

Aktuální problémy v ES ČR

Pracoviště: RICE
Číslo dokumentu: 22190-013-2025
Typ zprávy: Výzkumná zpráva
Řešitelé: Miloslava Tesařová
Vedoucí týmu: prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
Počet stran: 33
Datum vydání: 2. 11. 2025
Oborové zařazení: 2.2 Electrical engineering, Electronic engineering,
Information engineering - Electrical and electronic
engineering

Zpracovatel / dodavatel:

Západočeská univerzita v Plzni
Research and Innovation Centre
for Electrical Engineering
Univerzitní 8
306 14 Plzeň

Kontaktní osoba:

doc. Ing. Miloslava Tesařová, Ph.D.
tel. 377 634 313
tesarova@fel.zcu.cz

Tato zpráva vznikla s podporou projektu TAČR NCK TN02000025 NCE II
DP009, WP01

Anotace

Tato výzkumná zpráva uvádí přehled aktuálních problémů v přenosových a distribučních sítích ES ČR.

Klíčová slova

Elektroenergetika, elektrizační soustava, přenosová soustava, distribuční soustava, aktuální problémy

Report title

Current Problems of Czech Power System

Abstract

This research report provides an overview of current problems in the transmission and distribution networks of the Czech power system.

Keywords

Electric Power System, Transmission System, Distribution System, Current Problems

Obsah

ÚVOD	4
1 PROBLÉMY NAPŘÍČ NAPĚŤOVÝMI HLADINAMI	5
1.1 NÁHRADA PLYNU SF6	5
1.2 NAVYŠOVÁNÍ TOKŮ JALOVÉHO VÝKONU V ES ČR	5
1.3 ELEKTROENERGETICKÉ DATOVÉ CENTRUM (EDC)	7
1.4 FLEXIBILITA	9
1.5 INFORMAČNÍ A KOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE (ICT)	13
2 PŘENOSOVÁ SOUSTAVA	15
2.1 INSTALACE NOVÝCH TECHNOLOGIÍ	15
2.2 NOUZOVÉ ŘÍZENÍ DECE	15
3 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA	16
3.1 NEDOSTATEČNÁ KAPACITA SÍTĚ ČI VYUŽITÍ KAPACITY SÍTĚ	16
3.2 KVALITA ELEKTRICKÉ ENERGIE A KVALITA DODÁVEK EL. ENERGIE	17
3.2.1 <i>Kvalita napětí</i>	17
3.2.2 <i>Kvalita dodávek (nepřetržitost dodávek)</i>	18
3.3 MONITORING A ŘÍZENÍ SÍTÍ NN	20
3.4 PODPŮRNÉ SLUŽBY	21
3.5 CHRÁNĚNÍ SÍTÍ	22
3.5.1 <i>Detekce a lokalizace poruch v sítích vn, zhášecí tlumivky</i>	22
3.5.2 <i>Detekce nezáměrného ostrovního provozu střídačových výroben</i>	22
3.5.3 <i>Detekce nestandardních/poruchových stavů v mřížové síti</i>	23
3.6 KOMUNITNÍ A PRŮMYSLOVÁ ENERGETIKA	23
3.7 ASSET MANAGEMENT	24
3.8 NOVÉ POŽADAVKY NA ZAŘÍZENÍ PŘÍPOJOVANÁ DO SÍTÍ (ZDROJE, AKUMULACE, SPECIFICKÉ SPOTŘEBIČE)	24
3.8.1 <i>AKTIVNÍ TRAKČNÍ NAPÁJEČE - STATICKÉ FREKVENČNÍ MĚNIČE (SFC)</i>	27
4 SHRNUTÍ	29

Úvod

Cílem této výzkumné zprávy je zmapování aktuálních problémů v přenosových a distribučních sítích.

Zadaný úkol:

- Rozdělit po napěťových hladinách – stávající stav,
- Rozdělit problémy na to, co umíme technicky řešit a co dnes neumíme vyřešit.

Zpráva obsahuje konkrétní problémy nebo trendy v PS a DS, popis současného stavu a trendů. Některé problémy jsou přímo pojmenovány, někde lze na ně usuzovat z trendů. Ve zprávě nemusí být zahrnuty všechny problémy, ani příp. stav řešení problému, při zpracování se vycházelo z materiálů dostupných širší odborné veřejnosti. U jednotlivých problémů je odkazováno na dokumenty, kde je problém diskutován.

Pozn.: Dokumenty jsou k dispozici ve složce, kde je draft zprávy uložen.

Trendy, které budou ovlivňovat ES

- Decentralizace,
- Digitalizace, rozvoj ICT,
- Transformace trhu, operational planning v rozlišení 15 minut,
- Efektivní poskytování kombinace frekvenčních a nefrekvenčních služeb identickými subjekty,
- Komunitní a průmyslová energetika.

1 Problémy napříč napěťovými hladinami

1.1 NÁHRADA PLYNU SF₆

- problém technicky řešitelný a řešený

V důsledku náhrady SF₆ je nutné důkladně testovat nové izolační materiály, jako jsou fluoronitrilové směsi či vzduchové izolace a směsi, a ověřit jejich schopnost odolat vysokým napětím při různých podmínkách a dále je nutno zabezpečit zkoušky těsnosti, neboť SF₆ byl známý svou těsností a minimálním únikem. Nové izolační směsi však musí být testovány na podobnou úroveň těsnosti, aby nedocházelo k únikům případných škodlivých látek do atmosféry.

Alternativní izolační plyny:

- Fluoronitrilové směsi (C4-FN),
- Fluorketony (C5-FK),
- Směsi čistého vzduchu a dusíku, NOG (natural origin gases) přírodní plyny.

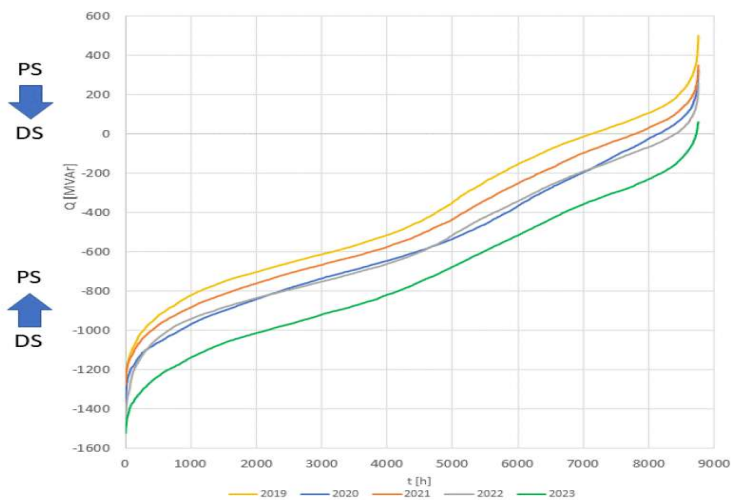
Problémy: Možné zvětšení velikosti rozváděčů,
Zvýšené nároky na těsnost a monitoring,
V důsledku možných vyšších tlaků v nádobách rozváděčů/zařízení použití jiných (pevnějších) materiálů.

1.2 NAVYŠOVÁNÍ TOKŮ JALOVÉHO VÝKONU V ES ČR

- problém technicky řešitelný

Změny v provozu ES (odlehčení sítí vlivem DECE, kabelizace sítí, úbytek velkých zdrojů pro regulaci U/Q, provoz výroben s řízením Q, charakter zátěže) způsobily změny v tocích jalových výkonů. Toky Q způsobují snížení přenosové kapacity, zvýšení ztrát činného výkonu v sítích a mají vliv i na napětí v sítích a na jeho regulaci.

K přetokům Q do vyšších napěťových hladin dochází již na transformaci vn/nn, zejména v nočních hladinách při odlehčení sítě. Na dalších transformačních bodech se kumulují a přetékají z DS do PS. Jelikož nebyly v minulosti potřebné, v DS chybí kompenzační zařízení (synchronní kompenzátory, reaktory nebo kapacitní baterie). Bez adekvátní kompenzace je přebytečný jalový výkon přenášen do PS. Kvůli nedostatečné možnosti dynamické regulace Q v DS dochází k situacím, kdy při změnách zatížení nebo výrobních podmínkách není možné efektivně řídit tok jalového výkonu. V současné době v předávacích místech PS/DS se stále prohlubuje zvyšování přetoků Q a blížíme se k době, kdy Q poteče ve většině předávacích míst pouze směrem do PS (po celý rok).



Obr. 1.1 NAVYŠOVÁNÍ TOKŮ JALOVÉHO VÝKONU V ES ČR

Více: [konference ČK CIREN 2024, příspěvek s3_15.pdf \(Vývoj přetoků jalového výkonu z distribuční soustavy EG.D do přenosové soustavy v letech 2019-2023\)](#)

Tesařová: [Vyhodnocení toků činného a jalového výkonu v distribuční soustavě, výzkumná zpráva, ZČU, 2022](#)

Na to reagoval ČEPS plánem na navýšení počtu kompenzačních tlumivek v PS, včetně plynule regulovatelných. Uvažuje se i o instalaci STATCOMu.

Dopady na Q management:

- Technická opatření:
 - o Náhrada regulačních kapacit odpojovaných velkých zdrojů → úbytek zdrojů pro regulaci U/Q instalovaných v PS,
 - ČEPS - postupná instalace nových kompenzačních tlumivek, do roku 2030 1230 MVar kompenzačního výkonu, z toho 300 MVar v plynule regulovatelných tlumivkách, uvažuje se o instalaci STATCOMu o výkonu 150 až 250 MVar (patrně R Výškov, nebo Hradec u Kadaně).
 - o Koordinace regulace U/Q mezi PPS a PDS, zapojení PLDS,
 - nutné zapojení DECE do nefrekvenčních podpůrných služeb (PpS-N)
 - regulace U v ustáleném stavu (řešeno v PS a částečně i v DS) - zvýšené požadavky na regulační schopnosti zdrojů (RfG),
 - rychlá dodávka Q – zatím není jako samostatná služba.
 - o Regulace Q v DS – instalace kompenzačních tlumivek (Slováci již mají pilotní, projekty), koordinace regulačních prostředků (u PDS a např. výrobců/odběratelů – řešeno ČEZdistribuce - pilotní projekt), využití pro funkci PpS-N (nefrekvenčních podpůrných služeb), nákup PpS-N.
- Netechnická opatření:

- Zlepší systémů měření a hodnocení toků Q,
 - Úprava systémů řízení na úrovni vvn a vn.
- Nastavení pravidel a plateb v oblasti Q mezi účastníky trhu (PS-DS, DS-LDS, DS-odběratel/výrobce).
 - plánuje se účtování Q/úččiniku dle měřených 15minutových hodnot výkonů,
 - přístup jako k P – např. platby za rezervovaný Q, platby za Q mimo nezaplatněné pásmo,
 - tarify pro Q (motivační charakter k pořízení a provozu kompenzačních zařízení uživatelů ES),
 - nastavení plateb za poskytování PpS-N.

