

| | | | |
|---|--------------------|---|----------------|
|  | Registrační číslo: | Úroveň zpracování: Revize 20 leden 2020 | Číslo výtisku: |
|---|--------------------|---|----------------|

PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ PŘENOSOVÉ SOUSTAVY

KODEX PŘENOSOVÉ SOUSTAVY

Část V.

Bezpečnost provozu a kvalita na úrovni PS

Základní podmínky pro užívání přenosové soustavy

Obsah:

1. Plán obrany proti šíření poruch v přenosové soustavě
2. Plán obnovy po výpadku soustavy
- ~~2~~.3. Dlouhodobá bezpečnost a spolehlivost elektrizační soustavy
- ~~3~~.4. Kvalita na úrovni PS

Obsah

| | |
|--|-----------|
| Obsah | 2 |
| 1 Plán obrany proti šíření poruch v přenosové soustavě | 3 |
| 1.1 Opatření pro předcházení stavům nouze a pro jejich likvidaci | 3 |
| 1.1.1 Řízení propustnosti sítě | 3 |
| 1.1.2 Opatření proti přetížení | 4 |
| 1.1.2.1 Automatika omezování výkonu PPC Vřesová | 4 |
| 1.1.2.2 Přetokové automatiky na vedeních 220 kV | 4 |
| 1.1.2.3 Automatika omezování výkonu Výškov AOV | 4 |
| 1.1.2.4 Přetokové automatiky na mezinárodním vedení z 50Hertz | 4 |
| 1.1.3 Opatření proti kaskádovitému šíření poruchy | 5 |
| 1.1.4 Opatření proti poklesu a vzrůstu frekvence | 5 |
| 1.1.4.1 Frekvenční plán | 5 |
| 1.1.4.2 Frekvenční odlehčování | 6 |
| 1.1.5 Opatření proti poklesu a vzrůstu napětí | 6 |
| 1.1.5.1 Elektrárny | 6 |
| 1.1.5.2 Transformátory | 7 |
| 1.1.5.3 Kompenzační prostředky | 7 |
| 1.1.5.4 Mimořádné prostředky | 7 |
| 1.1.6 Opatření proti kývání | 8 |
| 1.1.7 Opatření proti ztrátě synchronismu | 8 |
| 1.1.7.1 Statická stabilita | 8 |
| 1.1.7.2 Dynamická stabilita | 8 |
| 1.2 Mezinárodní spolupráce při předcházení a řešení poruch | 8 |
| 2 Plán obnovy po výpadku soustavy | 10 |
| 2.1 Strategie obnovy | 10 |
| 2.2 Priority | 10 |
| 2.3 Principy obnovy soustavy | 11 |
| 2.3.1 Obnova napětí ze sousedních PS | 11 |
| 2.3.2 Obnova napájení z elektráren schopných startu ze tmy | 11 |
| 2.3.3 Distribuční soustavy | 11 |
| 3 Dlouhodobá bezpečnost a spolehlivost elektrizační soustavy | 12 |
| 3.1 Maximální přípustný vyráběný výkon OZE z hlediska regulovatelnosti ES ČR | 12 |
| 3.2 Určení hodnoty celkového maximálního výkonu OZE | 12 |
| 3.3 Použití hodnoty celkového maximálního výkonu OZE | 12 |
| 3.4 Platnost výsledků uvedené metodiky | 12 |
| 4 Kvalita na úrovni PS | 13 |
| 4.1 Charakteristiky elektřiny na úrovni PS | 13 |
| 4.1.1 Kmitočet sítě | 13 |
| 4.1.2 Velikost a odchylky napájecího napětí | 13 |
| 4.1.3 Rychlé změny napětí | 13 |
| 4.1.3.1 Velikost rychlých změn napětí | 13 |
| 4.1.3.2 Míra vjemu flikru | 14 |
| 4.1.4 Nesymetrie napětí | 14 |
| 4.1.5 Harmonická napětí | 14 |
| 4.1.6 Obsah řídicích signálů ze sítí uživatelů | 15 |
| 4.1.7 Minimální zkratový výkon | 15 |
| 4.2 Měření charakteristik elektřiny z PS | 15 |
| 4.3 Postupy a zásady řešení oprávněnosti stížností na kvalitu elektrické energie | 16 |
| 4.3.1 Postup týkající se kvality elektřiny | 16 |
| 4.3.2 Postup týkající se parametrů elektrických veličin odběrného místa | 16 |
| 4.4 Připojování nových uživatelů – zajištění kvality elektrické energie | 17 |

1 Plán obrany proti šíření poruch v přenosové soustavě

Úkolem Plánu obrany je navrhnout taková opatření, která by zamezila rozšíření poruchy (zejména kaskádovitému šíření poruchy) a dále pak vedla ke zkrácení doby výpadku.

