -49,50 Hz.). Odpojení přečerpávacích zařízení a odpojení poptávky jsou popsány v následujícím oddíle.
[REDACTED]

- 12:33:20,200: dochází k odpojení propojovací instalace [REDACTED] Elektrárny, které se evakuovaly z tohoto napájecího zařízení, vyráběly [REDACTED] MW a absorbovaly Mvar.
[REDACTED]
- 12:33:20,225: Fotovoltaické elektrárny jsou vypnuty.
[REDACTED] když vyrobily a [REDACTED] MW. Celkově došlo ke ztrátě [REDACTED] MW.
[REDACTED]
- 12:33:20,300: dochází k odpojení propojovací instalace [REDACTED] V tuto chvíli propojovací zařízení přenášelo [REDACTED]



MW, ale před začátkem incidentu měl [REDACTED] MW, takže druhý [REDACTED] MW byl odpojen před tímto okamžikem. V tomto okamžiku bylo napětí na [REDACTED] 255,3 kV.

- 12:33:20,420: dochází k odpojení propojovací instalace [REDACTED] když evakuovala [REDACTED] MW, před incidentem evakuovala [REDACTED] MW, takže v předchozích okamžicích musela ztratit dalších 49 MW. Napětí bylo 250,1 kV.
- 12:33:20,476: rostliny jsou vypnuty [REDACTED] které jsou spojeny s [REDACTED] když generovaly [REDACTED] MW.

12:33:20,600: Frekvence klesne pod 49,00 Hz, což je první prahová hodnota skluzy poptávky (zádné čerpání).

- 12:33:20,650: přepěťová spoušť zařízení [REDACTED] která se vlévá do [REDACTED]. V době tohoto výjezdu bylo přes transformátor odváděno [REDACTED] MW, napětí na [REDACTED] bylo 456 kV a frekvence 48,914 Hz.
- 12:33:20,740: odpojení [REDACTED] když mezi sebou vytvořily [REDACTED] MW. Tyto elektrárny se napájejí z přidružené distribuční sítě [REDACTED] kV.

12:33:20,760: Frekvence klesne pod 48,80 Hz, což je druhá prahová hodnota proklouznutí požadavku.

12:33:21,000: frekvence klesne pod 48,60 Hz, což je třetí prahová hodnota skluzy poptávky.

- 12:33:21,080: napájení je odpojeno. [REDACTED]
- 12:33:21,219: instalace je odpojena od systému [REDACTED] když převážel [REDACTED] MW, což bylo před začátkem incidentu. Napětí na [REDACTED] bylo v té době 260,7 kV.



12:33:21,380: Frekvence klesne pod 48,40 Hz, což je čtvrtá prahová hodnota proklouznutí požadavku.

- 12:33:21,440: dochází ke snížení výkonu vypouštěného přes propojovací zařízení o 26 MW.
[REDACTED]
[REDACTED]
- 12:33:21,503: dochází k odpojení propojovacího zařízení [REDACTED] na konci [REDACTED], na konci [REDACTED] dojde k odpojení za 230 ms z důvodu dálkového příjmu výjezdu. V době výjezdu přenášelo zařízení spoje [REDACTED] MW, což je přibližně tolik, kolik přenášelo v době před incidentem ([REDACTED] MW). Napětí bylo 448,4 kV.

12:33:21,820: Frekvence klesne pod 48,20 Hz, což je pátá prahová hodnota skluzu požadavku.

12:33:22,040: frekvence klesne pod 48,00 Hz, což je šestý a poslední práh skluzu poptávky.

- 12:33:22,160: dochází k poklesu výkonu o 55 MW, který se vypouští instalací
- 12:33:22,330: instalace je odpojena od systému [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED] MW byl vypouštěn prostřednictvím tohoto propojovacího zařízení. Napětí bylo 465 kV.
- 12:33:22,460: dochází ke snížení výkonu vypouštěného přes zařízení o 52 MW.
[REDACTED]
[REDACTED]
- 12:33:22,470: odpojení propojovacího systému [REDACTED]
[REDACTED]. V době odpojení vyráběly elektrárny evakuované v propojovacím zařízení [REDACTED] MW, ale před začátkem incidentu vyráběly [REDACTED] MW, takže [REDACTED] MW byly odpojeny již dříve.



- 12:33:22,560: Derivace frekvence se opět dostává do záporných hodnot, pravděpodobně v důsledku ztráty další generace, a po překročení všech stupňů bagrování směřuje Pyrenejský systém ke kolapsu.
- 12:33:22,600: odpojení poloviny zařízení [REDACTED]
[REDACTED] která se vle [REDACTED]. Dochází ke ztrátě 117,5 MW.
- 12:33:22,702: Elektrárna byla vypnuta, když v [REDACTED] když vyráběla [REDACTED] MW. Napětí bylo 436 kV a frekvence 47,79 Hz, čímž se přiblížila hodnotě 47,5 Hz, což je spodní hranice podfrekvence, kterou jsou generátory povinny vydržet.
- 12:33:22,860: dochází k odpojení propojovacího zařízení [REDACTED]
[REDACTED] 220 kV, když přenášel [REDACTED] MW, což se shoduje s tím, co přenášel v předchozích okamžicích. V okamžiku vypnutí bylo napětí 257,5 kV.
- 12:33:22,900: odpojení výroby elektřiny odváděné přes napájecí zařízení, když vyráběla MW. [REDACTED] když vyráběla MW. [REDACTED]
- 12:33:23,076: odpojení zařízení [REDACTED]
[REDACTED] podleakce podle . funkce z funkce přepětí z
[REDACTED] který odešle vzdálené spu [REDACTED] Nastavená prahová hodnota napětí pro výjezd je 1,2xUn, tj. 480 kV. Napětí naměřené v okamžiku vypnutí bylo 485 kV.
- 12:33:23,140: polovina výkonu elektrárny je odpojena z důvodu výpadku jednoho [REDACTED] ze dvou transformátorů, přes které je elektrárna připojena. evakuuje. Toto zařízení vypouští d o [REDACTED]. Ztrácí se 125 MW výroby.
- 12:33:23,260: dochází ke snížení výkonu vypouštěného přes propojovací zařízení o 51 MW.
[REDACTED]
[REDACTED]
- 12:33:23,360: druhá polovina elektrárny je vypnuta v důsledku výpadku druhého [REDACTED] ze dvou transformátorů. evakuuje se. Odpojení [REDACTED]



[REDACTED] nebyl generován. Celkem tyto elektrárny vyřadily [REDACTED] více než [REDACTED] V výroby.

- 12:33:23,360: polovina fotovoltaické elektrárny je vypnuta a vybíjí se do vody. [REDACTED]. Dochází ke ztrátě [REDACTED] MW.
- 12:33:23,400: výroba v elektrárně byla odpojena, když vyráběla [REDACTED] MW. [REDACTED]

Od tohoto okamžiku podle informací poskytnutých provozovatelem soustavy frekvence překročila spodní podfrekvenční práh stanovený v nařízení TED/749/2020, který musí být schopen podporovat výrobu.

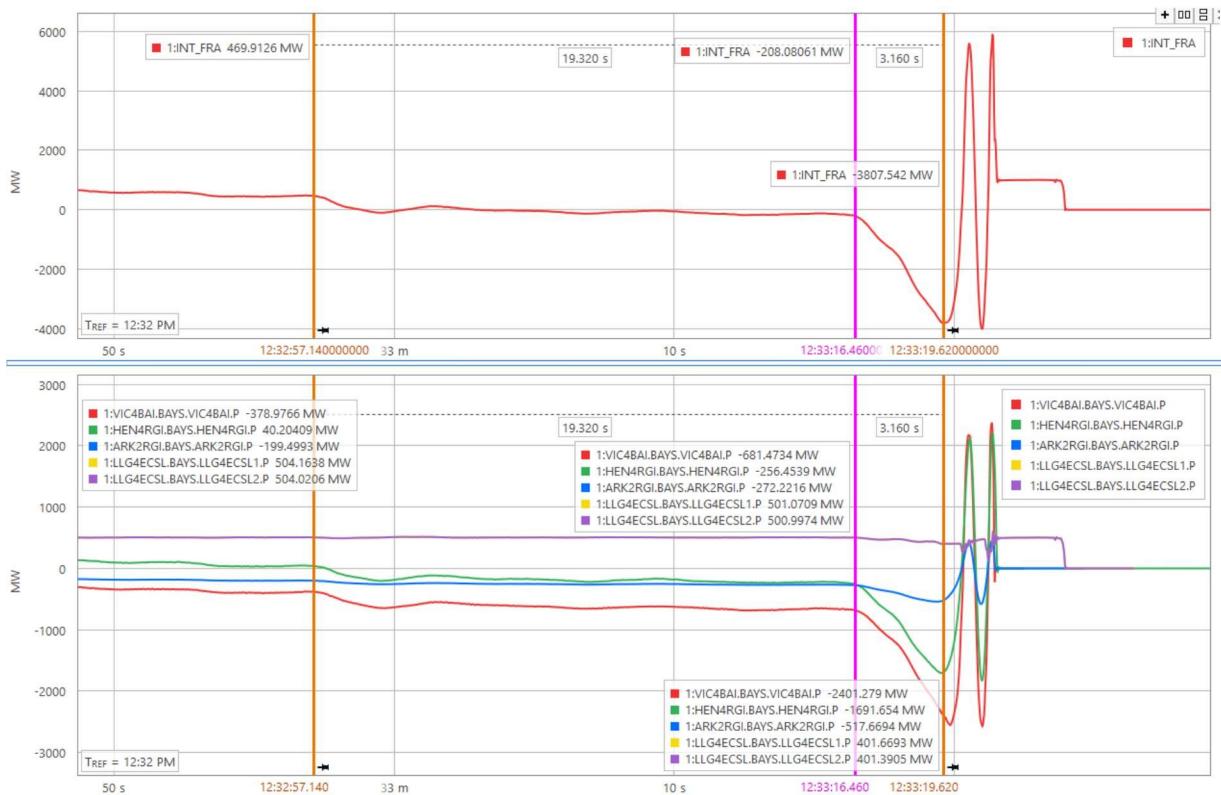
- 12:33:23:515: [REDACTED] odpojuje se kvůli nedostatečné frekvenci. Vyráběl [REDACTED] V. Napětí bylo 433 kV a frekvence 46,15 Hz. Dříve bylo napětí na [REDACTED] dosahovalo [REDACTED]. Podle jejího provozovatele, [REDACTED] ve snaze stačit [REDACTED] napětí ve své evakuační síti absorbovala [REDACTED] MVAr, což způsobilo přehřátí parního kondenzátoru elektrárny.
- 12:33:23,590: odpojení od sítě když vytvářeli [REDACTED] MW. [REDACTED]
- 12:33:29,741: Nulové napětí [REDACTED] po posledním skupinovém výstřelu.

Po tomto okamžiku je ve španělském poloostrovním systému nulové napětí.

Odpojení odkazů

Události uvedené v tomto oddíle se částečně časově překrývají s událostmi uvedenými v předchozím oddíle a jsou zde uvedeny pro snazší pochopení fungování jednotlivých článků systému španělského poloostrova.

Propojení Španělsko-Francie



Graf 20 Výměna na jednotlivých linkách propojení s Francií. Zdroj: ZDROJ: REE

- 12:33:19,620: v tomto okamžiku je dosaženo maximální výměny dovozu s Francií, čímž se dosáhne ztráty synchronizace.

V tomto okamžiku dosáhla hodnota čistého dovozu 3807 MW (4609 MW bylo dovezeno prostřednictvím vedení střídavého proudu a 802 MW bylo vráceno do Francie prostřednictvím HVDC), která se poté snížila. Od tohoto okamžiku je úhlový rozdíl mezi Francií a Španělskem tak velký, že dochází ke ztrátě synchronizace mezi francouzskou soustavou a soustavou na Pyrenejském poloostrově a energie dodávaná z Francie začíná klesat. Ztráta synchronizace vyvolá v chování propojení efekt "tam a zpět".

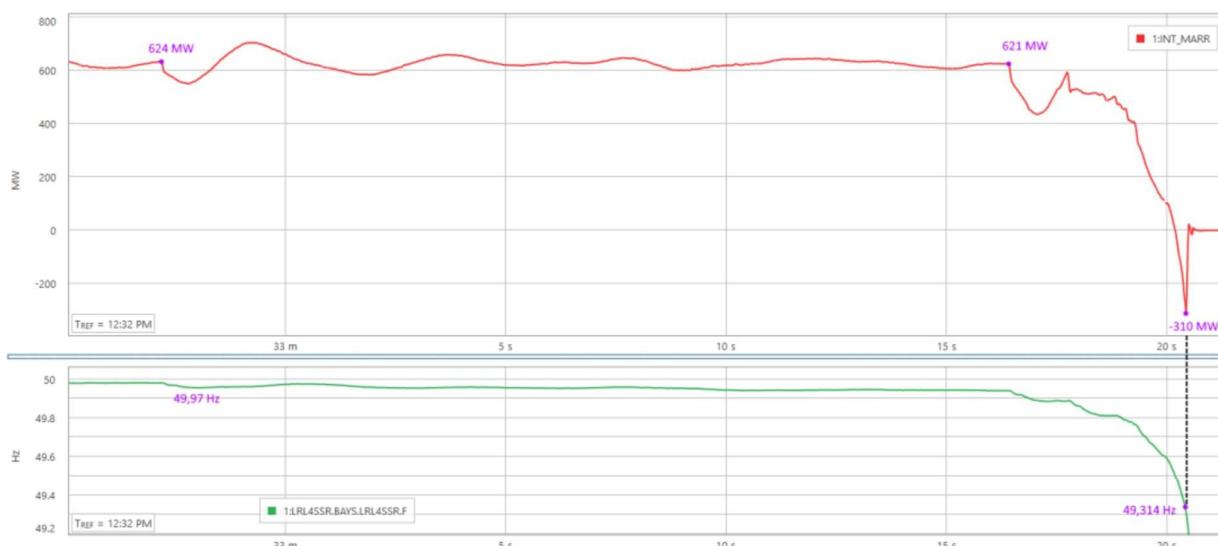
- 12:33:20,260: Výměna s Francií se stává nulovou a země se stává vývozem.
- 12:33:20,520: výměna exportu do Francie dosahuje maxima -5,587 MW a od tohoto okamžiku začíná klesat vlivem výše uvedené ztráty synchronizace.
- 12:33:21,407: otevření v SE Vic 400 kV polohy Baixas ztrátou funkce synchronizační ochrany po druhém cyklu nebo "bití".



import-export způsobený ztrátou synchronizace. Linka se vypaluje na obou koncích.

- 12:33:21.535: pozice Argia (třetí střídavé propojení s Francií) je otevřena u SE Hernani 400 kV. V tuto chvíli je Pyrenejský poloostrov odpojen od Francie prostřednictvím střídavých propojení. Přes HVDC propojení je však do Francie stále posíláno přibližně 1 000 MW. V této době byla frekvence 48,458 Hz.
- 12:33:23,960: kolaps napětí v SE Santa Llogaia 400 kV a zablokování HVDC Francie-Španělsko, přerušení přenosu energie do Francie.
- 12:33:27.930: Elektrická soustava Andorry je odpojena od poloostrovní soustavy z důvodu činnosti podpěťových ochran v rozvodně 110 kV Adrall.
- 12:33:32,000: [REDACTED] je odpojen od systému [REDACTED] na jihu Francie. Toto odpojení by nemělo žádný vliv na pevninskou elektrickou soustavu, protože ta již byla zcela oddělena od Francie a měla nulové napětí.

Propojení Španělsko-Maroko



- 12:33:20,229: došlo k výpadku v SE Beni Harchen 400 kV (Maroko) v poloze Puerto de la Cruz, která odpovídá jednomu ze dvou španělsko-marockých propojení. Tento výpadek je pravděpodobně způsoben relé

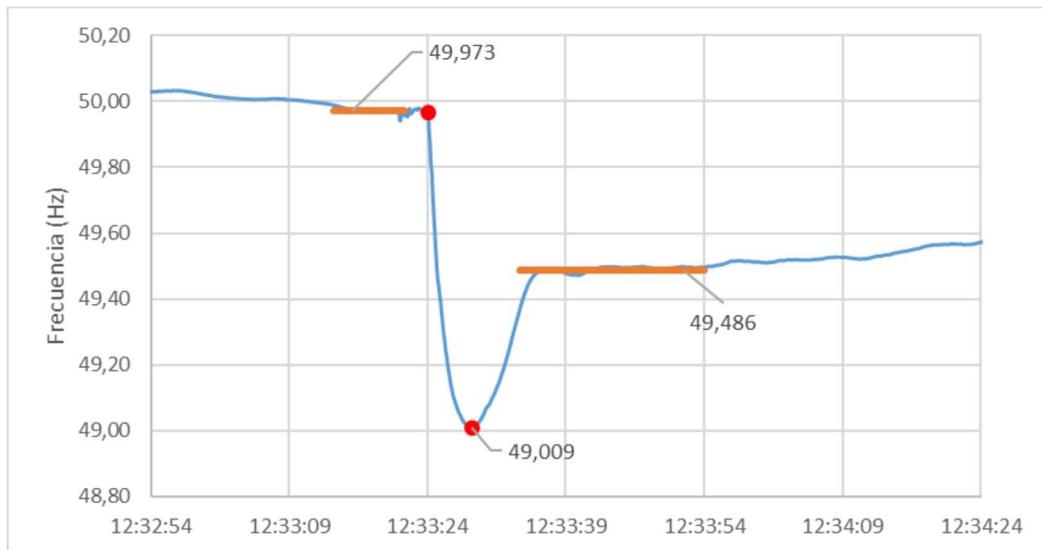


nedostatečná frekvence na marocké straně, jako tomu bylo v případě incidentu ze dne 24. července 2021 (na této trati v té době nebyl téměř žádný tok).

- 12:33:20,390: dochází k odpojení v SE Puerto de la Cruz 400 kV z pozice Beni Harchane z důvodu vyslání dálkového výpadku z marockého konce. Vedení bylo otevřené od 161 ms předtím, kdy se otevřel marocký konec.
- 12:33:20.473: dochází k výpadku v SE Mellousa 400 kV v poloze Puerto de la Cruz 2, která odpovídá druhému propojení s Marokem. V okamžiku výpadku bylo Maroko odděleno od Španělska, když frekvence byla 49,314 Hz a Maroko přispívalo 314 MW do iberské soustavy.
- 12:33:20.564: odpojení v SE Puerto de la Cruz 400 kV z pozice Melloussa 2 z důvodu vyslání dálkového výpadku z marockého konce. Vedení bylo otevřeno již 91 ms předtím, kdy došlo k otevření marockého konce.

Odkaz Pyrenejský poloostrov - Baleáry

- 12:33:23.520: kolaps napětí v SE Morvedre 400 kV a zablokování propojení HVDC poloostrov - Mallorca. Baleárská soustava ztrácí 96,5 MW a frekvence klesá na 49,009 Hz.
- Stávající výroba elektřiny na Baleárských ostrovech reagovala přiměřeně pomocí setrvačnosti a primární regulace, což umožnilo obnovit frekvenci a zabránit ztrátám dodávek v této soustavě.



Graf 22 Frekvence v rozvodně 220 kV Santa Ponsa Conversora (elektrizační soustava Baleárských ostrovů). Zdroj: ZDROJ: REE

Katastrofy

Tento oddíl obsahuje další informace odpovídající vyřazení ze seznamu: odpojení čerpání nebo poptávky po překročení určitých prahových hodnot frekvence.

- 12:33:20,240: odvýjení čerpadla ████ při spotřebě ████ MW a frekvenci 49,478 Hz.
- 12:33:20,500: frekvence překračuje druhou mezní hodnotu pro snížení výkonu čerpacího zařízení -49,30 Hz- 588 MW čerpání se snižuje.
- 12:33:20.8000: odpojení čerpacích jednotek je dokončeno z důvodu aktivace prvních dvou kroků automatického odpojování. Celkem je odblokováno 2 037 MW.
- 12:33:20,760: Frekvence klesne pod 48,80 Hz, což je druhá prahová hodnota proklouznutí požadavku.
- 12:33:21,000: frekvence klesá pod 48,60 Hz, což je třetí prahová hodnota pro vyřazení poptávky. Bylo zaznamenáno přibližně 1 402,5 MW celkového odběru odběratelů připojených k místům v přenosové soustavě až do třetího stupně.
- 12:33:21,820: Frekvence klesne pod 48,20 Hz, což je pátá prahová hodnota skluzu požadavku.



- 12:33:22,040: frekvence klesne pod 48,00 Hz, což je šestý a poslední prah skluzu poptávky.
- 12:33:22,140: pro 520 ms je pozorován velký pokles derivace frekvence, což je v souladu s aktivací posledního kroku odvíjení.



FÁZE 4. DOPLNĚNÍ ZÁSOB

Jakmile je potvrzeno, že došlo k vynulování poloostrova, je zahájen nouzový a resetovací postup, který je upraven v "*Provozním postupu 1.6*". Vypracování bezpečnostních plánů pro provoz systému". Služba vynulování je pro určitá zařízení povinná.

Strategie doplňování zdrojů je založena na vytváření různých energetických ostrovů, založených na propojení s Francií a Marokem a na elektrárnách s autonomní startovací kapacitou (vodní elektrárny).

Plány doplňování služeb, které navrhuje provozovatel soustavy společně s vlastníky výroben, jsou konkrétně založeny na autonomním náběhu vodních elektráren v souladu s informacemi vyměňovanými mezi nimi a provozovatelem. Konkrétně jsou plány doplňování služeb stanoveny pro různé zeměpisné oblasti:

- Jižní zóna
- Tagus-Centre
- Zóna Levante
- Oblast Galicia-León
- Oblast Asturias-Cantabria
- Oblast Aragonie-Katalánsko
- Zóna Duero-France

Jakmile je ostrov stabilní, postupně se přidává výroba (kombinované plynové cykly) a požádavka. Jakmile dosáhnou dostatečné velikosti a stability, ostrovy se spojí dohromady a proces pokračuje, dokud není požádavka plně doplněna distributory dodávajícími energii do přenosové soustavy.

V procesu doplňování v každém konkrétním bodě je třeba rozlišovat několik klíčových bodů: zaprvé čas, kdy příslušný uzel přenosové sítě obnoví napětí; zadruhé dostupnou kapacitu, která je v daném bodě k dispozici, obvykle v "blocích" nebo "krocích" v závislosti na



a robustnost příslušného ostrova; a za třetí připojení poptávky v souladu s těmito kroky.

Níže je uvedena chronologie doplňování zásob se zdůrazněním hlavních milníků. V příloze VI jsou uvedeny podrobnosti o vývoji doplněného nákladu s informacemi o příspěvku Francie v každém okamžiku (do 29. dubna do 02:18 hod. byl také příspěvek Maroka).

Jak je patrné z vývoje doplňování zátěže, ve 22:30 dne 28. září již bylo obnovenno prakticky 50 % poptávky a v 7:00 ráno dne 29. září bylo obnovenno 99,95 % dodávek.

Proces doplňování se opírá o tři hlavní ostrovy: Katalánsko s podporou Francie, Baskicko s podporou Francie a jih s podporou Maroka. Ostrovy vznikají také v Dueru, Galicii a Asturii-Kantábrii, a to na základě vodních elektráren s autonomním spuštěním, které jsou začleněny do předchozích.

Následně jsou uvedeny identifikované prvky, které mohly ovlivnit délku procesu doplňování.

Chronologie procesu doplňování zásob

28. DUBNA

- Ve 12:44 h je v HERNANI přijato napětí z Francie a je aktivována plánovaná podpora.
- Ve 13:07 je do španělské soustavy prostřednictvím TRP1 220/30 kV IRUN přivedena první zátěž. 31 MW poptávky je dodáno.
- Ve 13:04 h je napětí přijato z Maroka. Podpora ONEE ve výši 100 MW je přijímána prostřednictvím ESMA 1. Po předčasném odpojení ve 14:34 h je napětí opět přijímáno z Maroka a Jižní ostrov je znova spuštěn.
- Ve 13:31 h bylo potvrzeno, že byl vytvořen POI (Plan de Operación en Isla) Ribarroja, který zaručuje dodávky pomocných služeb na adrese [REDACTED]
[REDACTED]
- Ve 13:35 h je na VIC přijato napětí z Francie a plánovaná podpora je aktivována.
- Ve 14:46 h, po připojení transformátoru 1 na adresu [REDACTED], všechny jaderné elektrárny potvrdily, že dodávky jejich pomocných služeb zvenčí jsou zajištěny.



- V 15:14 h přistává první termální skupina. [REDACTED]
- V 15:59 h začíná přenášet výkon Odkaz 1 spojení v HVCD Baixas- Sta-Llogaia.
- V 17:49 h se připojují ostrovy Duero a País Vasco.
- V 18:43 h se k ostrovům Asturie a Kantábrie připojí Aguayo a Baskicko.
- V 19:32 h se spojí ostrov Duero a Jižní ostrov.
- V 19:40 h se setkají Střední ostrov a Jižní ostrov.
- V 19:53 h se Katalánské a Baskické ostrovy spojí s Katalánskými a Baskickými ostrovy.
- Ve 21:20 h je v systému propojeno 13 tepelných skupin.
- Ve 21:58 h začíná přenášet výkon okruh 2 linky HVCD Baixas-Sta-Llogaia.
- Ve 23:32 h je v systému propojeno 21 tepelných skupin.
- V tuto chvíli téměř 50 % poptávky pokrylo nabídku.
- Ve 23:37 h [REDACTED] oznámil, že doplnil celý svůj trh v Asturii.
- Ve 23:46 h [REDACTED] hlásí, že má doplněný trh v Asturii.

29. DUBNA

- V 00:06 h začíná CPR (Peninsular Shared Regulation). V tuto dobu se používá pouze [REDACTED].
- V 00:30 h bylo zásobování Madridu plně obnoveno.
- V 00:46 h se začíná účastnit [REDACTED] na resuscitaci
- V 01:00 h se [REDACTED] začíná účastnit KPR.
- V 01:16 h se [REDACTED] začíná účastnit resuscitace.
- V 02:18 h je podpora ze strany ONE (Maroko) stažena.
- V 02:30 h [REDACTED] že plně doplnila své zásoby v
- V 03:00 h [REDACTED] je připojeno 31 tepelných jednotek.
- V 04:06 h hlásí [REDACTED] že doplnila veškeré zásoby ve své distribuční oblasti.
- V 06:30 h [REDACTED] doplnila všechny své zásoby.
- V 7:00 bylo obnovenno 99,95 % dodávek.
- V 07:03 je odstraněno omezení generování RCR.
- V 09:18 h se [REDACTED] začíná účastnit resuscitace.



- V 10:56 h je napětí odesláno do Andorry.
- V 10:58 h [REDACTED] doplnil všechny své zásoby.
- V 11:39 jsou účastníci trhu informováni prostřednictvím systému eSIOS o pozastavení tržních činností a o tom, že OS již informoval operátora trhu o obnovení tržních činností pro harmonogram 30. dubna.
- Ve 12:00 h [REDACTED] hlásí, že doplnila veškeré své zásoby z Galicie.
- Ve 12:15 hlásí [REDACTED], že doplnila veškeré zásoby z Madridu.
- Ve 12:29 h [REDACTED] doplnil všechny své zásoby.
- Ve 12:55 h [REDACTED] hlásí, že doplnila všechny své zásoby.
- Ve 13:17 h jsou zveřejněny požadavky středních škol na následující den.
- Ve 14:13 h je uvedeno do provozu propojení poloostrov-Baleárské ostrovy.
- Ve 14:34 je zveřejněn denní program PDVP na 30/04.
- Ve 14:36 h je stav nouze v koordinaci s REN změněn na stav pohotovosti a je informován ENTSO-E. 100 % zásob je považováno za doplněné.
- Od 30. dubna systém funguje normálně, i když provozovatel systému uplatňuje zpřísněné bezpečnostní normy.

Příspěvek na doplňování zásob v Portugalsku

Podle informací poskytnutých provozovatelem systému byli španělští a portugalští operátoři po incidentu v neustálém kontaktu, aby potvrdili stav příslušných systémů.

Kolem 18:30, jakmile do rozvodny Aldeadávila dorazí napětí z Francie, španělský provozovatel začne postupně posílat napětí do portugalské elektrické soustavy prostřednictvím různých spojovacích vedení:

- 18:36: L-220 kV ALDEADÁVILA-POCINHO 1, poprvé v procesu výměny vysílá napětí do portugalské elektrické soustavy. Tento milník znamená, že portugalská soustava má evropskou frekvenci.
- 19:57 h: Připojení vedení L-220 kV SAUCELLE-POCINHO.
- 19:58 h: Připojení vedení L-220 kV ALDEADÁVILA-POCINHO 2.
- 20:47 h: Připojení vedení L-400 kV ALDEADÁVILA-LAGOAÇÃO.
- 21:34 h: Připojení vedení L-400 kV PUEBLA DE GUZMAN-TAVIRA.



- 21:37 h: spojení L-400 kV CARTELLE-LINDOSO 1.
- 21:39 h: je proveden pokus o spárování L-400 kV CARTELLE-LINDOSO 2, ale jistič 522-4 v rozvodně 400 kV CARTELLE má anomálie, které spárování brání.
- 22:33 h: Připojení vedení L-400 kV CEDILLO-FALAGUEIRA.
- 02:37 h: L-400 kV CARTELLE-LINDOSO 2 je připojena, jakmile byly vyřešeny anomálie spínače, které tomu bránily.
- 13:39 h: Připojení vedení L-400 kV BROVALES-ALQUEVA. Toto propojovací vedení bylo v době události z důvodu prací nedostupné, proto, aby mohlo být uvedeno pod napětí, byly práce předem vráceny.



4. ANALÝZA

Na schůzkách s různými zástupci systému panovala vysoká míra shody ohledně složitosti analýzy i pravděpodobných příčin nulového napětí na poloostrově, které bylo s největší pravděpodobností způsobeno kombinací podmínek, jež přivedly systém do bodu, kdy spustil "řetězovou reakci" přepětí, přičemž nebyla identifikována žádná "jediná závada", která by sama o sobě mohla vysvětlit selhání systému.

Z tohoto důvodu je níže provedena vyčerpávající analýza dostupných informací s cílem určit prvky, které s největší pravděpodobností přispěly ke zhroucení poloostrovní elektrizační soustavy.

Povinnosti a zdroje pro kontrolu napětí

Vzhledem k jeho významu pro analýzu incidentu je níže uveden popis rámce kontroly stresu.

Napětí je ukazatelem "kvality" a účinnosti energie proudící sítí, tj. zda je omezena úroveň jalového výkonu. Pokud se vyrábí velké množství jalového výkonu, který se nespotřebuje nebo nekompenzuje, napětí se zvyšuje, což vede k přepětí.

V elektrické soustavě může jalový výkon pocházet z určitých typů spotřeby nebo ze samotného elektrického vedení. Zejména podzemní kabely jsou náchylnější ke generování jalového výkonu; podobně obecně platí, že vysoce propojené elektrické sítě v době nízké spotřeby (a tedy nízkých toků výkonu v těchto sítích) mají kapacitní účinky a mají tendenci generovat více jalového výkonu, což přispívá ke zvýšení napětí.

Postupy provozování elektrizační soustavy 1.1 a 1.3 stanovují, že napětí v přenosové soustavě musí být za stabilních podmínek v síti 400 kV mezi 380 a 435 kV a v síti 220 kV mezi 205 a 245 kV. Není však vhodné, aby soustava pracovala v blízkosti těchto limitů, a proto byly v roce 2021 uzavřeny dohody mezi REE a správci distribučních soustav o kontrole napětí v určitých referenčních uzlech. V této oblasti, která sice není součástí regulace, ale je referenční pro



byly pro síť 400 kV a 220 kV definovány rozsahy "normální situace" 380-420 kV a 204,6-234,96 kV. Tyto dohody rovněž stanovují přijetí "koordinačních opatření" v rozsazích 234,96-245,96 kV a 420-435 kV a "mimořádných opatření" nad horními hodnotami, které se již shodují s horními hranicemi předpokládanými ve výše uvedených provozních postupech.

Provozní postupy navíc vyžadují, aby nedocházelo k nestabilitě napětí, která by mohla vést ke kolapsu napětí. Tento požadavek může být v některých případech přísnější než podmínka udržení napětí.

Pro regulaci napětí ukládají předpisy všem subjektům (provozovateli soustavy, výrobcům, provozovatelům přenosové a distribuční soustavy, spotřebitelům) povinnost přijmout určitá opatření. Provozní řád

1.1 musí být uplatňován provozovatelem soustavy (SO), a to jak ve studiích plánování provozu, tak v provozu v reálném čase, a týká se všech zařízení sítě spravované provozovatelem v poloostrovní elektrizační soustavě a všech výrobních zařízení přímo připojených k této síti.

Provozovatel soustavy má k dispozici různé nástroje, jak působit na napětí.