ODKAZY:

PS

Konference ČK CIREC 2021, příspěvek s2_02.pdf (Rozvoj přenosové soustavy s ohledem na potřebnost kompenzace jalového výkonu a kvalitu napětí)

Konference ČK CIREC 2022, příspěvek s2_08.pdf (Simulační model a provozní zkušenosti s regulovatelnou tlumivkou v PS ČR)

Konference ČK CIREC 2024, příspěvek s3_11.pdf (Spolupráce v řízení U/Q mezi ČEPS a PDS),

DS

Konference ČK CIREC 2024, příspěvek s3_12.pdf (Aktuální přístupy k řízení U/Q v sítích ČEZ Distribuce), Konference ČK CIREC 2023, příspěvek s3_04.pdf (Aktuální vývoj v řízení U/Q v sítích ČEZ Distribuce), Konference ČK CIREC 2022, příspěvek s4_02.pdf (Řízení U/Q v sítích ČEZ distribuce), Konference ČK CIREC 2022, příspěvek s4_06.pdf (Rychlý decentralizovaný systém pro řízení napětí a toků jalových výkonů v sítích vn – pilotní projekt u PDS)

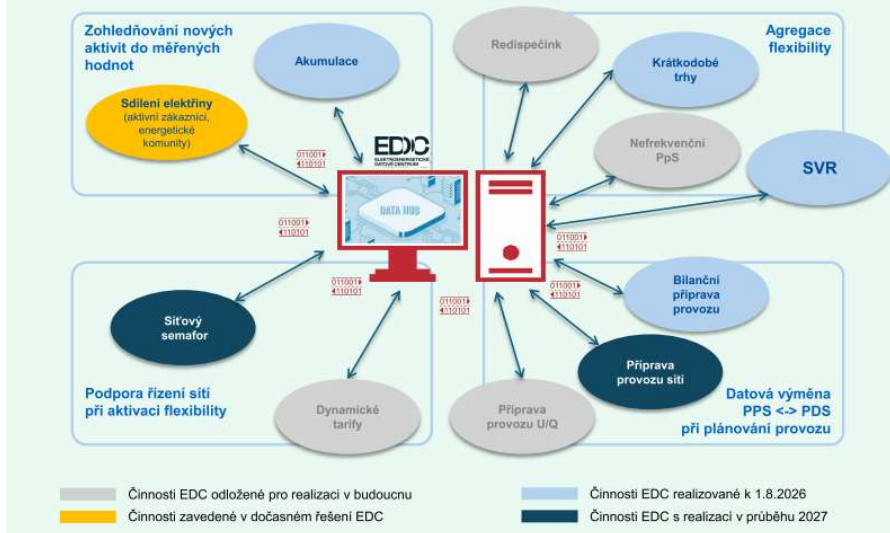
1.3 ELEKTROENERGETICKÉ DATOVÉ CENTRUM (EDC)

EDC bude klíčovým prvkem pro implementaci nového modelu trhu zahrnujícího sdílení elektřiny, akumulaci a poskytování flexibility z agregace, které vyplývají ze směrnice EU 2019/944 o společných pravidlech pro vnitřní trh s elektřinou.

Aktivní činnost zahájilo v srpnu 2024 spuštěním tzv. dočasného řešení pro sdílení elektřiny a tím umožnilo vznik energetických společenství. Další jeho funkce podpoří rozvoj akumulace, obchodní flexibilitu a umožní vznik nezávislého agregátora. Mimo to bude EDC poskytovat významné činnosti i pro PPS a PDS a zařízení k nim připojená. PPS a PDS budou část vyměňovaných dat sdílet prostřednictvím EDC. Bude se jednat zejména o zprostředkování výměny dat využívaných zejména v dispečerském řízení – strukturální data (popisující vlastnosti zařízení provozovatelů sítě i vybraných zákazníků) a data přípravy provozu (např. plánované odstávky, práce a nedostupnost jednotlivých síťových zařízení).

Konference ČK CIREC 2024, příspěvek s6_05.pdf (Přínosy EDC pro dispečerské řízení)

Základní činnosti EDC a jejich časové začlenění



Primární

UC 4 - Akumulace elektřiny
Registrace a vyhodnocení akumulace elektřiny poskytované v OPM za účelem zamezení double-countingu regulovaných poplatků.

UC 5 - Sdílení elektřiny
Evidence a vyhodnocení sdílení elektřiny v rámci energetických společností nebo mezi aktivními zákazníky.

UC 6 - Agregace flexibility
Registrace, poskytování a vyhodnocení poskytování flexibility v OPM za účelem jejího obchodování na krátkodobých trzích a trhu s regulační energií.

UC 9 - Bilanční příprava provozu
Sběr a sdílení dat pro vypracování bilanční přípravy provozu ES (výroba, spotřeba, podpůrné služby, predikce).

UC 10 - Příprava provozu sítě
Příprava plánů vypínání zařízení ES s ohledem na bezpečný provoz.

UC 8 - Sítový semafor
Poskytování informací o dostupné flexibilitě v OPM směrem k PoFI a AGR za účelem dodržení spolehlivého provozu DS.

Podpůrné

UC 1 - Registrace účastníka trhu
Registrace různých typů účastníků trhu (s licenci, bez licence, aktivních zákazníků), ověřování identity, delegace práv a povinností.

UC 2 - Registrace TKD
Registrace kmenových dat OPM, technických dat energetických zařízení, informací o poskytovaných službách a sběr strukturálních dat.

UC 3 - Předávání dat měření
Sběr a předávání dat z fakturačního měření (od PDS / PPS) a dat z podružného měření energetických zařízení.

UC 11 - Reklamacie
Sběr a řešení reklamací účastníků trhu ve vztahu k EDC.

UC 12 - Poskytování dat na základě požadavku účastníka trhu
Způsoby poskytování dat z EDC na základě požadavků účastníků trhu nad rámec standardní procesní výměny dat.

Obr. 1.2 Základní činnosti EDC a jejich časové začlenění

Výzvy:

- Rozšíření modelu sítě využívaného ČEPSem, modelování významných zařízení v PS i DS, tak i výkonové malých zdrojů vn a nn, agregovaných v podobě výkonové injekce – v řešení,
- Digitální výměna dat mezi PPS a PDS – příprava interních procesů pro sběr a předání požadovaných dat v digitální podobě – v řešení,
- Požadavky na komunikační technologie, velký objem sdílených dat – databáze v EDC,
- S novými funkcemi EDC a novými účastníky trhu (poskyvatelé flexibility PoFI, agregátoři AGR) je potřeba vytvořit a nastavit modely procesů a pravidla pro aktivaci, zajišťování, zúčtování a vyhodnocování služeb apod. – v řešení.

1.4 FLEXIBILITA

Pro udržení frekvenční a napěťové stability ES bude v budoucnu zapotřebí udržovat výkonovou bilanci nejen na straně zdrojů (systémové i decentralizované), ale i na straně spotřeby. Flexibilita je rychlost a schopnost zdrojů (nebo spotřebičů) měnit svůj dodávaný (nebo odebíraný) výkon do (nebo z) ES oproti sjednaným (předpokládaným) diagramům dodávky (odběru), a to v reakci na požadavky z hlediska provozu a řízení ES (explicitní flexibilita – povelově řízená) nebo změny ceny elektřiny na trhu (implicitní flexibilita – cenově řízená).

* v podmínkách ČR pro PPS málo pravděpodobné využití

PPS	PDS	Prosumer / off-grid
Podpurné služby výkonové rovnováhy (FCR, aFRR, mFRR, RR)	U/Q – regulace napětí a jalového výkonu	U/f – regulace frekvence a napětí
Nefrekvenční služby (ostrovní provoz, start ze tmy)	Ostatní nefrekvenční služby (ostrovní provoz, start ze tmy)	Integrace výroby OZE
Odložení investic (do posílení kapacity sítě)*	Odložení investic (do posílení kapacity sítě)	Záložní energie
Řízení přetížení a redispečink	Řízení přetížení, flexibility a OZE	Cenová arbitráž – <i>time-shifting, peak-shaving</i>

Obr. 1.3 Možné využití flexibility účastníky trhu

Předpokládají se následující datové výměny provozně-technických dat:

- *POFL (poskytovatel flexibility) ► agregátor (AGR)*: zasílá informace o dostupné flexibilitě, případně informace potřebné k odhadu dostupné flexibility,
- *POFL ◄ agregátor*: zasílá informace o akceptaci nabídky flexibility, dále pak cenové (implicitní) či řídicí (explicitní) signály pro aktivaci flexibility,
- *Agregátor ► PDS*: agregátor informuje PDS o možných transakcích výkonové flexibility, které jsou časo-prostorově lokalizované. Tedy, výkonová flexibilita je nejen charakterizována objemem dostupného výkonu, ale i místem v elektrické síti,
- *Agregátor ◄ PDS*: informuje agregátora o bezpečnosti plánovaných výkonových transakcí flexibilit a stanovuje mezní podmínky užití flexibility s ohledem na zajištění spolehlivého provozu elektrizační soustavy. Například dlouhodobá omezení určená fyzikálními vlastnostmi elektrické sítě či krátkodobá omezení daná aktuálním stavem elektrické sítě,
- *Agregátor ► trh*: pokud agregátor splňuje technické a tržní parametry daného trhu, agregátor nabízí na daném trhu agregovanou bezpečnou flexibilitu,
- *Agregátor ◄ trh*: informuje agregátora o akceptaci nabízených bezpečných flexibilit,
- Pozn.: vztah mezi PPS a PDS obdobný jako vztah mezi POFL a PDS. PDS informuje PPS o možných výkonových výměnách na jednotlivých technických uzlech, a naopak PPS informuje PDS o možných omezeních.

Vzhledem k očekávanému množství poskytovatelů flexibility se buduje centrální platforma pro výměnu dat mezi dotčenými subjekty (PPS, PDS, agregátoři, dodavatelé, OTE), tzv. elektroenergetické datové centrum (EDC).