Na úrovni Evropské unie řeší problematiku plánů obrany NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2017/2196 ze dne 24. listopadu 2017 kterým se stanoví kodex sítě pro obranu a obnovu elektrizační soustavy (NCER). NCER stanoví harmonizované požadavky na technická a organizační opatření, aby se zabránilo šíření či zhoršení mimořádné události ve vnitrostátní soustavě a zamezilo se rozšíření narušení a stavu blackoutu do jiných soustav.

S Plánem obrany souvisí také předcházení a řešení stavu nouze, kterým se zabývá ~~řeší~~ zákon č.458/2000 Sb. a dále vyhlášky:

- **Vyhláška č. 80/2010 Sb.**, o stavu nouze v elektroenergetice a o obsahových náležitostech havarijního plánu definuje způsoby omezení spotřeby nebo dodávky elektřiny prostřednictvím frekvenčního, regulačního a vypínacího plánu.
- **Vyhláška č. 79/2010 Sb.**, o dispečerském řízení elektrizační soustavy a o předávání údajů pro dispečerské řízení upravuje pravidla dispečerského řízení soustav, výroben a konečných zákazníků, přípravy provozu a zajišťování systémových služeb.

Na úrovni provozovatele přenosové soustavy je Plán obrany vypracován v provozní instrukci PI 620-14.:

1.1 Opatření pro předcházení stavům nouze a pro jejich likvidaci

1.1.1 Řízení propustnosti sítě

Z hlediska rozvoje soustavy se propustnost sítě zvyšuje odstraňováním úzkých míst (např. zvýšením dovolené zatížitelnosti a/nebo posilováním sítě výstavbou nového vedení). Na úrovni přípravy provozu jsou plánovány dostatečné přenosové rezervy na základě aplikace kritéria „N-1“. V reálném provozu však může dojít vlivem neočekávaných a nepředvídatelných okolností k zvýšení rizika a je nutno přistoupit k nápravným opatřením popsáním v následujících kapitolách.

Ve vymezených případech (ve výstražném stavu, kdy hrozí přetížení vedení nebo je vyčerpána přenosová schopnost profilu) je nutno změnit nasazení vybraných bloků tak, aby se soustava dostala zpátky do normálního stavu, přenosový profil se odlehčil a hrozba přetěžování se odstranila. Činnost s tím spojená se souhrnně nazývá řízení propustnosti sítě a lze pro ni použít dva základní prostředky:

- redispečink:
 - interní
 - mezinárodní
 - MRA („Multilateral agreement“)
- protiobchod.

Pro interní redispečink se používají ~~jen zdroje~~ a přerozdělení výkonů uvnitř soustavy s tím, že je nutno dodržet saldo regulační oblasti. To znamená, že když se v jednom uzlu výkon přidá (zvýšení výroby případně snížení odběru), je nutno v jiném uzlu stejný výkon ubrat (snížení výroby případně zvýšení odběru). Pro mezinárodní redispečink jsou využity zdroje ~~jak uvnitř soustavy, tak i v zahraničí~~ ~~obou sousedních soustavách postiženého přeshraničního profilu~~. Opět je nutno dodržet celkové saldo obou regulačních oblastí. Speciální formou mezinárodního redispečinku je tzv. MRA, kdy změna výkonu v uzlech probíhá zcela mimo vlastní soustavu.

1.1.2 Opatření proti přetížení

Přenosová soustava je z pohledu přetížení provozována tak, aby splňovala kritérium N – 1.