Na jedné straně zařízení integrovaná do samotné přenosové soustavy: v současné době jsou hlavním nástrojem REE reaktory, jejichž připojení absorbuje jalový výkon (nízké napětí v uzlu) a naopak. Reaktory však zpravidla neumožňují postupnou úpravu napětí, ale lze je pouze zapnout nebo vypnout ("všechno, nebo nic"), což omezuje možnost vyhlazovat kolísání napětí v síti pomocí této technologie. Z tohoto důvodu existují i jiné typy zařízení (např. synchronní kompenzátory, FACTS a STATCOM), které již začaly být začleňovány do španělských elektrizačních soustav a které posilují přirozenou schopnost regulace napětí v síti.

Na druhou stranu provozovatel využívá technických omezení, při nichž plánuje připojení určitých výrobních infrastruktur podle kritérií "dynamické regulace napětí" nebo "statické regulace napětí" na základě svých kapacit a povinností regulace napětí, aby zajistil dostatečné napětí v soustavě.



možnost aktivní regulace napětí. Výrobní soustrojí, která jsou naprogramována pro tyto funkce, jsou tepelná výrobní soustrojí, od nichž se podle provozního postupu 7.4 vyžaduje, aby zajišťovala regulaci požadovaného napětí: "pozorují" napětí v síti a upravují svůj účiník tak, aby zvládly odchylky napětí, zejména odebíráním jalového výkonu v závislosti na pozorovaném napětí. To zejména znamená, že při určitých prahových hodnotách musí výroba absorbovat tím více jalového výkonu, čím vyšší je přepětí, aby pomohla napětí udržet.

Na druhou stranu jiné typy zařízení musí mít ze zákona "statickou" regulaci napětí pomocí výkonových faktorů.

Provozní postup 7.4 tak ukládá distribučním sítím a velkoodběratelům přímo připojeným k přenosové soustavě povinnost pracovat v rámci specifických parametrů a podílet se na regulaci napětí při pevně stanoveném účiníku (kdy hodnoty činného a jalového výkonu musí udržovat určitý poměr).

Obnovitelné zdroje energie, kogenerace a odpady zase v rámci královského dekretu 413/2014 ze dne 6. června podléhají faktoringu elektrické energie, ačkoli obnovitelné zdroje energie mají již léta technologickou kapacitu pro provoz v režimu konsignace, ačkoli to předpisy zatím nevyžadují ani neumožňují.

FÁZE 0. NESTABILITA NAPĚТИ V PŘEDCHOZÍCH HODINÁCH A TÝDNECH

Analýza vychází z kontextu provozu soustavy na strukturálně vysokých napěťových úrovních, což souvisí s nižší poptávkou, zejména v jarním období, která spolu s vysoce propojenou sítí způsobuje kapacitní efekty (jalová výroba), které tlačí napětí nahoru. Jak je v kontextu nízké poptávky obvyklé, některá vedení soustavy byla odpojena, aby se zabránilo nadmernému propojení sítě, které by mohlo vést k přepětí.

Situace ráno dne 28A

Během dopoledne 28. dubna zaznamenala poloostrovní elektrizační soustava kolísání napětí (náhlé nárůsty a poklesy napětí), které mnozí aktéři označili za netypické a mimořádné.



Netypický a mimořádný charakter výkyvů napětí z rána 28. dubna, který jim přisoudilo několik činitelů, dokládají různé případy, např. následující:

- Policista hovoří o incidentu v 9:10 hodin v elektrárně.

[REDACTED] Cáceres [REDACTED]

[REDACTED]. Na

základě informací získaných od provozovatele soustavy i od vlastníka zařízení se dospělo k závěru, že napětí před a po odpojení elektrárny v daném uzlu přenosové soustavy bylo 404 kV-412 kV, tedy v rámci parametrů, a mezi touto událostí a nulovým napětím z 28. dubna není žádná souvislost.

- Krátce před 10:40 hod. oznámil provozovatel [REDACTED] odpojení hydraulických agregátů [REDACTED] z důvodu kolísání napětí⁹.

- Přibližně v 11:10 je odpojen přívod elektřiny.

[REDACTED] (Zaragoza). Podle REE dosáhlo napětí v těchto uzlech sítě během incidentu hodnot blízkých, ale nižších než 435 kV (425 kV v těchto dvou rozvodnách a 429 kV v blízké rozvodně).), a tedy v rámci limitů. Nicméně [REDACTED]

[REDACTED] Komise zase uvedla, že obě zařízení byla odpojena z důvodu podpěti a po několika sekundách opět připojena. Dále uvádí, že po zbytek dopoledne docházelo k výkyvům napětí, což vyžadovalo průběžnou regulaci pomocí přepínačů odboček, až do konečného odpojení při nulovém napětí.

Analýza kolísání napětí

Pokud jde o možné vysvětlení kolísání napětí ráno 28. dubna, existují v této fázi důkazy, které jsou slučitelné s nedostatečnou kapacitou dynamické regulace napětí, protože různé události, které jsou v elektrizačních soustavách běžné, způsobily v tento den určitou úroveň kolísání.

9



relevantní. Kontext schopnosti regulace napětí je podrobněji popsán v příslušné části.

Bylo zjištěno, že existuje korelace mezi změnami výkonu výroby, hodnotami napětí a toku na propojení s Francií. Zejména při pohledu na období mezi 10:30 a 11:10 je na grafu 23 vidět, že nárůst napětí v této době se shoduje s poklesem výroby, v tomto případě solární výroby, pravděpodobně v důsledku tržních signálů, jak je uvedeno níže, a je doprovázen poklesem vývozu v důsledku změny programu (který se stává záporným, tj. začíná dovoz z Francie). Jinými slovy, napětí roste, protože se náhle snižuje solární výroba, což se shoduje se změnou programu výměny propojení.

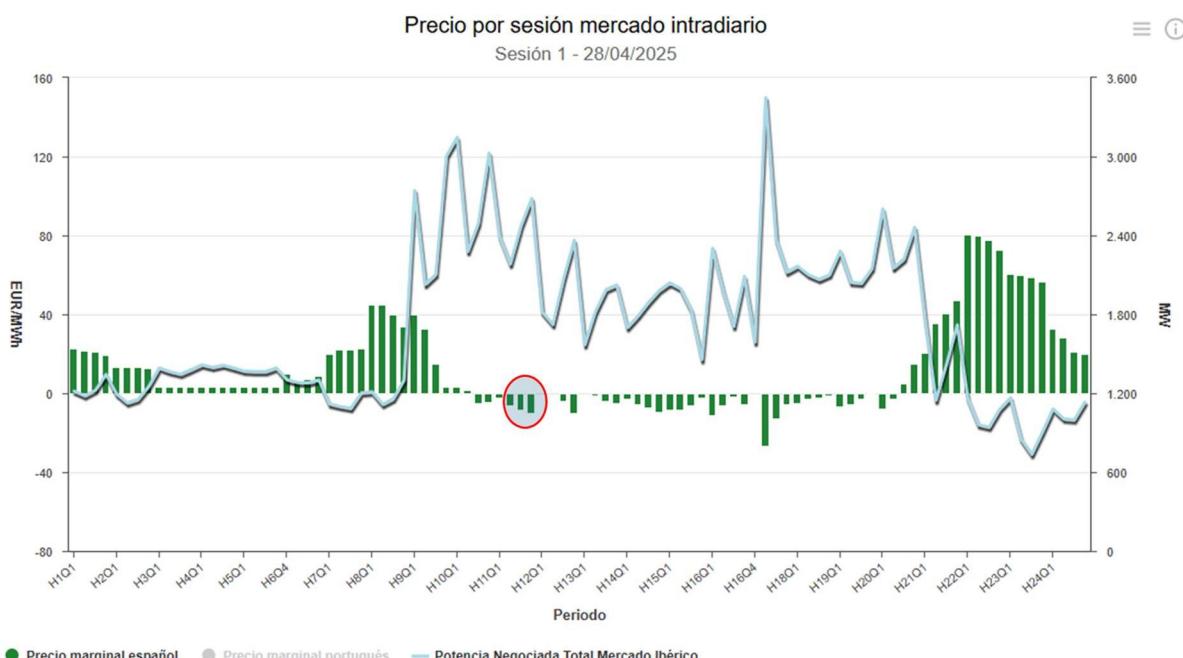


Graf 23 Vývoj napětí, výměna s Francií a výroba fotovoltaických článků dne 28/4. Zdroj: ZDROJ: REE



Vzhledem k načasování tohoto poklesu výroby solární energie uprostřed náběhu výroby a bez meteorologických jevů, které by jej vysvětlovaly, je nejpravděpodobnější vysvětlení, že je způsoben tržními důvody (ceny).

V tomto smyslu, jak je patrné z následujícího grafu, vykazovala vnitrodenní tržní cena v tomto období (10:30-11:15) záporné hodnoty, a to jak na kontinuálním vnitrodenním trhu, tak ve dvou seancích, v nichž se v tomto období obchodovalo (uvedeny jsou údaje za 1. seanci), s cenami blízkými -10 EUR/MWh. To znamená: v systému byl přebytek výroby a výrobci si za energii, kterou stáhli z trhu, účtovali až 10 €/MWh. Kromě toho, konkrétně mezi druhou a třetí čtvrt hodiny 10, přešly ceny z kladných do záporných hodnot, což mělo následný dopad na plánování různých systémů.



Graf 24 Ceny a energie obchodované na vnitrodenním trhu (relace 1 28/04/2025). Zdroj: ZDROJ: OMIE

Mimo konkrétní epizodu mezi 10:30 a 11:15, jak v tento den, tak v předchozích týdnech a měsících, existuje korelace mezi kolísáním výrobního výkonu výrobních zařízení poloostrovní soustavy, napěťovými profily v síti a toku v propojení. Změny výroby mohou být způsobeny fyzickými problémy (např. růstem nebo poklesem obnovitelných zdrojů), tržními problémy (denní, vnitrodenní nebo vyrovnávací trhy) nebo technickými omezeními.

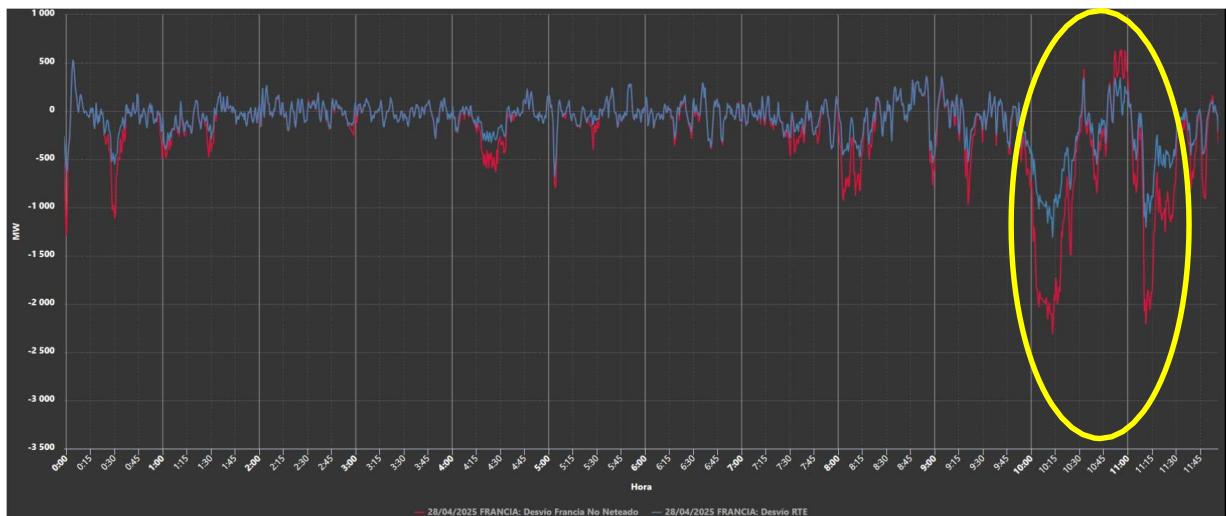


Tyto změny výkonu mohou být významné (pokud jsou cenové signály z trhu dostačně silné) a ovlivňují toky energie v sítích a napětí v uzlech.

Pokud jde o korelaci mezi změnami výroby a napětí: pokud výroba pracující s účiníkem klesá (při stávající regulaci, výrobě z obnovitelných zdrojů), dochází k poklesu jalové energie absorbované těmito zařízeními (protože se snižuje úměrně snížení výroby). Kromě toho, když se v důsledku tohoto snížení výroby sníží energie přenášená sítěmi, zvýší se kapacitní účinky elektrických obvodů, protože se více vybíjejí, což vede ke zvýšení jalové energie. Oba efekty (vyšší produkce jalové energie v obvodech a nižší absorpce jalové energie) tlačí napětí nahoru. K opačné situaci dochází, pokud se výroba těchto zařízení zvyšuje: čím větší je výroba z obnovitelných zdrojů, tím větší je absorpce jalové energie a tím větší je zatížení vedení (tedy menší výroba jalové energie), a tudíž tendence k poklesu napětí.

Tok přes propojení odráží změny činného výkonu poloostrovní soustavy a reaguje na dočasné odchylky mezi výrobou a poptávkou. V časných ranních hodinách 28. dubna byly pozorovány významné odchylky v plánování výměn s Francií.

Zejména ráno 28. dubna došlo ke dvěma významným odchylkám (rozdíl mezi plánovaným a skutečným tokem) ve výměně s Francií: jedna v 10:00 a druhá v 11:00, které jsou podrobněji analyzovány v části o chování propojení.



Graf 25 Plánovaný (modrá) a skutečný (červená) obchod s Francií 28. dubna. Zdroj: REE

- Odchylky na propojovacích bodech a obecně změny průtoku mají vliv na napětí, protože mění zatížení přenosových vedení, což může vést ke změnám napětí v soustavě: čím vyšší je průtok na propojovacích bodech, tím vyšší jsou toky energie v zemi, aby se přenesla energie na hranice nebo z hranic. Snížení průtoku na propojovacích vedeních snižuje vnitřní toky, dále odlehčuje vedení, a tím přispívá ke zvýšení napětí.
- Jak bylo uvedeno výše, změny harmonogramu v rámci běžného fungování trhu jsou v elektrizační soustavě běžnými a očekávanými událostmi. Skutečnost, že 28. dubna vedly k výrazným výkyvům napětí, souvisí, jak je vysvětleno níže, s kontextem nedostatečných kapacit pro regulaci napětí.

FÁZE 1. OSCILACE SYSTÉMU

Oscilace a tlumení

V elektrizačních soustavách může docházet k oscilacím mezi různými oblastmi propojené soustavy, přičemž nejzřetelnější jsou v okrajových nebo elektricky nejvzdálenějších oblastech od "těžiště" soustavy, jako je Pyrenejský poloostrov (který je vzdálen kvůli slabému propojení s kontinentem), a zejména v oblastech, které jsou elektricky vzdálené od zbytku kontinentu. Dalo by se to popsat jako "efekt biče", kdy malý pohyb nebo oscilace v blízkosti středu vyvolává velký pohyb na špičce.



Oscilace se mohou vyskytovat také mezi několika prvky v rámci oblasti systému, a to spíše lokální povahy. Tyto oscilace mají vyšší frekvenci než oscilace mezi oblastmi (až více než 1 Hz), i když to závisí na jejich původu (mechanické, elektromechanické nebo elektronické/řídicí) a typu příslušného generátoru nebo požadavku.

Oscilace jsou nebezpečné, protože pokud nejsou tlumeny, zesilují se a dále rostou a mohou vést k odpojení různých částí systému a k jeho úplnému zhroucení. Dne 1. prosince 2016 způsobila mezioblastní oscilace východ-západ v evropské propojené soustavě výpadek několika částí soustavy v důsledku ztráty synchronizace. Evropská elektrizační soustava se neustále vyvíjí, což může mít vliv na oscilační režimy, které mohou soustavu ovlivnit. Jako příklad lze uvést, že v březnu 2022 došlo k synchronizaci ukrajinské a moldavské elektrizační soustavy s kontinentální evropskou sítí, čímž se elektrizační soustava na kontinentu rozšířila a upravila. Nedávno, v únoru 2025, byla dokončena synchronizace s evropskou soustavou pobaltských zemí (Estonsko, Lotyšsko, Litva).

Schopnost elektrického systému neutralizovat případné oscilace základních veličin a rychle vrátit systém do rovnovážného stavu se nazývá tlumení. Jedná se o parametr, který lze měřit kdykoli, je specifický pro každý uzel sítě a liší se pro každý režim a frekvenci kmitání.

Tlumení a ochrany proti kmitání lze dosáhnout několika způsoby:

1. Přijetí topologických opatření: obecně se tlumení zvyšuje tím, že se zvyšuje sítová síť (spojují se obvody, které byly otevřené), což pomáhá "svázat" systém pevněji dohromady.

2. Systémy tak mohou přispívat k tlumení oscilací výrobou, poptávkou nebo samotnou sítí. Za tímto účelem lze instalovat speciální zařízení (výkonová elektronika).

- V případě synchronní výroby jsou to "*stabilizátory výkonu*" nebo PSS (*Power System Stabilisers*), které musí být správně nastaveny na specifické frekvence kmitání, které se mohou v systému vyskytovat. Na adrese



Konkrétně ve Španělsku se od roku 2016 provádí revize a úprava PSS v elektrárnách s kombinovaným cyklem, která má přispět k tlumení oscilací. Stejně tak provozovatel soustavy a společnosti vlastníci jaderné elektrárny analyzovaly proveditelnost instalace zařízení PSS v těchto zařízeních se závěrem, že není možné je těmito systémy vybavit, s výjimkou [REDACTED]

- Pro asynchronní výrobu a spoje HVDC s výkonovou elektronikou existují podobná řešení nazývaná POD (Power Oscillation Damping).
- V případě sítě lze instalovat zařízení STATCOM s funkcí POD.

3. Koordinované akce mezi provozovateli elektrizačních soustav. Provozovatelé mají protokoly o posílení tlumení soustavy, pokud zjistí, že je snížené a není schopné neutralizovat oscilace. Španělští a francouzští provozovatelé soustav tak mají dohody o tom, že nebudou provádět určité topologické manévrování v blízkosti hranice s negativním dopadem na stabilitu malého signálu soustavy, a mají dohodnuté postupy pro opatření v případě netlumených oscilací ("PROVOZNÍ SPOLEČNÝ PROTOKOL: Monitorování a koordinované akce v reálném čase francouzsko-španělského propojení"). Tento protokol identifikuje, že existuje riziko oscilací, pokud je zjištěno tlumení pod určitými prahovými hodnotami nebo vysoká amplituda oscilací pozorovaná v reálném čase, aniž by se amplituda během několika sekund snížila. V těchto situacích protokol indikuje, že by měla být přijata jedna nebo více z několika nápravných akcí:

- Provozovat HVDC v režimu Pmode 1: konstantní tok výkonu (ve srovnání s obvyklým provozním režimem, kdy je činný výkon na spoji definován podobně jako u vedení střídavého proudu - Pmode 3). Pokud již pracujete v režimu Pmode 1, zvýšte nastavenou hodnotu toku činného výkonu na lince HVDC (PSP - Power Set Point).
- Vypínání vedení nebo transformátorů s pozitivním dopadem na vyrovnávací paměť.
- Zvýšení čerpání ve Španělsku.
- Snížení mezinárodního obchodu směrem ze Španělska do Francie.



- Kontaktujte ukrajinského nebo maďarského provozovatele přenosové soustavy, abyste snížili vývoz z Ukrajiny do střední Evropy.

Klasifikace oscilací podle územního měřítka

V evropské elektrizační soustavě bylo identifikováno několik hlavních způsobů kmitání:

- Režim severojižního kmitání s frekvencí přibližně 0,3 Hz, při němž generátory v Itálii kmitají proti generátorům v Dánsku a severním Německu.
- Východo-západní oscilační režim s frekvencí přibližně 0,15 Hz, kdy generátory na Pyrenejském poloostrově oscilují v protifázi vůči Turecku a Ukrajině.
- Režim oscilace východ-střed-západ, přibližně 0,2 Hz, při kterém generátory na západním a východním konci soustavy (Pyrenejský poloostrov a jih Balkánského poloostrova a Turecko) oscilují v protifázi ke generátorům ve středu evropského kontinentu (Dánsko, Německo, Polsko, Švýcarsko, Česká republika a Ukrajina). Tento režim oscilace se stal zvláště důležitým po velkém incidentu v evropské elektrizační soustavě v roce 2016.

Na druhé straně byly podle provozovatele soustavy zjištěny oscilace lokálnějšího typu s vyšší frekvencí, které se obvykle týkají jednoho nebo dvou generátorů proti zbytku soustavy nebo mezi nimi. Provozovatel soustavy uvádí, že v případě Španělska byly historicky zjištěny pouze dvě lokální (vnitroregionální) oscilace, které byly považovány za závažnější a dosahovaly amplitudy až 60 MHz:

- V srpnu 2022 byly v oblasti Sevilly zjištěny oscilace o frekvenci 0,18 Hz s amplitudou přibližně 60 MHz s vrcholem a špičkou, které se týkaly jaderné elektrárny ve Francii.
- V březnu 2024 oscilace o frekvenci 0,8 Hz, které se účastnila os [REDACTED],8 Hz. [REDACTED] připojené k rozvodně [REDACTED] a který je popsán podrobněji v pozdější fázi.

12:03 oscilace

Je třeba poznamenat, že tato oscilace:



- Má vyšší frekvenci (0,6 Hz) ve srovnání s nejběžnějším evropským systémem (0,2 Hz).
- Pokud jde o zeměpisný rozsah, jak je uvedeno výše, byl zjištěn mimo hranice Španělska přinejmenším ve Francii a Německu, přičemž jeho rozsah se se vzdáleností snižuje.
- Podle provozovatele systému může skutečnost, že vlna detekovaná v Tavelu je ve fázi s vlnou detekovanou na jihozápadě Pyrenejského poloostrova, naznačovat, že systém osciluje touto částí poloostrova proti této části Francie nebo oblasti v její blízkosti.
- Podle jiného operátora [REDACTED], relativně vysoká frekvence a úhlové zpoždění mezi Portem a Malagou naznačují, že se jedná o vnitro-peninsulární oscilaci. Ve skutečnosti to naznačuje, že Porto osciluje více (a oscilace začíná dříve) než Malaga.

Charakteristiky oscilací by mohly na základě dostupných informací naznačovat, že tyto oscilace jsou spíše "lokálního" typu než ty, které jsou běžnější v evropském systému jako celku a mají původ v konkrétních zařízeních nebo systémech (zejména [REDACTED] naznačuje, že by mohl být spojen s kontrolou stresu).

Pokud jde o možný původ těchto oscilací, byly provedeny následující analýzy:

- Pokud jde o předchozí stav sítě, provozovatel soustavy uvádí, že od 11:50 h do 12:02 h nebyly v přenosové soustavě poloostrovní soustavy zjištěny žádné poruchy. V tomto období se hodnoty napětí v sítích 400 kV i 220 kV pohybovaly v mezích definovaných v P.O. 1.1. Frekvence soustavy nepřekračuje normální provozní rozpětí definované v P.O. 1.4, kde je stanovena hranice mezi 49,85 Hz a 50,15 Hz.
- Byla analyzována amplituda kolísání napětí v různých bodech sítě, přičemž větší amplituda byla zjištěna na jihozápadě poloostrova. Konkrétně body s největší zjištěnou amplitudou od špičky ke špičce jsou rozvodny Arroyo de San Serván 400 kV, Almaraz 400 kV a Carmona 400 kV.



DŮVĚRNÉ

Graf 26 Rozsah

- Analyzováno bylo také chování výroben elektřiny, které byly v té době v provozu, zejména v jihozápadní oblasti, a to podle informací poskytnutých jednotlivými držiteli licence na provoz těchto zařízení. Obecně bylo ve všech analyzovaných případech zjištěno, že výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů (fotovoltaika) od různých držitelů licencí má "plochou" výrobu (tj. není ovlivněna oscilací), s výjimkou jednoho zařízení, jak je vysvětleno níže.
- Bylo však zjištěno anomální oscilační chování činného a jalového výkonu fotovoltaické elektrárny.
[REDACTED] instalovaného výkonu, [REDACTED] MW přístupu k síti a která v té době vyráběla přibližně [REDACTED] MW. Tato elektrárna je připojena k v Badajozu,
[REDACTED]
[REDACTED]
- Jak je vidět na obrázku, kolem 12:03 a s ohledem na shromážděné informace začíná výkon této elektrárny oscilovat podle vzoru, který se zřejmě shoduje se zjištěným kmitáním. Za několik sekund výroba elektrárny osciluje s amplitudou od špičky k špičce přibližně 70 % výkonu, který měla bezprostředně před oscilací.
- Toto chování je v kontrastu s chováním ostatních zařízení stejné technologie připojených ve stejných nebo blízkých uzlech, jak je patrné z následujících grafů.

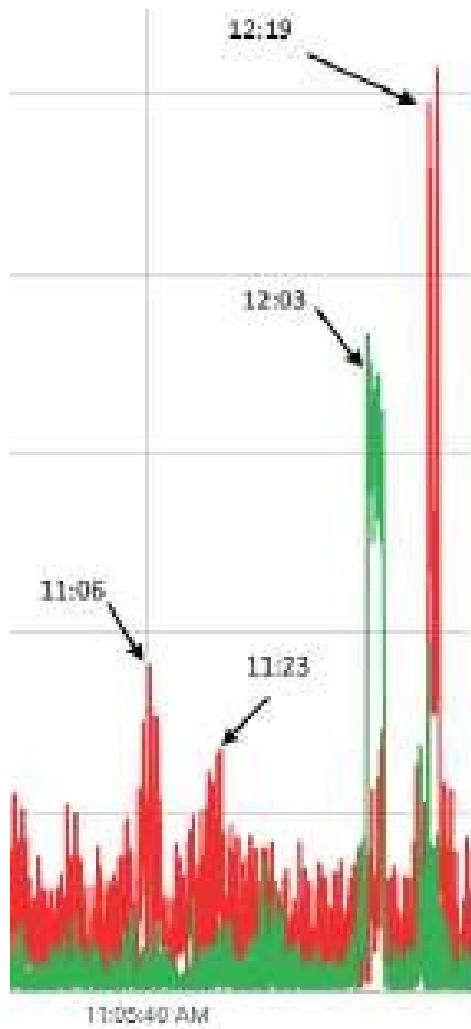


DŮVĚRNÉ

Graf 27 Činný a jalový výkon elektráren

Zdroj:

- Oscilace těchto veličin by v každém případě byla typičtější pro synchronní technologie podléhající regulaci požadovaného napětí, protože "vidí" napětí v síti a mění svůj účiník, aby udržely napětí konstantní. Ve fotovoltaické elektrárně, která podléhá pevnému účiníku, by však hodnota výstupního výkonu, zejména činného výkonu, měla být konstantní, jak je vidět u ostatních analyzovaných zařízení stejné technologie (graf 27 porovnává zařízení na adrese [REDACTED]),
- Abychom mohli pokračovat v analýze oscilací v režimu 0,6 Hz zjištěných 28. dubna, je část toho, co bylo dříve shromážděno v grafu 6, obnovena níže, počínaje 11:00 h, v grafu 28.
 - Nejprve je vidět, že několik okamžiků po začátku vrcholu oscilace 0,6 Hz v čase 12:03 (zeleně) se amplituda oscilace rovněž zvýší na 0,2 Hz (červeně). To se shoduje s výskytem oscilace 0,2 Hz, která překrývá výše popsanou oscilaci 0,6 Hz a jak je vidět na obr. 10.
 - Za druhé je zajímavé, že kromě píku ve 12:03, který odpovídá dosud analyzované oscilaci, jsou pozorovány dva sekundární píky, jeden několik minut po 11:20 a druhý několik minut před 12:19.



Obrázek 28 Význam výkonu zařízení v časech 11:05-12:19. Zdroj: ZDROJ: REE

Analýza údajů o generování

[REDAKTOVANÝ] údajů o výrobě v

časech odpovídajících těmto sekundárním špičkám v režimu oscilace 0,6 Hz za účelem kontroly možných korelací je zjištěno (graf 29), že činný výkon zařízení osciluje po celé období, i když s větší amplitudou v časech kolem 11:35-11:36, přičemž maximální zjištěná amplituda špiček je 25 MW, s granularitou 2-3 sekundy dostupných údajů. V případě oscilace předcházející 12:19 se tento okamžik přibližně shoduje s počátkem oscilačního pohybu, v tomto případě v jalovém výkonu téhož zařízení.



DŮVĚRNÉ

Graf 29 Činný výkon v zařízení [REDACTED]

kolem 11. hodiny dne 28. dubna 2025.

Zdroj: [REDACTED]

Historie podobných oscilací o rok dříve

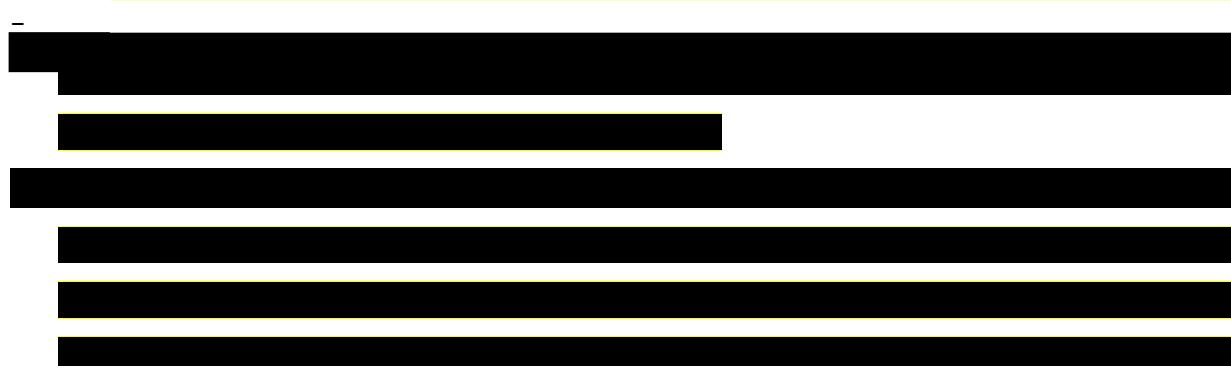
Byla zjištěna další epizoda s oscilací [REDACTED]

[REDACTED] byla zjištěna oscilace, [REDACTED]

[REDACTED]. Tyto oscilace trvaly přibližně 2 minuty a 15 sekund, i když s větší amplitudou fáze trvající přibližně 25 sekund, a dosáhly maximální amplitudy od špičky k špičce 64 mHz a 20 kV ve frekvenční, resp. napěťové vlně (podobný řád velikosti), která byla zjištěna 28. dubna [REDACTED],
[REDACTED]). [REDACTED]

DŮVĚRNÉ

Obrázek
30 [REDACTED]





[REDACTED]

DŮVĚRNÉ

[REDACTED]

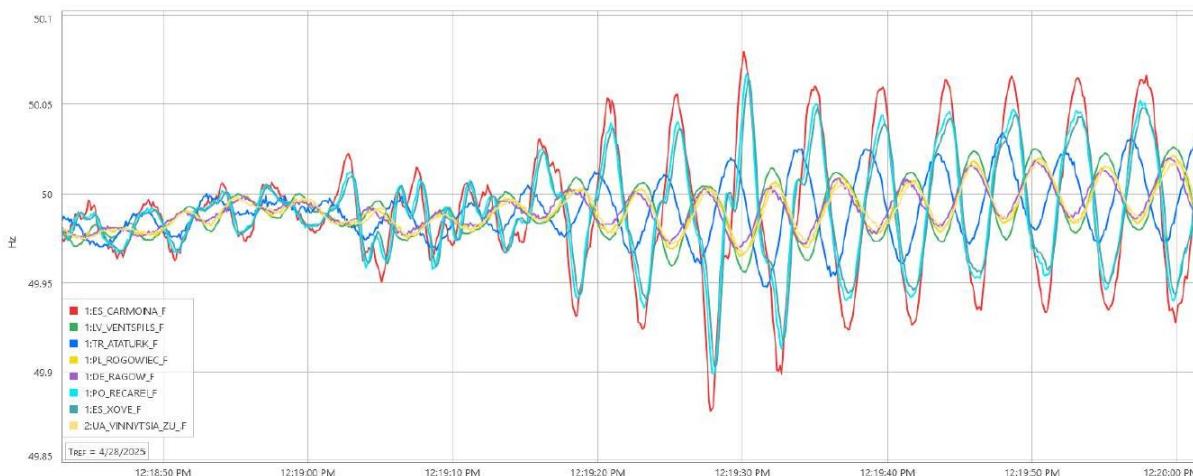
12:19 hodin oscilace

Podle analýzy provozovatele soustavy se kolem 12:16 znovu objevuje oscilace 0,6 Hz, krátce předtím, než se objeví oscilace režimu 0,2 Hz ve 12:19. Tato shoda je patrná i z grafu 28, kde je vidět, že špičce (červená) ve 12:19 předchází špička (zelená) odpovídající oscilaci 0,6 Hz, která se, jak bylo uvedeno výše, časově shoduje s oscilací jalového výkonu výše uvedeného zařízení.