V blízké budoucnosti se předpokládá, že prostřednictvím EDC bude využívána flexibilita

- pro služby výkonové rovnováhy (SVR) pro ČEPS .
- pro obchodní využití na trzích OTE, krátkodobé trhy s elektřinou.

S využitím pro nefrekvenční podpůrné služby (řízení U/Q) a řízení přetížení a redispečink se počítá v pozdější fázi rozvoje EDC. – zatím se neřeší

S novými funkcemi EDC a novými účastníky trhu (široké spektrum poskytovatelů flexibility, agregátoři) je potřeba vytvořit a nastavit modely procesů a výměny dat, a pravidla pro aktivaci, zajišťování, zúčtování a vyhodnocování služeb a zajistit předávání potřebných dat mezi účastníky trhu apod.

Řešená témata:

- Návrh metodiky zjišťování a ověřování dodané flexibility, vypořádání odchylek a dopadů agregace na poskytovatele flexibility PoFl.
- Návrh modelu agregátora flexibility AGR.
- Modely vypořádání flexibility mezi subjekty zúčtování .
- **Rozvoj funkcionalit síťového semaforu** = systému pro komunikaci lokálních omezení poskytování flexibility ze strany PDS či PPS směrem k PoFl a agregátorovi.

PDS a PPS mohou zablokovat aktivaci flexibility v případě ohrožení bezpečného a spolehlivého provozu ES (vznik kongesce – proudového přetížení, překročení napěťových limitů, vznik nežádoucích přetoků). Aktuálně se jedná o samostatný systém PDS, v cílovém řešení EDC se bude jednat o jeden z jeho funkčních modulů. Nyní zobrazuje semafor binární hodnotu dostupnosti DS pro poskytování flexibility (ANO/NE), v dalších etapách EDC by mohl být rozšířen o výkonové rozmezí dostupného výkonu v odběrném či předávacím místě (OPM). Pokud ovšem nechceme transakce flexibility zbytečně omezovat, je třeba, aby stav síťového semaforu vycházel z co nejpřesnějšího modelu očekávaného chování distribuční soustavy.

Potřebné informace a akce:

- relevantní informace o skutečném stavu sítě
- posouzení stavu sítě po aktivaci flexibility vzhledem k aktuálnímu stavu a předpokládanému budoucímu vývoji stavu sítě v daném časovém horizontu, neurčitosti spojené s odhadem budoucího vývoje a neurčitosti vstupních dat – na základě výpočtu, aplikace nových přístupů:
 - o Např. pravděpodobnostní výpočet chodu ES,
 - o Pravděpodobnostní přístup k estimaci zatížení,
 - o Predikce chování jednotlivých odběrných a předávacích míst a agregáčnických bloků.
 - Nové predikční modely vycházející z reálných AMM měření.

Konference CIRED 2019, příspěvek s3_01 (Vyhodnocení vlivu říditelné spotřeby na provoz distribuční sítě), FAV – NTIS

konference ČK CIRED 2023, příspěvek s6_02.pdf (Využití pravděpodobnostního přístupu pro podporu rozvoje flexibility na napěťové úrovni nízkého napětí)

Potřebná řešení – problémy k řešení:

- Vývoj pokročilých analytických a optimalizačních nástrojů.
- Vývoj modelů dynamického chování zařízení, účastníků trhu.
- Vývoj metod pro regulaci výkonu decentralizovaných zdrojů na nn, např. virtuální metody.

– Stanovení dostupné flexibility agregačního bloku

Poskytovatel SVR (agregátor) vytváří agregační blok. Agregační blok (AB) je složený z většího počtu různých POFLů. Dostupná flexibilita AB bude závislá na mnoha obtížně parametrizovatelných podmínkách a okolnostech, bude proměnná v čase, bude i závislá na předchozích aktivitách. Nebude snadné ji kvantifikovat pouze na základě podkladů od výrobce zařízení – **problém k řešení**.

Využití matematických modelů POFL a AB pro simulace jejich chování za různých podmínek (možné varianty nasazení zařízení poskytující flexibilitu v rámci AB, různé provozní režimy, závislosti dostupné flexibility na externích vlivech – roční období, denní doba, teplota) – např. v rámci certifikace poskytovatele SVR. Tvorba certifikačních procedur.

– Stanovení a hodnocení výchozího diagramu (baseline)

Baseline (BL) je fiktivní hodnota zatížení/výroby daného OPM nebo AB, která by nastala, pokud by v něm nedošlo k aktivaci flexibility. Jde o hodnotu, jež se využívá pro vyhodnocení velikosti poskytnuté flexibility (rozdíl časové řady baseline a časové řady měření = časová řada poskytnuté flexibility). Baseline AB představuje predikci chování relevantní množiny POFLů.

BL musí být stanovena v souladu s poskytovanou službou – časové rozlišení, horizont predikce.

Kvalita predikce (tolerance chyby predikce) – tvorba metrik pro hodnocení přesnosti prediktorů .

Rozšíření metodiky BL, která umožní využití flexibility i na straně spotřeby.

[Výzkumná zpráva o využitelnosti agregace flexibility PpS, projekt DFLEX](#)

Jedná se o velmi aktuální téma, s rozvojem OZE, změn v chování počasí a trhu se řeší pokročilé způsoby předpovědi baseline – pomocí neuronových sítí, například (viz <https://starfos.tacr.cz/projekty/TK05020142>)

– Chování zařízení či odběrných a předávacích míst na aktivaci flexibility

Dodávka / aktivace flexibility je cílená (chtěná) změna odběrového chování poskytovatele flexibility (POFL) oproti jeho sjednanému či předpokládanému výchozímu chování (tzv. baseline). U většiny POFL na straně spotřeby se však dá předpokládat, že může indukovat necílenou až nechtěnou změnu odběrového chování (myšleno oproti sjednanému či předpokládanému výchozímu chování) v časových intervalech mimo vlastní aktivaci flexibility.

Pokud k takové změně dojde v příčinné souvislosti s aktivací flexibility (jako důsledek aktivace flexibility), nazýváme ji:

- Rebound, pokud taková změna nastane po aktivaci flexibility,
- Preload, pokud taková změna nastane před aktivací flexibility.

Možný dopad na systémovou odchylku a potřeba regulačního výkonu.

Problém: predikce rebound/preload efektu:

- Analýza technologií vhodných pro poskytování flexibility a zhodnocení jejich charakteristik,
- Vliv průběhu aktivace flexibility a okolních podmínek (teplota, osvit, vítr, stav technologie) na časový průběh rebound/preload (začátek a konec efektu),
- Modelování a simulace odezvy technologie/zařízení/OPM/AB na povel k aktivaci flexibility, a to jak v okamžiku poskytování flexibility, tak i v čase následujícím - možnost odhadnout typickou odezvu OPM včetně rebound efektu.

Opět velmi zajímavá problematika vzhledem k přechodu trhu na 15 minut. Řada zařízení vyžaduje při aktivaci být zapnuta v delším intervalu hodina, dvě hodiny apod, takže si musíme být jisti, co aktivace skupiny zařízení v dané čtvrt hodině způsobí v mnohem delším časovém horizontu. Kdyby se nad tím prováděly optimalizace, je zřejmé, že granularita 15 minut přinese oproti hodině mnohé výzvy - složitost problémů, výpočetní náročnost apod.

– **Dopady na procesy a datové toky PDS a PPS**

- Sjednávání služeb, příprava provozu, řízení/aktivace, vyhodnocení,
- Vypracování studií poskytovatelů SVR a následné certifikace (využití matematických modelů a simulací), ověřování fyzickými testy (zkušební provozy apod.),
- Systematické analýzy vývoje zatížení v DS, posuzování dopadů různých scénářů zatížení na provozní parametry sítí,
- Ověření vlivu agregace na provozní parametry sítí,
- Odklon od výpočetních metod založených na koeficientech soudobosti, náhrada stochastickými metodami (metody založené na pravděpodobnosti),
- Jedním ze vstupů budou predikce chování uživatelů sítí založené na individualizovaných vzorech chování, které budou parametrizovány s využitím nástrojů strojového učení.

Poskyvatelé flexibility jsou dnes v ČR připojeni do distribučních sítí vvn a vn. Zároveň se podnikají kroky vedoucí k zapojení i poskytovatelů flexibility na nízkém napětí. To bude vyžadovat řádově vyšší nároky na množství míst v distribuční síti, kde je třeba osadit měření, aby bylo možné zajistit řádný provoz sítě nn.

Problém – měření veličin v reálném čase je k dispozici pouze ve vybraných uzlech soustavy, v ostatních uzlech je instalováno průběhové, resp. neprůběhové měření, které ovšem není v reálném čase k dispozici pro řízení distribuční soustavy.

Řešení: výrazné rozšíření měření na nn, úvahy o rozšíření dispečerského řízení na sítě nn.

– **Technická problematika přenosů dat, protokolů a kybernetické bezpečnosti**

- Nárůst datových toků, rychlá výměna dat,
- Uzpůsobení architektury ICT systémů zpracování nepřetržitého toku dat z různých zdrojů (data stream processing),
- Využití moderních standardů datových výměn formou časových řad,
- Odklon od technologicky nevyhovujícího protokolu IEC 870-5-101 k standardním

- průmyslovým protokolům na bázi TCP/IP, jako např. IEC 870-5-104 nebo IEC 60870-6 (TASE2/ICCP/SICCP) umožňující nasazení moderních nástrojů kybernetické ochrany,
- Posílení IT obchodních a dispečerských systémů a jejich uzpůsobení rostoucí dynamice procesů (sjednávání služeb, příprava provozu, řízení, vyhodnocení) vyvolané rostoucí dynamikou obstarávání služeb,
 - Vyšší míra automatizace zpracování dat a reportingu (průběžné a automatické hodnocení kvality služeb),
 - Aplikace systémů pro řízení zátěže Demand Response.

Opět velmi zajímavé téma - interoperabilita na úrovni výměny / sdílení dat mezi TSO – DSO, TSO – TSO. Například v ČR už dnes ČEPS má model PS rozšířen o 110 kV sítě DSOs. Obecně je potřeba harmonizovat sdělovací cestu, využitou pro výměnu dat, formát výměny strukturálních dat (např. CIM/CGMES), výměna stavu spínacích prvků, měření apod.