V případě výskytu situace doprovázené přetížením ~~vedení~~ ~~prvku přenosové soustavy (PS)~~ je dispečer oprávněn (podle stupně přetížení) využít následující opatření:

- a) Zastavení vnitrodenního obchodování (v příslušných směrech a na relevantních profilech),
- b) ~~měnit~~ Rekonfigurace sítě na úrovni přenosové i distribuční soustavy,
- ~~dát dispečerský pokyn ke snížení výkonu elektráren v přebytkové části přenosové soustavy, při současném využití rychle startující zálohy v deficitní části (interní redispečink);~~
- c) ~~dát dispečerský pokyn k přerušení případné práce na přenosových vedeních s cílem zapnout~~ Zapnutí vypnutého prvku PS ~~tato vedení,~~
- v případě možnosti zvýšit napětí v přenosové soustavě
 - ~~změnit export/import z/do sousedních soustav na základě sjednaného protiohodu;~~
- d) ~~v součinnosti s dispečinky PDS provést převedení výkonu uzlových oblastí 110 kV~~ Převedení výkonu ~~vmezi~~ U~~uzlovými~~ oblastmi 110 kV (spotřeba i výroba),
- e) MRA za účelem odlehčení vedení,
- f) Redispečink i nad rámec smluv na redispečink (dle čl. 20.2 NCER [1]),
- g) Krácení již přidělených přenosových kapacit (sesouhlasených nominací),
- h) Vypnutí přetíženého prvku PS,
- i) ~~v krajním případě dát dispečerský pokyn dispečerům distribučních soustav k snížení odběru~~ Omezení spotřeby (dle čl. 22 NCER [1] aktivací *PI 820-I Vypínací plán*).

~~Konkrétní kroky určuje provozní instruce PI 620-10 Odstranění přetížení vedení a transformátorů.~~ Opatření f)- i) jsou využívána jen v nouzovém stavu.

1.1.2.1 Automatika omezování výkonu PPC Vřesová

Úkolem automatiky je v mimořádných stavech zabránit přetížení vedení, která vyvádí výkon bloků zaústěných do rozvodny Vítkov. Nadproudová relé dávají po nastaveném časovém zpoždění signál k automatickému snížení výkonu elektrárny Vřesová.

1.1.2.2 Přetokové automatiky na vedeních 220 kV

Na vedení V245, V246, V253 a V254 se měří proud a při překročení nastavené hodnoty po stanovené době se vedení vypne. Účelem automatiky je zabránit přetěžování sítě 220 kV v této oblasti při neúplné síti 400 kV a velkých tranzitech z Polska.

1.1.2.3 Automatika omezování výkonu Výškov AOV

Úkolem automatiky je v době plánovaných rekonstrukcí vedení V410 nebo V450 a po výpadku druhého odchozího vedení z uzlu Výškov 400kV (V411, V450 nebo V410) omezit celkový vyváděný výkon na úroveň zatížitelnosti zbylého vedení z uzlu Výškov (V450, V411 nebo V410). Algoritmus automatiky je realizován v rámci ŘS TRIS a podle identifikovaného přebytku vysílá signál odpovídajícího stupně automatiky (1 až 5) na zdroje (bloky PPC EPC2, EME3 a ELED6 ~~nový zdroj~~ vybrané v rámci přípravy provozu) a snižuje jejich výrobu o 270 až maximálně 1300 MW. Pro stabilizaci vyhodnocení přetížení vedení 400kV vysílá AOV v nultém kroku impuls na vypnutí T201 Výškov pro přerušení elektrické vazby mezi 400/110/220kV

1.1.2.4 Přetokové automatiky na mezinárodním vedení z 50Hertz

Na vedení V445, V446, se měří proud a při překročení nastavené hodnoty po stanovené době se vedení vypne. Účelem automatiky je zabránit destrukci druhého vedení po výpadku prvního přičemž nebylo dodrženo bezpečnostní kritérium N-1. Proudová hodnota je odvozena od fyzických přetížitelností zařízení. Dodržování kritéria N-1 je zajištěno kromě standardních opatření

(redispečink a rekonfigurace) i rychlým startem přečerpávacích vodních elektráren na obou stranách (výroba v ČR a čerpání v Německu).