Oscilační režim, který se objevuje v oscilaci 12:19, je režim východ-střed-západ. V tomto režimu osciluje Pyrenejský poloostrov proti středu evropské synchronní soustavy - Německu, Itálii, Rakousku, Dánsku... -, který zase osciluje proti Turecku. Graf 32 ukazuje, jak poloostrovní soustava (rozvodna Carmona, červená barva, nebo Recarei v Portugalsku, azurová barva) kmitá v protifázi se zeměmi ve středu soustavy (Rogowiec v Polsku, žlutá barva, Ragow v Německu, fialová barva), přičemž je pozorován i signál měřený v Turecku (tmavě modrá barva).



Graf ukazuje, že místa na okraji systému, jako je Španělsko nebo Turecko, vykazují v téže epizodě větší amplitudu oscilací než místa blízko středu systému, jako je Polsko nebo Německo. To by se dalo popsat jako efekt "biče" nebo "hvězdné pily", kdy místa vzdálenější od "těžiště" systému, zejména při slabém propojení, vnímají oscilace intenzivněji, a jsou jimi proto zranitelnější.



Obrázek 32 Detail oscilace 0,2 Hz. Zdroj: REE: REE:

Následující graf ukazuje maximální hodnoty amplitudy frekvence a napětí v průběhu kmitání 0,2 Hz ve 12:19 hodin.

DŮVĚRNÉ

Graf 33 Amplituda kmitů napětí a frekvence ve 12:19.

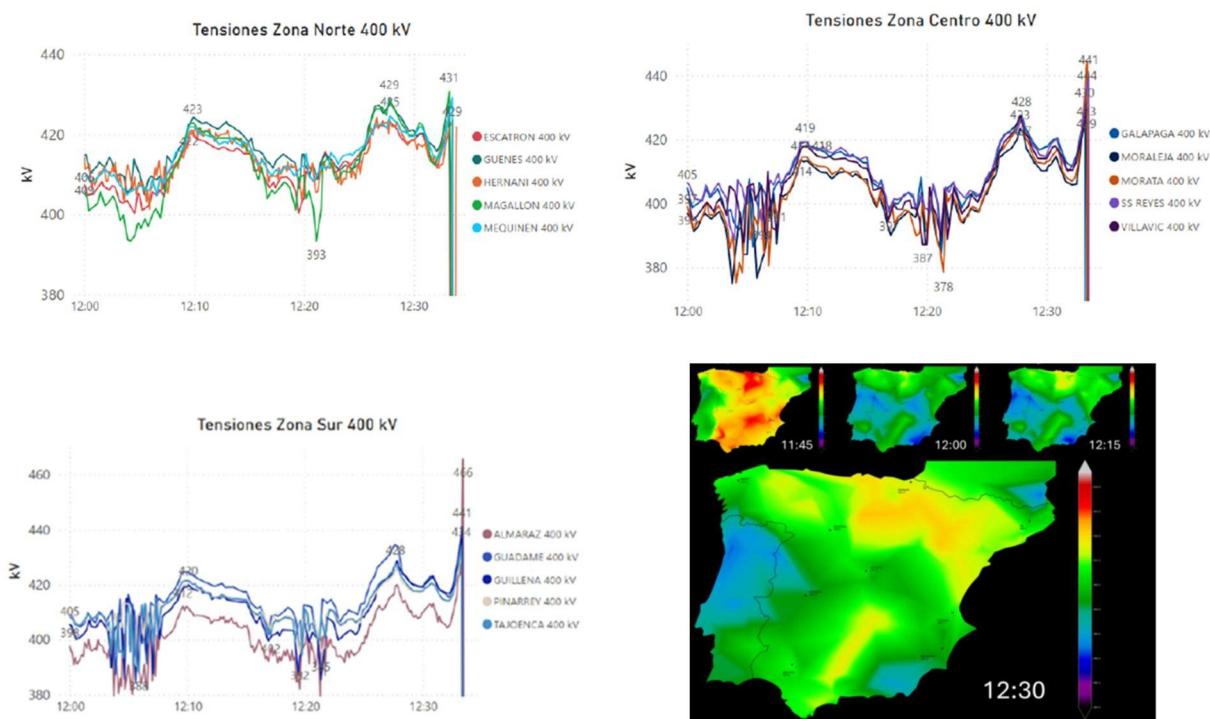


Programování nové generace

Vzhledem k opatřením přijatým k tlumení oscilací a s ohledem na jejich dopad na regulaci napětí se provozovatel soustavy rozhodl spojit novou konvenční výrobu, zejména v jižní oblasti, s povinností dynamické regulace napětí v souladu s OP 7.4 a se schopností tlumit mezioblastní oscilace prostřednictvím systémů PSS, které mají některé výrobny.

Z tohoto důvodu si od 12:18 vyžádal časy spojení od několika agentů a nakonec se rozhodl pro [REDACTED] který poskytl kratší čas (1 hodina a 30 minut), jehož programování bylo nakonec potvrzeno kolem 12:26 na 14:00. Když se ve 12:33 objevila nula, tato stanice nebyla schopna se včas připojit.

Analýza vývoje napětí v první fázi a přijatá opatření



Graf 14 Vývoj napětí v síti 400 kV mezi 12:00 a 12:35. Zdroj: ČTÚ, ČTÚ, ČTÚ, ČTÚ, ČTÚ: ZDROJ: REE

Při pohledu na graf 14, který ukazuje vývoj napětí v přenosové síti v 1. fázi, je kromě vysoké volatility napětí srovnatelné s předchozími hodinami jasně patrný vliv výše popsaných oscilací (12:03 a 12:19).



Po každém z těchto oscilačních jevů je pozorován nárůst napětí, který lze vysvětlit několika doplňujícími se jevy:

Za prvé, jak je popsáno v části o kmitání, protokolární opatření k posílení tlumení zahrnují několik opatření, která mohou být zaměřena na zvýšení napětí:

- Zvýšení propojení soustavy díky propojení vedení (která byla dříve otevřená, v kontextu nízké poptávky, právě proto, aby se zabránilo přepětí). Připojení těchto vedení posiluje systém tváří v tvář oscilačním jevům, ale je faktorem, který přispívá ke zvýšení napětí v kontextu nízké poptávky.
- Snížení exportní kapacity v propojení za účelem zlepšení tlumení výkyvů rovněž přispívá ke zvýšení napětí, a to z několika důvodů:
 - Při dané poptávce si snížení vývozní kapacity vynutí snížení domácí výroby, aby byla zajištěna rovnováha mezi výrobou a poptávkou. Jak bylo vysvětleno výše, snížení výroby z technologií s pevným účiníkem vytváří dvojí tlak na zvyšování napětí (nižší absorpcie jalového výkonu a vyšší výroba jalového výkonu v méně zatížených sítích).
 - Čím dále je výroba elektřiny od propojení, tím větší je vliv na vedení. Například s omezením výměny s Francií a výroby na jihu dochází také ke snížení toků z jihu na sever, což má za následek nižší zatížení vedení a přispívá tak ke zvýšení napětí.

Tato tlumicí opatření postupně zvyšují napětí při jejich provádění. Například účinky změn v plánování propojení se vyvíjejí s aktualizací plánu.

Tlumicí opatření navíc znamenají odlišnou konfiguraci systému (z hlediska připojených vedení, konfigurace propojení atd.) ve srovnání s předchozí situací.

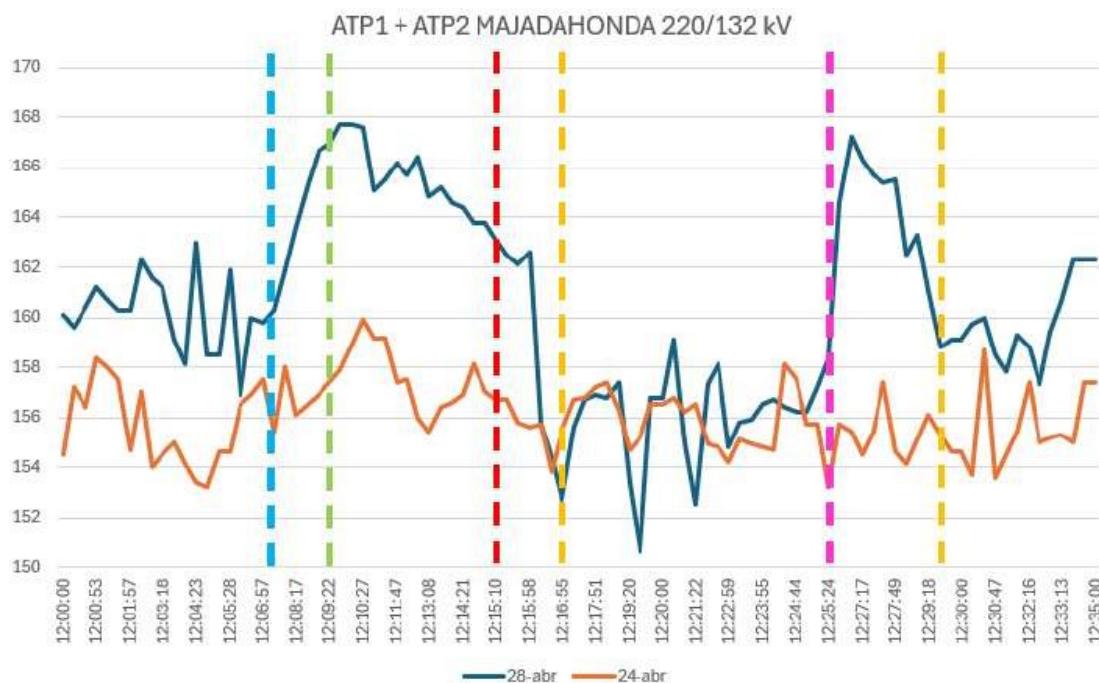


Za druhé, protože každý z výkyvů způsobil podpětí (zejména minimální hodnoty napětí pod 390 kV v síti 400 kV), provozovatel se rozhodl po každém z výkyvů odpojit reaktory.

Tyto topologické manévry prováděné provozovatelem soustavy, které zajišťují diskrétní ("skokovou") regulaci napětí, jsou slučitelné s nárůsty napětí pozorovanými po obou oscilacích.

Za třetí, provozovatel soustavy také analyzoval, zda v tomto období mohla výroba připojená k distribuci a přímo nepozorovatelná z přenosové soustavy (protože je < 1 MW a není povinně připojena k řídicímu centru nebo protože je samospotřebitelská) ovlivnit vývoj napětí mezi 12:00 a 12:30 hod.

Za tímto účelem analyzovala tok elektřiny v hraničních bodech přenosové soustavy a distribuční soustavy s cílem identifikovat případné anomální změny (zvýšení nebo snížení poptávky, které nelze vysvětlit očekávaným vývojem poptávkové křivky a které by mohly být známkou odpojení nebo připojení distribuované výroby).



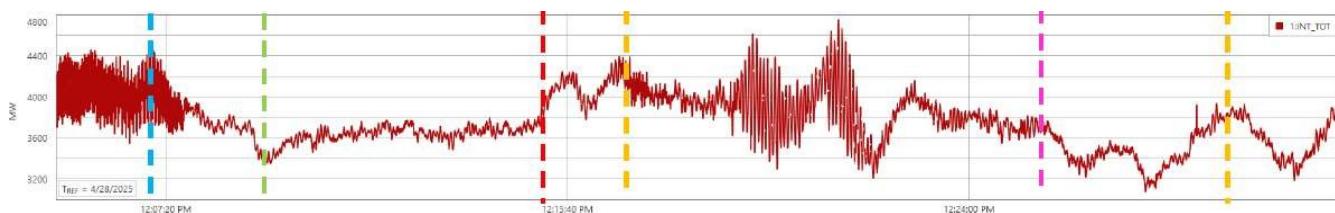
Graf 34 Aktivní výkon v hraničním bodě dne 28/4 a ve srovnatelný den

Vezmeme-li konkrétní pilotní uzel (transformátory 220/132 kV v Majadahondě v Madridu), je pozorován anomální nárůst zatížení mezi 12:07 a 12:15 hodinou a nový nárůst zatížení mezi 12:25 a 12:29 hodinou, v obou případech po dvou



oscilace v systému. Tento jev by byl v souladu s hypotézou, že výkyvy ovlivňují výrobu zapojenou do distribuce a že ta se po výkyvech napětí na několik minut odpojí. Toto chování je běžné u některých střídačů, které po zablokování nebo vypnutí přestanou pracovat, dokud se napětí v síti na několik minut (obvykle 3-5 minut) nezmění na stabilní a v mezích.

Zvýšení poptávky na hranici přenosu a distribuce a následné snížení o několik minut později (tj. při opětovném zapnutí výrobních zařízení) se projeví v propojovacím toku (snížení a následné obnovení vývozu), jak je patrné z grafu 35.



Obrázek 35 Změny v mezinárodních propojeních po výkyvech

Za účelem ověření této hypotézy si Výbor vyžádal informace od provozovatelů distribučních soustav i od dodavatelů střídačů, jejichž informace by měly poskytnout lepší přehled o tom, co se děje v navazujících článcích soustavy.

V případě provozovatelů distribučních soustav jsou skutečně zjištovány špičky v poptávce, které se "objevují" v hraničních bodech distribuční sítě shodně s výše uvedeným.

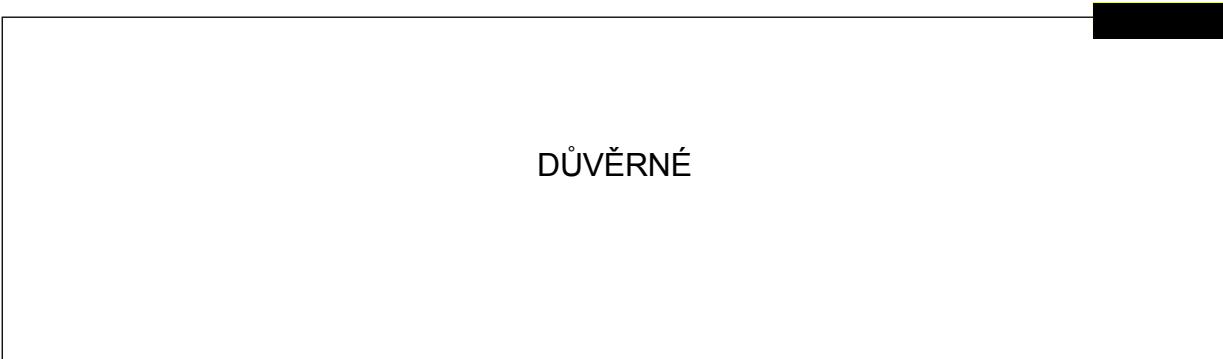
Pokud jde o výrobce střídačů, odpovědi na žádosti zaslané pěti obchodním skupinám byly obdrženy od některých z nich.

V případě ██████████ je pozorována odezva, která je v souladu s výše popsanou hypotézou: v okamžicích následujících po oscilacích dochází ke ztrátám při výrobě a k nárůstu napětí. Jak je vidět níže, odezva se liší v závislosti na napěťové hladině, na které je generace připojena:

- U střídačů připojených na nízké napětí (graf 36) jsou alarmové špičky spojené s nedostatečnou úrovní napětí zjištěny přibližně ve 12:10 a 12:27, což se zase shoduje se snížením souhrnné výroby reprezentované těmito střídači jako celkem.

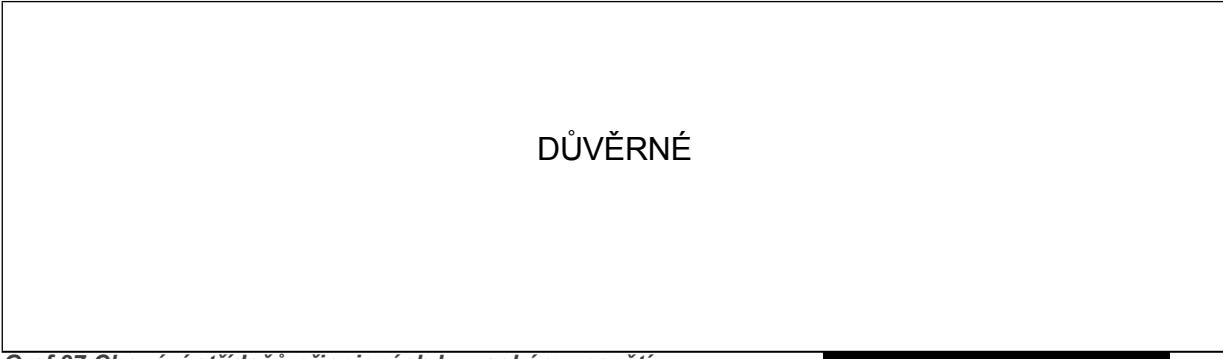


- U střídačů připojených k vysokému napětí (graf 37) jsou alarmy související s napětím detekovány rovněž ve stejnou dobu, ačkoli alarmy jsou detekovány také kolem 12:16, což se shoduje s opětovným výskytem oscilace 0,6 Hz. Z hlediska poklesu výroby je však relevantní pouze událost kolem 12:27.
- V každém případě je třeba poznamenat, že zejména v případě elektrárny tohoto výrobce představují ztráty výroby zjištěné v těchto fázích pouze malou část její celkové výroby, v každém případě méně než 10 %, jak je patrné z grafu 38. Jinými slovy, nelze říci, že by byla odpojena významná část výroby, ať už připojená k vysokému napětí, nebo k nízkému napětí, alespoň v případě uváděných střídačů.



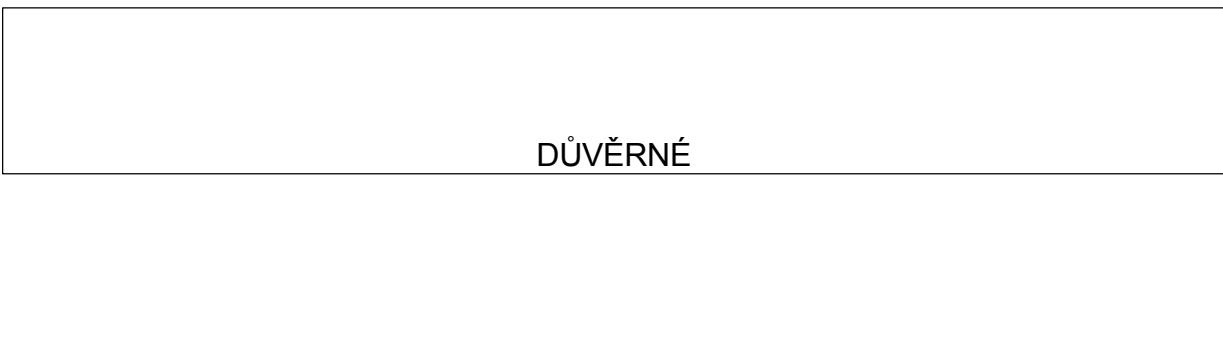
DŮVĚRNÉ

Graf 36 Chování střídačů připojených k nízkému napětí z [REDACTED]



DŮVĚRNÉ

Graf 37 Chování střídačů připojených k vysokému napětí [REDACTED]



DŮVĚRNÉ



Graf 38 Souhrnná výroba podle investorů

Zdroj:

28. dubna.

Ztráta distribuované výroby může mít vliv na napětí v síti různými způsoby: odchylka, kterou způsobí v propojení, může aktivovat sekundární regulaci a způsobit změny v tocích energie v přenosové a distribuční síti, které v závislosti na jejich vlastnostech (poměr X/R) a čisté energetické bilanci na hranici mohou tlačit napětí nahoru nebo dolů. Podobně může opětovné zapnutí výroby o několik minut později vyvolat opačný účinek na soustavu.

Po skončení druhé oscilace zjistí provozovatel systému všeobecný nárůst napěťových úrovní, a proto se rozhodne připojit 5 reaktorů, které jsou připojeny mezi 12:26 a 12:28. Tento okamžik je kompatibilní s "vrcholem" napětí kolem 12:28, po kterém je pozorován opětovný pokles napětí. Tento okamžik by byl rovněž slučitelný s obnovením odpojené generace po druhém kmitání.

Stručně řečeno, v této fázi byly identifikovány napěťové efekty, které se shodují s různými událostmi, k nimž dochází v průběhu času a které tak či onak souvisejí s oscilacemi, k nimž dochází v soustavě, jako je připojování a odpojování reaktorů, přijetí opatření k tlumení oscilací soustavy (propojení sítí nebo snížení výměny na propojovacích bodech) nebo odpojení a následné opětovné připojení výroby.

V každém případě, stejně jako ve fázi 0 výše, je vysoké a náhlé kolísání napětí směrem nahoru a dolů během této fáze důkazem nedostatečné schopnosti dynamické regulace napětí, jak je popsáno v příslušné části.

FÁZE 2. VÝROBNÍ ZTRÁTY ZPŮSOBENÉ PŘEPĚTÍM

Příval v 12:32

Během této minuty dochází k trvalému zvýšení napětí, které se shoduje se snížením exportu na mezinárodních propojeních o přibližně 1 000 MW za 57 sekund.



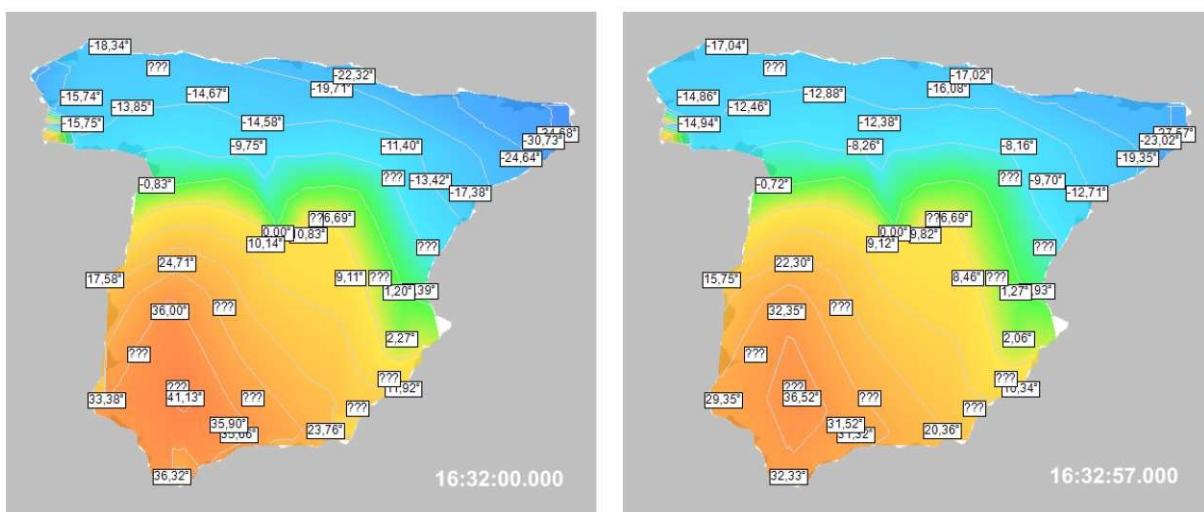
Podle názoru provozovatele soustavy je tento lineární nárůst napětí vysvětlen následujícími faktory:

- Ve 12:27 začíná úprava jízdních řádů v rámci výměny Španělsko-Portugalsko, která byla dohodnuta ve 12:20 na 12:30 mezi REE a REN jako tlumící opatření pro posílení. Okno pro úpravu těchto změn jízdních řádů se pohybuje v rozmezí -5 až +5 minut a je běžné, že v důsledku změny jízdních řádů v propojení dochází k přechodným nerovnováhám mezi jízdními řády na obou stranách hranice. Tyto nerovnováhy mohou vést ke kolísání napětí, které musí být řízeno zařízeními s dynamickou regulací napětí (protože zařízení přenosové soustavy nabízejí statickou regulaci).
- V této minutě tedy dochází ke snížení výroby - částečně v důsledku regulace, jako výsledek změn v plánování -, které reguluje absorpci jalového účiníku, což znamená zvýšení napětí v místech, kde se snížení uplatňuje.
- Vypínání generátorů je rovněž pozorováno, a to jak u autonomní, tak u distribuované výroby.
- Mezi 12:32:00 a 12:32:57 klesne výměna s Francií o 1 030 MW. Z toho 480 MW je způsobeno snížením sledované výroby z obnovitelných zdrojů, a to jak v důsledku přidělení sekundární výroby na pokles, tak v důsledku izolovaného vypnutí. Synchronní výroba se ve stejném období mění minimálně, zatímco zbytek propojení odpovídá pozorovanému kolísání poptávky, které je slučitelné jak se ztrátou "nepozorovatelné" výroby v distribuční síti, tak s elektrotechnickým efektem vyvolaným nárůstem poptávky při zvýšení napětí.
- Vzhledem k tomu, že se soustava zotavovala z nízkého napětí, provozovatel usuzuje, že přepínače odboček transformátorů v distribuční síti byly naprogramovány tak, aby udržovaly odpovídající úroveň napětí. Tyto přepínače odboček nemusely reagovat dostatečně rychle, což mohlo vést ke vzniku přepětí v sekundárních distribučních sítích, přestože hodnoty primárního napětí byly udržovány v přijatelných mezích. Toto přepětí v distribuční síti by bylo slučitelné se ztrátami při výrobě elektřiny v distribuční síti.



- Snížením dopravy z jihu do propojení dochází ke zvýšení napětí v síti (v důsledku výše vysvětlených efektů: nižší zatížení sítí - v tomto případě vedení spojujících jižní oblast se severem - znamená zvýšení jalové energie, a tedy zvýšení napětí).
- Nedostatečná absorpcce jalového výkonu výrobou s dynamickou regulací napětí (velké synchronní generátory, jako je jaderný nebo kombinovaný cyklus).

Graf 39 ukazuje změnu úhlového rozdílu vzhledem k rozvodně ve středu poloostrova, kde je mezi 12:32 a 12:32:5 pozorováno snížení úhlového rozdílu mezi jihem a středem poloostrova, což naznačuje snížení toků mezi těmito oblastmi, což je v souladu s výše popsaným účinkem.



Graf 39 Změna úhlového rozdílu s rozvodnou 400 kV La Cereal (čím větší úhlový rozdíl, tím větší tok ve směru jih-sever). Zdroj: REE

Zjištěné ztráty první generace

V tomto bodě analýzy se komise zaměřuje na charakteristiku zjištěných výpadků, aby určila jak způsob, jakým k nim došlo, tak jejich vliv na zvýšení napětí, které vedlo k nulovému výkonu na poloostrově.

Událost 1: 12:32:57,140: odpojení na adrese [REDACTED] (Granada)

Podle společnosti REE bylo napětí na straně 400 kV rozvodny přenosové sítě v okamžiku před výpadkem na úrovni 418 kV a v okamžiku před výpadkem na úrovni 423,9 kV a v okamžiku před výpadkem na úrovni 423,9 kV a v okamžiku před výpadkem na úrovni 423,9 kV.



Lze očekávat, že výrobní infrastruktura zůstane připojena k soustavě i v pozdějším okamžiku, a tedy v mezích, které povoluje nařízení a v rámci kterých by měla zůstat připojena k soustavě.

Dne 14. května byla podána žádost společnosti ICE, která vlastní společnou evakuační infrastrukturu,

■. Žádost o informace byla rozšířena dalšími dopisy adresovanými společnosti ve dnech 26. a 27. května.

Dne 28. května byla obdržena první odpověď od společnosti, která vlastní ICE, sestávající z technické zprávy podepsané dne 7. května, která potvrzuje okamžik incidentu a vysvětluje, že k odpojení celé výrobní a evakuační sítě došlo při výpadku přepěťové ochrany sekundáru autotransformátoru 400 kV/220 kV v důsledku přepětí na straně 200 kV, které bylo následně způsobeno sítí 400 kV. Zástupce rovněž uvádí, že ochrana byla správně nastavena a že fungovala správně:

■
■

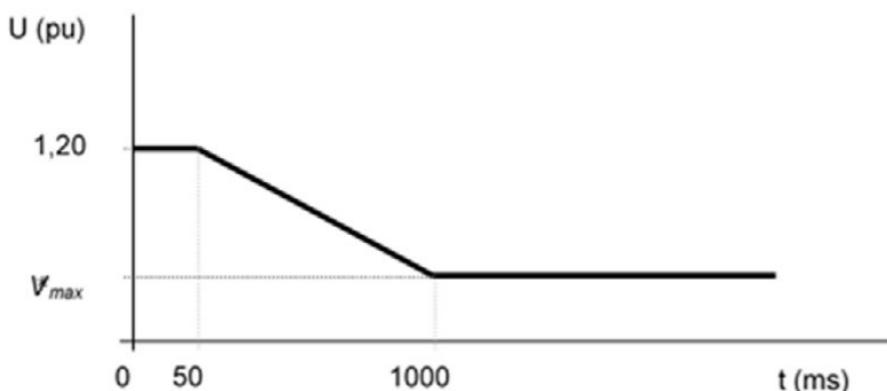
Po odpojení vypínače přípojnic 220 kV byla celá navazující síť ostrovní a sběrné rozvodny zaznamenávaly podpětí nebo nadfrekvenční výpadky (protože existoval výrobní ostrov bez zátěže, kterou by bylo možné napájet, kromě pomocných služeb). Tyto informace jsou v souladu s informacemi poskytnutými navazujícími výrobci.

V souvislosti s natáčením je však třeba objasnit několik prvků:

- Podle informací o nastavení této ochrany, transformačního poměru měřicího transformátoru napětí a napětí naměřených v době vypnutí ochrany překročilo napětí na straně 220 kV autotrafa v té době prahovou hodnotu $70 \text{ V} \times 2\,000 \times 1,73 = 242,5 \text{ kV}$, což fakticky odpovídá více než 110 % jmenovitého napětí 220 kV. Konkrétně je na fázi ■ hlášeno 70,14 V (což odpovídá 242,97 kV na straně 220 kV) a že o 55 ms později fáze ■ přeskočily, když každá zaregistrovala 70,53 V (což odpovídá 244,32 kV).
- Na jedné straně bylo zjištěno, že po proudu řeky ■ existují zařízení generace, na kterou se vztahuje nařízení TED/749/2020, které vyžaduje



vydržet přepěťové přechodné jevy nad daným napětím po určitou dobu, jak je znázorněno níže. Nastavení ochrany však zřejmě vede k okamžitému odpojení při překročení referenčního napětí, což by se vzhledem k výrobě připojené k tomuto uzlu neočekávalo.



Graf 40 Minimální doby přepětí. zdroj: Objednávka TED/749/2020

- Na druhou stranu se údaje o vypínacím napětí rozcházejí, protože, jak bylo uvedeno výše, REE uvádí, že napětí v síti 400 kV bylo v daném místě a ve stejném okamžiku 424 kV. Při použití jmenovitého transformačního poměru ($220 / 400 = 0,55$) by nejméně 242,5 kV, které uvádí ICE, odpovídalo 440 kV (o 16 kV více, než uvádí REE). Podobně by 424 kV uváděných REE odpovídalo 233,2 kV na straně 220 kV, což je o 10 kV méně, než naměřila ochrana ICE.

Tento problém by mohl být slučitelný s méně rychlou regulací nebo modernizací odboček transformátorů, než je nutné, což by mohlo být vhodné pro nižší úroveň napětí v přenosové síti, ale zřejmě ne pro tu, které bylo dosaženo v okamžiku vypnutí.

Dne 28. května byly od společnosti, která vlastní ICE, vyžádány doplňující informace: transformační poměr autotransformátoru 220 kV/400 kV v okamžiku před vypnutím vypínače pro přepětí, jakož i popis režimu regulace odbočkovače autotransformátoru s uvedením, zda je automatický nebo ruční, počet skoků/kroků a jejich % odchylky, jakož i seznam změn provedených v hodinách před 28. dubnem. Za účelem porovnání s ostatními měřenými napětí byly zjištěny hodnoty napětí (v kV) zaznamenané na obou stranách autotrafa u transformátorů ze dne



[REDACTED] a na jakémkoli jiném dostupném záznamu měření napětí na primáru (400 kV) a sekundáru (220 kV) uvedeného transformátoru.

Dne 10. června zástupce sdělil, že nemá přesné informace o změnách odboček dne 28. dubna, ani o přesném transformačním poměru v době před vypnutím rozvodny. Zaslal však oscilografické záznamy zařízení, které obsahují měření napětí v různých bodech vnitřní sítě 220 kV a 30 kV.

Ačkoli z informací poskytnutých společností ICE nelze přesně určit body, kde je měřeno 30 kV, body 220 kV by mohly odpovídat bodům vyznačeným červeně v diagramu jednoho vedení:

[REDACTED]
DŮVĚRNÉ

Jak je patrné z tabulky hodnot oscilografických záznamů předložených komisi, v době výjezdu (12:32:57) nebylo na ECI na 30 kV a 220 kV naměřeno žádné napětí vyšší než 1,08 pu:

[REDACTED]
DŮVĚRNÉ



S informacemi, které jsou v současné době k dispozici, by tedy údaje mohly odpovídat "časnemu" (tj. před dosažením očekávaného napětí) vypnutí výrobní pozice.