– Sladění agregace flexibility a potřeb PDS

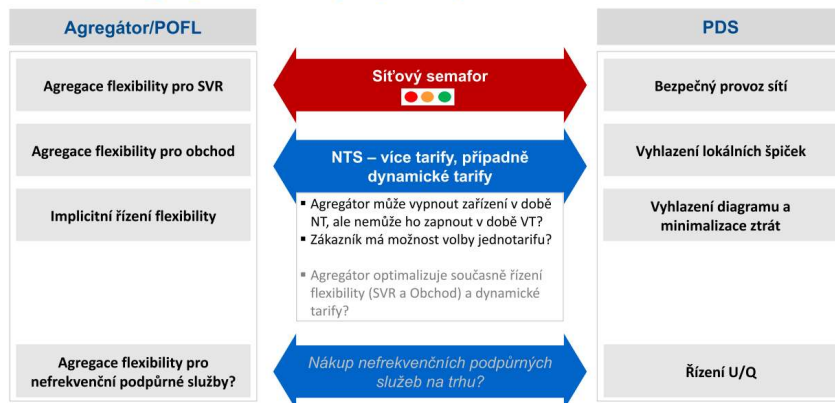
Problémy: implicitní (cenově řízená) flexibilita může vést až k „živelné“ flexibilitě z pohledu PDS – nárazovité toky.

Možnosti využití tzv. vícetarifů, případně dynamických tarifů, jak je sladit s řízenou flexibilitou.

[Konference CIRED 2022, příspěvek s4_01.pdf \(Flexibilita v distribuční síti\)](#)

Zatím spíše ve fázi úvah a diskuzí, tarifní problematika je velmi citlivé téma.

Jak sladit agregaci flexibility a potřeby PDS?



Obr. 1.4 Jak sladit agregaci flexibility a potřeby PDS

1.5 INFORMAČNÍ A KOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE (ICT)

Rozvoj ICT

- Budování optické telekomunikační infrastruktury,
- Zálohování komunikačních cest,
- IEDs (Intelligent Electronic Devices), jejich využití k řízení a chránění sítí,
- Komunikační protokoly,

- Vhodné komunikační technologie pro chytré měření – EV,
- Podpora flexibility – standardizace komunikačních protokolů, unifikace datových formátů nebo automatizace výměny dat.

Snaha EK vybudovat sadu IT standardů, které umožní datovou výměnu mezi národními platformami pro obchodování s flexibilitou (obdoba EDC).

Konference ČK CIREC 2024, příspěvek s6_03.pdf (Evropský projekt One Net) – evropský demonstrační projekt na rozvoj IT infrastruktury pro trh s flexibilitou (RWTH Aachen University, a cca 70 partnerů, za ČR ČEZ distribuce)

Zpracování velkého množství získaných dat – big data, nutnost nasazení nějakého machine learningu pro jejich zpracování a vyhodnocení

Velké téma, potvrzeno z praxe. TSOs i DSOs investují obrovské finance a úsilí pro vybudování systémů, které jsou vzájemně integrovatelné, jsou rozděleny na menší části, nemají závislost na jednom IT vendorovi. Velmi aktuální je použití open-source. Dále je aktuální použití AI, nicméně TSO / DSO nechtějí nic posílat ven - mluví se o tzv. on premise nasazení systémů. Aktuální je budování datových skladů, inteligentní práce s daty tak aby pouze "neležela" na disku, ale dala se použít pro hledání vzorů chování soustav, trénování AI apod.

Velké téma je zahušťování měřících bodů v distribučních soustavách a s tím spojená nutnost komunikace přes mobilní sítě, budování optických spojů, IoT apod. (<https://www.cezdistribuce.cz/distribucni-soustava/rozvoj-distribucni-soustavy>).

Kybernetická bezpečnost systémů ICT

V oblasti kybernetické bezpečnosti jsou stále diskutovanějším tématem možnosti certifikace produktů, služeb a procesů z hlediska jejich technického zabezpečení. EU přijala nezbytnou legislativu k vybudování celoevropského systému kyberbezpečnostních certifikací. V současné době si bezpečnostní požadavky určují jednotlivé členské země EU a existují různé standardy, např. DLSM Security Suite 2, BSI profil (Německo), NCSC (Velká Británie), ENCS (Nizozemsko). V současnosti neexistuje certifikační schéma pro testování bezpečnosti zařízení, které by zajistilo důvěryhodnou a celoevropsky platnou certifikaci produktů. Laboratoře pro bezpečnostní certifikaci zařízení v energetice v ČR zatím chybí, její vybudování připravuje VUT Brno.

Problém: neexistence testovací infrastruktury a metodiky

Opatření: tvorba metodiky a vybudování certifikační laboratoře pro testování zařízení z pohledu kybernetické bezpečnosti.

2 Přenosová soustava

2.1 Instalace nových technologií

- Plynule regulovatelné kompenzační tlumivky – instalace průběžně probíhá,
- STATCOM – ČEPS uvažuje se o instalaci,
- HVDC – uvažuje se v ČR?
- Nástroje pokročilého dispečerského řízení – sofistikované predikční modely na bázi AI a optimalizace a automatizace provozu.

Efektivní spolupráce PPS a PDS – výměna dat pro přípravu provozu, zapojení DS do řízení PS (podpůrné služby).

2.2 Nouzové řízení DECE

Do omezovací plánu (OP) výroby OZE jsou aktuálně zařazeny FVE a VTE nad 100 kW (dálkově ovládané z dispečinku PDS). Výroby rozděleny do 72 skupin členěných po uzlových oblastí v DS, jeden typ OZE ve skupině, výkon skupiny do 75 MW. Sleduje se celkový instalovaný výkon a aktuálně dodávaný v reálném čase. Dispečer ČEPS po aktivaci OP kontaktuje dispečera 110 kV, ten zajistí odeslání pokynu na odpojení příslušných OZE.

Rozvoj OP – zařazení bioplynových elektráren a zařazení OZE v LDS. ČEPS pracuje na tvorbě nového systému NERD (Nouzové řízení DECE) pro hromadné a flefibilní řízení DECE v případě nouzového stavu. NERD bude rozšířený i o akumulaci a odezvu na straně spotřeby (Demand response).

3 Distribuční soustava

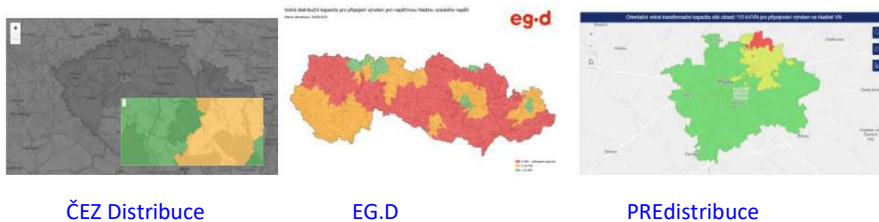
3.1 NEDOSTATEČNÁ KAPACITA SÍTĚ ČI VYUŽITÍ KAPACITY SÍTĚ

Nedostatečná kapacita sítě či její limitní využití

Z hlediska proudového zatížení – vliv připojování nových odběrů (vyšší míra elektrifikace), provozu intermitentních zdrojů, skladby spotřebních zařízení směrem k zařízením s nárazovitou spotřebou (např. nabíjecí stanice), virtuálního sdílení elektřiny (s tím spojené výkonové toky mezi místy sdílení), zapojení decentrální výroby do podpory napětí (pomocí regulace Q), živelná flexibilita v důsledku orientace některých uživatelů sítě na spotové ceny elektřiny

Z hlediska přijímatelnosti zdrojů – přijímatelné výkony výroben jsou ovlivněny proudovým zatížením sítě a požadavky dodržení napěťových poměrů (základním faktorem je limit pro zvýšení napětí po připojení zdrojů, v sítích vn a vvn 2 % a v sítích nn 3 % U_n).

PDS mají zpracované a zveřejněné mapy volných kapacit pro připojování zdrojů na jednotlivých napěťových hladinách NN, VN a VVN.



Obr. 3.1 Detail nedostatečných kapacit sítě různých PDS

Některé vývody nn a vn či trafostanice vvn/vn jsou uzavřené pro připojování dalších decentrálních zdrojů.

Možná řešení:

- Rozšiřování nebo posilování sítí – zahušťování sítě novými trafostanicemi, budování nových linek, změny v konfiguraci sítí,
- Připojování výroben vn v režimu negarantovaného výkonu (dočasné přerušení dodávky výroby bez kompenzace a náhrady za omezení v případech, kdy hrozí přetížení sítě) – od 6/2024 zavedeno ČEZem, dnes EG.D. i PRE,
- Využití flexibility výroben nebo jejich režimu provozu (např. peak shaving) a **zátěže** (agregovaná flexibilita zajišťovaná koncovými odběrateli v DS),
- Dálkové ovládání nabíjecích stanic, (dynamické) řízení jejich odběru – Smart Charging, omezení nabíjecího výkonu ve stavech nouze.

Nemožnost aktivně ovlivňovat časy dobíjení elektromobilů ze strany provozovatelů sítí způsobuje reálně špičky zatížení v DS a tím pádem i nedostatek kapacity pro připojování dalších odběrů. **Systémy dynamického přidělování volné distribuční kapacity** (např. řízení zátěže nabíjecích stanic elektromobilů) mohou zajistit vyrovnání zatížení sítě vhodným řízením nabíjecích stanic – např. projekt CharDis (PRE distribuce s firmami Unicorn a LEEF Technologies).

Okomentoval(a): [MT1]: Vinš - Tady nastupuje právě agregovaná flexibilita zajišťovaná koncovými odběrateli v DS

[Konference ČK CIRED 2024, příspěvek s1_10.pdf \(Maximalizace využití volné kapacity distribuční sítě pro dobíjení elektromobilů – zkušenosti z projektu CharDis\)](#)

[Konference ČK CIRED 2023, příspěvek s4_05.pdf \(Řízení nabíjení EV v DS\)](#)

Požadavky na dynamické řízení nabíjecích stanic:

- Automatizované předávání dat o aktuální topologii sítě v podrobnosti umožňující provádění a vyhodnocování (optimalizačních) výpočtů chodů sítě.
- Měření zatížení trafostanic a vývodů s flexibilními odběry/výrobou.
- Způsob ovládání EV či dobíjecích stanic (EV v sítích nn – využití AMM, v sítích vn a vvn je vhodnější řešení využití řízení dobíjecího výkonu přes protokol OCPP mezi dobíjecími stanicemi a backend systémem provozovatele dobíjecích stanic, který by reagoval na požadavky ze strany PDS na snížení dobíjecího výkonu na daném odběrném místě zasílané přes zabezpečené datové rozhraní z dispečerského řídicího systému (DŘS), v případě EV s funkcionalitou V2G se vyvíjí komunikační protokol OCPP 2.1 a reálná doba širší implementace protokolu do řešení nových dobíjecích stanic a elektromobilů může zabrat několik let). K dispozici jsou i jiné komunikační protokoly.