1.1.3 Opatření proti kaskádovitému šíření poruchy

Tato opatření jsou jak na straně sítě, tak na straně výroby. Na straně sítě se jedná o:

- správnou činnost elektrických ochranných a blokování hladinových regulátorů transformátoru od podpětí,
- vyhodnocení poruchy ochrannými a odpojení jen nezbytné postižené části v nejkratším čase (selektivita ochranných),
- zamezení nadbytečného vypínání ochrannými (vypínací charakteristiky, závory proti kývání),
- vypnutí vedení nebo transformátoru distanční ochranou při ztrátě synchronismu a
- automatické opětovné zapínání při jednofázových poruchách.

Na straně výroby se jedná o:

- správné nastavení hlídačů meze podbuzení, omezovačů proudů a systémových stabilizátorů v regulátorech buzení,
- správná nastavení a funkce proporcionální regulace otáček turbín a regulátorů ostrovního provozu (pokud jsou jimi bloky vybaveny),
- instalace rychlého řízení ventilů a dalších zařízení chránících proti přeběhu otáček turbíny,
- přednostní využívání rychlých nezávislých budících souprav a
- instalaci ochranných na prokluz pólů.

1.1.4 Opatření proti poklesu a vzrůstu frekvence

V běžném provozu ES (charakterizovaném odchylkami frekvence v pásmu ± 200 mHz) je frekvence udržována pomocí **procesu automatické regulace frekvence a procesu obnovení frekvence a výkonové rovnováhy** (dříve primární regulace frekvence a sekundární regulace f a P) viz také systémové služby ►1.4). Při vybočení frekvence z těchto mezí určuje opatření frekvenční plán.

1.1.4.1 Frekvenční plán

Opatření v ES při poruchách s havarijními vybočeními frekvence (větší než 50.00 ± 0.20 Hz) určuje **příslušná** provozní instrukce ČEPS PI 620-6 (**Frekvenční plán**), která rozpracovává zásady určené v příloze vyhlášky č. 80/2010 Sb. ~~o O-stavech nouze~~ a Nařízení NCER [1]. Opatření se týkají jak bloků elektráren vyvedených do PS a DS, tak uživatelů (frekvenční odlehčování).

Frekvenční plán vychází z pásma provozu bloků vzhledem ke změnám frekvence:

| Typ elektrárny Provoz | Uhelné | JE | | VE | PVE | | Paro- plynové | OZE a nové VM |
|----------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|
| | | EDU | ETE | | turbína | čerpání | | |
| Normální bez omezení | 48.5-50.5 | 48.5-50.5 | | 48.5-50.5 | 48.5-50.5 | 49.5-50.5 | 48.5-51.5 | 49-51 |
| Časové omezení | 46-48.5 50.5-53 | 47.5-48.5 50.5-52.5 | 47.9-48.5 50.5-51.5 | 46-48.5 50.5-53 | 46-48.5 50.5-53 | 49-49.5 50.5-52(53) | 48-48.5 51.5-52 | 47.5-49 51.-51.5 |
| Nepřípustný | f > 53 f < 46 | f > 52.5 f < 47.5 | f > 51.5 f < 47.9 | f > 53 f < 46 | f > 53 f < 46 | f > 52(53) f < 49 | f > 52 f < 48 | f > 51.5 f < 47.5 |
| Automatické odpojení od ES | f > 53 f < 47.5 | f > 52.5 f < 47.9 | f > 51.5 f < 47.9 | f > 50.2(51.5) f < 47.5 | f > 50.2(51.5) f < 47.5 | f > 52(53) f < 49.8-49.2 | f > 52 f < 48 | f > 51.5 f < 47.5 |

Tab. č. 1 Vymezení frekvence v Hz pro pásma provozu

Nový výrobní modul (VM) je definován v Nařízení EU 2016/631[2]. Při vybočení frekvence z mezí $50 \pm 0,20$ Hz je signalizován signál „snížený nebo zvýšený kmitočet“ a bloky se automaticky přepínají do otáčkové proporcionální regulace a odpínají se od centrálního regulátoru. Dojde k odpojení ASRU ze systému terciární regulace napětí, **avšak jednotlivé ASRU zůstávají**

v regulaci napětí v daném pilotním uzlu.- Vybrané bloky je možno na žádost dispečinku ČEPS zapojit do dálkového řízení v ostrovním provozu, kdy centrální regulátor vysílá na terminál elektrárny korekci zadané hodnoty otáček.