Vliv ztráty okamžité výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů na napětí v uzlech sítě je dvojí: na jedné straně tato výroba, přestože neprováděla regulaci požadovaného napětí, podléhala určitému provoznímu účiníku, což znamenalo, že elektrárny odebíraly ze sítě určité množství jalové energie (MVAr), která se po odpojení elektráren již neabsorbuje; na elektráren přestává blízká síť přenášet energii a zvyšuje svůj kapacitní účinek, čímž vzniká více jalové energie. Kombinovaným výsledkem obou efektů je zvýšení generovaného jalového výkonu a napětí v síti.

Událost 2: 12:33:16,460: odpojení na adrese [REDACTED] (Badajoz)

Níže je uvedeno schéma jedné linky rozvodny na adresu [REDACTED], ke které jsou připojeny:

- Centrální [REDACTED], který vlastní [REDACTED]
- Řádek [REDACTED] ve vlastnictví s [REDACTED]
[REDACTED] Ta se následně připojí k navazující infrastruktuře 220 kV.

DŮVĚRNÉ

Graf 42 [REDACTED]

Informace poskytnuté generátory připojenými za tímto evakuačním zařízením naznačují, že k odpojení by došlo v samotném evakuačním zařízení. evakuační infrastruktura. Konkrétně, [REDACTED] jejichž zařízení vstřikují do dvou sběrné rozvodny ([REDACTED]), obě připojené k rozvodně sběrač [REDACTED] uvádí, že kolektorové rozvodny



ve 12:33:16:433 zjistila pro ně nepozorovatelnou poruchu na horním toku, která způsobila, že celá síť 220 kV byla ostrovní a došlo k odpojení střídačů jejich elektráren z důvodu nadměrné frekvence a evakuačních vedení z důvodu přepětí.

Dne 15. května byla podána žádost společnému podniku, který řídí evakuaci, o poskytnutí info [REDACTED] o poskytnutí informací o okolnostech odpojení. Od 26. května byly obdrženy různé odpovědi. Informace poskytnuté společným podnikem potvrzují, že k prvnímu odpojení došlo v evakuační infrastruktuře.

Instalace [REDACTED] tvrdí, že se odpojila v 12:33:17,527, tedy po předchozí události.

Co se týče napětí v okamžiku prvního výstřelu:

- Napětí hlášené [REDACTED] v jeho zařízení z informací v jeho řídicím centru má časový interval 10 sekund. Poslední hodnota zaznamenaná před poklesem ve 12:33:10 je 428,87 kV, a tedy v provozních mezích, ačkoli nejsou k dispozici žádné informace blíže k okamžiku výstřel (asi o 6 sekund později).
- Na základě měření SCADA nejsou před výjezdem naměřeny žádné hodnoty nad 435 kV. Jak je patrné z grafu 43 a jak uvádí provozovatel soustavy, před 12:33:15 se napětí pohybovalo kolem 430-435 kV v závislosti na fázi a konkrétním místě.

[REDACTED]
DŮVĚRNÉ

Obrázek 43 [REDACTED]

Na základě dostupných údajů proto nebyly při těchto měřeních zjištěny žádné hodnoty překračující mezní hodnotu napětí, kterou musí generátor vydržet před odpojením,



nelze však vyloučit, že v době prvního výstřelu, tedy několik okamžiků po tomto měření, by nebyla překročena.

Naproti tomu v době druhého vypnutí [REDACTED], oscilografické údaje ukazují přepětí s hodnotou 443 kV, tj. vyšší, než jsou přípustné meze v systému.

[REDACTED] prvního odpojení [REDACTED] (o 360 ms později, ve 12:33:16,820) bylo zaznamenáno odpojení větrné elektrárny [REDACTED], připojené k rozvodně [REDACTED], o čemž byla vyžádána zpráva od vlastníka zařízení. Z obdržené technické zprávy vyplývá, že výpadek byl způsoben přepětím přesahujícím 435 kV po dobu delší než 1,5 sekundy a přesahujícím 440 kV před výpadkem.

Na základě výpočtů podle naměřených údajů z nedaleké jednotky REE PMU to [REDACTED] znamená napětí 432 kV.

Jako kontrastní informace byly údaje o napětí získány z rozvodny

[REDACTED] Další dostupný údaj, 424,8 kV, je uveden ve 12:33:10, tj. několik sekund před spuštěním. Další dostupný údaj, 475,3 kV, je uveden ve 12:33:30, tj. již po ostatních událostech.

Dostupné informace tedy neumožňují určit povahu vypalování, ačkoli je zřejmé, že závod [REDACTED], připojený

[REDACTED] Přenosová síť je odpojena téměř o 2,5 sekundy později, v okamžiku [REDACTED]

Pokud jde o odpojení větrné turbíny připojené na [REDACTED], provozovatel soustavy na základě údajů SCADA uvádí napětí 428,2 kV.

Na druhé straně odpojení [REDACTED] na [REDACTED] podle údajů SCADA hlášených provozovatelem soustavy dochází k napětí 247,1 kV v síti 220 kV.

Oba údaje ukazují na "časné" odpojení.

Událost 3: 12:33:17,780: odpojení na adrese [REDACTED] (Sevilla)



Podle provozovatele soustavy bylo v okamžiku před výpadkem napětí zaznamenané na úrovni

[REDACTED] byla 437,91 kV, tedy nižší než 440 kV.

Dne 14. května byla podána žádost společné [REDACTED] kuaci pozic této rozvodny, o poskytnutí informací o okolnostech odpojení. společný podnik, který řídí evakuaci pozic této rozvodny, o poskytnutí informací o okolnostech odpojení.

Držitel licence reagoval zprávou, v níž uvedl, že odpojení bylo způsobeno aktivací přepěťové funkce po zjištění přepětí v síti 400 kV. V poskytnutých informacích je však hodnota v poslední minutě před vypnutím 418 kV.

[REDACTED]
DŮVĚRNÉ

Analýza oscilografických dat ukazuje zkreslení kolem průběhu napětí naměřeného několik okamžiků před výpadkem. Na základě získaných informací není možné určit, zda se jedná o problém v měřicím průběhu a zda toto zkreslení bylo rozhodujícím faktorem při detekci přepětí, které spustilo výpadek.

[REDACTED]
DŮVĚRNÉ

Graf 44 Oscilografický záznam měřený v roce [REDACTED]. [REDACTED]

V každém případě se v tomto okamžiku napětí blížila maximálním přípustným hodnotám a po spuštění se dále zvyšovala.

Závěrem lze říci, že systém se nacházel v situaci nízké schopnosti regulace napětí, přičemž v různých částech systému docházelo ke zvyšování napětí. V této souvislosti znamená každé odpojení výroby z obnovitelných zdrojů zvýšení



napětí přinejmenším dvěma způsoby: snížením jalové absorpce, protože pracuje s účiníkem, a snížením zatížení vedení s následným zvýšením jalové výroby, a tedy dalším zvýšením napětí.

Každé z těchto odpojení, ať už je jakékoli povahy, přibližuje systém k bodu, kdy se při absenci systémů nebo nástrojů, které by absorbovaly dostatečné množství reaktivní energie, stává "bodem, odkud není návratu", a spouští "řetězovou reakci".

FÁZE 3. POKLES NAPĚТИ NA NULU

V návaznosti na předchozí fázi je pravděpodobné, že po spuštění procesu "řetězové reakce" bude každé nové odpojení pokračovat ve zvyšování napětí z důvodů již uvedených výše (snížení zatížení vedení, nižší absorpce jalového výkonu), čímž se tento "kaskádový efekt" udrží.

Jakmile jsou v soustavě překročena napětí, která jsou výrobní zařízení povinna vydržet, lze očekávat zejména odpojení výroby. Ačkoli je napětí veličinou s lokální složkou, tento "kaskádový efekt" přispívá k rychlému šíření přepěťových stavů, až v soustavě jako celku způsobí odpojení zbývající připojené výroby.

Katastrofy a nezvládnutí události

Pokud jde o poptávkové šoky, jejich úkolem je reagovat na problémy s vyrovnáváním, tj. nerovnováhu mezi výrobou a poptávkou, kterou se nepodařilo vyřešit žádným jiným systémovým nástrojem. V obecném případě způsobí předčasné odpojení výroby určitého objemu nerovnováhu mezi výrobou a poptávkou (která musí být znova vyrovnána), čímž dojde k poklesu frekvence a v extrémním případě k odpojení poptávky aktivací vypínačů zátěže tak, aby byla rovnováha obnovena.

Analýza událostí z 28. dubna však ukazuje, že se nejedná o problém s vyrovnáváním, kdy v daném okamžiku dochází ke ztrátě určitého množství výroby, ale o systémovou přepěťovou situaci, která je příčinou plošného odpojení výroby.



Ve skutečnosti je pravděpodobné, že v tomto případě může aktivace odboček (i když podle návrhu, protože jsou automaticky aktivovány při překročení příslušných prahových hodnot napětí) situaci přepětí naopak zhoršit, protože v kontextu nízké poptávky dále snižuje zatížení již tak vysoce zasítované sítě, a tím přispívá k dalšímu zvýšení napětí.

Jak je uvedeno v popisné části fáze 3, prakticky až na konci fáze je překročen spodní práh podfrekvence, pod kterým může být zbytek výroby odpojen: v převážné části procesu odpojování převládl účinek přepětí.

Pro ilustraci, v čase 12:33:23, i když byla překročena prahová hodnota posledního kroku snížení napětí, je stále měřeno napětí o více než 20 % vyšší než jmenovité: tj. podmínky, za kterých by byla výroba stejně odpojena.

To znamená, že "poruchovým stavem" v tomto případě nebyl ani tak masivní výpadek výroby, ale systémový stav - v tomto případě přepětí - který se šířil a měl tendenci generovat nová odpojení.

Jinými slovy, jakmile tato fáze začala, způsob, jak systém zvládnout, by spočíval v dostatečné absorpci jalového výkonu, aby se napětí snížilo rychleji, než měla "řetězová reakce" tendenci je zvyšovat, a tím se obnovily napěťové podmínky, které pravděpodobně nevyvolají výrobu.

Jak je uvedeno v celém tomto dokumentu, systém v té době neměl dostatečnou kapacitu pro regulaci napětí, což mu znemožnilo zastavit kolaps po zahájení této fáze.

ANALÝZA ÚLOHY PROPOJENÍ

Jak je známo, elektrická soustava poloostrova má nízkou úroveň propojení s evropským kontinentem, sotva 3 % instalovaného výkonu, což je daleko od cíle 15 % stanoveného evropskými předpisy.

Jak bylo vysvětleno výše, úroveň propojení je důležitá z hlediska stability systému . Oblasti periferní a volně propojené.



elektricky s ostatními, jako je Pyrenejský poloostrov, jsou vzdálenější od těžišť soustavy a jsou náchylnější k mezioblastním oscilačním jevům, jako byl ten 28. dubna ve 12:19, a navíc, protože se nacházejí na konci této "houpačky, která osciluje", vnímají oscilace s větší amplitudou než v soustavách více spojených s centrem.

Pokud by tedy byl španělský systém více propojen, pravděpodobnost výskytu oscilačních jevů z 28. dubna by byla nižší, a pokud by k nim došlo, byly by méně závažné.

Kromě vlivu na stabilitu systému jsou propojení důležitým prvkem pro analýzu incidentu, a to hned čtyřnásobným způsobem:

- Jsou zdrojem výkyvů v tocích energie na poloostrově, protože na vnitřním trhu, jako je evropský, umožňují toky přes propojení reagovat na cenové signály, které se mohou objevit na různých regionálních trzích. To znamená, že každých 15 minut se mohou toky s Francií nebo Portugalskem náhle změnit, pokud k tomu cenové rozdíly mezi zeměmi vybízejí.
- Jsou také indikátorem možných problémů s vyrovnáváním soustavy, protože propojení mají tendenci okamžitě korigovat nedostatky nebo přebytky výkonu, které se mohou vyskytnout na jedné straně. Jak bylo vidět v průběhu celé analýzy, odchylinky ve výměnných programech jsou velmi užitečným nástrojem pro identifikaci výrobních ztrát a pro odhad nebo porovnání jejich velikosti.
- Propojení mohou hrát důležitou roli v případě havárie, kdy poskytují okamžitou setrvačnost a primární regulaci frekvence ve formě činného výkonu.
- Pro rychlé doplnění dodávek byla nezbytná propojení, neboť rychlé dodávky napětí a energie z Francie a Maroka umožnily vybudovat první ostrovy v Katalánsku, Baskicku a Andalusii, z nichž byly napájeny pomocné služby paroplynových elektráren, které postupně dodávaly energii do sítě.



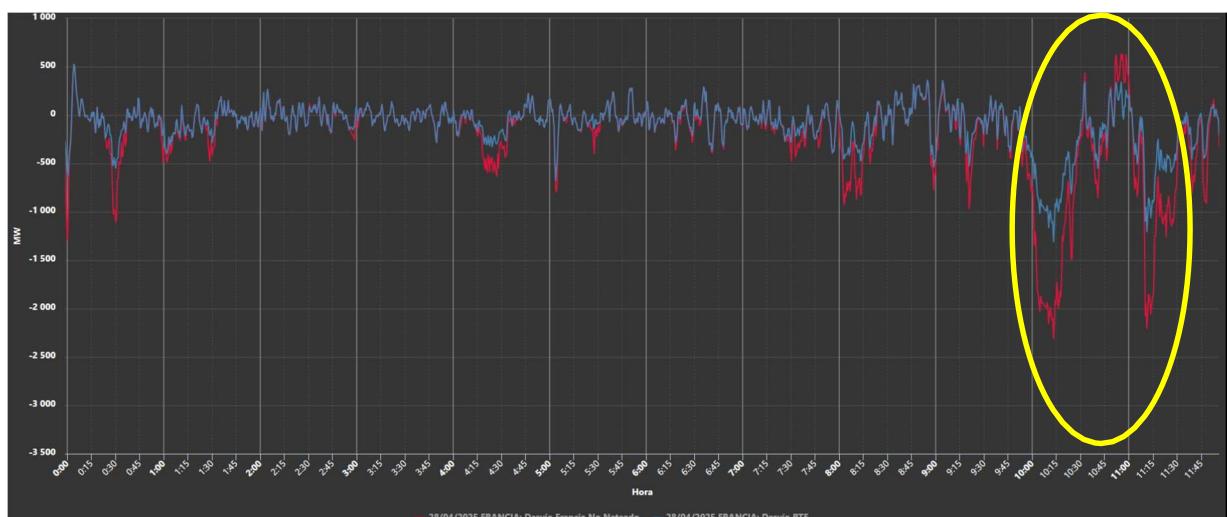
V této části jsou chronologicky uvedeny nejdůležitější aspekty chování propojení v den incidentu, z nichž některé již byly zmíněny v předchozích částech.

Časné hodiny 28. dubna

V 6:00 hodin dojde ke změně programu v propojení s Francií o přibližně 1 000 MW (z 2 590 MW vývozce na 1 600 MW vývozce). Krátce před zahájením změny programu jsou ve všech pilotních uzlech sítě 400 kV zjištěny odchylinky napětí.

Tok přes propojení odráží změny činného výkonu poloostrovní soustavy a reaguje na dočasné odchylinky mezi výrobou a poptávkou. V časných ranních hodinách 28. dubna byly pozorovány významné odchylinky v plánování výměn s Francií.

Zejména ráno 28. 4. došlo ke dvěma významným odklonům (rozdíl mezi plánovaným a skutečným průtokem) na výměnném uzlu s Francií: jeden v 10:00 a druhý v 11:00 hodin.



Graf 45 Plánovaný (modrá) a skutečný (červená) obchod s Francií 28. dubna. Zdroj: REE

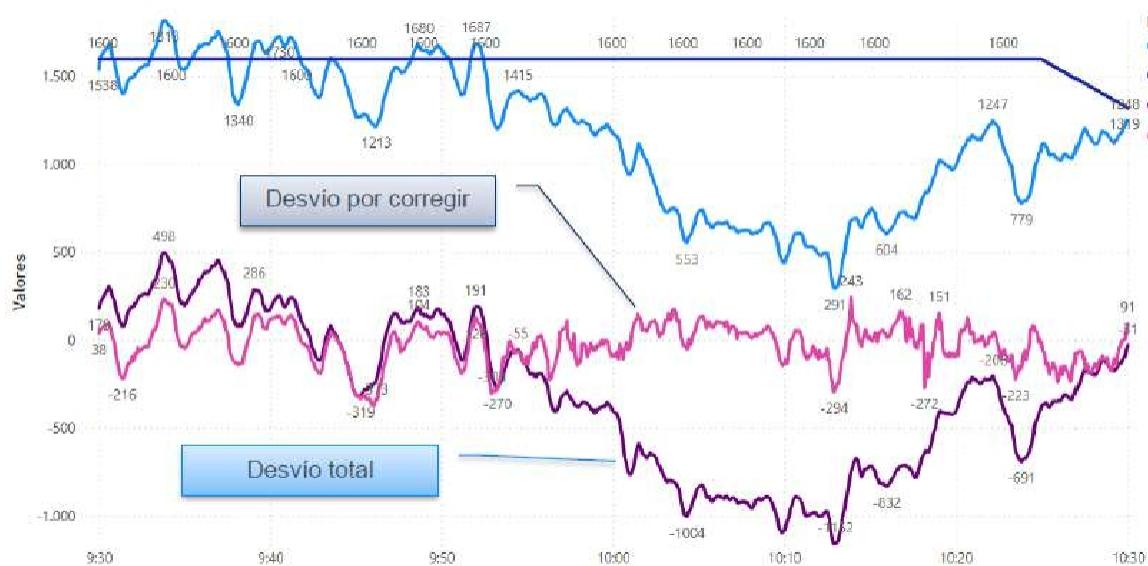
Podle této analýzy by odchylka v 10:00 byla vysvětlena odchylkou ve výrobě fotovoltaických elektráren mezi 9:55 a 10:05 ve výši přibližně 900 MW (v té době se měla výroba fotovoltaických elektráren zvýšit o téměř 2 000 MW), pravděpodobně v důsledku snížení mezní ceny.

Odchyly v propojení se neopravují okamžitě, protože existují pravidla vnitřního trhu, která se v zájmu koordinace a účinnosti procesu propojení neopravují okamžitě.



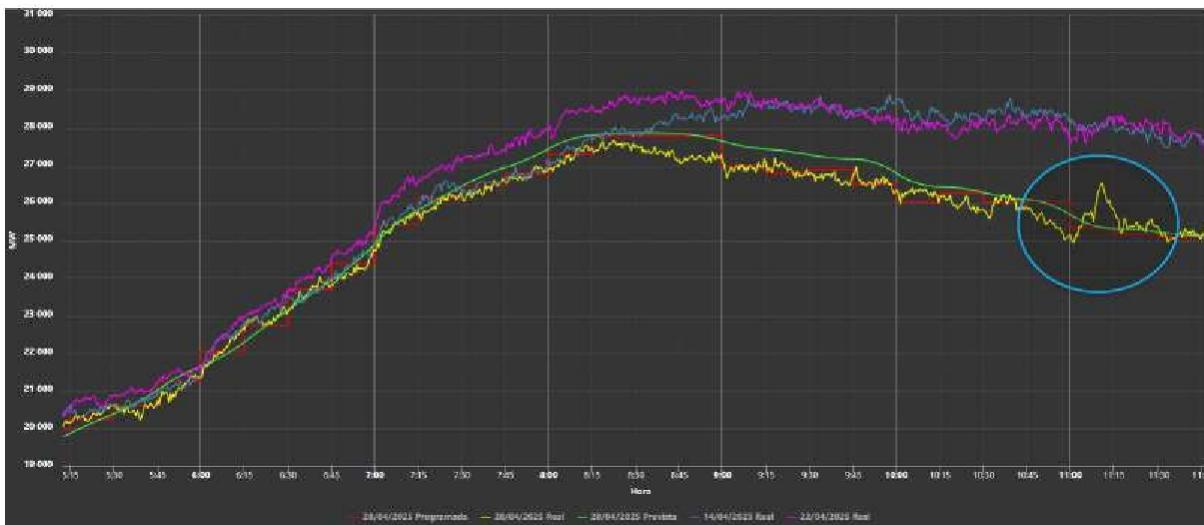
Operace vyžaduje předchozí výpočet čisté odchylky mezi oběma stranami hranice, aby se aktivací rezerv každého provozovatele přenosové soustavy opravila pouze ta část odchylky, kterou nelze vyrovnat.

V případě odchylky v 10:00 je odchylka, kterou je třeba korigovat, prakticky vždy nulová a celková doba trvání odchylky je nejistá, protože závisí na sekundárních aktivacích všech provozovatelů přenosových soustav účastnících se evropské platformy a na dostupných kapacitách výměny.



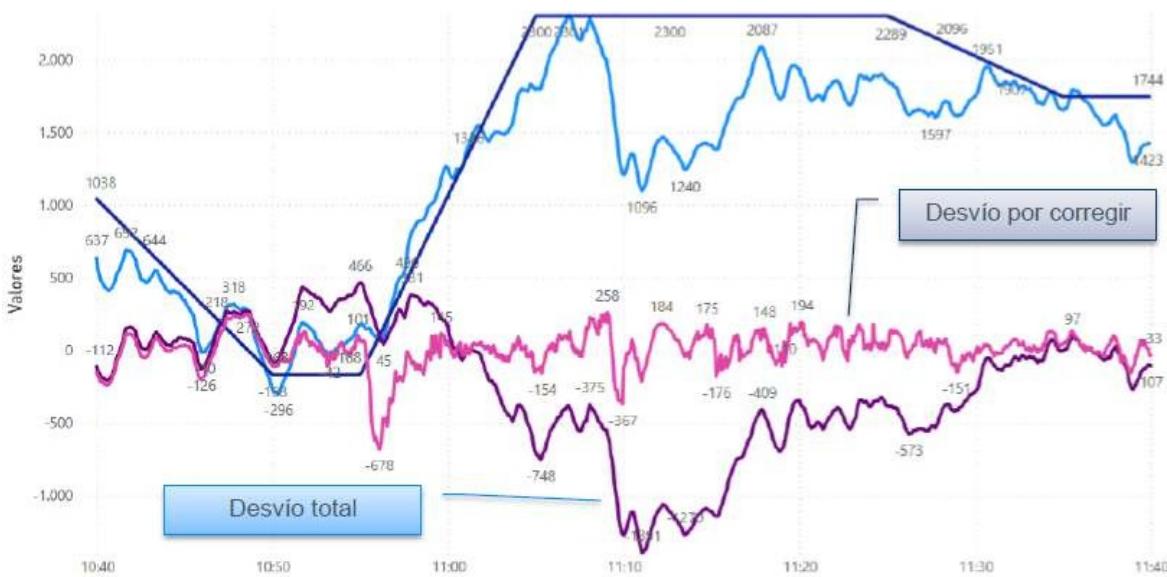
Graf 46 Odchylka 10:00: rozdelení čisté odchylky a odchylky, která má být opravena. Zdroj: ČSÚ, s. r. o.: REE

Odchylku v 11:00 nelze na základě dostupných informací vysvětlit chováním výroby, ale koreluje s nepředvídanou a náhlou odchylkou v poptávce, která se zvýšila přibližně o 1 200 MW bez známé příčiny a bez podobnosti s předchozími dny. Tento "anomální" nárůst poptávky, znázorněný v grafu níže, je slučitelný s přechodným snížením distribuované a malé výroby (včetně vlastní spotřeby) v sítích nižšího napětí.



Graf 47 Odchylka 11:00: "anomální" nárůst poptávky. Zdroj: REE

Stejně jako v případě odchylky v 10:00 se celková korekce zpozdí o několik minut, v tomto případě až do 11:17, jakmile se použije sekundární síťování potřeb.



Graf 48 Odchylka 11:00: rozdělení čisté odchylky a odchylky, která má být opravena. Zdroj: ČSÚ, s. r. o.: REE

Odhylky propojení a obecně změny průtoku a mají vliv na napětí tím, že mění zatížení přenosových vedení, což může vést ke změnám napětí v soustavě.

První oscilace (12:03)

Propojení hrají důležitou roli nejen při vzniku oscilačních jevů, ale také při jejich tlumení.



Jak bylo vysvětleno výše, v reakci na oscilaci 12:03 přijímá REE řadu opatření ke zvýšení tlumení v souvislosti s propojením:

- V souladu s protokoly dohodnutými s francouzským provozovatelem přenosové soustavy RTE ve 12:04 je RTE požádán, aby od 12:07 do 13:00 provedl snížení výměny s Francií o 800 MW, čímž se stanoví program vývozu 1 500 MW.
- Kromě toho byla v souladu s těmito protokoly ve 12:06 dohodnuta s RTE změna provozního režimu stejnosměrného obvodu (HDVC) propojení, který se ve 12:11 změnil z režimu emulace střídavého proudu (Pmode 3¹⁰) na režim stejnosměrného proudu (Pmode 1¹¹) s požadovanou hodnotou 1 000 MW exportovaného výkonu.
- Ve 12:15 je REN požádán o snížení exportní výměny na 2 000 MW, aby se snížil tok L-400 kV CEDILLO-FALAGUEIRA a zlepšila se vyrovnávací paměť, která se snaží snížit zatížení vedení. REN žádá o zachování výkonu 2 500 MW v současné době, přičemž nakonec souhlasí s tím, že navrhované snížení bude uplatňováno od 13:00 hodin.

Některé zúčastněné strany ve svých [redacted]ch ____ spojily ____ způsob ____ provozu stejnosměrného spoje HDVC s možnou příčinou výskytu oscilací, přičemž citovaly [technický dokument ENTSOE](#) z roku 2019, který předpokládá, že provoz těchto spojů napodobujících střídavé vedení (Pmode 3), přičemž skutečné střídavé vedení pracuje paralelně, by mohl podporovat výskyt oscilací.

Dohoda mezi REE a RTE, která stanoví provozní pravidla pro propojení v reálném čase, počítá s opatřeními, která je třeba přijmout, pokud za určitých okolností hrozí riziko mezioblastních oscilací. V těchto případech protokol stanoví, že musí být přijata opatření, která mimo jiné zahrnují provozování propojení HVDC v režimu Pmode 1 (a pokud již v tomto režimu pracovalo, zvýšení požadované hodnoty toku činného výkonu propojením) nebo vypnutí transformátorů a vedení v soustavě.

¹⁰Provozní režim, ve kterém je činný výkon na článek definován podobně jako u vedení střídavého proudu.

¹¹Průtok při konstantním výkonu podle nastavené hodnoty.



V důsledku toho, a jak bylo uvedeno výše, po prvním kmitání ve 12:03, přibližně ve 12:12⁽¹²⁾ byl provozní režim propojení přepnut na stejnosměrný, takže k následným kmitáním již došlo s tímto aktivovaným provozním režimem, a proto by tyto kmity nebylo možné příčítat propojení pracujícímu v režimu "emulace střídavého proudu".

Druhá oscilace (12:19)

V důsledku těchto nových oscilací přijala společnost REE následující tlumicí opatření související s propojením:

- Ve 12:19 je RTE kontaktována, aby snížila výměnu s Francií na 1 000 MW od 12:20 do 14 hodin. Během této fáze je zachován provozní režim dříve zřízeného propojení HVDC Pmode 1.
- Ve 12:20 je kontaktována společnost REN, aby ve 12:30 snížila výměnu s Portugalskem na 2 000 MW. Program byl snížen z 2 545,2 MW na 2 000 MW a ve 12:27 byla zahájena regulace. Následně ve 12:26 bylo s REN dohodnuto další snížení programu z 12:45 (kdy nebylo dosaženo, na nulu ve 12:33).

Chování propojení ve fázích 2 a 3

Ve 12:30, po oscilačních jevech, byly toky přes propojení naprogramovány s omezením na 1 000 MW s Francií a 2 000 MW s Portugalskem.

Ve 12:32 činí export do Francie 1 500 MW a začíná klesat, protože napětí začíná stoupat a dochází ke ztrátě výroby.

Po odpojení [REDACTED] se obchod s Francií snížil z přibližně 450 MW vývozců na téměř nulový nebo mírný dovoz. Stejný trend pokračuje i nadále a po nárůstu dovozního salda činí 895 MW, resp. 1 51 [REDACTED]

¹²Tedy několik minut poté, co byly oscilace zhruba ve 12:07 utlumeny výše uvedenými opatřeními.



Jak bylo vysvětleno výše, při poklesu výroby v důsledku kaskádových přepětí bylo maximální výměny při dovozu do Francie dosaženo ve 12:33:19.620 a dosáhlo absolutní hodnoty 3 807 MW (4 609 MW bylo dovezeno prostřednictvím vedení střídavého proudu a HVDC na Pmode 1 vrátilo do Francie 802 MW). V tomto okamžiku, kdy tok energie z Francie dosáhne maximální hodnoty, dochází ke ztrátě synchronizace mezi poloostrovní a kontinentální soustavou. Od tohoto okamžiku sice propojovací vedení pokračují v provozu, ale příspěvek z Francie se snižuje, od určitého okamžiku se dokonce tok energie obrací a vyváží se až 5 587 MW, což dále zhoršuje pokles frekvence na španělské straně.

Přibližně 4 s po výjezdu [REDACTED], došlo k odpojení poloostrovní soustavy v důsledku působení ochran proti ztrátě synchronizace a o další 2 s později k odpojení kabelu HDVC (který od oscilace ve 12:03 stále vyvážel přibližně 1 000 MW) v důsledku kolapsu napětí na španělské straně.

Jak bylo vysvětleno výše, propojení s Francií fungují podle svých konstrukčních parametrů a v souladu s nastavenými režimy provozu.

Provoz spoje v době kolapsu napětí

Pokud jde o otázku, jak mohl tento provozní režim Pmode 1 ovlivnit následné události, provoz v režimu Pmode 3 (emulace střídavého vedení) znamená, že v případě výpadku výroby v pevninské elektrizační soustavě se tok výkonu tohoto HVDC přizpůsobí potřebám soustavy a zvýší svůj tok výkonu do pevniny, stejně jako by to udělalo střídavé vedení, čímž se zlepší podmínky stability. Tato regulace činného výkonu v propojení se provádí na základě úhlového rozdílu napětí na obou stranách hranice, nejedná se tedy o regulaci pomocí regulace frekvence.¹³⁾ Na základě zkušeností získaných při minulých oscilacích bylo zase toto emulační chování nakonfigurováno tak, aby mělo



pomalejší odezvu, a tím zlepšit výkonnost HVDC z hlediska oscilační stability.

Pokud by tedy bylo spojení HVDC v době poklesu frekvence nastaveno v režimu Pmode 3, mohl být příspěvek činného výkonu z evropské soustavy až o 3 000 MW vyšší, než jakého bylo dosaženo (protože by nejen nebylo vyvezeno 1 000 MW nastavených požadovanou hodnotou, ale mohlo by být dovezeno až 2 000 MW), takže pokles frekvence v poloostrovní soustavě by mohl být pomalejší, a tedy i rychlosť odpojování výroby v důsledku podfrekvence pomalejší. Nezdá se však zřejmé, že by tento větší příspěvek činného výkonu z kontinentální soustavy mohl zabránit konečnému výsledku kolapsu, protože problémem v poloostrovní soustavě podle informací zaslaných provozovatelem soustavy nebyla bilance činného výkonu, setrvačnost nebo primární regulace, ale přepětí: v síti 400 kV byla po 12:33:23, tedy prakticky na konci fáze kolapsu, pozorována značná přepětí, která by i přes zpomalení poklesu frekvence nadále vedla k odpojování výroby.



DALŠÍ ANALYZOVANÉ FAKTORY

V této části jsou analyzovány další rozměry bezpečnosti dodávek, jejichž koncepční vysvětlení je uvedeno v příloze X zprávy, jakož i další okolnosti a faktory důležité pro pochopení toho, co se stalo.

Setrvačnost

Pokud jde o setrvačnost, provozovatel soustavy uvádí, že před incidentem měla soustava setrvačnost na úrovni 2,3 s (bez příspěvků přes propojení), což je více než 2 s, které doporučuje ENTSOE ve svém projektu INERTIA zveřejněném v lednu 2025.

S ohledem na dostupnost setrvačnosti v soustavě a nad rámec dvousekundové referenční hodnoty stanovené ENTSO-e se uvádí, že prahová hodnota derivace frekvence 1 Hz/s byla dosažena až ve 12:33:19 (uvažovaná hodnota, která může vést k "velké události"), zatímco výroba, na kterou se vztahuje regulace požadavků na generátory, musí podporovat hodnoty derivace frekvence 2 Hz/s.

Kromě toho musí být výroba energie pro referenční účely schopna neomezeného provozu při frekvenci nad 48,5 Hz a po dobu 30 minut mezi 47,5 Hz a 48,5 Hz. Konfigurace "frekvenčních firewallů" systému, tj. ochran proti zpětnému chodu, začíná při 49,5Hz pro čerpání a mezi 49 a 48Hz pro šest kroků zpětného chodu v případě poptávky.