[Konference ČK CIRED 2021, příspěvek s6_04.pdf \(Dobíjecí stanice elektromobilů – Smart charging a Vehicle-to-grid\)](#)

3.2 KVALITA ELEKTRICKÉ ENERGIE A KVALITA DODÁVEK EL. ENERGIE

3.2.1 Kvalita napětí

Dlouhodobý monitoring PQ v DS je prováděn v předávacích místech PS/DS (strana 110 kV), u vybraných odběratelů 110 kV a vn, v trafostanicích 110 kV/vn (strana vn). Postupně se zavádí plošný monitoring i v DTS vn/nn, ať už doplněním monitorů PQ do rozváděčů nn, nebo instalací chytrých DTS. Snaha o osazení všech DTS vn/nn měřením kvality napětí do roku 2030.

Strategické cíle NAP SG		ČEZ Distribuce				EG.D				PRÉdistribuce			
Oblast	Cíl	Dnes	2025	2030	2040	Dnes	2025	2030	2040	Dnes	2025	2030	2040
Vytvořit podmínky pro vyšší penetraci DECE, akumulace a elektromobility	Podíl decentrálních zdrojů	97%	97%	97%	97%	98%	98%	98%	98%	99%	99%	99%	99%
	Podíl chytrých distribučních stanic (DTS) na hladině VN/NN	0%	12%	34%	34%	0,5% 100 ks	2% 400 ks	5% 1000 ks	25% 5000 ks	1,7% 60ks	16,7% 600ks	33,3% 1200ks	61,1% 2200ks
	Podíl osazeného měření kvality elektřiny na transformátorech VN/NN	30%	75%	100%	100%	1%	35%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Obr. 3.2 Detail na ukazatele kvality různých PDS

Více: [konference ČK CIRED 2021, příspěvek s2_09.pdf \(Koncepce a postupy nasazování plošného monitoringu DTS vn/nn\)](#)

[konference ČK CIRED 2024, příspěvek s5_07.pdf \(Rekapitulace přínosů digitalizace distribuční sítě na hladinách VN a NN\)](#)

[Pozič-Smart-Grids-a-Smart-Meteringu-v-aktualnich-legislativnich-aktivitach-MPO_2021](#)

Problematickým parametrem v DS je flickr (krátkodobý i dlouhodobý) a to napříč všemi napětovými hladinami. Dále bývá zaznamenáno i občasné překročení horní povolené odchylky

napětí, neboť kvůli ztrátám se snaží provozovatelé sítí udržovat v rozvodnách napětí blízké horní povolené hodnotě. Místně může být problém se symetrií napětí. Z historických dat je ale patrný trend zlepšování situace.

Více: konference ČK CIRED 2023, příspěvek s2_02.pdf (Kvalita napětí v DS za jednotlivé napěťové úrovně v sumě za všechny distributory)

V PS se začala PQ monitorovat systematicky až od roku 2022. Takže nejsou k dispozici historická data a nelze zatím vysledovat trend ve vývoji jednotlivých parametrů PQ.

Provozovatelé sítí nyní řeší věci týkající se databází PQ, zpracování dat, efektivnější vyhodnocení dat dle různých požadavků apod., z důvodů množství dat a zvyšujících se požadavků na zpracovávání a vyhodnocování naměřených dat.

Více: konference ČK CIRED 2022, příspěvek s2_05.pdf (Centrála PQ – analytické nástroje v distribuční síti PREdistribuce)

3.2.2 Kvalita dodávek (nepřetržitost dodávek)

Kvalita dodávek je vyhodnocovaná pomocí ukazatelů nepřetržitosti SAIFI a SAIDI (průměrný počet a souhrnná délka přerušení delších než 3 minuty na jedno odběrné místo za rok) a je regulovaná ERÚ. Největší podíl na SAIDI a SAIFI mají přerušení v sítích vn (plánované – práce a neplánované – poruchy). Uvažuje se i o regulaci MAIFI (přerušení do 3 min). Opatření spočívají ve snížení počtu a délky výpadků dodávky, ale i počtu dotčených odběratelů, tj. v minimalizaci výskytu poruch, jejich rychlé detekci a lokalizaci, rychlé obnově napájení a minimalizaci počtu postižených zákazníků, a plánování a minimalizaci plánovaných přerušení.

Technická opatření:

- Použití prvků s nižší poruchovostí, např. izolované venkovní vodiče, selektivní kabelizace např. lesních úseků, kde je vyšší výskyt poruch.
- Zlepšení organizace plánovaných přerušení vedoucích ke zkrácení doby přerušení či počtu nutných přerušení, práce pod napětím.
- Využití distribuční automatizace pro lokalizaci poruch a rekonfigurace sítě – instalace recloserů (REC), dálkově ovládaných úsečníků (DOU), automatických úsečníků, indikátorů poruch (IP), chytrých distribučních stanic.
- Dovybavení DOÚ měřením U a I, měření v DTS.
- Využití pokročilé automatizace k rychlé reakci na mimořádné události, např. systémy automatické obnovy napájení = self-healing, nalezení nejlepšího řešení obnovení dodávky (vývoj PREdistribuce).
- Změny v (provozní) topologii sítí:
 - zahuštění sítě - kratší vývody,
 - možnost záložního napájení - napájení z více stran,
 - přechod od paprskového provozu sítí k zauzlovaným sítím (kruhování sítí vn – paralelní provoz vývodů vn s využitím recloserů, mřížové sítě nn),
 - záskokové automatiky na vn a vvn,

- paralelní provoz uzlových oblastí 110 kV.
- rychlá detekce a lokalizace zemních poruch v síti vn (dlouhodobě řeší VUT Brno).

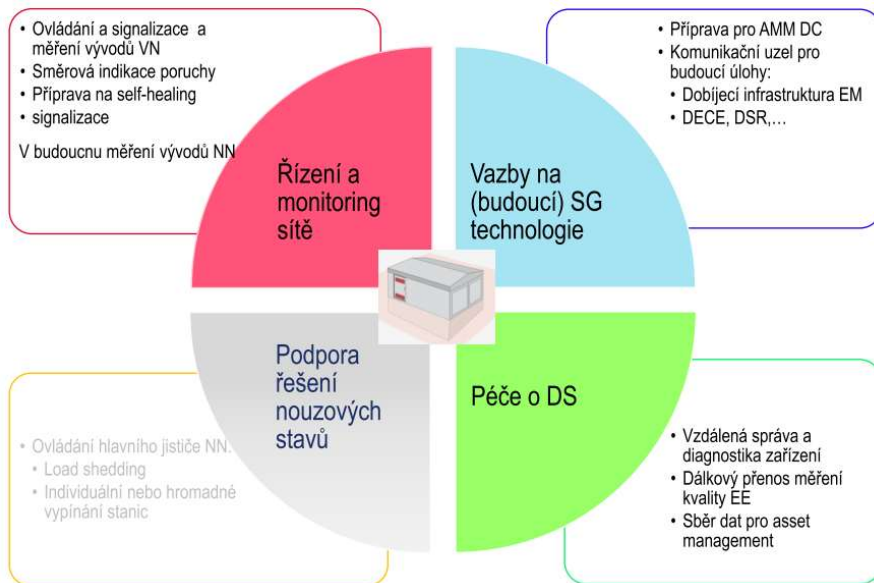
Self-Healing v síti vn

konference ČK CIREĐ 2023, příspěvek s5_09.pdf (Automatika izolace poruchy a obnovy dodávky v napájecí a distribuční síti – pilotní projekt v rámci PREDistribuce, a.s.)

Chytré stanice vn/nn s lokálními rozhodovacími funkcemi.

- Řízení a monitoring sítě:
 - Měření U, I, P, Q na straně vn i nn, včetně detekce poruch, signalizace,
 - Měření kvality napětí na straně nn,
 - Indikátory poruch vn v kabelových sítích (PRE),
 - Využití pro self-healing (PRE).
- Vazby na SmartGrid technologie – komunikační uzel.
- Správa DS – vzdálená správa a diagnostika zařízení, sběr dat pro asset management.
- Podpora řešení nouzových stavů – dálkové ovládání hlavního jističe nn – vypínání stanic individuální či hromadné, load shedding.

viz konference ČK CIREĐ 2024, příspěvek s5_07.pdf (Rekapitulace přínosů digitalizace distribuční sítě na hladinách VN a NN)



Obr. 3.3 Potenciální výzvy v DS

Kruhování sítí (paralelní provoz uzlových oblastí, paralelní provoz vývodů vn).

V oblasti provozu ES je častější potřeba provozovat paralelní oblasti DS. Při propojení uzlových oblastí vvn, oblastí vn vývodů či vn doposud provozovaných samostatně může dojít k relativně

velkým tokům vyrovnávacích výkonů. Vyrovnávací toky ovlivňují zatížitelnost částí sítě a toky Q ovlivňují napětí. To povede na pokročilejšími a sofistikovanějšími nástroji řízení U/Q. Pro účely řízení je nutné získávat informace a data o větší oblasti ES než pouze na úrovni příslušné stanice.

V případě sítí vn může dojít navíc k ohrožení bezpečného spínání úsekovými spínači. Omezení vyrovnávacích proudů na hladině vn je možné například pomocí speciálních zařízení VET, tzv. Soft Open Points, instalovaných v místech propojek vývodů. Pilotní projekty jsou v zahraničí, v ČR nikoliv.

Mřížové sítě

S provozem mřížových sítí byly v minulosti spíše negativní zkušenosti, a proto došlo k jejich postupnému rušení a přechodu na radiální provoz (resp. rozpojené okružní sítě). Výstavba mřížových sítí je finančně náročná z důvodu prostřídání napáječů vn. Mřížová síť z logiky svého propojení může fungovat i při několika odpojených úsecích nn. Z tohoto důvodu je nutné kontrolovat stav jisticích prvků či využít postupy nepřímého zjištění stavu jisticího prvku.

Technická řešení:

- Instalace dálkově ovládaného jističe v rozpínací skříni, což by nahradilo nutnost obcházet a kontrolovat přepálené pojistky.
 - Metody nepřímého zjištění přepálení pojistky např. pomocí AMM.
 - Použití ochran s indikací směru poruchy.
- Problematice mřížových sítí se věnuje VUT Brno, na území centra Brna se provozuje mřížová síť nn (ojedinělost v ČR, jinak se tradičně používá radiální provoz mřížových sítí nn).

3.3 MONITORING A ŘÍZENÍ SÍTÍ NN

V posledních letech sílí se rozvíjí monitoring v sítích nn, které v minulosti nebyly průběžně ani systematicky monitorovány. Aktivity míří těmito směry:

- Měření U, I, P, Q na straně v chytrých DTS, včetně dálkového ovládnání stanic.
- Měření kvality napětí na straně nn – chytré DTS nebo dodatečně instalované analyzátoři PQ.
- Postupná instalace AMM (chytré elektroměry).
- Využití dat pro účely operativního řízení DS a analytickou činnost.

V současné době jsou rozběhnuté roll-outy AMM u všech PDS. Systému AMM by mělo být osazeno u všech odběrných míst s roční spotřebou nad 6 MWh v letech 2024–2027. Aktivity PDS se soustředí na testování AMM a výběr vhodné komunikační technologie (komunikace po silovém vedení (PLC) nebo GSM bod-bod (P2P)). Možnosti využití AMM:

Další směry využití AMM pro řízení sítí:

- Analýza nestandardních napěťových poměrů – v důsledku zatížení či poruch,
- Symetrizace sítí – detekce nesymetrie napětí a hledání příčiny,
- Výpočty chodu sítí vn a nn,
- Výpočty volné kapacity pro poskytování flexibility a podpůrných služeb,
- Data-driven modelování chování odběrných míst,
- Predikce zatížení či výroby v sítích,
- Měření a řízení flexibility na zařízeních poskytujících podpůrné služby,

- Zefektivnění procesu sběru dat a fakturace.

Uvedená využití AMM jsou ve fázi vývoje.

[konference ČK CIREC 2024, příspěvek s6_08.pdf \(Využití dat ze smart meterů pro účely dispečerského řízení a provozu sítí NN / ohlédnutí za pilotním projektem Smaragd\)](#)

<https://www.cezdistribuce.cz/distribucni-soustava/rozvoj-distribucni-soustavy>

3.4 PODPŮRNÉ SLUŽBY

Služby výkonové rovnováhy (SVR) - Frekvenční podpůrné služby PpS.

- Služby, zajišťující rovnováhu mezi výrobou a spotřebou elektrické energie.

Jsou charakterizovány lineární charakteristikou změny výkonu v závislosti na odchylce frekvence od 50 Hz na dané výrobní jednotce, popř. agregátorovi. Dělí se podle možnosti aktivace na automatické (FCR, aFRR) a manuální (mFRR), zároveň pak platí, že s požadavkem na pomalejší uvolnění plného kladného nebo záporného výkonu obvykle roste absolutní velikost kontraktovaného výkonu služby, tedy nejrychlejší služby reagují při nejmenších odchylkách nejmenšími výkony a obráceně.

Ostatní podpůrné služby - Nefrekvenční podpůrné služby PpS-N.

- Služby používané k zajištění kvality napětí a provozu PS (regulace velikosti napětí pomocí změny dodávek jalového výkonu (SRUQ) - sekundární regulace UQ; start ze tmy a schopnost ostrovního provozu).

V DS se hovoří především o službě řízení napětí a řízení přetoků jalového výkonu (vvn, vn i nn), black startu a ostrovního provozu na 110 kV.

[konference ČK CIREC 2021, příspěvek s4_03.pdf \(Současný stav, změny a výhled poskytování nefrekvenčních podpůrných služeb v ES ČR\)](#)

[konference ČK CIREC 2021, příspěvek s3_11.pdf \(Potenciál nefrekvenční podpůrné služby Řízení jalového výkonu pro provozovatele distribuční sítě\)](#)

[konference ČK CIREC 2024, příspěvek s6_06.pdf \(Poskytování síťových podpůrných služeb statickými měničovými napáječi pro železniční trakční soustavu\)](#)

Velmi aktuální téma po celé Evropě:

https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Projektportrait/Projektarchiv/Entrans/Contributions_of_renewables_to_ancillary_services_and_system_stability_EN.pdf

https://www.svk.se/siteassets/2.utveckling-av-kraftsystemet/forskning-och-utveckling/koordinet/koordinet_wp4_d4.7.2_final-report.pdf

3.5 CHRÁNĚNÍ SÍTÍ

3.5.1 Detekce a lokalizace poruch v sítích vn, zhášecí tlumivky

Nové způsoby ladění zhášecích tlumivek – např. multifrekvenční injektáž (EGE ČB – úspěšně odzkoušeno, nasazuje se).

konference ČK CIRED 2021, příspěvek s3_02.pdf (Zkušenosti s novou metodou ladění zhášecích tlumivek využívající multifrekvenční injektáže)

Kompenzace zemních spojení pomocí řízeného zdroje proudu (pilot ZČU Plzeň RICE, ČEZ distribuce).

konference ČK CIRED 2022, příspěvek s3_08.pdf (Zařízení pro kompenzaci zemních poruch)

Estimace zbytkového proudu zemního spojení – real-time monitoring jeho úrovně a možné využití k modifikaci způsobu chránění – VUT Brno.

konference ČK CIRED 2024, příspěvek s4_05.pdf (Estimace zbytkového proudu zemního spojení s využitím poruchových záznamů) a příspěvek s4_06.pdf (Adaptivní zemní ochrana pro kompenzované sítě)

Lokalizace poruch v sítích vn:

- Využití distribuční automatizace – indikátory poruch, měření na úsečnicích a DTS.
- Využití měření na DTS (pokles napětí) k lokalizaci zkratů v sítích vn (ČEZdistribuce a MEGa – pilotní projekt).

konference ČK CIRED 2021, příspěvek s3_05.pdf (Lokalizace zkratů v sítích vysokého napětí pomocí měření v DTS)

- Lokalizace ZS a nesymetrických poruch v sítích vn (projekt Vdip – VUT Brno, KMB systems, ELVAC, EGD).

konference ČK CIRED 2022, příspěvek s3_04.pdf (Vyhodnocení funkce systému Vdip při poloprovozu v oblasti Vimperk)

Systém přizemnění postižené fáze jako alternativy OZ v odporově uzemněných soustavách (pilot EGD a VUT Brno).

konference ČK CIRED 2022, příspěvek s3_06.pdf (Experimentální ověření využití přizemnění postižené fáze jako alternativy k OZ)

Problémy: sladění nově navržených funkcí se stávajícími systémy chránění a s dispečerským systémem.

3.5.2 Detekce nezáměrného ostrovního provozu střídačových výroben

Nezáměrný ostrovní provoz (NOP), kdy je část DS se zdroji/výrobnami a spotřebiči nezáměrně a dočasně vyčleněna do ostrovního provozu (OP), může ohrožovat bezpečnost osob pracujících na elektrických zařízeních s předpokladem, že tato zařízení jsou bez napětí. Ve většině případů postačují k detekci ostrovního provozu konvenční napěťové a frekvenční ochrany, ale současné trendy vedoucí k optimalizaci toků činného a jalového výkonu téměř znemožňují správnou funkci většiny ochrany proti ostrovnímu provozu (anti-islanding protections).

Pro rozpoznání ztráty napájení použít různé detekční algoritmy založené na pasivních a aktivních technikách, případně v kombinaci s informačními propojeními mezi distribučním systémem a výrobními zařízeními. Žádná z těchto metod není ideální a univerzálně použitelná se snadno určitelným nastavením. Jako vhodné řešení se jeví kombinace různých metod detekce ostrovního provozu. Zabývá se tím VUT Brno.

konference ČK CIRED 2024, příspěvek s4_01.pdf (Nezáměrný ostrovní provoz střídačových výroben: Riziko přechodu a udržení) a příspěvek s4_02.pdf (Ochrany při nezáměrnému ostrovnímu provozu), konference ČK CIRED 2022, příspěvek s3_10.pdf (Nechtěný ostrovní provoz FVE 5 MW)

3.5.3 Detekce nestandardních/poruchových stavů v mřížové síti

S úvahami o využití provozu mřížových sítí se vyvíjí metody pro detekci nestandardních stavů založených na měřeních v sítích. Otázkou je určení míst/uzlů, kde měření nasadit. Řešený problém, VUT Brno.

konference ČK CIRED 2022, příspěvek s3_12.pdf (Parametrizace numerického modelu mřížové soustavy pro porovnání výsledků simulace s výsledky reálného měření vybraných nestandardních událostí)

3.6 KOMUNITNÍ A PRŮMYSLOVÁ ENERGETIKA

V ČR je rozvoj komunitní energetiky teprve na samém počátku (cca 40 registrovaných EnS – environmentálních společenství, viz <https://eru.gov.cz/registr-energetickych-spolecenstvi>). Energetické komunity mohou sdílet energii dvěma základními způsoby: virtuální sdílení v rámci celé ES (členové vlastní a provozují energetické zdroje a vyrobenou elektřinu si sdílí přes veřejné sítě) a fyzické sdílení prostřednictvím komunitních sítí (elektřina se fyzicky sdílí přes sítě ve vlastnictví energetické komunity).

Rozsáhlé zavedení energetických komunit v ES a způsob sdílení bude mít přímé dopady na DS, případně i PS. Případné změny výkonových toků a přetoky budou záviset na použité technologii decentrálních zdrojů, velikosti instalovaného výkonu a místu připojení v síti a podmínkách provozu.

Možné využití komunitní a průmyslové energetiky ve prospěch ES:

- Agregace energie a využití flexibility na straně výroby i spotřeby pro podpůrné služby k regulaci ES.
- Optimalizace energetických profilů jednotlivých prosumers a celé komunity (regulace a řízení výroby a spotřeby energie), lepší využití distribuční sítě, snižování špiček spotřeby.
- Akumulace energie ve sdíleném velkokapacitním úložišti.

Aby mohla být průmyslová nebo komunitní energetika ovladatelná z hlediska provozovatele sítě, musí mít alespoň dvě ze tří vlastností: vlastní výrobu energie, akumulaci energie (elektrické i tepelné) a řízení spotřeby energie, dále musí existovat přímá komunikace mezi PDS a subjekty (EnS, společenství pro OZE, průmyslové podniky) pro dispečerské řízení, napojení dispečerského řízení na EMS subjektů (predikce spotřeby a výroby uvnitř jejich sítě).