Podle údajů poskytnutých provozovatelem soustavy došlo k prvnímu kroku odpojení zátěže až 28. dubna ve 12:33:20:180, přičemž minimálně do 12:33:22 se frekvence pohybovaly v mezích, při kterých by měly být generátory schopny zůstat připojeny. Naopak, jak je uvedeno výše, po 12:33:23 byla v síti 400 kV pozorována výrazná přepětí, což je scénář, který by nadále způsoboval odpojování generátorů bez ohledu na frekvenci. Je tedy vysoce pravděpodobné, že při scénáři větší setrvačnosti, a tedy zpomalení poklesu frekvence, by "přepěťová vlna" v každém případě způsobila "kaskádový efekt", který by způsobil pokles významné části výroby, a tím překonal "kaskádový efekt".



reakce podfrekvenčních ochran (viz oddíl o vykolejení).

Rezervace

Podle údajů poskytnutých provozovatelem soustavy měla soustava také dostatečnou úroveň rezerv. Rezerva je rezerva záložního výkonu neboli "back up", kterou má soustava kdykoli k dispozici v případě přebytku nebo nedostatku výkonu (rezerva je jak "up", tak "down"). Existují různé typy rezerv v závislosti na době potřebné pro jejich aktivaci. Nejrychlejší (okamžitou) rezervou je primární rezerva, která je dalším rozměrem výše zmíněné setrvačnosti, neboť okamžitá regulace frekvence zajišťovaná synchronními stroji se provádí regulací výkonu dodávaného do sítě.

Kromě toho existuje sekundární a terciární rezerva, které se aktivují v řádu sekund, resp. minut. Rezerva může být poskytována výrobou, poptávkou nebo skladováním, ačkoli největší procento je poskytováno výrobou. Typ rezervy, kterou může každá technologie poskytnout, závisí na tom, jak rychle ji lze spustit a reguloval, a také na tom, zda je již v provozu, nebo je zastavena a musí být spuštěna ze studeného stavu.

Provozní postupy obecně vyžadují, aby rezervy byly dostatečné pro pokrytí největší výrobní skupiny, která je v soustavě k dispozici. Ve Španělsku tento objem odpovídá největší jaderné skupině v soustavě, přibližně 1 000-1 100 MW. V té době bylo v elektrárně přibližně 3 000 MW čerpací spotřeby, což je první spotřeba, která se odpojuje v případě zjištění nedostatku energie (poklesu frekvence). Co se týče pojízdné rezervy, tedy té, kterou bylo možné aktivovat přibližně za 15 minut, byla její úroveň rovněž mnohem vyšší, než bylo nutné. Konkrétně terciární rezerva, která byla k dispozici těsně před incidentem, přesahovala 7 000 MW na horním toku a na dolním toku přesahovala 5 000 MW.

Technická omezení pro 28. dubna

V programování technických omezení na 28. dubna provedeném předchozího dne bylo 12 tepelných skupin pro centrální hodiny dne s povinností regulace podle žádané hodnoty (z toho 10 konkrétně naprogramovaných pro dynamickou regulaci napětí, další naprogramovaná pro jinou motivaci a další pro vstup na trh). Konkrétně: 4 jaderné elektrárny [REDACTED]



[REDACTED] a 7 plynových elektrá [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Jak bylo vysvětleno v části věnované charakteristice soustavy 28. dubna, programování tepelných bloků v každé denní době mělo různé bezpečnostní cíle: statické a dynamické řízení napětí, rezerva pro nárůsty a poklesy poptávky, omezení sítě z důvodu přetížení v případě N-1 atd.

Po selhání skupiny [REDACTED] dne 27. dubna odpoledne bylo v jižní zóně konečně o jeden kombinovaný cyklus méně. Po oscilaci ve 12:03 však provozovatel soustavy identifikoval potřebu kontroly napětí a posílení útlumu v jižní oblasti, a proto požádal o připojení nového bloku v této oblasti a hledal zařízení, které by bylo možné připojit v co nejkratší době. Jak bylo uvedeno výše, plánovaným blokem byl [REDACTED] (který nebyl připojen, protože nedorazil včas před 12:33).

Za účelem charakterizování této okolnosti byl provozovatel soustavy požádán o objasnění důvodů, proč navzdory skutečnosti, že skupina [REDACTED], která byla 27. dubna odpoledne prohlášena za nedostupnou, byla 28. dubna původně naprogramována v PDVP na 24 hodin, programování v reálném čase [REDACTED]
[REDACTED] který ho nahradil, pokryl pouze výše zmíněné 4 hodiny (do 9:00).

Provozovatel soustavy tvrdí, že v analýze ze dne 27. dubna identifikoval potřebu výroby elektřiny se schopností regulovat napětí na úrovni [REDACTED]

[REDACTED] To odůvodnilo zařazení stránek [REDACTED] do programu jako skupiny s nejkonkurenceschopnější nabídkou technických omezení.

Poté, co byla tato elektrárna prohlášena za nedostupnou, provozovatel tvrdí, že rozhodnutí nezachovat plánování z důvodu technických omezení v reálném čase od 9:00 vycházelo z dosavadní provozní situace a z předpovědi na následující hodiny, přičemž v oblasti byla odpovídající úroveň napětí a dostatek zdrojů pro regulaci napětí. Plánování nebylo považováno za nezbytné ani pro jiné potřeby (pokrytí poptávky).

Při pohledu na situace podobné té z 28. dubna, pokud jde o skupiny spojené na se nez [REDACTED] ovány nějaké problematické situace pro



provozu a se správnou úrovní napětí (dny 31/03/2025, 01/04/2025 až 07/04/2025 nebo 27/04/2025). Každopádně v důsledku výše popsaných okolností a rozhodnutí provozovatele soustavy byl konečný počet tepelných skupin připojených ve 12:30, tedy těsně před událostí, 11, což je počet, který nebyl zaznamenán v žádný jiný den tohoto roku. Od 1. ledna 2025 bylo ve 13 dnech připojeno 12 tepelných skupin, což překračuje tento počet po zbytek roku. [REDACTED] Překročení tohoto počtu ve všech ostatních dnech.

Tato analýza nezahrnuje vázanou vodní výrobu, obvykle podle trhu, která může rovněž přispívat k regulaci napětí v závislosti na své velikosti.

DŮVĚRNÉ

Graf 49 Tepelné jednotky spojené v konečném denním programu (P48). Zdroj: vlastní zpracování

Regulace napětí elektráren povinných regulovat napětí

Konkrétně, jak již bylo vysvětleno, ve 12:30 hodin bylo 11 tepelných elektráren s povinností regulovat napětí podle nastavené hodnoty: 4 jaderné elekt[REDACTED]

[REDACTED] 1 uhelná elektrárna [REDACTED]

[REDACTED] a 6 plynových elektrárn[REDACTED]

Skupiny, které jsou naprogramovány technickými omezeními pro řízení napětí, jsou za to odměňovány, protože technická omezení jsou přidělována prostřednictvím konkurenčního řízení na základě mezních nabídek, které umožňují poskytovatelům služeb pokrýt jejich náklady a v závislosti na míře konkurence na jednotlivých trzích dosáhnout většího či menšího zisku.

Na základě získaných informací existují rozdíly v chování různých skupin a zařízení, pokud jde o řízení napětí nebo jalového výkonu, ve vztahu k ustanovením platných předpisů¹⁴.

(14) P.O. 7.4 "Doplňková služba regulace napětí přenosové soustavy", královský dekret 413/2014 ze dne 6. června, který upravuje činnost výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kogenerace a odpadu, a oběžník 3/2020 ze dne 15. ledna Národní komise pro trhy a energetiku (CNMV).



V případě synchronní výroby nad 30 MW, která je povinna zajišťovat regulaci napětí podle bodu 7.4, oznámil provozovatel 28. dubna ráno v jednom nebo více obdobích nedostatečnou absorpci jalového výkonu prakticky všemi spřaženými generátory. Podle údajů provozovatele soustavy se zejména v centrální a jižní oblasti, kde byly dříve zjištěny napěťové rázy, skupiny

by neabsorboval veškerý jalový [REDACTED]

[REDACTED] regulaci napětí.

Žádný z agentů neuvedl, že by 28. dubna zjistil nebo naprogramoval chování tepelných skupin odlišné od předchozích dnů nebo časů.

Na základě informací poskytnutých výrobci však bylo zjištěno, že v minutách a hodinách před nulou, kdy již byla úroveň napětí v síti 400 kV vysoká (nad 410-420 kV), nereagovalo několik spřažených tepelných skupin podle očekávání v této souvislosti: buď absorbovaly menší jalový výkon, než provozovatel soustavy očekával, a nezajišťovaly dostatečnou regulaci napětí, nebo v některých případech jalový výkon místo absorpce vyráběly (a přispívaly tak ke zhoršení přepětí).

Zejména bylo zjištěno, že skupina připojená v jižní zóně [REDACTED] se chovala viditelně odlišně od ostatních v té době připojených závodů:

- Dá se očekávat, a bylo to pozorováno i u ostatních elektráren připojených v analyzovaný den, že absorpce jalového výkonu se řídí vzorcem souvisejícím s napětím v síti (čím vyšší je napětí, tím větší je absorpce jalového výkonu). To je vidět například na křivce jalového výkonu vzhledem ke křivce napětí v elektrárnách z [REDACTED]
[REDACTED] Obecně platí, že čím vyšší je napětí, tím vyšší je absorpce jalového výkonu.
- Jak je však uvedeno výše, provozovatel uvádí, že reaktivní absorpce nebyla dostatečná.
- V případě [REDACTED] se však zdá, že absorpce jalového výkonu nevykazuje žádnou souvislost s napěťovým profilem. Jinými slovy, tato elektrárna vykazuje

Hospodářská soutěž, kterou se stanoví metodika výpočtu poplatků za přenos a distribuci elektřiny



chování velmi odlišné od ostatních na analyzovaných rostlin, a neadekvátní chování při regulaci napětí.

Příspěvek k napětí ostatních zařízení

Provozovatel soustavy analyzoval příspěvek ostatních zařízení k napětí ve 12:32, kdy se napětí začíná rychle zvyšovat.

V případě zařízení na výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů, zařízení na kombinovanou výrobu elektřiny a tepla a zařízení na zpracování odpadu musí v souladu s nařízením RD 413/2014 udržovat účiník v rozmezí 0,98 kapacitního a 0,98 induktivního výkonu v hodinách. Provozovatel soustavy analyzoval 850 zařízení s nejvyšší výrobou v daném čase. Bylo zjištěno, že téměř 22 % analyzovaných zařízení nesplňuje platné kritérium účiníku. Podle analýzy provedené provozovatelem byla v uzlech, kde nebylo splněno očekávání, výroba poměrně nízká (s mediánem 11 % vzhledem k instalovanému výkonu). Toto nedodržení by proto mohlo být alespoň částečně přičítáno kapacitnímu účinku infrastruktur pro odvádění výroby, které jsou v době nízké výroby méně vybíjeny.

V případě odběratelů bylo zjištěno, že ze 141 odběrných míst přímo připojených k přenosové soustavě 20 nesplňuje účiník požadovaný platnými předpisy (P.O 7.4 pro odběrná místa nad 15 MW a obězník 3/2020 pro ostatní odběrná místa), případně požadavky Demonstračního projektu regulace napětí na straně poptávky (PDR).

V případě distribučních sítí, na které se vztahují stejné požadavky jako na odběratele O.P. 7.4, z celkového počtu 283 hraničních bodů mezi přenosovou a distribuční sítí, které musí službu poskytovat, vykazuje provozovatel nedodržení v 9,4 % až 21,4 % hraničních bodů mezi přenosovou a distribuční sítí.

Na základě údajů provozovatele soustavy lze tedy konstatovat, že různá zařízení přispěla ke zvýšení napětí nebo v žádném případě nepřispěla ke zlepšení situace v poměru, který provozovatel soustavy očekával.

Společné infrastruktury pro likvidaci odpadu

Zavádění výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů ve Španělsku v posledních 25 letech podpořilo vznik komplexních evakuačních struktur pro klastry výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů.



které jsou ve většině případů připojeny k jednomu bodu přenosové soustavy.

Za účelem ekonomické a environmentální efektivity, aby se využily koridory pro přenos elektřiny a minimalizovaly dopady a náklady, byly vytvořeny soukromé sítě rozvodů a sběrných vedení v podobě "vánočního stromku", na němž někdy visí několik desítek elektráren různých vlastníků, kteří na základě soukromých dohod vybudovali a/nebo využívají společnou infrastrukturu pro evakuaci (ICE).

Každá z elektráren může být připojena k vlastnímu řídícímu centru výroby, zatímco společnou část může spravovat jeden z výrobců, společnost vlastněná několika z nich, někdy subjekt bez právní subjektivity (EIG) nebo dokonce třetí strana. Vlastník společné evakuační infrastruktury obvykle zase zadává služby provozu a údržby prostředků třetí straně, přičemž tyto inženýrské společnosti jsou těmi, kdo manévrojí a kontrolují ochrany a opatření.

Tyto složité vlastnické a řídící struktury ztěžují analýzu události, jako byla ta z 28. dubna, protože není snadné shromáždit všechny informace (což někdy vyžadovalo, aby provozovatel infrastruktury získal souhlas všech partnerů), určit vlastníky informací, zajistit jejich konzistence a srovnatelnost.

V některých případech tyto společnosti prokázaly a/nebo přiznaly, že nemají kapacity na shromažďování a analýzu požadovaných údajů, a proto si na tyto úkoly musely najímat třetí strany a poskytovaly dlouhé doby odezvy.

Jedním z problémů, které byly během analýzy identifikovány jako relevantní, je skutečnost, že výrobci připojení "po proudu" nemají vždy přehled nebo schopnost řídit podmínky a provoz evakuačních infrastruktur. V souvislosti s napětím, které bylo klíčovou proměnnou toho, co se stalo 28. dubna, různí výrobci uváděli, že neznají údaje týkající se měření a řízení evakuačních infrastruktur, ke kterým jsou připojeni. Skutečnost, že v evakuační infrastruktuře jsou transformátory s vlastními transformačními poměry a nezávislým řízením, může vytvářet další problémy, jak je uvedeno v následující části o transformačních poměrech.



Na druhé straně mají samotné evakuační infrastruktury své vlastní kapacitní účinky, a tedy i vlastní příspěvek k regulaci jalového výkonu a napětí, což je třeba zohlednit při jejich návrhu a provozu.

V každém případě je důležité mít na paměti, že nařízení jasně stanoví, že povinnosti a technické požadavky na provoz a připojení jsou vymahatelné v hraničním bodě se sítí.

Granularita trhu

Při interakcích s různými subjekty panovala vysoká míra shody ohledně výzvy, kterou představuje přechod z hodinových na čtvrtodenní / čtrnáctidenní trhy. V tomto smyslu bude od 18. března 2025 obchodování na vnitrodenních trzích čtvrtodennové. Jinými slovy, v každé hodině mohou nastat až 4 různé tržní výsledky, což může vést ke změnám ve výrobních plánech nebo vazbách v každém z těchto časů.

Tento projekt začíná v roce 2020 s cílem reagovat na požadavek nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/943 ze dne 5. června 2019, které stanoví, že NEMO musí účastníkům trhu nabídnout možnost obchodovat v intervalech alespoň tak krátkých, jako je období vypořádání nerovnováhy (ISP), a to jak na denním, tak na vnitrodenním trhu.

Tato zvýšená granularita vnitrodenních trhů s cenovými signály každých 15 minut spolu s rozvojem stále více distribuovaného výrobního mixu a větší schopnosti reagovat na cenové signály znamená, že změny v tocích energie jsou stále častější, prudší a potenciálně větší, což představuje stále větší výzvu pro stabilizaci napětí.

Kromě toho skutečnost, že v rámci regulace proudu část této výroby podléhá spíše účiníku než dynamické regulaci napětí, znamená, že nárůsty a poklesy této výroby způsobují nárůsty a poklesy absorpce jalového výkonu, což přispívá k těmto změnám napětí.

Význam náhlých změn programu spočívá v téměř okamžité reakci elektronicky propojených technologií.



Hlavním důvodem je skutečnost, že tyto technologie zatím podléhají pevnému účiníku z důvodu regulace. Prudká změna výroby směrem nahoru nebo dolů (např. v důsledku změny cen) proto vede k prudkému příspěvku k poklesu nebo nárůstu napětí, protože absorpcie jalového výkonu těchto zařízení je nastavena tak, aby přímo souvisela s výrobou energie. Změny ve výrobě v zařízeních znamenají navíc změny v zatížení souvisejících vedení (a tím i změny v jejich chování s ohledem na jalový výkon, a tedy i na napětí).

Jak bylo uvedeno výše, předpokládá se, že se na denním trhu bude brzy obchodovat také na čtvrtodenném základě (párování každých 15 minut namísto každé hodiny). Obchodování na denním čtvrtodenném trhu mělo být zahájeno 11. června 2025, ale toto datum bylo nedávno posunuto na 1. října 2025¹⁵. Až se denní trh stane čtvrtodenným, bude velikost patnáctiminutových výkyvů programu potenciálně větší, protože denní trh mobilizuje nejvíce energie.

Transformační poměr a rychlosť změny napětí

Jednou z otázek, které vyvstaly při analýze chování napětí, je, jak rychlosť změn napětí v přenosové síti, spíše než absolutní dosažené hodnoty, může mít nežádoucí účinky na ostatní části soustavy: distribuční síť, výrobu a poptávku.

Vzhledem k tomu, že napětí přenosové sítě (400 kV a 220 kV) jsou vyšší než provozní napětí distribuční sítě nebo napětí výrobních připojek nebo připojek spotřeby, je nutné mezi oběma prvky instalovat transformátory napětí. Tyto stroje nejen zvyšují nebo snižují napětí, ale slouží také k regulaci a udržování přiměřené úrovně napětí, přičemž absorbují a modulují výkyvy, které mohou v přenosové síti nastat.

Provozní postupy stanovují maximální a minimální hodnoty, mezi kterými musí být síť provozována, ale v současné době neobsahují žádná kvantitativní omezení, která by se týkala.

¹⁵Rozhodnutí Řídícího výboru pro propojení trhů (operátoři trhu a provozovatelé soustav) ze dne 14. května 2025 v návaznosti na zjištění, že někteří účastníci trhu neprokázali, že jsou technicky připraveni na spuštění k plánovanému datu 11. června 2025.



kolísání/odchylky napětí nad rámec obecné zásady, že ve všech případech musí být zajištěna podmínka nestability napětí, která by mohla vést ke kolapsu napětí. Tento požadavek může být v některých případech přísnější než podmínka zachování napětí.

Vzhledem k tomu, že napětí na jedné nebo druhé straně transformátoru může kolísat, jsou transformátory, které snižují napětí energie z přenosové sítě do různých úrovní distribuční sítě a ke spotřebitelům, obvykle vybaveny různými "odbočkami", které umožňují nastavit poměr napětí mezi jednou a druhou stranou kolem jmenovitého poměru. Proto je v závislosti na konfiguraci těchto transformátorů v daném okamžiku možné, že "správné" napětí (v mezích stanovených předpisy) v přenosové síti může být vnímáno jako přepětí na distribuční straně nebo u výrobců připojených k ECI.

V případě výrobců by mělo být vyjasněno, že povinnosti se týkají podmínek v přenosové soustavě. Proto jsou identifikovány údaje slučitelné s nevhodnou konfigurací transformačního poměru mezi sítí a výrobou nebo distribucí, což by mohl být jeden z faktorů, který mohl přispět k poklesu výroby, a to jak v distribuci, tak v přenosu. To lze zase dát do souvislosti s nadměrnou rychlosí změny napětí: vycházíme-li ze správných transformačních poměrů v kontextu nízkého nebo středního napětí, může dostatečně rychlý nárůst napětí v přenosové síti, i když vždy zůstává v rámci parametrů, vést k přepětí na druhé straně transformátoru, pokud se tento dostatečně rychle nepřizpůsobil novým podmínkám.

Jak je však uvedeno výše, je třeba poznamenat, že provozní postupy v současné době nestanovují omezení rychlosti kolísání napětí.

Souvislost se synchronním spřaženým výkonem a fotovoltaickou výrobou elektřiny

Konzultovaná společnost ██████████ zkoumala korelací mezi volatilitou napětí v síti, pravděpodobností výskytu extrémních napěťových událostí a množstvím asynchronní (fotovoltaické) a synchronní (řízené) výroby.



napětí na nastavenou hodnotu). Stejnou analýzu provedla pro týdny před 28. dubnem a pro týdny po 28. dubnu, v nichž provozovatel soustavy uplatňuje "zesílený provozní režim", který v podstatě spočívá ve zvýšeném plánování skupin s kapacitou regulace napětí a také ve "vyhlazených" nábězích a útlumech fotovoltaických zařízení (která mají díky výkonové elektronice schopnost zapínat a vypínat velké množství výroby během okamžiku).

Výsledky analýzy ukazují, že existuje určitá korelace mezi stabilitou napětí a množstvím solární výroby nebo množstvím spřažené synchronní výroby, i když tato korelace není ve všech sledovaných uzlech stejně silná.

Ve skutečnosti ve většině analyzovaných uzel sítě neexistuje žádná korelace mezi stabilitou napětí a množstvím solární výroby nebo množstvím spřažené synchronní výroby. Například vysoká pravděpodobnost výskytu nestabilních epizod napětí je pozorována i při malé výrobě fotovoltaických elektráren nebo při velkém množství spřažené synchronní výroby. Jejich analýzy však ukazují, že existuje mnohem důležitější faktor určující stabilitu napětí: zda jsou analýzy prováděny v soustavě před 28. dubnem nebo po něm.

Při použití zesíleného provozního režimu tak napětí vykazují zřetelně stabilnější chování s menší variabilitou a pravděpodobností výskytu extrémních událostí při stejně úrovni fotovoltaické výroby nebo spřažené synchronní výroby. Jinými slovy, při izolaci vlivu větší či menší výroby fotovoltaických článků nebo většího či menšího výkonu s povinností spřažené regulace napětí bylo rozhodující, zda analyzované údaje byly před 28. dubnem nebo po něm.

Je tedy zřejmé, že od 28. dubna dochází v systému k odlišnému chování, které nelze vysvětlit výhradně více či méně spřaženým synchronním výkonem.

Pokud by nedošlo k neidentifikovaným změnám jiných proměnných, které by mohly ovlivnit kontrolu napětí, byla by tato zvýšená stabilita pozorovaná po nehodě slučitelná s plynulejšími nájezdy a/nebo se změnou chování vozu.



výroby, spotřeby a distribuce z hlediska jejich příspěvku k regulaci napětí, a tedy s tezí, že v den incidentu byla regulace napětí nedostatečná nebo nedostatečná.

Epizody před 28. dubnem

Někteří aktéři se odvolávali na předchozí případy nestability napětí na začátku tohoto roku, jako příklad uváděli 31. leden, 19. březen a 22. a 24. duben, a spojovali situaci před 28. dubnem s těmito precedenty, zejména s 22. dubnem.

V obou případech, 22. a 24. dubna, se soustavě podařilo odchylku napětí korigovat s využitím dostupných zdrojů v soustavě, aniž by to mělo jiné než uvedené závažné důsledky. Vzhledem k významu, který událostem z 22. a 24. dubna přisuzuje několik obdržených příspěvků, jsou však tyto situace analyzovány níže s cílem vyvodit podobnosti a rozdíly ve vztahu k 28. dubnu.

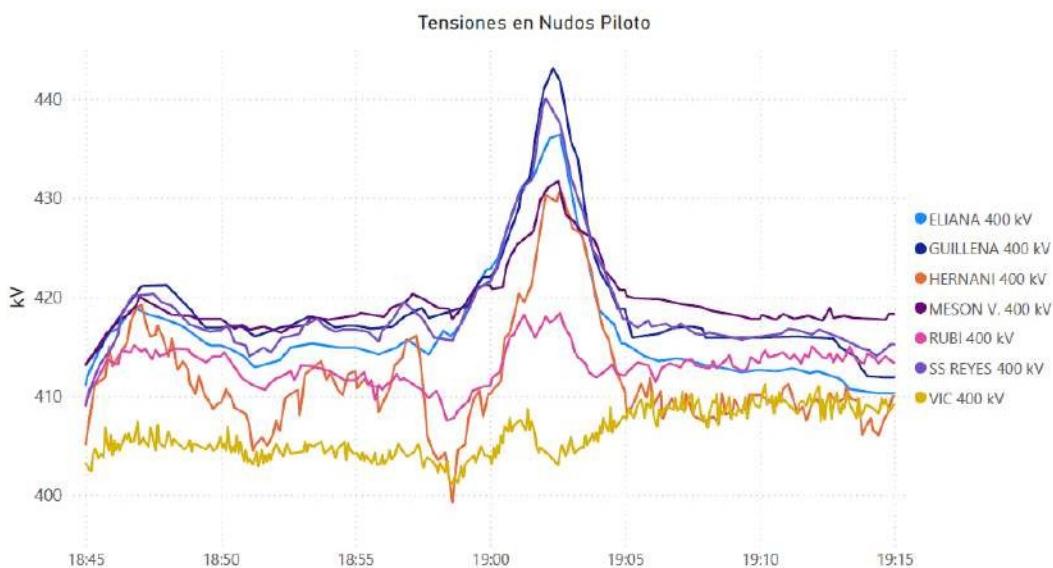
Epizoda 22 duben 2025

Dne 22. dubna v 19:00 došlo v přenosové síti k přepětí, které způsobilo odpojení více než jednoho zdroje. [REDACTED]

[REDACTED] některé evakuační rozvodny [REDACTED]

[REDACTED] a velká průmyslová spotřeba [REDACTED]

[REDACTED]



Graf 50 Napětí v síti 400 kV během události 22. dubna. Zdroj: ZDROJ: REE

Ministerstvo pro ekologický přechod a demografickou výzvu požádalo provozovatele systému o zprávu o dopadech této události. Tuto zprávu obdrželo 28. dubna krátce před jedenáctou hodinou dopoledne.

Vysvětlení, které REE pro tuto epizodu uvedla, spočívá v tom, že v situaci z 22. dubna došlo k souběhu několika příčin, které jsou sice izolovaně, ale v provozu poměrně časté:

- Změna výmenného programu s Portugalskem o výkonu 1 650 MW, která má velmi významný dopad na toky na celém poloostrově.
- Klesající gradient výroby fotovoltaických článků slunečním zářením, který v těchto obdobích dosahuje obvykle 500 MW/min. Tento pokles byl urychlen tím, že na tuto čtvrt hodiny bylo ve vyrovnávacích službách přiděleno dalších 750 MW.
- Výrazná nedostupnost sítě v centrální oblasti. To způsobuje, že se doprava soustředí na několik málo linek, které se ze silně zatížených, spotřebovávajících jalový výkon, stanou během minuty nezatíženými a chovají se jako kondenzátory.



- Stav propojení s Francií s nedostupným vedením a maximálním vývozním programem. Doprava byla centralizována z Portugalska do Francie přes oslabenou centrální zónu.
- Snížená konvenční výroba, tepelná a vodní, zapojená do systému. V současné době se jedná o jedinou technologii, která zajišťuje nepřetržitou regulaci napětí. Většina těchto skupin byla spřažena z důvodu technických omezení pro plynulou regulaci napětí.
- Větrné a fotovoltaické elektrárny představovaly 59,21 % výroby připojené k soustavě a vzhledem k tomu, že jejich účast na regulaci napětí je v současné době založena na sledování účiníku, nepomohly omezit napěťový profil.

REE také uvádí, že situace 22. května by byla jiná, kdyby tato výroba z obnovitelných zdrojů (fotovoltaika a vítr) řídila napětí, čímž by pomohla udržet stabilní napětí v reálném čase a zabránila by spojování tepelných skupin kvůli omezením.

Ve veřejném sdělení REE uvedla, že 22. duben nelze považovat za ojedinělou a výjimečnou událost s nulovou energií, která nastala 28. dubna.

- GTOSE požádala [REDACTED] o zprávu o chování svých odběrných zařízení připojených k přenosové soustavě dne 22. dubna. [REDACTED] potvrzuje, že byla zaznamenána přepětí slučitelná s odpojením zařízení v souladu s konfigurací ochran.

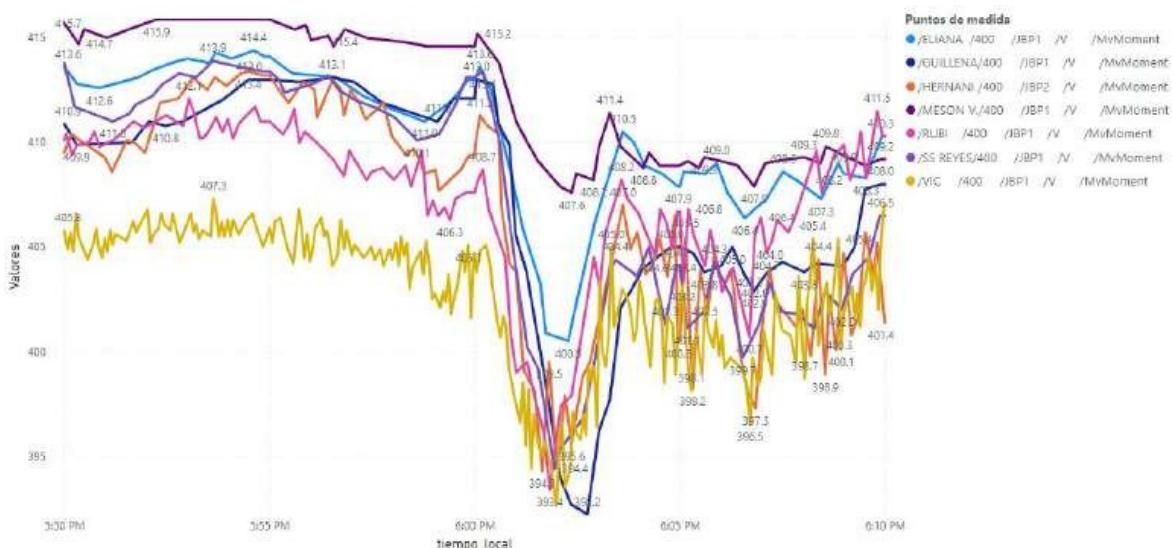
Co se týče chování tepelných elektráren dne 22. dubna, podle informací poskytnutých vlastníky elektráren reagovaly všechny analyzované skupiny tak, že s růstem napětí kolem 19. hodiny se zvýšila jejich absorpce jalového výkonu.

Ve skutečnosti v případě elektrárny [REDACTED], která absorbovala též [REDACTED] jalové energie, což je více než trojnásobek maxima absorbovaného v minutě 12:32 dne 28. dubna, což vede k závěru, že tato elektrárna má technickou kapacitu dosáhnout vyšších úrovní absorpce jalové energie, než jaké byly vykázány v klíčových okamžicích dne 28. dubna.

Epizoda 24 duben 2025



Případ z 24. dubna byl opačný: REE oznámila, že se jednalo o jev poklesu napětí v soustavě mezi 18:00 a 18:03, který neměl žádné důsledky ani ve výrobních zařízeních, ani ve spotřebě.





Znovu analyzujeme chování různých spřažených tepelných jednotek a vidíme, že obecně v době podpětí kolem 18. hodiny většina analyzovaných jednotek reaguje snížením odběru jalového výkonu (nebo začne jalový výkon vyrábět), jak by se dalo očekávat (analýza se opět zaměřila na kvalitativní chování, takže zde nejsou vyvozeny žádné závěry o úrovni souladu s OP 7.4). V tomto případě je však v Arcos 1 pozorováno "ploché" chování jalového výkonu, tj. není zde jasná reakce na vývoj napětí.

GTOSE požádala REE o analýzu podobnosti a rozdílů událostí 22 a 24 s událostí 28. REE ve své odpovědi analyzuje následující parametry:

- Načasování incidentů: k incidentům 22. a 24. září došlo kolem 00. minuty, což se shoduje se změnou času, která je slučitelná se změnou tržních řádů. K incidentu 28. došlo ve 33. minutě a neshodoval se se změnou časového rozvrhu.
- Změny v mezinárodních výměnných programech: události z 22. a 24. minuty souvisely se změnami mezinárodních programů v minutě 00 s hodnotami změn většími než 1 400 MW v souboru všech propojení. Dne 28. byly změny programů v minutě 12:30 v souboru všech propojení menší než 700 MW.
- Změny plánů výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů (RCR): události z 22. a 28. dne se týkaly sestupných změn plánu výroby elektřiny RCR mezi čtvrtodennovými plánovacími obdobími, ačkoli k událostem došlo v různých časech čtvrtodennového období: v 1. minutě 22. dne a ve 3. minutě 28. dne.
28. Událost 24. souvisela s nárůstem programu RCR při změně plánovacího období částečně v důsledku přechodu z nulových nebo záporných do kladných cen na denních, vnitrodenních a vyrovnávacích trzích.
- Odpojení generátorů: ve dnech 22. a 28. došlo k odpojení generátorů. Dne 24. nebyly zaznamenány žádné odpojení.
- Polostínové profily napětí: 22. a 28. byly zaznamenány vzestupné profily napětí. Z geografického hlediska se nejvyšší napětí nacházela v oblastech



Střední a jihozápadní část. Během události 24. září byl zaznamenán klesající profil napětí.

FÁZE 4. DOPLNĚNÍ ZÁSOB

Proces doplňování zásob byl na národní i mezinárodní úrovni oceněn pro svou rychlosť.

Byly však zjištěny prvky, které mohly přispět k ještě rychlejšímu doplnění zásob, a snížit tak dopad nulového poloostrova z 28. dubna.

Incidenty zjištěné při spuštění zařízení

Zaprve existuj informace, které odpovídaj skutečnosti, že několik zařízení s povinností autonomního spuštění nakonec nebylo schopno tuto službu stabilně poskytovat a připojilo se k systému až poté, co do něj přišlo napětí zvenčí (z jiného "ostrova", obvykle ukotveného v jednom z propojení). Tím se zpomalil náběh "kostry" elektrizační soustavy, která by později umožnila doplnit dodávky na poptávku.

A series of seven horizontal black bars of varying lengths, decreasing from top to bottom. The first bar is the longest, followed by a shorter one, then a longer one, then a shorter one, then a longer one, then a shorter one, and finally the shortest bar at the bottom.



A large black rectangular redaction box covers the majority of the page content, starting below the header and ending above the footer. It is positioned in the center of the page and spans most of its width.



Incidenty zjištěné při distribuci

Za druhé, několik distribučních společností oznámilo, že v několika jejich rozvodnách není možné působit dálkovým ovládáním, a to ani poté, co se obnovilo napětí a bylo povoleno dodávat nové zátěže. To si vynutilo přemístění zařízení do rozvoden, což prodloužilo dobu do úplné obnovy.

Na základě získaných informací bylo zjištěno, že proces a míra doplňování se liší v závislosti na zeměpisné poloze. Jak bylo uvedeno výše, aby bylo možné doplnit dodávky, je nutné nejen, aby se v příslušném místě přenosové soustavy obnovilo napětí, ale také aby byl k dispozici dostatek výroby pro vyrovnaní poptávky v "krocích", ve kterých má být zapojena.



V tomto smyslu byly zjištěny rozdíly v závislosti na vlastnostech sítě a území: oblasti s větším geografickým rozptylem mají větší počet rozvodů, které jsou od sebe více vzdáleny, aby bylo možné obnovit stejnou poptávku.

Na druhou stranu byly zjištěny rozdíly ve fungování systémů v distribučních sítích.

- **Systémy dálkového ovládání.** Za normálních podmínek lze vysokonapěťové rozvodny ovládat dálkovým ovládáním (tj. dálkové operace lze provádět z příslušných řídicích středisek). Několik distribučních společností však uvedlo, že v některých případech není možné dálkově obnovit zatížení, což je nutí provádět manuální činnosti (vysílání personálu do rozvodů, aby provedl činnosti *na místě*), a tím zpomaluje obnovu dodávek.
- **Telekomunikační potíže.** Kromě výše uvedeného zjistili zástupci potíže s telekomunikacemi, a to jak mezi řídicími centry a přemístěnými zařízeními, tak v některých případech mezi řídicím centrem provozovatele systému a distribučními řídicími centry. Tyto potíže, které se nakonec podařilo odstranit, přispěly ke zpoždění výměny.

ANALÝZA DIGITÁLNÍCH SYSTÉMŮ

Primárním cílem je dohled nad kybernetickou bezpečností s cílem získat a analyzovat kontextové informace a informace zaznamenané v systémech subjektu za účelem identifikace možných indicií a důkazů, které by mohly poukazovat na kybernetický útok nebo kybernetický incident jako příčinu události, která 28. dubna 2025 ovlivnila španělskou elektrizační soustavu.

Analýza se vztahuje k výše uvedenému datu a předchozím dnům s časovým rámcem 7 dní před ním, přičemž referenční hodnotou je 12:33 dne 28. dubna 2025. Pro stanovení priorit jsou pro analýzu stanoveny následující časové parametry podle kritičnosti:



- Priorita 1. Události, představení nebo hodnocení ze dne 28. dubna 2025 ve 12:33 a 15 minut před.
- Priorita 2. Hodiny před 28. dubnem, na které se nevztahuje priorita 1.
- Priorita 3. 27. dubna.
- Priorita 4. Předchozí dny.

Analýza se zaměřuje na určení, zda je kybernetický útok potenciální příčinou události, která ovlivnila elektrizační soustavu ve výše uvedený den, a jsou stanoveny konkrétní cíle:

- Analýza možného neoprávněného přístupu do řídicích center.
- Vyhodnocení indicií, jako jsou boční pohyby, slučitelné s neoprávněnou činností třetích stran.
- Vyhodnocení potenciálního škodlivého kódu v systému nebo náznaků takového kódu.
- Identifikace nepovolených změn.
- Pády systému způsobené akcemi souvisejícími s odepřením služby nebo takovými, pro které neexistuje možné vysvětlení ze strany subjektu odpovědného za systém.
- Zneužití nebo pokus o zneužití zranitelností, ať už úspěšný, nebo neúspěšný.
- Nekontrolované vysílání digitálních signálů nebo příkazů, které mohou ovlivnit funkčnost jiných systémů.
- Jiné, které mohou souviseat s náznaky činnosti mimo kontrolu subjektu nebo mimo jeho bezpečnostní operační postupy.

Sekundárním cílem je identifikace potenciálních bezpečnostních rizik, což představuje příležitost pro zlepšení ze strany subjektu, aby byly systémy a procesy lépe odolné a/nebo měly schopnost identifikovat možné kybernetické incidenty.

Ve vztahu k primárnímu cíli, týkajícímu se monitorování kybernetické bezpečnosti za účelem získání a analýzy kontextových informací a informací zaznamenaných v systémech



subjektu s cílem identifikovat možné indicie a důkazy, které by mohly ukazovat na kybernetický útok jako příčinu události, která 28. dubna 2025 postihla elektrickou soustavu na Pyrenejském poloostrově, se uvádí, že:

- Po analýze zpráv, událostí, dokumentace, informací a údajů poskytnutých subjekty a získaných ze systémů těchto subjektů, jakož i po rozhovorech se zaměstnanci těchto subjektů nebyly zjištěny žádné incidenty, náznaky nebo důkazy naznačující kybernetickou bezpečnostní událost, která by mohla přímo souviset s energetickou krizí z 28. dubna. Nebyly zjištěny ani žádné vzorce, známé TTP, relevantní aktéři nebo hrozby.
- Nebyly zjištěny žádné boční pohyby mezi sítěmi IT a OT.
- Nebyly zjištěny ani další události, jako je neoprávněný přístup k systémům a sítím nebo zvýšení oprávnění.

Ve vztahu k sekundárnímu cíli zaměřenému na identifikaci potenciálních bezpečnostních rizik, která představují příležitost pro zlepšení ze strany subjektu, aby byly systémy a procesy odolnější a/nebo měly schopnost identifikovat možné kybernetické incidenty, je třeba poznamenat, že provedené analýzy umožnily identifikovat další rizika, jako jsou zranitelnosti, nedostatky nebo špatná konfigurace bezpečnostních opatření, která vystavují sítě a systémy potenciálním rizikům, u nichž by měly být uplatněny bezpečnostní kontroly a opatření s cílem jejich odstranění, zmírnění a uvedení na přijatelnou úroveň rizika.

Je třeba poznamenat, že to je v sítích a informačních systémech v jakémkoli jiném odvětví poměrně běžné.

Níže jsou uvedena potenciální bezpečnostní rizika obecné povahy, která byla zjištěna během provedených analýz:

- V analyzovaných systémech některých subjektů existují aktiva, která představují zranitelnosti různých typů, ale na základě analyzovaných informací neexistují žádné náznaky nebo důkazy, že by tyto zranitelnosti byly zneužity.



- V některých systémech by se mělo ověřování posílit. V protokolech systémů však nebyl zjištěn žádný neoprávněný přístup.
- V některých případech neexistuje systém pro centralizaci záznamů o činnosti (logy). V jiných případech systém nemá možnost pojmut všechny záznamy, což by bylo žádoucí.
- Některé z analyzovaných infrastruktur nemají dostatečně oddělené infrastruktury a síť IT a OT.
- Bylo zjištěno, že v některých systémech je třeba posílit bezpečnostní politiky uplatňované na uživatele.
- V některých subjektech bylo zjištěno, že řízení zranitelnosti neprobíhá v cyklu ani se neprovádí průběžné hodnocení. To je tím kritičtější, čím vyšší je úroveň vystavení aktiv, zejména těch, která jsou přímo vystavena internetu a která vyžadují časté procesy analýzy a aktualizace.

5. ZÁVĚRY

1. Závěry z digitální oblasti

Na základě provedených analýz a zjištěných poznatků a s přihlédnutím k rozsahu a působnosti této analýzy, jakož i k omezením uvedeným v tomto dokumentu, lze konstatovat, že nebyly zjištěny žádné indicie ani důkazy, které by poukazovaly na kybernetický útok nebo kybernetický incident u analyzovaných subjektů, který by mohl být příčinou energetické krize z 28. dubna 2025.

- V žádném ze záznamů o činnosti nebyly nalezeny žádné náznaky ani důkazy o škodlivé činnosti.
- V ochranných systémech analyzovaných kontrolních středisek nebyly nalezeny žádné známky činnosti škodlivého kódu nebo hackerských nástrojů.
- V systémech se sondami pro vyhodnocování síťového provozu nebyly zjištěny žádné záznamy odpovídající neautorizované činnosti, jako např.



laterální pohyby, síťové stopy nebo pohyby souborů za účelem zneužití zranitelnosti nebo zvýšení oprávnění, mimo jiné.

Jak je však běžné v sítích a informačních systémech v každém odvětví, byla zjištěna další rizika, jako jsou zranitelnosti, nedostatky nebo nevhodné konfigurace bezpečnostních opatření, které mohou vystavit sítě a systémy potenciálním rizikům, pro něž je navržena řada opatření.

Níže jsou uvedena potenciální bezpečnostní rizika obecné povahy, která byla zjištěna během provedených analýz:

- V rámci analyzovaných systémů některých subjektů existují aktiva, která představují zranitelnosti různého typu, ale na základě analyzovaných informací neexistují žádné náznaky nebo důkazy, že by tyto zranitelnosti byly zneužity.
- V některých systémech by se mělo ověřování posílit. V protokolech systémů však nebyl zjištěn žádný neoprávněný přístup.
- V některých případech neexistuje systém pro centralizaci záznamů o činnosti (logy). V jiných případech systém nemá možnost pojmut všechny záznamy, což by bylo žádoucí.
- Některé z analyzovaných infrastruktur nemají dostatečně oddělené infrastruktury a sítě IT a OT.
- Bylo zjištěno, že v některých systémech je třeba posílit bezpečnostní politiky uplatňované na uživatele.
- V některých subjektech bylo zjištěno, že řízení zranitelnosti neprobíhá v cyklu ani se neprovádí průběžné hodnocení. To je tím kritičtější, čím vyšší je úroveň vystavení aktiv, zejména těch, která jsou přímo vystavena internetu a která vyžadují časté procesy analýzy a aktualizace.

2. Závěry z oblasti elektřiny

Analyzované informace a jejich porovnání s příspěvky a opakovanými jednáními s různými aktéry vedou k závěru, že nulová dodávka elektřiny 28. dubna měla multifaktoriální původ.



Konečnou příčinou výpadku elektřiny na poloostrově 28. dubna byl přepěťový jev v podobě "řetězové reakce", kdy vysoké napětí způsobuje odpojení generátorů, což následně způsobuje další zvýšení napětí a tím další odpojení atd. Tomuto jevu předcházely velké výkyvy napětí v krátkých časových úsecích v průběhu celého dopoledne. K tomuto jevu přispělo několik faktorů:

1. Systém vykazoval nedostatečné schopnosti dynamické regulace napětí, aby udržel stabilní napětí. Údaje odpovídající tomuto faktoru jsou následující:

- 1.1 Počet spřažených generátorových soustav s kapacitou pro regulaci napětí byl nižší než počet plánovaný provozovatelem soustavy v předchozích týdnech a měsících a nižší než počet plánovaný den předtím, protože 27. dubna odpoledne jedna z plánovaných generátorových soustav selhala a provozovatel soustavy ji nenahradil.
 - S ohledem na pásmový charakter napětí se generátorová souprava, která byla předchozího večera prohlášena za nedostupnou, nacházela v jižní části poloostrova, kde byly zaznamenány nejintenzivnější přepěťové jevy. V této oblasti se nacházela ■ skupina se sdruženou regulací napětí, která navíc odpovídá té, která vykazovala z hlediska regulace napětí odlišné chování než ostatní sdružené skupiny a stejná skupina při předchozích příležitostech.
 - V návaznosti na vzniklé oscilace naprogramoval provozovatel soustavy v oblasti další skupiny pro regulaci napětí, která se nestihla zapojit před kolapsem soustavy a potřebovala k tomu 1 hodinu 30 minut.
- 1.2 Výroba, která byla spojena se schopností regulace napětí - a byla za ni konkrétně odměněna tím, že byla naplánována pro technická omezení - nemusela být v rámci stanovených parametrů.
 - Veškerá připojená výroba s běžnou napěťovou kapacitou by nepřispívala v plné míře, jak očekával provozovatel soustavy, a v době vysokého napětí by absorbovala méně jalového výkonu, než provozovatel soustavy očekával.



- Zejména elektrocentrála připojená v jižní zóně vyniká tím, že se z hlediska regulace napětí chovala viditelně odlišně od ostatních připojených elektrocentrál, a dokonce odlišně od chování též elektrocentrály v přepěťové epizodě v roce 2011.
[REDACTED] když reagoval podle očekávání.
- Kromě toho část distribučních sítí (na hranici s přenosovou sítí), spotřebitelé připojeni k přenosové síti a výrobci podléhající účiníku nemuseli reagovat podle účiníku, což mohlo přispět k přepěťovému kontextu.

2. Řada rytmických oscilací výrazně podmínila systém, změnila jeho konfiguraci a zvýšila obtíže při stabilizaci napětí.

2.1 Charakteristiky první velké oscilace (12:03) naznačují, že se jedná o jev vzniklý na Pyrenejském poloostrově. Jedná se o atypickou oscilaci s frekvencí 0,6 Hz a její vznik byl dán do souvislosti s provozem zařízení. Kromě toho provozovatel systému identifikoval atypické chování zařízení ve větrné farmě.

[REDACTED]
kmitání (12:19) má běžnější a nižší frekvenční charakteristiky (0,2 Hz). V obou případech bylo zjištěno, že krátce poté, co se objeví kmitání o frekvenci 0,6 Hz, se objeví nebo zesílí režim kmitání o frekvenci 0,2 Hz.

2.2 Některá opatření nezbytná k tlumení a ochraně soustavy před oscilacemi, která byla předpokládána v protokolech mezi provozovateli soustav (zvýšení propojení sítí, snížení vývozu v propojení), přispěla ke zvýšení napětí a vedla k jiné konfiguraci soustavy, než se předpokládalo na začátku dne.

3. Docházelo k výpadkům výroby elektřiny, čímž se již tak oslabená soustava z hlediska regulace napětí dostala do rozsáhlého přepětí.



- o Některá z těchto odpojení nemusela být nastavena (předčasně nebo na úrovni napětí, při které by instalace neměla být odpojena).
- o Odpojení výroby elektřiny přispělo ke zvýšení napětí, čímž se rozšířily přepěťové podmínky a napomohlo spuštění "řetězové reakce" tím, že v důsledku přepětí došlo k odpojení nové výroby elektřiny.
- o Odpojení velkých výroben z důvodu přepětí vedlo k poklesu frekvence soustavy, což následně způsobilo odpojení některých výrobních skupin z důvodu podfrekvence.

Jakmile by začala "řetězová reakce" odpojení přepětí, takzvaná fáze 2, její omezení nebo zastavení by vyžadovalo schopnost regulovat napětí směrem dolů o větší velikosti, než je vliv této řetězové reakce směrem nahoru. Něco, co, jak již bylo naznačeno, v systému chybělo.

Nástroje, které měl systém k dispozici pro automatickou reakci na výpadek výroby, nebyly účinné nikoli proto, že by byly nedostatečné, ale proto, že neodpovídaly aktuálnímu jevu:

- Setrvačnost, kterou systém disponuje, umožňuje zpomalit pokles frekvence v případě poklesu výroby. Na jedné straně však z informací vyplývá, že na 28A nebylo dosaženo ani podfrekvenčních úrovní, ani derivací poklesu frekvence až do velmi pozdního odpojení výroby v důsledku přepětí. Ve skutečnosti byla významná přepětí pozorována až po 12:33:23, tedy téměř na konci události, což by nadále způsobovalo odpojování generace bez ohledu na frekvenci. Proto i ve scénáři větší setrvačnosti, a tedy pomalejšího poklesu frekvence, by kaskádovité přepětí způsobilo odpojení výroby v každém případě.
- Odpojení poptávky (load shedding), jehož cílem je vyrovnat výrobu a poptávku po odpojení výroby, by v kontextu nízké poptávky mohlo dokonce přispět k jevu přepětí tím, že by se vybjelo ještě více vedení, čímž by se zvýšil příspěvek jalové energie.



Jakmile došlo k řetězové reakci a poklesu výroby, propojení s Francií přešlo z vývozu na dovoz a poskytovalo činný výkon, který kompenzoval výpadek výroby, a to až do výše své fyzické kapacity. Příspěvek propojení byl menší, než by mohl být, protože propojení HVDC bylo naprogramováno ve směru vývozu jako tlumící opatření pro výkyvy. Vzhledem k povaze jevu a technickým a provozním charakteristikám a v podobném smyslu jako v odkazu na setrvačnost by však v opačném případě nanejvýš zpomalilo pokles výroby pod kmitočtem, takže je nepravděpodobné, že by zabránilo úplnému kolapsu a odpojení kontinentální soustavy v důsledku ztráty synchronismu v situaci, kdy se napětí pohybovalo v rozmezí slučitelném s masivním odpojením výroby.



6. NAVRHOVANÁ OPATŘENÍ

1. Opatření navržená WGCSD

Níže je uvedena řada doporučení, která by umožnila posílit bezpečnost energetického sektoru, pododvětví elektroenergetiky. Tato doporučení mají obecný charakter, stejně jako některá specifickější doporučení v závislosti na typu subjektu.

Je třeba poznamenat, že zjištěná rizika jsou společná pro všechny typy odvětví, častěji se vyskytují u malých a středních subjektů, které mají zpravidla nižší stupeň vyspělosti kybernetické bezpečnosti a mohou na tento účel věnovat méně zdrojů.

Jednou ze zvláštností energetického sektoru, pododvětví elektroenergetiky, je množství malých a středních podniků, které jej tvoří (např. řídicí střediska a především výrobní střediska), a proto je vhodné rozšířit současnou působnost předpisů o kybernetické bezpečnosti i na menší subjekty, v souladu s ustanoveními směrnice (EU) 2022/2555 o opatřeních k zajištění vysoké společné úrovni kybernetické bezpečnosti v celé Unii (NIS 2), která má právě v oblasti působnosti subjekty stejné nebo větší velikosti než střední podniky, a dokonce umožňuje členskému státu, aby je na základě rizika identifikoval a prohlásil za malé podniky.

V zájmu vytvoření legislativního rámce, který se bude vztahovat na větší počet subjektů a který posílí jejich kybernetickou bezpečnost a odolnost, se doporučuje:

1. Urychlit transpozici směrnice NIS 2 a směrnice o ERZ.

Na odvětvové úrovni byl navíc v loňském roce přijat prováděcí předpis k nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2024/1366 ze dne 11. března 2024, kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/943 zavedením kodexu sítě o odvětvových pravidlech pro aspekty kybernetické bezpečnosti přeshraničních toků elektřiny, včetně pravidel pro společné minimální požadavky, plánování, monitorování, podávání zpráv a řešení krizí.



Nařízení v přenesené pravomoci (EU) 2024/1366 ukládá každé zemi povinnost katalogizovat infrastruktury, jejichž nedostupnost by ohrozila mezinárodní obchod, přičemž se rozlišuje mezi velkým ($\geq 1\,000$ MW) a kritickým ($\geq 3\,000$ MW) dopadem.

Subjekty na seznamu mají 24 měsíců na zavedení systému řízení kybernetické bezpečnosti a minimálních nebo pokročilých kontrolních mechanismů stanovených EU, které jsou v souladu s normami, jako je ISO 27001 nebo IEC 62443.

Kromě toho by měli každý kybernetický incident neprodleně nahlásit vnitrostátnímu orgánu a v případě přeshraničního dopadu koordinovat oznámení s operátory a regulačními orgány v postižených zemích, čímž se zajistí, že místní útok nevyvolá kaskádový výpadek.

Za účelem posílení kybernetické bezpečnosti se subjektům v rámci tohoto nařízení v přenesené pravomoci (EU) 2024/1366 doporučuje přijmout opatření a aspekty v něm uvedené.

Pokud jde o soukromý sektor obecně, INCIBE prostřednictvím INCIBE - CERT jako národního referenčního CSIRT ve Španělsku pro občany a soukromé subjekty pracuje na posílení kapacit v oblasti kybernetické bezpečnosti společností a odborníků, včetně strategických provozovatelů v odvětví elektrické energie.

Za tímto účelem jsou těmto subjektům k dispozici následující iniciativy nebo služby, které jim umožní zvýšit kybernetickou odolnost, která je v tomto odvětví tak nezbytná.

Podpora při kybernetických bezpečnostních incidentech nebo krizích, kdy je těmto subjektům nabízena pomoc a technická podpora při řešení jejich kybernetických bezpečnostních incidentů v rámci jejich působnosti.

V případě incidentů mohou informovat a požádat o podporu prostřednictvím incidences@incibe-cert.es, nebo pokud se jedná o zásadního provozovatele či kritickou infrastrukturu pic@incibe-cert.es

Služby digitálního dohledu v oblasti kybernetické bezpečnosti se zaměřují na detekci jakékoli kybernetické bezpečnostní události související s digitálními hrozbami, kybernetickými riziky nebo kybernetickými útoky, které analyzují a v případě potřeby informují různé dotčené orgány nebo subjekty, aby jim bylo možné předcházet a chránit je pomocí odpovídajících bezpečnostních opatření, která by měla být uplatněna.



Služby sdílení informací o kybernetických hrozbách: prostřednictvím kterých jsou sdíleny informace o kybernetických hrozbách, které jsou předmětem zájmu (analýzy, indikátory kompromitace, další detekční mechanismy a pravidla atd.), takže využití těchto informací umožňuje subjektům rozšířit jejich schopnosti detekce a ochrany.

Služby včasného varování: v rámci těchto služeb jsou vytvářena varování a oznámení s cílem rychle informovat o nejnovějších hrozbách v oblasti kybernetické bezpečnosti a předvídat je zavedením opatření.

Kybernetická bezpečnostní cvičení (CyberEx Spain): umožňují těmto subjektům praktický nácvik a vyhodnocení jejich schopnosti reagovat na okolnosti, které by mohly nastat v případě kybernetického bezpečnostního incidentu, čímž se zvyšuje jejich obranyschopnost a odolnost vůči útokům nebo situacím bezprostředního rizika.

Měření a zvyšování kybernetické odolnosti, které těmto společnostem v odvětví pomohou diagnostikovat a měřit jejich schopnost odolávat a překonávat katastrofy a narušení z digitální oblasti a pochopit jejich úroveň kybernetické odolnosti a její vývoj ve vztahu k jejich odvětví.

Znalosti a povědomí. INCIBE-CERT uznává roli šíření informací jako základu pro vytváření kultury kybernetické bezpečnosti a díky svým zkušenostem s výzkumem hrozeb a řízením incidentů poskytuje optimální ekosystém pro analýzu a vývoj informací a specifického pokročilého obsahu pro zlepšení ochrany organizací. Tento obsah usnadňuje prevenci a reakci na rizikové situace a má mimo jiné podobu sad pro zvyšování povědomí, bezpečnostních varování, průvodců, blogů a osvědčených postupů, které mají za cíl zvýšit povědomí o kybernetické bezpečnosti a pomoci tak při reakci na kybernetické útoky a jejich prevenci.

INCIBE nabízí bezplatné a důvěrné poradenství, podporu a pomoc v případě jakýchkoli pochybností nebo incidentů prostřednictvím **linky kybernetické bezpečnosti 017**, která je k dispozici každý den v roce od 8 do 23 hodin.

Návrhy pro subjekty a společnosti



Obecně lze zjištěná rizika zmírnit uplatněním řady níže uvedených opatření, přičemž se vychází z opatření uvedených v Národním bezpečnostním systému (RD 311/2022 ze dne 3. května), normy ISO 27001 a směrnice Evropského parlamentu a Rady 2022/2555 NIS 2.

Řízení rizik a kontinuita:

Provádějte pravidelnou analýzu rizik a zavádějte kontrolní mechanismy odpovídající zjištěným hrozbám a revidujte je po incidentech nebo technologických změnách. Mít zavedené plány kontinuity provozu a obnovy po havárii, které se vztahují jak na podnikové IT systémy, tak na OT (provozní) systémy.

-Pokud jde o průmyslové řídicí systémy, bylo by vhodné aplikovat aktualizace podle požadavků výrobců a nasadit řešení s aktuální podporou. S ohledem na Národní bezpečnostní program by měla být uplatňována opatření pro údržbu a bezpečnostní aktualizace. Ten stanoví řadu opatření a posilujících opatření pro splnění specifikací výrobců a průběžné sledování oznámení závad.

Směrnice NIS 2 zahrnuje také potřebu kybernetické hygieny, jako jsou zásady nulové důvěryhodnosti, aktualizace softwaru, konfigurace zařízení, segmentace sítě, správa identit a přístupu a informovanost uživatelů, jakož i školení a zvyšování povědomí zaměstnanců o kybernetických hrozbách, nelegálním získávání citlivých údajů a technikách sociálního inženýrství. Kromě toho by měly posoudit své vlastní schopnosti v oblasti kybernetické bezpečnosti a případně zajistit integraci technologií zvyšujících kybernetickou bezpečnost, jako jsou systémy umělé inteligence nebo strojového učení, aby posílily své schopnosti a bezpečnost síťových a informačních systémů.

Posílení kontroly přístupu



Použijte zásadu nejmenších privilegií. Přísně kontrolujte účty s oprávněními v systémech SCADA/OT zavedením auditních záznamů o jejich činnostech.

Důrazně se doporučuje používat druhý faktor ověřování při všech vzdálených přístupech, a to jak k podnikovým službám, tak ke službám třetích stran poskytovaným prostřednictvím cloudových řešení. Národní bezpečnostní schéma v opatřeních týkajících se autentizačních mechanismů pro externí uživatele i uživatele z řad subjektů stanoví, že v těchto scénářích vystavení je třeba kromě hesla použít další autentizační faktor.

Článek 21 NIS 2 o opatřeních k řízení rizik v oblasti kybernetické bezpečnosti v bodě 2 písm. j) výslově zahrnuje používání vícefaktorové autentizace nebo řešení průběžné autentizace, bezpečné hlasové, video a textové komunikace a případně bezpečných systémů nouzové komunikace v rámci instituce.

S ohledem na další bezpečnostní opatření, která musí tyto systémy mít, lze použít dvoufaktorové autentizační prvky, jako jsou certifikáty, prvky OTP (jednorázové heslo) nebo jiné biometrické prvky.

Je důležité stanovit přísné zásady přístupu a zkontrolovat, kdo má oprávnění ke správě.

Výchozí pověření je třeba změnit. Použijte

vícefaktorové ověřování.

Používejte silná a jedinečná hesla pro každé

zařízení. Vypněte nepotřebné služby.

Zavřete nepoužívané porty.

Povolte protokoly přístupu a audity.

Aktivní monitorování

Posílení systémů detekce, prevence a reakce.

Doporučuje se používat SIEM (Security Information and Event Management) s integrací protokolů SCADA.



Doporučuje se shromažďovat a centralizovat protokoly/události o činnosti a/nebo zabezpečení v řešeních typu SIEM, aby bylo možné provádět hromadnou korelaci a analýzu.

Stejně tak se doporučuje dostatečně dlouhá doba uchovávání (ideálně 2 roky), která umožní dostatečně důkladné vyšetřování v případě kybernetického bezpečnostního incidentu.

Národní bezpečnostní systém zahrnuje zaznamenávání činností jako základní prvek pro zajištění řádného dodržování rozměru sledovatelnosti. Pouze díky konsolidovaným systémům správy protokolů a jejich korelací bude organizace schopna včas identifikovat škodlivou činnost a reagovat na ni.

Podobně i směrnice NIS 2, mezinárodní normy a systémy zahrnují sledovatelnost a řízení událostí jako jeden ze základních prvků pro zajištění schopnosti subjektu identifikovat kybernetické útoky a adekvátně na ně reagovat.

Doporučuje se implementovat globální řešení s přebíráním nejdůležitějších logů činností pro účely daného subjektu: důležitými logy, které je třeba konsolidovat, jsou mimo jiné řešení ochrany proti škodlivému kódu, autentizace, ochrana perimetru nebo události systému SCADA.

Oddělení prostředí a sítí

Vzhledem k důležitosti oddělení sítí, aby se zabránilo tomu, že dopady z jednoho systému mohou mít vliv na druhý (především z prostředí IT na OT), je vhodné tato prostředí oddělit.

Posouzení rizik prostřednictvím analýzy rizik pravděpodobně určí, že častější rizika v prostředí IT a snížená schopnost implementovat bezpečnostní opatření v prostředí OT budou vyžadovat zavedení kompenzačních opatření.

Oddělení prostředí nebo zřízení zařízení, jako jsou diody nebo brány, a použití vhodných bezpečnostních provozních postupů musí zajistit izolaci a bezpečnost prostředí, přičemž každé prostředí musí řešit rizika odpovídající jeho povaze.



V případech, kdy je komunikace mezi oběma světy nutná, je třeba použít průmyslové firewally a demilitarizované zóny (DMZ) k filtrování a řízení takového provozu.

Posílení zabezpečení perimetru a segmentace sítě (IT/OT). Používejte DMZ pro rozhraní člověk-stroj nebo datové servery.

Používá bezpečné, efektivní a interoperabilní komunikační standardy mezi zařízeními, systémy a aplikacemi v průmyslovém prostředí s šifrováním TLS a vzájemným ověřováním.

Izolovat protokoly ve vyhrazených virtuálních privátních sítích (VLAN) nebo šifrovaných tunelech VPN.

Ochrana a detekce:

Zavedení strategie "obranné linie do hloubky" s řešeními ochrany perimetru, aktuálními antivirovými systémy/EDR, systémy detekce narušení (IDS/IPS) specializovanými na průmyslové prostředí a nepřetržitým monitorováním kritických sítí za účelem odhalení anomálních aktivit v reálném čase. Udržování všech systémů v aktuálním stavu s aktualizacemi zabezpečení, přičemž prioritu mají ty, které opravují aktivně zneužívané zranitelnosti nebo které se týkají starších průmyslových zařízení.

Schopnosti reakce na incidenty:

mít plán reakce na kybernetické incidenty (zahrnující provoz a fyzickou bezpečnost). Tento plán by měl zahrnovat postupy pro rychlou izolaci napadených systémů, interní a externí komunikaci (např. jak informovat úřady a zákazníky v případě výpadku) a postupné obnovení služeb.

Provádět pravidelná cvičení a nácviky (např. cvičení síťových týmů) za účelem školení zaměstnanců a zdokonalení koordinace mezi týmy IT, OT a krizového řízení.

Zajistit dostupnost klíčových pracovníků organizace; určit prostředky pro poskytnutí nouzové podpory při reakci na incident.

Zvyšování povědomí a školení:

Zaměstnanci by měli být proškoleni v oblasti bezpečných postupů (např. rozpoznávání cílených pokusů o phishing, protokol pro výstrahy v počítačových systémech atd.).



kontrola atd.). Podporovat kulturu, v níž jsou anomálie nebo chyby hlášeny okamžitě, aby mohly být prošetřeny dříve, než dojde k jejich eskalaci.

Uživatelé z řad správců

Posílení bezpečnostních opatření platných pro tyto uživatele správce.

V tomto smyslu stanoví příručky CCN-STIC Národního kryptologického centra nebo osvědčené postupy výrobců další opatření pro použití privilegovaných uživatelů. Zpřísnění politiky pověření, omezení používání pověření zamezením prohlížení internetu nebo zvýšení varovných procesů pro privilegované používání práv jsou některá z opatření, která lze zavést. Vytvořte také diferencované účty podle rolí, aby privilegovaný uživatel měl také standardní účet, aby bylo možné rozlišit operace.

Provádění pravidelných bezpečnostních kontrol

Obecně se doporučuje, aby subjekty pravidelně prováděly hodnocení zranitelnosti s cílem identifikovat potenciální rizika v infrastruktuře a také řídit nápravu zjištěných zranitelností.