Technický dopad energetických komunit na ES

Distribuční síť

- Překročení povolených odchylek napětí → regulace jalového výkonu, upgrade infrastruktury.
- Přetížení síťových prvků → dočasné omezení výroby decentrálních zdrojů.
- Chránění sítí a detekce poruch → změna filozofie chránění s respektováním obousměrných výkonových toků, nové algoritmy.
- Revize plánů obnovy po výpadcích napájení.
- Dočasný soběstačný provoz částí sítí.

Přenosové síť

- Řízení výkonové rovnováhy.
- Řízení odpojení zátěže (load shedding) při nízké frekvenci → více dynamické regulace U a Q → management jalových výkonů.
- Vliv na dynamiku soustavy → dynamické modely pro přesnější estimaci samoregulačního efektu soustavy.
- Strategie obnovy napájení po výpadku.
- Chránění sítí → nové systémy a algoritmy respektující nižší hodnoty zkratových proudů.

Změna současných tržních vzorců, problém účtování poplatků za distribuci, možné změny v tarifní politice.

3.7 ASSET MANAGEMENT

Data driven asset management:

- Obnova zařízení dle stavu, důležitosti a rizikovosti.
- Optimalizace lhůt inspekce zařízení dle stáří a kondice.

Diagnostika zařízení

3.8 NOVÉ POŽADAVKY NA ZAŘÍZENÍ PŘÍPOJOVANÁ DO SÍTÍ (ZDROJE, AKUMULACE, SPECIFICKÉ SPOTŘEBIČE)

- **Oblast s potenciálem pro RICE**

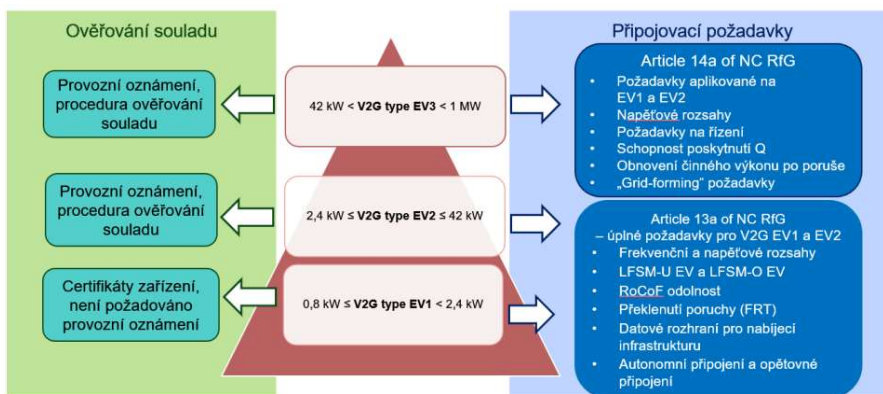
Connection Network Codes (CNC) stanovují minimální požadavky na připojení specifikovaných zařízení k ES. Nařízení Evropské komise 2016/631 (Requirement for Generators), 2016/1388 (Demand Connection) a 2016/1477 (HVDC) jsou od 2025 aktualizovaná. Tato aktualizace přináší řadu nových požadavků a rozšiřuje uplatnitelnost na nová zařízení, která se již objevují v elektroenergetických soustavách nebo se očekává, že budou brzy připojena (e-mobilita, grid-forming, akumulace, power-to-gas).

Novelizace nařízení 2016/631 (RfG)

Elektromobily, resp. nabíjecí infrastruktura:

- Definiuje požadavky na kategorie elektromobilů V2G (Vehicle to Grid).

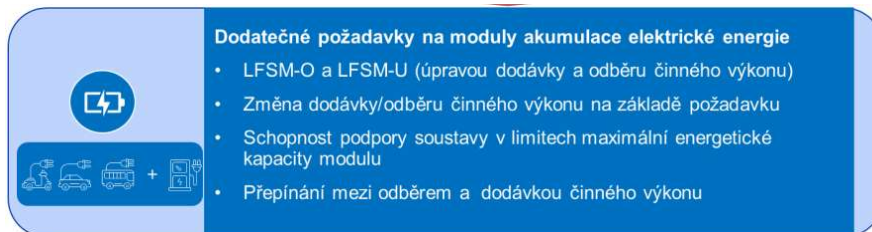
- Elektromobily (EV) s výkonem nad 1 MW jsou v rámci nařízení RfG chápány jako moduly pro akumulaci a platí pro ně stejné požadavky. Do výkonu 1 MW se na ně pohlíží jako na výrobní moduly typu A nebo B (dle výkonu).
- Pro EV nad s výkonem od 50 kW do 1 MW je dále požadováno, aby byla připravena i komunikační infrastruktura pro výměnu informací v reálném čase a také případné využití „grid-forming“ schopností pro podporu soustavy.



Obr. 3.4 Schématické znázornění požadavků RfG

Akumulační zařízení:

- Rozšířeny požadavky na úpravu výkonu při pod/nadfrekvenci.
- Schopnosti přepínání režimu dodávka/odběr pro účely podpory soustavy.

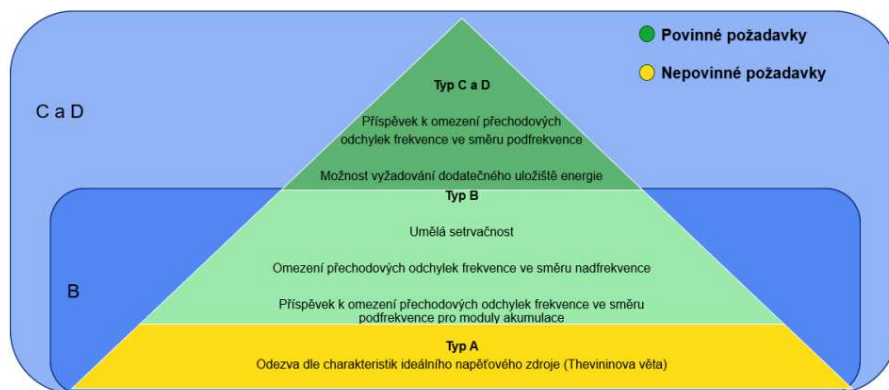


Obr. 3.5 Dodatečné požadavky RfG

Grid-forming:

- Požadavky na „grid-forming“ povinné pro zařízení připojovaná k soustavě přes výkonový měnič (tj. nesynchronní VM a akumulace) v kategoriích B, C a D, připojená do soustavy 110 kV a vyšší, nebo kategorie B, C a D s instalovaným výkonem 10 MW a vyšším v napěťových soustavách pod 110 kV.
- Uvažované schopnosti, které by se v jednotlivých kategoriích VM využívaly.

Okomentoval(a): [MT2]: Viz zprávu - Vinš - Rešerše grid forming střídačů a jejich potenciálních funkcí v ES, 2022



Obr. 3.6 Hierarchie požadavků RfG

- Rešerše grid forming střídačů a jejich potenciálních funkcí v ES [1].

Novelizace nařízení 2016/1388 (Demand Connection):

- Rozšíření aplikovatelnosti i na nová zařízení, jako jsou elektromobily a nabíjecí stanice pro elektromobily, tepelná čerpadla a zařízení „power to gas“ (P2G).
- Definuje požadavky na kategorie elektromobilů V1G (Vehicle from Grid).
- Předpokládá se, že ověřování souladu V1G a tepelných čerpadel, nezávisle na výkonu nebo napěťové úrovni místa připojení, bude vždy dokládáno výhradně certifikáty.

Více: konference ČK CIRED 2024, příspěvek s3_01.pdf (Aktualizace evropských přípojovacích kodexů), konference ČK CIRED 2023, příspěvek s3_01.pdf (Novelizace nařízení 2016/631), ČK CIRED 2024, příspěvek s3_02.pdf (Nové požadavky na zdroje připojované do sítí nn a vn)

Ověřování souladu pro výrobní a akumulační moduly

Výrobce je povinen provést funkční zkoušky/simulace pro ověření souladu výrobního modulu s požadavky v RfG a PPDS P4, v rámci tzv. procesu umožnění provozu pro ověření souladu (UPOS). Soulad je ověření, že produkt plní konkrétní požadavky dle podmínek a smlouvy o připojení. Proces UPOS ale nebyl ze strany provozovatelů distribučních soustav vyžadován a vlastníci výroben nemuseli nic dokládat (stačilo prohlášení vlastníka či instalační firmy). Změny v dokládání nastávají od 1.1 2025.

Výrobní moduly A1/A2 (do 11/100 kW) - soulad je možné prokázat pouze doložením platného osvědčení o souladu (certifikátu), vydaného odbornou laboratoří, případně doložením výjimky Energetického regulačního úřadu. Certifikát musí být vydán akreditovaným zkušebním pracovištěm pro ověření souladu. Dnes jediné akreditované pracoviště v ČR – Zkušební laboratoř Strojírenského zkušebního ústavu, ve spolupráci se zkušebním pracovištěm VUT Brno. Další možnost získání certifikátu (pouze do konce roku 2025) je od laboratoří PDS (ČEZ Distribuce a EG.D).

Výrobní moduly B1/B2 (do 1/30 MW) - Prokázání souladu celého výrobního modulu je možné pouze kombinací následujících metod: protokol provedení zkoušek v místě instalace, protokolu simulace souladu, osvědčení/certifikát o souladu s konkrétním požadavkem PPDS P4, případně výjimka ERÚ.

Obdobně pro moduly C a D (nad 30 MW).

Na místě je možné zkouškou za provozu ověřit pouze některé požadavky (regulace P a Q, funkčnost rozpadového místa a automatické připojení celé výrobní) a zbylé doložit certifikátem nebo simulacemi souladu. Pro **simulace souladu** si musí vlastník výrobní zajistit matematický model odpovídající použité technologii v jeho výrobě. Simulace by měla být provedena na všechny použité komponenty v rámci celé výrobní (výrobní jednotky, síťové ochrany, řídicí systémy, kompletní vnitřní rozvod apod).

Nařízení upřesňuje **simulační modely** (zvláště pro synchronní a nesynchronní VM).