Článek 8 národního bezpečnostního systému zahrnuje jako základní zásadu opatření týkající se aspektů prevence, odhalování a reakce s cílem minimalizovat zranitelnost systému a zajistit, aby se hrozby pro systém nenaplnily, a pokud ano, aby vážně neovlivnily informace, které zpracovává, nebo služby, které poskytuje.

Rovněž článek 10 o průběžném monitorování a pravidelném přehodnocování umožní průběžně posuzovat stav bezpečnosti aktiv a měřit jeho vývoj, odhalovat zranitelnosti a identifikovat nedostatky v konfiguraci.

Evropská směrnice NIS 2 se v čl. 21 písm. e) zabývá bezpečností při pořizování, vývoji a údržbě síťových a informačních systémů, včetně správy a zveřejňování zranitelností.

Zavedení automatizovaného řešení pro skenování zranitelností "bílé skříňky" a čas od času provedení cvičení Pentest nebo Red Team umožní subjektu lépe porozumět svým slabým místům a použít přímá ochranná opatření, jako je aplikace aktualizací nebo když



není možné z důvodu neovlivnitelných problémů, jako je nedostatečná funkčnost systému typu OT, použít vhodná kompenzační opatření.

Je nezbytné použít bezpečnostní záplaty vydané výrobci.

Pracovníci, kteří systémy obsluhují, musí znát správné bezpečnostní postupy, vědět, jak rozpoznat podezřelé chování, a vědět, jak v případě incidentu postupovat.

Provádění pentestingu SCADA v kontrolovaném prostředí

Školení zaměstnanců v oblasti sociálního inženýrství, phishingu a správných postupů OT. Zálohování a obnovení systémů

Provádějte pravidelné zálohování a testy obnovy a obnovení. V ideálním případě by tyto zálohy měly být fyzicky odpojeny a chráněny.

Aktivně se účastnit partnerství veřejného a soukromého sektoru specializovaných na kybernetickou bezpečnost.

Směrnice NIS 2 (konsolidace 55), stejně jako její předchůdkyně, členským státům znova zdůraznila význam podpory politik, které podporují vytváření specifických partnerství veřejného a soukromého sektoru v oblasti kybernetické bezpečnosti. Agentura ENISA podporuje takové subjekty již od roku 2009.

Příkladem může být účast v centrech pro sdílení a analýzu informací (ISAC) ve strategických odvětvích. ISAC jsou partnerství veřejného a soukromého sektoru, která usnadňují sdílení zpravodajských informací o kybernetických hrozbách a spolupráci mezi svými členy s cílem zlepšit kybernetickou bezpečnost.

PRO PROVOZOVATELE KRITICKÉ INFRASTRUKTURY/PODSTATNÝCH SLUŽEB

Elektrárenské společnosti prohlášené za kritického provozovatele (zákon 8/2011) jsou pro účely RDL 12/2018 automaticky kvalifikovány také jako provozovatelé základních služeb (OSE), což znamená, že podléhají dvojímu režimu dodržování předpisů:

JAKO KRITIČTÍ OPERÁTOŘI



Pod dohledem státního tajemníka pro bezpečnost jako příslušného orgánu vykonávaného prostřednictvím Národního centra pro kritickou infrastrukturu (CNPIC):

Vypracovat bezpečnostní plán provozovatele a pro každou kritickou infrastrukturu zvláštní plán ochrany s průběžným systémem řízení bezpečnosti informací s ohledem na rizika.

Jmenujte osobu odpovědnou za bezpečnost a spojení s CNPIC.

Jmenujte bezpečnostní delegáty v každém kritickém zařízení a usnadňte kontroly.

Zavedená technická a organizační opatření jsou přezkoumávána prostřednictvím externích auditů nejméně jednou za dva roky.

neprodleně hlásit příslušné incidenty.

neprodleně hlásit události, které narušují nebo mohou narušit bezpečnost kritických infrastruktur nebo základních služeb poskytovaných veřejnosti jejich prostřednictvím, a v tomto okamžiku přijmout konkrétní opatření obsažená ve zvláštních plánech ochrany pro každou kritickou infrastrukturu.

PROVOZOVATEL ZÁKLADNÍCH SLUŽEB

Pod dohledem státního tajemníka pro bezpečnost jako příslušného orgánu vykonávajícího prostřednictvím Úřadu pro koordinaci kybernetické bezpečnosti (OCC), přinejmenším:

Určete pracovníka pro bezpečnost informací (ISO) a informujte o něm jako o kontaktním místě a technické koordinaci.

Řešení a oznamování kybernetických bezpečnostních incidentů příslušnému orgánu prostřednictvím národního CSIRT v souladu s ustanoveními RD-I 12/2018 o bezpečnosti sítí a informačních systémů. Stanovené prahové hodnoty nebezpečnosti a dopadu jsou k nahlédnutí v příloze RD 43/21 "NÁRODNÍ INSTRUKCE PRO OZNÁMENÍ A ŘÍZENÍ KYBERNICEZIDŮ".

Přijmout vhodná a přiměřená technická a organizační opatření k řízení rizik, která představují bezpečnost sítí a informačních systémů používaných při poskytování služeb. Tato opatření musí být



se odráží v prohlášení o použitelnosti bezpečnostních opatření, které se předkládá OCC.

Spolupracujte s příslušným orgánem. Zejména poskytovat informace nezbytné k určení příčin, povahy a následků všech incidentů, které se u nich vyskytly.

Z obou oblastí lze vyvodit následující doporučení:

Meziinstitucionální koordinace mezi kritickými provozovateli a Státním sekretariátem pro bezpečnost je klíčovým prvkem reakce na incidenty. Je proto nezbytné, aby kritičtí provozovatelé prováděli průběžné a pravidelné hodnocení rizik (všech typů) a cvičení kontinuity provozu, aktualizovali bezpečnostní plány provozovatele a plány specifické ochrany, včetně hloubkových údajů v těchto plánech, které by usnadnily identifikaci možných selhání systémů nebo provozních postupů.

Analýza by také mohla být navržena jako pomůcka při rozhodování o integraci IT/OT systémů v bezpečných segmentovaných sítích, stejně jako při implementaci průmyslových firewallů nové generace založených na umělé inteligenci.

Na druhou stranu je pro průmyslová prostředí nezbytné monitorování provozu pomocí specifických systémů detekce narušení (IDS), protože tyto systémy mohou být zdrojem incidentů, které způsobí výpadek poskytování základních služeb zásadního významu.

Považuje se rovněž za vhodné, aby kritičtí operátoři/OSE měli povinně záložní komunikační systémy, např. satelitní telefony, které by pomohly zajistit spojení těchto subjektů v situacích, jako byla ta z 28. dubna.

Kromě toho se doporučuje vysvětlit nasazení některých technologií v kritické infrastruktuře. Každá kritická infrastruktura je jedinečná, což znamená, že existuje technologie speciálně navržená tak, aby umožňovala plnit její účel. Proto je nutné být při vysvětlování v plánu zvláštní ochrany v případě infrastruktur tohoto druhu obzvláště konkrétní, aby se usnadnilo jejich pochopení.



Stejně tak se zdá být vhodné specifikovat, kde v architektuře sítě a systému působí logická bezpečnostní opatření, s uvedením, na které části systému je ochrana určena.

Zajímavé se rovněž považuje komplexní určení vzájemných závislostí infrastruktury s třetími stranami. To proto, že žádná infrastruktura nefunguje izolovaně. Její provoz a bezpečnost jsou neoddělitelně spjaty se stabilitou ostatních infrastruktur, služeb a poskytovatelů.

Závěrem je třeba poznamenat, že bez ohledu na výše uvedené skutečnosti mají SBI, včetně těch, které analyzovala tato pracovní skupina, obecně a z hlediska kybernetické bezpečnosti robustní politiky a vysokou úroveň vyspělosti.



ŘÍZENÍ INCIDENTŮ A KANÁLY PRO PODÁVÁNÍ ZPRÁV

Je zapotřebí agilní a koordinované řízení incidentů. Níže jsou shrnutы klíčové pokyny a kanály, které jsou k dispozici pro hlášení a řízení kybernetických bezpečnostních incidentů v odvětví elektroenergetiky:

Kdo a komu podává oznámení

Provozovatelé OC/OSE: CNPIC a příslušnému orgánu v oblasti reakce na incidenty prostřednictvím referenčního CSIRT:

Veřejný sektor → CCN-CERT (kanály 24/7): incidentes@ccn-cert.cni.es

Soukromý sektor → INCIBE-CERT (webový formulář a telefon).

Subjekty s vysokým/kritickým dopadem (reg. 2024/1366): navíc formální hlášení CNMC a INCIBE-CERT.

Obsah a cyklus podávání zpráv

Počáteční záznam s typem útoku, zasaženými systémy a dopadem; průběžné aktualizace a uzavření s provedenými opatřeními, jak je popsáno v RD 43/2021.

Technická podpora po upozornění

CCN-CERT nebo INCIBE-CERT poskytují analýzu škodlivého softwaru, IOC a návod na jeho likvidaci; orgány mohou vyžadovat další informace a stanovit zvláštní povinnosti pro SBI, pokud jde o bezpečnost sítí a informačních systémů a podávání zpráv.

Další zdroje

Linka 017 (INCIBE) pro dotazy od 8 do 23 hodin, portály s právními formuláři a často kladenými dotazy; zahrnutí telefonních čísel pro případ nouze do interního plánu.

Referenční příručky

Národní instrukce pro oznamování a řízení kybernetických incidentů (RDL 12/2018).

Řada CCN-STIC; Průvodce CCN-STIC-817 se zabývá průmyslovým prostředím.



2. Opatření navržená GTOSE

V souladu s mandátem Národní bezpečnostní rady jsou níže uvedeny návrhy opatření k řešení faktorů, které vedly k výpadku elektřiny dne 28. dubna, a dále opatření zaměřená na posílení elektrizační soustavy v různých oblastech.

1. Posílení dohledu a ověřování dodržování povinností všemi činiteli soustavy, zejména těch, které souvisejí s regulací napětí a účiníku.

- **Analýza dodržování platných předpisů příslušnými kontrolními, vyšetřovacími a případně sankčními orgány**, a to nejen v souvislosti s událostmi z 28. dubna, ale i v širším měřítku.
- **upravit právní režim společných evakuačních infrastruktur**, jakožto kritického bodu určeného pro fungování systému, s ohledem na požadavky na kritéria technické solventnosti a další požadavky, jejich povinnosti vůči systému, jakož i spoluodpovědnost subjektů napojených na tyto infrastruktury za jejich řádné fungování.
- **Urychlit zřízení a odpovídající personální obsazení Národní energetické komise jako specializovaného regulačního a kontrolního orgánu zaměřeného výhradně na odvětví energetiky**, a to s ohledem na vysokou složitost a specifičnost tohoto odvětví, rostoucí množství a specifičnost platných technických předpisů, potřebu většího dohledu a transparentnosti a kritický význam tohoto odvětví pro společnost, hospodářství a bezpečnost státu jako celku.



2. Technická opatření k posílení kapacit pro regulaci napětí a ochranu proti oscilacím soustavy.

- **Bezodkladné schválení a zavedení nové služby řízení napětí upravené v provozním postupu 7.4.** S touto aktualizací:
 - o Tuto službu může poskytovat nejen synchronní výroba, ale jakékoli výrobní zařízení, včetně asynchronní výroby instalované v posledních letech⁽¹⁶⁾, , v závislosti na tom, kdo tuto funkci poskytuje za konkurenceschopnější cenu.
 - o Tato změna bude znamenat, že zařízení rozmístěná po celé zemi budou moci přispívat k regulaci napětí, čímž se posílí dostupné nástroje s širokým územním rozložením. Vzhledem k tomu, že se jedná o otevřenou službu, posiluje technologickou neutralitu, což umožňuje dosáhnout požadovaných cílů s nejnižšími náklady pro spotřebitele, a dokonce poskytuje úspory s ohledem na výchozí bod.
 - o Kromě toho jsou stanoveny sankce za nedodržení povinností týkajících se regulace napětí, které se nadále vztahují na synchronní generátorové soustavy.
 - o Po schválení CNMC je na provozovateli a všech zástupcích systému, aby tento nový rámec urychleně uplatňovali.
- **Naléhavé začlenění dalších nástrojů pro monitorování napětí a řízení oscilací v elektrických sítích.**
 - o Navrhuje se, aby se do plánování přenosové soustavy urychleně začlenily technologie, které umožňují větší regulaci napětí, jakož i průběžnou (nikoliv postupnou) regulaci. Na základě analýzy nákladů a přínosů různých technologií se navrhuje začlenění následujících technologií:

¹⁶Odhaduje se, že v pevninské elektrizační soustavě je v současné době 19 GW instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren (témaž polovina celkového výkonu) a 5 GW větrných elektráren (16 % celkového výkonu) v souladu s evropským síťovým předpisem RfG, a mají tedy schopnost regulovat napětí.



- Synchronní kompenzátorysty rozmištěné po celém území poloostrova. Tato technologie umožňuje nepřetržitou regulaci napětí a také poskytuje zkratový výkon a setrvačnost.
- Modernizace systému FACTS¹⁷, aby byla zajištěna stabilita napětí a tlumení oscilací.
- Instalace nových předřadníků
 - o Do nařízení o výši investic do distribučních sítí se navrhujeme zahrnout povinnost zahrnout do investičních plánů distributorů konkrétně nástroje pro kontrolu a monitorování napětí. Navrhujeme se rovněž začlenit opatření související s telekomunikacemi a dálkovým ovládáním, jakož i odolnost zařízení vůči nepředvídaným událostem.
 - o Navrhujeme se začlenit regulační opatření k urychlení začlenění těchto opatření do plánů přenosových a distribučních sítí a k urychlení jejich zpracování.
- **Plán instalace a správné konfigurace stabilizačních systémů PSS a POD (v synchronní a asynchronní výrobě) pro posílení odolnosti a tlumení systému proti oscilacím.** Navrhujeme se, aby provozovatel soustavy a vlastníci výrobních zařízení provedli analýzy a opatření k zajištění větší ochrany soustavy proti oscilacím.

Tato opatření, kromě posílení regulace napětí v soustavě, sníží potřebu programování tepelných skupin z důvodu technických omezení (tyto skupiny se budou moci účastnit i trhu s regulací napětí a konkurovat ostatním technologiím), což bude mít čtyřnásobný přínos: nižší náklady na regulační služby, nižší emise CO₂, nižší vypouštění obnovitelných zdrojů¹⁸ a možnost stejného využití různých technologií (různých výrobních technologií),

¹⁷Flexibilní přenosový systém síťidlového proudu

¹⁸Pokud je generátorová soustava naplánována pro regulaci napětí, je obvykle naplánována na "technické minimum", tj. minimální výrobu potřebnou pro připojení, protože soustava tuto energii "nepotřebuje", ale je spíše výsledkem připojení generátorové soustavy pro regulaci napětí. Aby byla zaručena rovnováha mezi výrobou a poptávkou, znamená tato "nadbytečná" výroba skupin připojených regulací napětí omezení jiné výroby, která by byla dorovnána na trhu, což zvyšuje přelévání výroby.



) mají nové zdroje příjmů, pokud jsou konkurenceschopnější než ostatní technologie, s nimiž si v nabídce těchto služeb konkurují.

- **Žádost o výjimku, která by nejméně do 1. ledna 2029 odložila zkrácení času na 30 minut před skutečným časem uzavření vnitrodenního mezipásmového trhu, aby měl provozovatel soustavy dostatek času na analýzu a plánování provozu v reálném čase, aniž by byla ohrožena bezpečnost dodávek.**

3. Nadále usilovat o větší propojení s evropským systémem.

Posílení propojení přiblíží poloostrov z elektrického hlediska k "těžišti" propojené elektrizační soustavy, zlepší konkurenceschopnost na obou stranách propojení díky zvýšené kapacitě toku elektřiny a v případě havárií zvýší záložní kapacity dostupné na obou stranách hranice.

4. Plán služeb pro úpravu

Po zavedení nulové elektřiny nabyla na významu služby přizpůsobení, a to s ohledem na skutečnost, že některé skupiny naprogramované a odměňované v tomto rámci zřejmě neplnily dostatečně svůj účel v případě regulace napětí, jakož i na úlohu, kterou tyto služby získaly v rámci "posíleného provozu" provozovatele soustavy.

Navrhuje se plán úprav služeb, který má posílit systém a zároveň minimalizovat náklady pro spotřebitele:

- **Analýza současného provozu a výkonnosti zařízení**
- **Revize regulace rozvrhování technických omezení tak, aby zahrnovala nové situace v systému a řešení k jejich řešení, která jsou z technologicky neutrálního hlediska novější.** Pro ilustraci lze uvést nahrazení nebo začlenění kritérií, jako např.



vstupní a výstupní rampy, otevření nových trhů tak, aby služby nebo technické požadavky, které může systém potřebovat, byly v daném okamžiku nabízeny nejkonkurenčeschopnějšími technologiemi, investice do systému, které mohou zabránit nutnosti programovat určité služby.....

- **Analýza nákladů spojených se službami úpravy**

5. Udržujte provozní postup doplňování zásob.

Jak je podrobně uvedeno výše, obnovení dodávek po výpadku proudu z 28. dubna bylo národními i mezinárodními odborníky považováno za příkladné. Navrhujeme se však tento operační postup aktualizovat a modernizovat, aby:

- Zahrnutí sankcí za nedodržení předpisů
- Umožnění vstupu nových technologií s cílem usnadnit autonomní zahájení činnosti
- Zapracování zkušeností získaných během procesu

6. Analýza a aktualizace ostatních provozních postupů

S ohledem na zkušenosti získané 28. dubna se navrhujeme přezkoumat a revidovat provozní postupy týkající se:

- Doplnit stávající požadavky na úrovni napětí o novou regulaci reakce na rychlosť nárůstu napětí, což je jev, který byl klíčový pro události z 28. dubna, ale není dostatečně konkrétně zohledněn v postupech.
- Požadavky na dodávku energie do sítě výrobními zařízeními, včetně takových aspektů, jako je kvalita průběhu činného výkonu.
- Obecná kritéria pro ochranu elektrizační soustavy prostřednictvím zpracování nových P.O. 11.1 a 11.2 na základě návrhu provozovatele soustavy na konci ledna 2025.

7. Zvýšení poptávky po elektřině

Jak bylo popsáno výše, nízká spotřeba energie ve špatně zasiťovaném systému přispívá k přepětí prostřednictvím kapacitního účinku vedení. A



Podpora elektrifikace umožňuje lepší využití elektrické soustavy, a tím i nižší přepětí na vedení a nižší jednotkové náklady. Kromě toho je to nejlepší příležitost, jak využít potenciální konkurenční výhodu, kterou poskytují konkurenceschopné náklady na obnovitelné zdroje energie ve Španělsku. Za tímto účelem se navrhují:

- **Průmyslová elektrifikace**
 - o Zahájení dalšího plánování přenosové soustavy elektrické energie v horizontu do roku 2030 s upřednostněním průmyslové spotřeby.
 - o Schválení investičního plánu na vrub PRTR (931 milionů EUR) na financování opatření v přenosové soustavě s cílem minimalizovat dopad těchto investic na konečné účty spotřebitelů.
 - o Aktivace výběrových řízení na přístup k tomuto typu zařízení na straně poptávky.
 - o Ukončení platnosti nevyužitých povolení k přístupu k poptávce, aby se zabránilo umělému blokování elektrických sítí a umožnilo se jejich využití pro vyspělé a solventní projekty.
 - o Revize předpisů o limitech investic do sítí, která by byla spojena s povinností provozovatelů distribučních sítí zahrnout do svých investičních plánů konkrétní opatření pro elektrifikaci průmyslu, jakož i otevřené a transparentní procesy, které by umožnily průmyslu předložit své potřeby v oblasti poptávky.
- **Elektrifikace dalších způsobů využití energie, jako je mobilita a tepelná spotřeba.**

8. Zvýšení odolnosti a flexibility elektrizační soustavy

Jak vyplývá ze shromážděných informací a provedené analýzy, událost z 28. dubna nebyla způsobena nedostatečnou kapacitou nebo pevností systému. V souladu s mandátem Národní bezpečnostní rady a v rámci komplexnější analýzy bezpečnosti a flexibility elektrizační soustavy se však navrhuje:



- **Posílení skladování elektrické energie**
 - o uznání veřejně prospěšného charakteru, který se již vztahuje na výrobní zařízení, pro skladovací zařízení a jejich evakuační infrastruktury, jakož i zohlednění obecného zájmu, které se vztahuje na jiné typy infrastruktur.
 - o Administrativní a zpracovatelská zlepšení spojená se skladovacími zařízeními a jejich hybridizací v projektech obnovitelných zdrojů.
- **Podpora specifických právních předpisů o flexibilitě**
 - o Začlenění cílů flexibility do vnitrostátních odvětvových předpisů
 - o Schválení regulace nezávislého agregátora, aby se maximalizoval počet potenciálních účastníků flexibilních systémů.

Schválení nařízení o kapacitním trhu v návaznosti na povinné povolení Evropské komise s cílem zvýšit pevnost systému, a tím zvýšit úroveň bezpečnosti dodávek.

- **Plán na podporu projektů obnovitelných zdrojů energie**, který usnadní výměnu starých zařízení pro obnovitelné zdroje energie za moderní, což umožní zahrnout nejnovější požadavky na kontrolu, řízení a odolnost systému.



7. ÚVAHY NA EVROPSKÉ ÚROVNI

Po analýze faktorů, které vedly k nulovému napětí 28. dubna, byly na evropské úrovni identifikovány relevantní prvky v oblasti regulace, řízení nebo techniky, které jsou shrnuty níže a které se navrhují předat příslušným orgánům Společenství.

- **Propojení.** Elektrická soustava poloostrova má nízkou úroveň propojení s kontinentální Evropou, sotva 3 % instalovaného výkonu, což je daleko od cíle 15 % stanoveného evropskými předpisy. Je nezbytné pokračovat v pokroku při zvyšování propojení Pyrenejského poloostrova s ostatními částmi evropské soustavy, aby se posílil vnitřní trh a využily se odpovídající příležitosti jak pro Pyrenejský poloostrov, tak pro zbytek evropské soustavy.
- **Čtvrtodenní trh.** Při interakcích s různými subjekty panovala vysoká míra shody ohledně výzvy, kterou představuje přechod od hodinových trhů ke čtvrtodenním / čtrnáctidenním trhům. V tomto ohledu se od 18. března 2025 obchoduje na vnitrodenním trhu čtvrtodennově a od 1. října se plánuje, že se to bude týkat i denního trhu. Navrhuje se, aby Evropská komise a Agentura pro spolupráci energetických regulačních orgánů (ACER) byly informovány o potřebě analyzovat a znova posoudit náklady a přínosy tohoto opatření, a tedy i jeho vstup v platnost. Jakákoli změna tržních a provozních pravidel, která omezuje nástroje pro řízení elektrizačních soustav, musí být pečlivě analyzována.
- **Uzavírací doba mezi zónami.** V souvislosti s výše uvedeným bylo v poslední reformě nařízení o vnitřním trhu s elektrinou stanoveno, že od 1. ledna 2026 nebude čas uzavření vnitrodenního mezizónového trhu předcházet reálnému času o více než 30 minut. Cílem tohoto opatření je přiblížit trhy reálnému času, aby subjekty mohly maximalizovat své transakční příležitosti, zejména ty, jako je výroba energie z obnovitelných zdrojů, které podléhají větší nejistotě a variabilitě. Aniž by byla dotčena skutečnost, že nařízení umožňuje provozovatelům soustav požádat o prodloužení odkladu této povinnosti v případě, že existuje riziko pro bezpečnost dodávek (což Výbor navrhuje pro REE v části Doporučení), analýza události ukazuje, že opatření, jehož cílem je přiblížit dobu uzavření



trhy omezují možnosti analýzy a plánování provozu soustavy, zejména ve slabě propojených soustavách, jako je Pyrenejský systém, kde je k dispozici méně tržních zdrojů ze sousedních soustav.

- **Kapacitní mechanismy.** Přestože nulová dodávka elektřiny 28. dubna nebyla způsobena nedostatkem pevných zdrojů nebo kapacit (protože k ní došlo v době relativně nízké poptávky a při více než dostatečném množství dostupných pevných zdrojů), je zřejmé, jak důležité je, aby všechny nástroje spojené se zabezpečením dodávek měly maximální prioritu a akceschopnost. V tomto smyslu je nezbytné, aby kapacitní mechanismy měly agilní postup, který členským státům umožní dát je k dispozici podle potřeby.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

CONSEJO DE
SEGURIDAD NACIONAL

COMITÉ PARA EL ANÁLISIS
DE LAS CIRCUNSTANCIAS QUE CONCURRIERON
EN LA CRISIS DE ELECTRICIDAD DEL 28 DE ABRIL DE 2025

PŘÍLOHA I. KONTROLNÍ STŘEDISKA

DŮVĚRNÉ



PŘÍLOHA II. SPOLEČNOSTI VYTVAŘEJÍCÍ KRITICKÝ DOPAD A SPOLEČNOSTI S VELKÝM DOPADEM

Tato klasifikace podle skupin podniků odpovídá klasifikaci podle CNMC.

FIRMA	VÝKON (MW)	Subjekt dopad
ENDESA GENERACIÓN S.A.	10.992,89	kritika
IBERDROLA GENERACIÓN, S.A.	9.638,43	kritika
NATURGY CICLOS COMBINADOS, S.L.	7.296,18	kritika
IBERDROLA GENERACIÓN TÉRMICA S.L.	5.186,72	kritika
IBERDROLA GENERACIÓN NUCLEAR, S.A.U.	3.066,13	kritika
IBERENOVA PROMOCIONES S.A.	2.851,41	vysoká
NATURGY GENERACIÓN, S.L.U.	2.279,16	vysoká
NATURGY RENOVABLES S.L.U.	2.125,14	vysoká
ENEL GREEN POWER ESPAÑA, S.L.	1.974,42	vysoká
IBERDROLA RENOVABLES CASTILLA LA MANCHA	1.808,00	vysoká
REPSOL GENERACIÓN CICLOS COMBINADOS, S.L.	1.624,90	vysoká
EDP RENOVABLES ESPANA S.L.U.	1.362,89	vysoká
ENGIE CARTAGENA, S.L.	1.199,25	vysoká
CORPORACION ACCIONA EOLICA, S.L.U.	1.146,17	vysoká



PŘÍLOHA III [REDACTED] - PŘIPOJENÁ ZAŘÍZENÍ

Název zařízení	Řídicí středisko	Maximální výkon	Uzel RdT	Pozice RdT	Typ instalace
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

DŮVĚRNÉ



PŘÍLOH [REDACTED]

- PŘIPOJENÁ ZAŘÍZENÍ

Název zařízení	Řidící středisko	Maximální výkon	Uzel RdT	Pozice RdT	Typ instalace
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

DŮVĚRNÉ

PŘÍLOHA V.

PŘIPOJENÁ ZAŘÍZENÍ

Název o Instalace webové stránky	Centrum pro Konektivitu	Power Grid	Uzel RdT	Pozice RdT	Typ instalace
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

DŮVĚRNÉ



PŘÍLOHA VI. DOPLŇOVÁNÍ ZÁSOB: VÝVOJ ZATÍŽENÍ DOPLNĚNO

Čas	Pokrytá poptávka (MW)	% očekávané poptávky	Příspěvek Francie (MW)
13:07	31	0	31
16:30	1905	8	1375
17:30	2812	12	1100
18:30	3943	16	1685
19:30	5508	22	1654
20:30	9146	35	1685
21:30	11211	40	1100
22:30	12751	48	800
23:30	13039	55	525
00:00	14074	61	312
01:00	14549	67	-102
02:00	16118	78	20
03:00	16552	82	20
04:00	16552	87	26
05:00	18563	92	190
07:00	25794	99,95	1057
14:36	23088	100	80



PŘÍLOHA VII. AKCE PROVÁDĚNÉ GTOSE

- GTOSE uspořádala následující pracovní schůzky:
 - 30. 4. 2025: pracovní schůzka po ustavujícím zasedání výboru 28-A v sídle MITERD.
 - 01/05/2025: pracovní schůzka s vedením provozu systému (DOS) REE v sídle REDEIA.
 - 03/05/2025: pracovní schůzka po druhém řádném zasedání výboru 28-A v sídle REDEIA.
 - 05/05/2025: pracovní schůzka po třetím řádném zasedání výboru 28- A v sídle MITERD.
 - 06/05/2025: pracovní schůzka s Ředitelstvím pro provoz systému REE (DOS) v sídle SEE.
 - 08/05/205: pracovní schůzka s Ředitelstvím pro provoz systému REE (DOS) v sídle DGPEYM.
 - 08/05/205: pracovní setkání po čtvrtém řádném zasedání výboru 28-A s vedením společnosti Iberdrola España a jejích dceřiných společností v oblasti energetiky a sítí v sídle společnosti Iberdrola.
 - 10/05/205: pracovní schůzka VC.
 - 12/05/2025: pracovní schůzka po pátém řádném zasedání výboru 28-A s vedením společnosti Endesa a jejích dceřiných společností v oblasti energetiky a sítí v sídle společnosti Endesa.
 - 13/05/2025: pracovní schůzka s Ředitelstvím pro provoz systému REE (DOS) v sídle DGPEYM.
 - 16/05/2025: pracovní schůzka VC.
 - 26/05/2025: pracovní schůzka s Ředitelstvím pro provoz systému REE (DOS) v sídle SEE.



- o 28. 5. 2025: pracovní setkání s vedením [REDACTED] a jeho dceřiných společností v oblasti energetiky [REDACTED] sídle společnosti
 - o 28. 5. 2025: pracovní setkání s vedením [REDACTED] a jeho dceřiných společností v oblasti energetiky a [REDACTED] sídle společnosti
 - o 04/06/2025: pracovní schůzka s vedením [REDACTED] v sídle této společnosti.
 - o 10. 6. 2025: pracovní schůzka s Ředitelstvím pro provoz systému REE (DOS) v sídle SEE.
- Z důvodů organizace práce a časových omezení nebylo možné reagovat na další výzvy, ačkoli byla zajištěna bezproblémová interakce se všemi aktéry.
 - Následně byly podány žádosti o informace a údaje hlavním provozovatelům elektrizační soustavy:
 - o Provozovatel systému (SO), společnost Red Eléctrica de España, S.A.
 - o Provozovatelé řídicích středisek výroby [REDACTED] připojených k řízené sítí (příloha I).
 - o Výrobní společnosti s instalovaným výkonem vyšším než 1 000 MW (příloha II).
 - o Provozovatelé distribučních soustav [REDACTED]
[REDACTED]
 - o [REDACTED]
v polohách rozvoden, kde bylo 28. dubna zjištěno první odpojení výroben, a také odpojení 22. dubna: [REDACTED]
[REDACTED]
 - o Společnosti vlastníci výrobní zařízení, u nichž získané údaje naznačují, že pravděpodobně patří mezi tyto společnosti



první odpojení:

- o [REDACTED]
- o Výrobcům střídačů, kteří představují významnou část trhu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů ve Španělsku. [REDACTED]
[REDACTED]

PŘÍLOHA VIII. AKCE PROVÁDĚNÉ GTCSD

Za účelem provedení souboru plánovaných činností analýzy / přezkoumání systémů in situ tato skupina vytvořila šest týmů rychlé reakce (RRT) a tým pro technickou koordinaci, jejichž úkolem bylo shromažďovat kontextové informace a informace zaznamenané v systémech různých subjektů, identifikovat indicie a získávat důkazy, které by mohly poukazovat na událost kybernetické povahy související s incidentem, který 28. dubna 2025 ovlivnil elektrickou soustavu ve Španělsku, nebo jej případně způsobil.

RRT jsou složeny ze tří referenčních týmů pro reakci na počítačové bezpečnostní incidenty ve Španělsku, jak je stanoveno v **královském zákonnému dekretem č. 12/2018 ze dne 7. září 2018 o bezpečnosti sítí a informačních systémů**, a jsou jimi vedeny: INCIBE-CERT (2), CCN-CERT (2) a ESPDEFICERT Společného velitelství pro kybernetický prostor (2). Národní koordinaci technické reakce provádí CCN na základě ustanovení čl. 11 odst. 3 výše uvedeného královského zákonného dekretu.

Každý tým zahrnoval pracovníky **bezpečnostních složek a sborů státu**, kteří byli zařazeni do **Národního centra ochrany kritické infrastruktury** nebo do **koordinačního úřadu pro kybernetickou bezpečnost ministerstva vnitra**.



V neposlední řadě byli do některých z těchto týmů začleněni také pracovníci MITECO a ministerstva pro digitální transformaci a státní službu (státní tajemník pro telekomunikace a digitální infrastrukturu - generální ředitelství pro digitální bezpečnost).

Minimální složení týmu je:

- 1 vedoucí týmu
- 1 analytik kybernetických hrozob
- 2 Analytik IT sítí
- 2 analytici sítě OT
- 1 dokumentarista (2. vedoucí)
- minimálně 1 příslušník OCC / CNPIC (Guardia Civil nebo Národní policie).
- 1 člen MTdyFP (SETELECO -SGSD-) nepovinný.
- 1 člen MITECO volitelně.
- Náhradníci

Bylo mobilizováno nejméně 60 lidí a dalších 15 lidí pracuje na analýze informací a údajů, které skupiny RRT shromáždily. Celkem 6 týmů tvořilo více než 75 lidí.

Hlavní činnosti prováděné v rámci nasazení jsou:

1. Analýza sítě OT
2. Analýza sítě IT
3. Analýza propojení a systémů kybernetické bezpečnosti

Stanovení priorit středisek, která mají být analyzována nebo přezkoumána, provádí společnost MITECO na základě znalostí o elektrické síti a analýzy, kterou provádí pracovní skupina pro provoz sítě, a v zájmu maximalizace účinnosti RRT je nezbytné, aby byly na základě této analýzy neustále aktualizovány.

Týmy provedly analýzy v následujících subjektech:



- **RRT-1 (CCN-CERT)** v subjektech **Company 1, 7** v zařízeních kontrolních středisek, která mají ve Španělsku.
- **RRT-2 (CCN-CERT)** v jednotkách **Enterprise 2, 8 a 13** v zařízeních řídicích středisek, která mají ve Španělsku.
- **RRT-3 (MCCE-ESPDEFCERT)** v subjektech **Enterprise 3 a 9** v zařízeních kontrolních středisek, která mají ve Španělsku.
- **RRT-4 (MCCE- ESPDEFCERT)** v subjektech **Společnosti 4, 10 a 14** v zařízeních kontrolních středisek, která mají ve Španělsku.
- **RRT-5 (INCIBE-CERT)** ve společnostech **5 a 11** v zařízeních kontrolních středisek, která mají ve Španělsku.
- **RRT-6 (INCIBE-CERT)** v subjektech **Company 6 a 12** v zařízeních kontrolních středisek, která mají ve Španělsku.

Každá RRT zahrnovala také alespoň jednoho člena OCC / CNPIC (Guardia Civil nebo Národní policie) a případně člena MTdFP (SETELECO -SGSD-) a MITECO.



PŘÍLOHA IX. SEZNAM PETIC

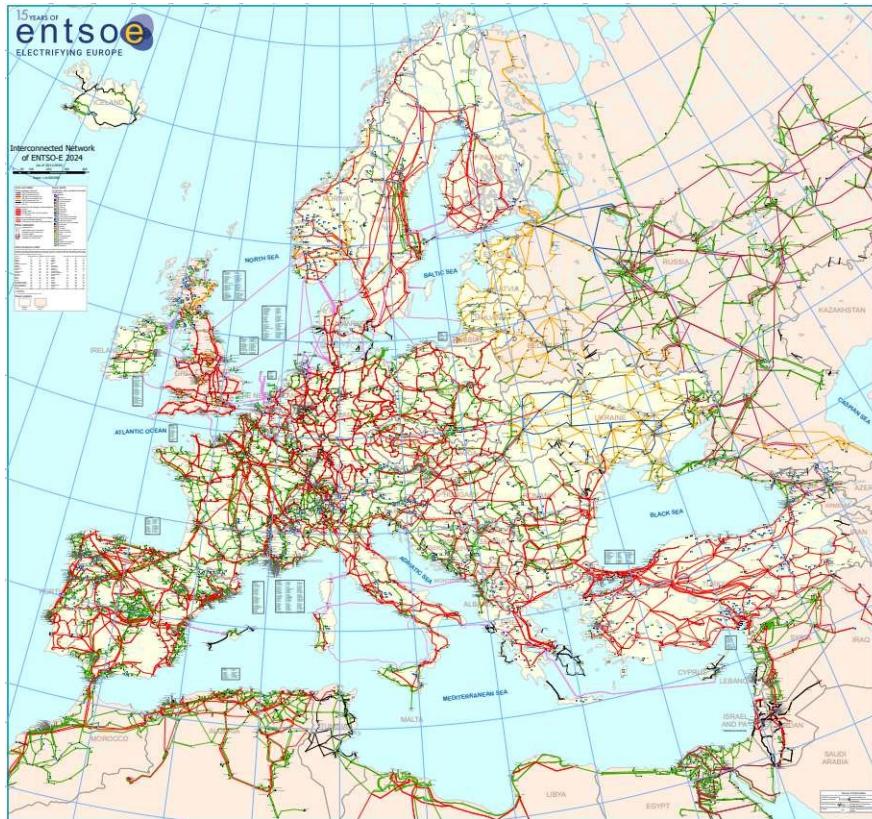
AGENT	KATEGORIE	POČET ŽÁDOSTÍ	POČET ŽÁDOSTÍ ÚČAST OD 16. 6. 2026	DATUM POSLED NÍ ŽÁDOSTI	POČET REKÓDOVÁNÍ

DŮVĚRNÉ



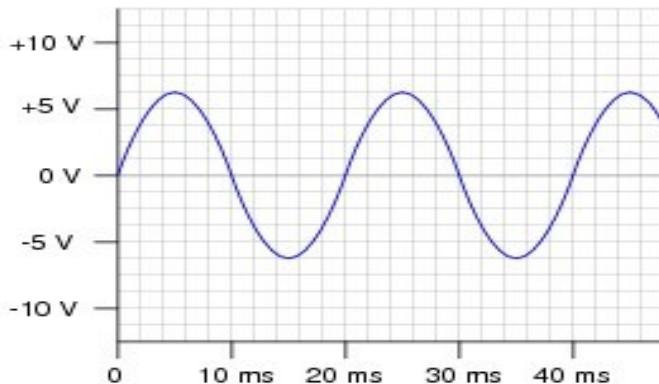
PŘÍLOHA X. STRUČNÉ ZÁKLADY SYSTÉMU ELEKTŘINA

- Energetické systémy jsou velmi složité, s miliony "synchronně" propojených prvků, které dodávají a spotřebovávají energii v okamžitě se měnícím množství.
- Jak stanoví zákon o elektroenergetice, elektrizační soustava se skládá z různých subjektů, které mají specifické povinnosti a práva, jež jsou nezbytné pro řádné fungování soustavy. V tomto smyslu existuje technický předpis, který stanoví podmínky, které musí jednotlivé subjekty splňovat: od **provozovatele soustavy a přepravce** (vlastník a správce přenosových sítí, tedy těch "vyššího napětí", které tvoří hlavní "tepny" soustavy), **distributorů** (vlastníci a správci sítí nižšího napětí, které zpravidla přenášejí energii ke spotřebitelům), ale také samotných **spotřebitelů a výrobců** (kteří musí plnit určité povinnosti týkající se "kvality" energie a způsobu, jakým je energie přenášena ke spotřebitelům), a také samotných **spotřebitelů a výrobců** (kteří musí plnit určité povinnosti týkající se "kvality" energie a způsobu, jakým je energie přenášena ke **spotřebitelům**. interakce se systémem).
- Spotřebitelé a výrobci se mohou připojit k přenosové i distribuční síti. V případě výroby existují společné evakuační infrastruktury (známé také jako "kolektorová zařízení" nebo společné evakuační infrastruktury, ICE) mezi různými výrobci, kteří se chtějí připojit k určitému bodu sítě. Tyto infrastruktury nejsou přenosovými ani distribučními sítěmi, ale představují soukromou síť ve vlastnictví výrobců až po "hraniční bod", kde se připojují k síti. Tato zařízení jsou obvykle spravována společnostmi, které jsou zase tvořeny vlastníky výrobních zařízení, kteří tato zařízení využívají k odvádění své energie do sítě.
- Elektrická soustava poloostrova je součástí **synchronní propojené evropské soustavy**, která zahrnuje Turecko na jihovýchodě, Moldavsko a Ukrajinu na východě, pobaltské země na severovýchodě, severské země na severu, Irsko na západě a Maroko na jihozápadě.



Obrázek 2 Mapa propojené sítě ENTSO-e

- Základními veličinami při provozu a fungování elektrických systémů jsou frekvence (Hz) a napětí (V).
- **Frekvence** souvisí s elektromagnetickou povahou střídavého elektrického proudu (AC) a měří počet kmitů vlnění za sekundu (napětí, intenzita, výkon). 50 Hz znamená, že se elektrické vlny opakují 50krát za sekundu (jeden úplný cyklus každých 20 ms). Tato frekvence elektřiny je určena rychlostí otáčení rotoru alternátorů (nazývaných také synchronní generátory). Pokud se generátory netočí (jako v případě fotovoltaické výroby), elektřina se zpočátku vyrábí jako konstantní veličina (stejnosměrný proud, DC) a pomocí zařízení zvaných střídače se převádí na střídavý proud (AC) s požadovanou frekvencí, aby mohla být dodávána do sítě.



- **Napětí**, nazývané také napětí nebo rozdíl potenciálů, určuje schopnost každého bodu sítě přenášet energii. Čím vyšší je napětí, tím nižší je intenzita elektrického proudu potřebná k dodání nebo spotřebování určitého množství energie. V síti existuje mnoho úrovní napětí: od 220 V v našich domácnostech až po 220 kV a 400 kV v přenosové síti REE.
- Obě proměnné souvisejí s energií obíhající v síti a svým způsobem slouží k měření stavu a stability systému. Elektrická energie ve střídavém proudu má vždy dvě složky: pojem "**aktivní energie**", což je užitečná energie pro vykonávání práce (pohyb motorů, čerpadel, osvětlení atd.), a pojem "**jalová energie**", což je energie neužitečná, ale jejíž přítomnost v síti je nevyhnutelná vzhledem k přirozené existenci určitých prvků, které buď jalovou energii vytvářejí (kondenzátory), nebo jalovou energii spotřebovávají (reaktory).
- **Frekvence** měří, zda je v daném okamžiku k dispozici "dostatek" činné energie, tj. zda nedochází k deficitu nebo přebytku výroby, a tedy k rovnováze mezi výrobou a spotřebou. Při nedostatku výroby klesá frekvence pod 50 Hz, při přebytku frekvence stoupá.
- Pojem "**setrvačnost**" označuje schopnost soustavy automaticky a okamžitě korigovat odchylky frekvence způsobené nerovnováhou mezi výrobou a poptávkou. V současné době zajišťují setrvačnost pouze synchronní generátorové soustavy, které se otáčejí s velkou hmotností energie (vodní a tepelné generátorové soustavy: jaderné, uhelné, plynové, solární, biomasové, kogenerační a odpadní). S rozvojem výkonové elektroniky a technologií "*formování sítě*" se technologie



(větrné a fotovoltaické) a akumulace budou v budoucnosti schopny zajistit syntetickou setrvačnost. Existují také zařízení, která mohou být integrována do sítě a poskytovat setrvačnost, jako jsou synchronní kompenzátory nebo setrvačníky.

- **Napětí naproti** tomu měří "kvalitu" energie protékající sítí, tj. zda je omezena úroveň jalového výkonu. Pokud se vyrábí příliš mnoho jalového výkonu, který se nespotřebuje nebo nekompenzuje, napětí stoupá a dochází k přepětí. Když je nadbytek jalového výkonu spotřebován, pak napětí klesá.
- V elektrizační soustavě může jalový výkon obvykle pocházet z určitých typů spotřeby, například ze samotného elektrického vedení. Zejména podzemní kabely jsou náchylnější ke generování jalového výkonu; podobně obecně platí, že vysoce propojené elektrické sítě v době nízké spotřeby (a tedy nízkých toků energie v těchto sítích) mají tendenci generovat více jalového výkonu, což přispívá, pokud není správně řízeno, k napěťovým špičkám.
- Postupy provozování elektrizační soustavy 1.1 a 1.3 stanovují, že napětí v přenosové soustavě se musí ve stabilní situaci pohybovat v rozmezí 380 až 435 kV v síti 400 kV a 205 až 245 kV v síti 220 kV. Není však vhodné, aby soustava pracovala v blízkosti těchto limitů, a proto byly v roce 2021 uzavřeny dohody mezi REE a správci distribučních sítí o kontrole napětí v určitých referenčních uzlech. V této oblasti, která sice není součástí předpisů, ale je referenční pro provoz soustavy, byly pro síť 400 a 220 kV definovány rozsahy "normální situace" 380-420 kV a 204,6-234,96 kV. Kromě toho tyto dohody stanovují přijetí "opatření pro koordinaci" v rozmezí 234,96-245,96 kV a 420-435 kV a "mimořádná opatření" nad horními hodnotami, které se již shodují s horními hranicemi předpokládanými ve výše uvedených provozních postupech.
- Pro regulaci napětí vyžadují předpisy, aby všichni provozovatelé přijali určitá opatření. Proto musí být uplatňován provozní postup 1.1.



provozovatelem soustavy (SO), a to jak ve studiích plánování provozu, tak v provozu v reálném čase, a ovlivňuje všechna zařízení soustavy spravované SO v poloostrovní elektrizační soustavě a všechna výrobní zařízení přímo připojená k této soustavě.

- Provozovatel soustavy má k dispozici různé nástroje pro působení na napětí. Na jedné straně zařízení integrovaná v samotné síti: v současné době jsou hlavním nástrojem, který má REE k dispozici, reaktory, jejichž připojení absorbuje jalové (nízké napětí v uzlu) a naopak. Reaktory však zpravidla neumožňují postupnou úpravu napětí, ale pouze jejich zapnutí nebo vypnutí ("všechno, nebo nic"), což omezuje možnosti provozovatele soustavy vyhlašovat pomocí této technologie výkyvy napětí v síti. Z tohoto důvodu existují i jiné typy zařízení (např. synchronní kompenzátory, FACTS a STATCOM), které již začaly být začleňovány do španělských elektrizačních soustav a které posilují přirozenou schopnost regulace napětí v síti.
- Na druhé straně se provozovatel uchyluje k takzvaným technickým omezením (viz následující oddíl o fungování trhu), při nichž plánuje připojení určitých výrobních infrastruktur na základě jejich kapacit a povinností regulace napětí (viz předchozí body), aby zajistil, že v daném okamžiku bude v soustavě dostatečná aktivní kapacita regulace napětí.
- Kromě toho předpisy, zejména provozní postup 7.4, ukládají výrobcům a spotřebitelům povinnost pracovat v rámci určitých parametrů a podílet se na regulaci napětí. Výrobny mohou podléhat regulaci napětí podle zadané hodnoty ("pozorují" napětí v síti a upravují svůj účiník tak, aby zvládly odchylky napětí) nebo pevnému účiníku (kdy hodnoty výstupního činného a jalového výkonu musí udržovat určitý poměr). V současné době výše uvedený regulační provozní řád stanoví konvenční výrobě povinnosti regulovat napětí podle žádané hodnoty, tj. aktivně přispívat k regulaci napětí, zatímco obnovitelné zdroje v rámci královského nařízení 413/2014 ze dne 6



Ty jsou již léta technologicky schopné pracovat na základě nastavené hodnoty, ačkoli to předpisy nevyžadují.

- Výše uvedený provozní postup vyžaduje, aby provozovatelé distribučních soustav i spotřebitelé se smluvním výkonem 15 MW a více podléhali účiníku, aby se zabránilo výrobě nebo spotřebě nadbytečné jalové energie.
- Pokud hodnoty frekvence a napětí překročí nebo klesnou pod určitou úroveň, hrozí nebezpečí pro zařízení, a proto existují ochranné prvky, které je odpojí, aby se zabránilo poškození zařízení nebo osob. V případě výroby elektřiny jsou kritéria napětí a frekvence, která musí výrobci elektřiny vydržet, upravena ve standardizovaných technických předpisech na evropské úrovni (nařízení Komise (EU) 2016/631 ze dne 14. dubna 2016, kterým se stanoví kodex sítě týkající se požadavků na připojení výrobců k síti), začleněných do španělského práva v královském dekretním rozkazu 647/2020 ze dne 7. července a nařízení TED/749/2020 ze dne 16. července. Funkcí těchto limitů je na jedné straně umožnit ochranu zařízení v situacích mimo obvyklé parametry, na druhé straně je povinnost udržovat připojení v určitých mezích, aby tato odpojení nepřispívala ke zhoršení problémů nebo situací, které v síti vznikly.
- Tato norma stanoví, že výroba připojená na 220 kV musí zůstat neomezeně připojena na napětí mezi 198 a 245,96 kV a po dobu 60 minut až do 253 kV¹⁹. V případě zařízení připojených na 400 kV musí zůstat neomezeně připojena na napětí do 435 kV a po dobu 60 minut až do 440 kV.
- V případě distribučních sítí stanoví královský dekret 1955/2000 ze dne 1. prosince 2000 mimo jiné ukazatele kvality dodávek,

¹⁹Neomezená doba provozu v rozsahu 0,90 pu - 1,118 pu a 60 minut provozu v rozsahu 1,118pu - 1,15pu



včetně úrovní napětí, při kterých musí tyto sítě pracovat. Zejména jsou stanoveny limity +/- 7 % nad jmenovitou hodnotou napětí.

- Z těchto důvodů provozovatelé energetických soustav průběžně sledují hodnoty těchto veličin v síti, aby je udrželi v přijatelných provozních mezích. K tomuto účelu používají dva systémy regulace: "regulace frekvence/výkonu" a "regulace napětí/reakce". Vzhledem k tomu, že k mnoha změnám v elektrické soustavě dochází během několika sekund, je důležitá část tohoto řízení automatická, založená na předem nastavených příkazech nebo parametrech, protože na ruční zásah při určitých událostech by nebyl čas.
- Kromě regulace frekvence a napětí věnují provozovatelé soustav v posledních letech zvláštní pozornost stabilitě a **oscilačním jevům**.
- Elektrizační soustavy žijí v trvalé "nestabilní rovnováze" mezi nabídkou a poptávkou, což znamená, že jejich hlavní veličiny se neustále mění, stoupají a klesají a po tzv. přechodném období se vracejí k předchozím hodnotám.
- Někdy však dochází k **"oscilacím"**, jevům, při nichž elektrické veličiny (napětí, frekvence) nepodléhají prudkému vzestupu nebo poklesu a pak zůstávají v novém stavu nebo se vracejí k hodnotám podobným předchozím, ale k vlnovitému kolísání, které se řídí pevným vzorcem frekvence a amplitudy, v podobě "houpačky".



Obrázek: Kmitání frekvence

- V elektrizačních soustavách se oscilace mohou vyskytovat mezi různými oblastmi propojené soustavy, přičemž nejzřetelnější jsou v okrajových oblastech nebo v oblastech elektricky vzdálených od "těžiště" soustavy, jako je například Pyrenejský poloostrov (který je vzdálený kvůli slabému propojení s kontinentem).



- Tyto **oscilace** se nazývají **mezioblastní** nebo "přirozené" oscilace, jsou známé, jsou vysvětleny strukturou a velikostí systému a jsou katalogizovány po určení, o jaký konkrétní pohyb se jedná a mezi jakými oblastmi se vyskytuje. Obvykle mají nízké frekvence kmitání, mezi 0,1 Hz a 1 Hz. Skutečnost, že se nachází na jednom konci evropské synchronní soustavy se slabým propojením, jako je tomu v případě Pyrenejského poloostrova, může způsobit, že se oscilace evropské elektrizační soustavy projeví silněji na poloostrově, a zejména v oblastech, které jsou elektricky nejvzdálenější od zbytku kontinentu. Dalo by se to popsat jako "bičový efekt", kdy malý pohyb nebo oscilace v blízkosti středu vyvolává velký pohyb v krajní části.
- Oscilace se mohou vyskytovat také mezi několika prvky v rámci oblasti systému, a to spíše lokální povahy. Mají vyšší frekvence kmitání než mezioblastní kmitání (až více než 1 Hz), i když to závisí na původu (mechanické, elektromechanické nebo elektronické/řídicí) a typu příslušného generátoru nebo požadavku.
- Oscilace jsou velmi nebezpečné, protože pokud nejsou tlumeny, zesilovány a dále narůstají, mohou vést k odpojení různých částí systému a k jeho úplnému zhroucení. Dne 1. prosince 2016 způsobila mezioblastní oscilace ve směru východ-střed-západ v evropské propojené soustavě odpojení několika oblastí soustavy.
- Evropská elektrizační soustava se neustále vyvíjí, což může mít vliv na oscilační režimy, které mohou soustavu ovlivnit. Jako příklad lze uvést, že v březnu 2022 došlo k synchronizaci elektrizačních soustav Ukrajiny a Moldavska s kontinentální evropskou sítí, čímž se elektrizační soustava na kontinentu rozšířila a upravila. Nedávno, v únoru 2025, byla dokončena synchronizace pobaltských zemí (Estonsko, Lotyšsko, Litva) s evropskou soustavou.
- Schopnost elektrického systému neutralizovat případné oscilace základních veličin a rychle vrátit systém do rovnovážného stavu se nazývá tlumení. Je to



parametr, který lze měřit kdykoli, je specifický pro každý uzel sítě a liší se pro každý režim a frekvenci kmitání.

- Provozovatel elektrizační soustavy mají protokoly o posílení tlumení soustavy, pokud zjistí, že je snížené a není schopné neutralizovat oscilace. Španělští a francouzští provozovatelé soustav tak mají dohody o tom, že nebudou provádět určité topologické manévry v blízkosti hranic s negativním dopadem na stabilitu malého signálu soustavy, a mají dohodnuté postupy pro opatření v případě netlumených oscilací. Kromě toho má provozovatel soustavy systém pro sledování oscilačního chování soustavy v reálném čase.
- Obecně se tlumení zvyšuje zvětšením ok sítě (propojením obvodů, které byly otevřené), snížením exportních toků z periferie nebo posílením propojení s těžištěm soustavy. K tlumení výkyvů lze také instalovat speciální zařízení (výkonová elektronika) ve výrobě, odběru nebo v samotné síti. V případě synchronní výroby se jedná o "stabilizátory výkonu" neboli PSS (Power System Stabilizers), které musí být správně nastaveny na konkrétní frekvence kmitání, jež se mohou v soustavě objevit.²⁰ Konkrétně ve Španělsku byla v roce 2016 provedena revize a nastavení PSS v elektrárnách s kombinovaným cyklem v soustavě, které mají přispět k tlumení kmitání. Stejně tak provozovatel soustavy a společnosti vlastnící jaderné elektrárny analyzovaly proveditelnost instalace zařízení PSS v těchto zařízeních se závěrem, že není možné je těmito systémy vybavit.

²⁰Pro asynchronní výrobu a spoje HDVC s výkonovou elektronikou existují podobná řešení nazývaná POD (Power Oscillation Damping) systémy.

PŘÍLOHA XI. FUNGOVÁNÍ TRHU A PROVOZ ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY

- Pokud jde o fungování trhu s elektřinou, každý den v roce se ve 12:00 SEČ koná denní tržní seance, na které se stanoví ceny elektřiny a energií pro celou Evropu na následujících 24 hodin následujícího dne. Cena a objem energie v dané hodině jsou stanoveny křížením nabídky a poptávky. V souladu s platnými předpisy jsou výrobní zařízení povinna podávat na trhu nabídky za svou dostupnou energii.
- Předpokládá se, že se na denním trhu bude obchodovat po čtvrt hodině (místo každé hodiny se bude obchodovat každých 15 minut). Denní čtvrtodobový trh měl zahájit obchodování 11. června 2025, ale toto datum bylo nedávno odloženo na 1. října 2025²¹.
- Výsledky procesu denního párování trhu jsou zasílány provozovateli soustavy, který připravuje základní denní provozní plán (BDOP) zahrnující plánování propojení a fyzické dvoustranné smlouvy.
- V souladu s provozním postupem 3.2 provozovatel soustavy ověří PDBF z hlediska technické proveditelnosti. Tento proces se nazývá řízení **technických omezení v soustavě** a zajišťuje, že tržní výsledky jsou v přenosové soustavě technicky proveditelné na základě deklarované výroby dostupné v daném okamžiku. Provozní postup 3.2 konkrétně definuje technické omezení jako "jakoukoli okolnost nebo událost vyplývající ze situace v elektrizační soustavě, která z důvodu ovlivnění podmínek bezpečnosti, kvality a spolehlivosti dodávek stanovených regulací a prostřednictvím příslušných procedur

²¹Rozhodnutí Řídícího výboru pro propojení trhů (operátoři trhu a provozovatelé soustav) ze dne 14. května 2025 v návaznosti na zjištění, že někteří účastníci trhu neprokázali, že jsou technicky připraveni na spuštění k plánovanému datu 11. června 2025.



operace". V případě technických omezení se provozovatel systému může spolehnout na zařízení, která nebyla prohlášena za "nedostupná".

- Výsledky denního trhu proto mohou v důsledku analýzy omezení prováděné provozovatelem soustavy vykazovat drobné odchylky, které vedou ke vzniku tzv. předběžného denního životaschopného programu (PDVP).
- Následně mohou tržní subjekty prostřednictvím vnitrodenního trhu upravit podáváním nabídek na prodej a nákup energie svůj harmonogram vyplývající z denního trhu v souladu s potřebami, které očekávají v reálném čase, čímž vzniká konečný harmonogram (FSP).
- **Vnitrodenní trhy** jsou v současné době strukturovány do tří celoevropských aukčních seancí a jednoho kontinuálního evropského přeshraničního trhu. Od 18. března 2025 se na vnitrodenním trhu obchoduje čtvrt hodiny. To znamená, že v každé hodině mohou nastat až 4 různé výsledky trhu, což může vést ke změnám ve výrobě nebo propojení v každém z těchto časů.
- Kromě těchto organizovaných trhů existují i neorganizované trhy založené na dvoustranných smlouvách mezi zprostředkovateli. Přestože tyto smlouvy nejsou uzavírány na centralizovaném trhu, musí být fyzické dvoustranné smlouvy nominovány před provozovatelem soustavy a OMIE, aby byla zaručena jejich integrace do elektrizační soustavy.
- Stejně jako v případě denního trhu jsou výsledky těchto trhů vyhodnocovány provozovateli soustav, aby mohli **v reálném čase** plánovat **procesy vyrovnávání a technických omezení**. Konečný program, který zahrnuje konečný výsledek všech těchto procesů, se nazývá provozní program (P48).



PŘÍLOHA XII. STRUČNÉ ZÁKLADY KYBERNETICKÉ BEZPEČNOSTI A DIGITÁLNÍCH SYSTÉMŮ

V kontextu kybernetické bezpečnosti a obecně, když mluvíme o světě IT (*informačních technologií*), máme na mysli ty informační a komunikační systémy, které zpracovávají především informace a data, zatímco když mluvíme o světě OT (*provozních technologií*), máme na mysli systémy určené k řízení a dohledu nad průmyslovými procesy v reálném čase.

Na následujícím schématu vidíme, jak jsou v organizaci obvykle strukturovány hlavní složky IT a OT, seskupené podle úrovní, takže na nejnižší úrovni se vždy nacházejí systémy OT a s postupující úrovní se objevují systémy IT.



Red empresarial

En este nivel se encuentran los sistemas IT de la red empresarial como las **bases de datos, servidores de correo y conexión a Internet**.

5
nivel

Lógica de negocios

Aquí se encuentran otros sistemas IT corporativos que dan soporte a los procesos de planificación y logística de la producción en una planta como el software de planificación de recursos empresariales (**ERP**).

4
nivel

Gestión operaciones de fabricación

Este nivel es similar al nivel dos, ya que también es donde se gestiona el funcionamiento de la planta, pero se diferencia por haber **servidores, estaciones de ingeniería y accesos remotos**.

3
nivel

Sistemas de Control y Supervisión (ICS)

En este nivel encontramos activos que controlan y monitorizan las actividades para que el funcionamiento del sistema sea el correcto, como los **SCADA** (Control de Supervisión y Adquisición de Datos) que permiten la adquisición de datos y realizar funciones de control, las interfaces **HMI** (Interfaz hombre-máquina), que permiten interactuar con los sistemas en tiempo real.

2
nivel

Control Básico, Dispositivos Inteligentes

Aquí se ubican los dispositivos que permiten controlar los actuadores y sensores y además envía información a otros dispositivos que se encuentran en un nivel superior. En este nivel se suele encontrar los **PLC**, que controlan de manera automática el funcionamiento de las máquinas empleadas en producción.

1
nivel

Procesos Físicos

Aquí se ubican los **Sensores y Actuadores**, que son los elementos que intercambian señales analógicas y digitales con el entorno. Por ejemplo, un sensor de temperatura (termómetro) detecta la temperatura actual, y si es demasiado alta, un actuador (aire acondicionado) se podría activar para regular la temperatura.

0
nivel

Obrázek 3: Příklad umístění IT a OT systémů v organizaci (zdroj: vlastní zpracování).

Konvergencia IT/OT

Lze říci, že digitalizace energetického sektoru je výsledkem konvergence IT systémů se systémy OT. Toto odvětví totiž prochází nebývalou revolucí, kdy jsou jeho systémy stále více propojovány v zájmu vyšší efektivity a produktivity. Jasným příkladem digitalizace v energetice je masivní zavádění inteligentních měřičů. Tyto měřiče umožňují distributorům sledovat spotřebu energie v reálném čase, což usnadňuje optimalizaci dodávek a optimalizaci toku/spotřeby energie. Dalším příkladem systémů jsou střídače



digitální sítě, které mohou komunikovat v sítích IT nebo OT a komunikovat v obou sítích, což umožňuje provoz síťových toků.

Výzvy v oblasti kybernetické bezpečnosti

Digitalizace přináší mimořádné výhody, které si toto odvětví žádá, ale zároveň čelí významným technickým a regulačním výzvám. S digitalizací sítě je třeba věnovat větší pozornost zranitelným místům, která mohou být potenciální vstupní branou pro kybernetický útok nebo vyvolat selhání systémů. Vzhledem k úrovni digitálního propojení všech systémů patří energetické infrastruktury mezi ty, které jsou na úrovni EU považovány za kritické pro státy.

Souhrnně řečeno, nové výzvy kybernetické bezpečnosti, neustále se vyvíjející oblasti, která vyžaduje neustálou a přizpůsobivou reakci, vedly k potřebě stále více se seznamovat s řadou techničtějších pojmu, které se začaly běžně používat a které je nutné pochopit například pro správné pochopení rozsahu tohoto dokumentu.

Některé pojmy, které je třeba mít na paměti:

- **Kybernetický incident.** Událost v oblasti kybernetické bezpečnosti, u níž byl zjištěn dopad na organizaci, který vyvolává potřebu reakce a obnovy, potenciálně ovlivňující dostupnost systému a dat, integritu dat, důvěrnost a bezpečnost protokolů, které se spoléhají na autentizaci a nepopiratelnost.
- **Hrozby.** Jakákoli okolnost nebo událost, která může negativně ovlivnit provoz organizace nebo její digitální aktiva prostřednictvím neoprávněného přístupu, zničení, vyzrazení, modifikace informací a/nebo odepření služby.
- **Kybernetická hrozba:** Jakákoli potenciální situace, událost nebo akce, která může poškodit, narušit nebo jinak nepříznivě ovlivnit sítě a informační systémy, uživatele těchto systémů a další osoby.
- **Kybernetický útok:** zhmotnění kybernetické hrozby.



- **Zranitelnosti.** Slabé místo v informačním systému, komunikačních sítích, bezpečnostních postupech systému, vnitřních kontrolách nebo implementaci, které by mohlo být zneužito nebo aktivováno zdrojem hrozby.
- **Opatření kybernetické bezpečnosti:** Jedná se o soubor činností, technologií a zásad, které jsou v organizaci zavedeny za účelem ochrany jejích systémů, sítí a dat před kybernetickými hrozbami a kybernetickými útoky. Cílem těchto opatření je zajistit důvěrnost, integritu a dostupnost informací. Kybernetická bezpečnost v kritických infrastrukturách v odvětví energetiky vyžaduje komplexní přístup, který kombinuje dodržování zvláštních předpisů, jako je směrnice NIS2, se zaváděním uznávaných vnitrostátních a mezinárodních norem a certifikací, které posilují bezpečnost systémů. Základem pro zavedení komplexního přístupu mohou být mimo jiné normy, jako je rámec kybernetické bezpečnosti NIST, nebo certifikace, jako jsou ISO/IEC 27001 a ISA/IEC 62443. Ostatní poskytují praktické a univerzální pokyny pro řízení rizik, ochranu systémů a zajištění kontinuity provozu.
- **Referenční normy:** ve Španělsku mají provozovatelé energetických zařízení, kteří jsou na základě zákona č. 8/2011 označeni jako kritická infrastruktura, vzory bezpečnostního plánu provozovatele (OSP) a zvláštního plánu ochrany (SPP), které uvádějí doporučení týkající se kontrolních systémů a bezpečnostních opatření, jež je třeba použít pro řádné řízení kybernetické bezpečnosti. Existují také mezinárodní normy, jako je IEC 62443, které v tomto ohledu nabízejí osvědčené postupy. V kybernetické oblasti se na provozovatele základních služeb vztahují povinnosti obsažené v RDL 12/2018 a RD 43/2021, které ji rozvíjejí.

Pro veřejný sektor je referenčním předpisem pro kybernetickou bezpečnost Národní bezpečnostní systém vypracovaný v královském dekretu č. 311/2022 a příručky řady CCN-STIC 800.