- Modely popisující chování zařízení při elektromechanických přechodných jevech (RMS),
 - o Celkový model musí zahrnovat minimálně model střídače, řídicího systému a ochran. Měl by být poskytnut v „open-source“ formátu pro využití na dílčí studie síťové stability.
- Modely popisující chování zařízení při elektromagnetických přechodných jevech (EMT) v časové oblasti,
 - o Model musí být použitelný pro frekvenční pásmo 0.2 až 2000 Hz pro účely interakčních studií a zahrnovat provozní rozsahy a regulační módy v sousledné, zpětné i netočivé složce. Dále na modelu musí být možné reprodukovat detailní odezvy řídicího systému během poruchových stavů.
- Modely popisující chování zařízení pro zhodnocení rezonanční stability ve frekvenční oblasti,
 - o Poskytnutý impedanční model by měl být pro analytické nebo numerické analýzy v rozsahu 5 až 2500 Hz (s případným rozšířením až k 9 kHz). Impedanční profil zařízení musí zahrnovat celé provozní pásmo a regulační režimy.

Simulací jde např. ověřit překlenutí poruchy UVRT, odolnosti při ději RoCoF apod.

Více: [konference ČK CIRED 2024, příspěvek s3_08.pdf \(Zkušenosti z prováděných zkoušek v rámci procesu UPOS\)](#), [příspěvek s3_10.pdf \(Odezvy výkonu střídačů FVE na změny napětí sítě a jejich dynamický model\)](#)

3.8.1 AKTIVNÍ TRAKČNÍ NAPÁJEČE - STATICKÉ FREKVENČNÍ MĚNIČE (SFC)

Měničové aktivní trakční napáječe jsou nasazovanou alternativou k jednofázovým transformátorům pro napájení železniční trakční soustavy 25 kV 50 Hz z distribučních sítí. Mimo řízení trakční soustavy umožňuje jejich zapojení do nefrekvenčních (služby jalového výkonu), ale i frekvenčních podpůrných síťových služeb (např. služby při odlehčování soustavy), přičemž poskytování podpůrných síťových služeb může být využitelné nejen v distribuční, ale i v přenosové soustavě. Míra využitelnosti, tedy disponibilita, trakčních napáječů je však závislá na typu a vlastnostech měniče, a na provozu trakční soustavy.

Vzhledem k možnosti aktivního řízení třífázového front-endu, nabízí se použít SFC také jako aktivní prvek pro řízení napětí v DS (PS) a to v rámci podpůrných služeb. Vzhledem k předpokládané relativně pravidelné penetraci TNS v distribučních sítích je navíc na místě uvažovat se zapojením SFC do frekvenčních podpůrných služeb, kde více jednotek může poskytnout významný regulační výkon. Lze předpokládat, že potřeba regulačního výkonu bude

narůstat vzhledem k přesunování výroben elektrické energie do nižších napěťových hladin a s tím souvisejícímu odlehčování linek na vyšších napěťových hladinách.

V současné době je jednoznačným přínosem plynulá regulace jalového výkonu s cílem snížit přenosové ztráty v DS a dále řídit profil napětí v síti, do které je SFC připojen. Disponibilní výkon konceptů nasazení SFC je sumárně 600 MVA (jednotky s instalovaným výkonem po 20 MVA/ks v počtu kusů přibližně 30 rozmístěných po ČR), nicméně nepředpokládá se využití SFC ze 100 %. Z toho může plynout významná dostupnost pro poskytování podpůrných služeb.

Více: konference ČK CIRED 2024, příspěvek s6_06.pdf (Poskytování síťových podpůrných služeb statickými měničovými napáječi pro železniční trakční soustavu)

Z hlediska kvality odběru/dodávky bude pozornost věnována primárně vlivu frekvenčních složek na funkci kompenzačních zařízení v síti (riziko rezonance s laděnými filtry), dále možné rušení signálu HDO (216,6 Hz) interharmonickými složkami a vliv na kolísání napětí v místě připojení.

Více: konference ČK CIRED 2021, příspěvek s2_08.pdf (Integrace statických frekvenčních měničů pro napájení AC trakční soustavy do distribuční soustavy z pohledu kvality elektrické energie)

Více o problematice ve výzkumné zprávě RICE [2].

Problematika v řešení: VUT Brno, ZČU Plzeň.

4 Shrnutí

Problém	Napěťová hladina	Dílčí problémy a stav řešení
Náhrada plynu SF6	zvn, vvn, vn	řešený
Navyšování toků jalového výkonu	všechny	PS – instalace nových kompenzačních tlumivek, v úvaze instalace STATCOMu Zapojení DECE do nefrekvenčních podpůrných služeb – regulace U v ustáleném stavu (řešeno v PS a částečně i v DS), rychlá dodávka Q – zatím není jako samostatná služba Regulace Q v DS – úvahy o instalaci kompenzačních tlumivek, koordinace regulačních prostředků (PDS a výrobců/odběratelů) – zatím pilotní projekty Nastavení pravidel a plateb v oblasti Q – úvahy o účtování 15min výkonů, platby za rezervovaný Q atd.
FLEXIBILITA, PODPŮRNÉ SLUŽBY		
Energetické datové centrum EDC	všechny	vytvoření a nastavení modelů procesů a pravidel pro aktivaci, zajišťování, zúčtování a vyhodnocování služeb apod. – v řešení Digitální výměna dat mezi PPS a PDS – příprava interních procesů pro sběr a předání požadovaných dat v digitální podobě – v řešení
Rozšíření modelu sítě využívaného ČEPSem	PS, část DS	modelování významných zařízení v PS i DS, tak i výkonové malých zdrojů vn a nn, agregovaných v podobě výkonové injeckáže – v řešení
Vývoj modelů dynamického chování zařízení, účastníků trhu	DS	– z části řešené, např. využití pravděpodobnostního výpočtu chodu ES
Predikce chování jednotlivých odběrných a předávacích míst a agregačních bloků	DS	Stanovení dostupné flexibility např. využití AMM, matematických modelů – k řešení
Modely vypořádání flexibility mezi subjekty zúčtování	DS	– k řešení
Flexibilita pro zajištění podpůrných služeb	DS	Vývoj metod pro regulaci výkonu DECE na nn, např. virtuální metody Stanovení a hodnocení výchozího diagramu (baseline) – pokročilé metody predikce, např. využití neuronových sítí Predikce rebound/preload efektu při aktivaci flexibility – vliv průběhu aktivace flexibility a okolních podmínek, modelování a simulace odezvy zařízení, agregovaných bloků - k řešení
INFORMAČNÍ A KOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE (ICT)		
Rozvoj ICT – sdílení a výměna dat	Všechny	Snaha vybudovat sadu IT standardů, které umožní datovou výměnu mezi národními platformami pro obchodování s flexibilitou, na tuzemské úrovni mezi TSO a DSO Vybudování vzájemně integrovatelných IT systémů

		Digitální výměna dat a sdílení dat mezi účastníky trhu – řešení, start Elektroenergetického datového centra Harmonizace sdělovací cesty, formát výměny strukturálních dat (např. CIM/CGMES), stavu spínacích prvků, měření
Zpracování velkého množství získaných dat – big data	Všechny	Budování datových skladů, inteligentní práce s daty, hledání vzorů chování soustav, využití AI
Zahušťování měřících bodů v distribučních soustavách	DS	nutnost komunikace přes mobilní sítě, budování optických spojů, IoT
Kybernetická bezpečnost systémů ICT	Všechny	neexistence testovací infrastruktury a metodiky, nutnost vybudování certifikační laboratoře pro testování zařízení z pohledu kybernetické bezpečnosti
DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA		
Nedostatečná kapacita sítě či její limitní využití	DS	rozšiřování nebo posilování sítí a připojování výroben vn v režimu negarantovaného výkonu využití flexibility výroben a zátěže nebo jejich režimu provozu (např. peak shaving, agregovaná flexibilita) Systémy dynamického přidělování volné distribuční kapacity např. (dynamické) řízení odběru nabíjecích stanic – Smart Charging – pilotní projekty
Zvyšování spolehlivosti dodávek	DS	Využití pokročilé automatizace k rychlé reakci na mimořádné události - chytré stanice vn/nn, systémy automatické obnovy napájení = self-healing – ve vývoji, Rychlá detekce a lokalizace zemních poruch v síti vn Kruhování sítí/vývodů vn – využití technologií Soft Open Points - pilotní projekty jsou v zahraničí, v ČR nikoliv Vzdálená správa a diagnostika zařízení, sběr dat pro asset management
Monitoring a řízení sítí nn	nn	Instalace chytrých DTS – měření U, I výkonů, dálkové ovládání, analyzátory kvality napětí AMM Zahušťování měřících bodů v distribučních soustavách – budování komunikační sítě
Komunitní energetika	nn, vn	Agregace energie a využití flexibility na straně výroby i spotřeby pro podpůrné služby k regulaci ES Optimalizace energetických profilů jednotlivých prosumers a celé komunity (regulace a řízení výroby a spotřeby energie) pro lepší využití distribuční sítě, snižování špiček spotřeby Posouzení technických dopadů na provoz DS
ZAŘÍZENÍ A JEJICH PROVOZ		
Aktivní trakční napáječe – zapojení do nefrekvenční i frekvenčních podpůrných služeb	vvn	Problematika v řešení: VUT Brno, ZČU Plzeň
Grid-forming funkce výrobních jednotek a akumulace	vvn, vn (nn)	Využití v ES

Okomentoval(a): [MT3]: Viz zprávu - Vinš - Rešerše grid forming střídačů a jejich potenciálních funkcí v ES, 2022

Požadavky na připojovaná zařízení k síti	Všechny, především vn a vyšší	Ověřování souladu pro výrobní a akumulační moduly, zkoušky v místě připojení a simulace souladu s požadavky – vývoj modelů popisujících chování zařízení při elmech. přechodných jevech, výskyty rezonancí apod. – prostor k řešení
Data driven asset management	všechny	Obnova zařízení dle stavu, důležitosti a rizikovosti Optimalizace lhůt inspekce zařízení dle stáří a kondice Diagnostika zařízení

Literatura

- [1] Vinš - Rešerše grid forming střídačů a jejich potenciálních funkcí v ES, výzkumná zpráva 22190-035-2022, RICE, ZČU v Plni, 2022
- [2] Pittermann, Blahník, Straka, Fořt – Trakční napájecí systémy – současný stav a výhled do roku 2050, výzkumná zpráva 22160-xxx-2025, RICE, ZČU v Plni, 2022

Historie revizí

Rev.	Kapitola	Popis změny	Datum	Jméno
0	Všechny	Publikování dokumentu	2.11.2025	M.Tesařová