Při automatickém odpojení od ES bloky přechází do provozu na vlastní spotřebu, bloky PVE v čerpadlovém provozu se odstavují (a jsou připraveny k najetí do turbínového provozu). ~~Při poklesu frekvence pod 49.8 Hz automaticky najíždí vybrané bloky PVE v turbínovém režimu.~~ Konkrétní parametry f a Δt pro jednotlivé PVE jsou stanoveny dohodou mezi ČEPS a provozovatelem bloku.

Při nárůstu frekvence nad 50.2 Hz se s kontrolou na df/dt automaticky odpojují od ES na vlastní spotřebu vybrané bloky VE a PVE v turbínovém režimu s čas. zpožděním max. 1 sekunda. Výběr bloků a nastavení df/dt je stanoveno dohodou mezi ČEPS a provozovatelem bloku.

Při 51.5 Hz se automaticky vypínají zbývající bloky PVE v turbínovém režimu a bloky VE pokud nezregulovaly na nulový výkon. Bloky přechází do provozu na vlastní spotřebu.

Při poklesu frekvence v pásmu 49 – 47.5 Hz automaticky odpínají ~~autovýrobu~~ odběratelé s vlastní výrobou –elektriny do ostrovního provozu na jejich požadavek (mezní frekvence je stanovena dohodou s ČEPS nebo DS), přičemž vydělené ostrovy nesmí obsahovat vývody pro frekvenční odlehčování a musí být v okamžiku odpínání deficitní. Provozovatelé DS předávají aktuální informace o umístění a nastavení automaticky vydělovaných ostrovů jednou ročně provozovateli PS.

Zbývající elektrárenské bloky se vypínají při poklesu frekvence na 46 Hz s případným přechodem na vlastní spotřebu. Vypínání bloků se provádí se zpožděním max. 1 sekunda, případně zohledňujícím přechodné děje podle dohody s ČEPS.

Pro větrné elektrárny jsou pravidla chování při změnách frekvence stanovena v ►IV.7.

1.1.4.2 Frekvenční odlehčování

V ES ČR je implementováno šest stupňů systémového frekvenčního odlehčování zátěže pomocí frekvenčních relé instalovaných v rozvodnách 110 kV a 22 kV provozovatelů DS.

| Stupeň / frekvence [Hz] | 1. /49 | 2. /48.7 | 3. /48.4 | 4. /48.3 | 5. /48.1 | 6. /48.0 |
|--|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Objem odlehčované zátěže [%] z netto zatížení na území, na kterém příslušný PDS zajišťuje distribuci | 10 | 10 | 10 | 2 | 10 | 8 |

Tab. č. 2 Systémové frekvenční odlehčování

Z tabulky je patrné, že v systému frekvenčního odlehčování je připojeno 50 % celkového netto zatížení ES ČR. Relé dávají signál k vypnutí příslušnému vypínači bez umělého časového zpoždění. Zátěž je tedy odepnuta v čase sestávajícího se z času potřebného pro změření frekvence a vypínacího času příslušného vypínače. Odlehčované objemy zátěže jsou pravidelně kontrolovány.

1.1.5 Opatření proti poklesu a vzrůstu napětí

V přenosové soustavě tvoří tato opatření ucelený hierarchický komplex spočívající na:

- primární, sekundární a terciární regulaci napětí ►I.4,
- mimořádných zásazích v rámci operativního řízení provozu ES.

V dalších kapitolách jsou tato opatření popsána z hlediska elektráren, zařízení přenosové soustavy a dispečerského řízení.

1.1.5.1 Elektrárny

Všechny elektrárenské bloky o výkonu 100 MW a vyšším mají v činnosti automatické regulátory buzení. Úkolem těchto regulátorů je:

- udržovat zadanou hodnotu napětí na svorkách generátoru (tzv. primární regulace napětí),

- rychlou změnou buzení zvyšovat stabilitu strojů v průběhu přechodného děje,
- tlumit kývání v elektrizační soustavě (tzv. systémové stabilizátory),
- udržování pracovního bodu v dovolené oblasti P-Q diagramu (hlídač meze statorového a rotorového proudu a hlídač meze podbuzení).

Elektrárenské bloky, které splňují podmínky stanovené Kodexem PS, mohou být poskytovateli PpS sekundární regulace U/Q. Úlohou sekundární regulace napětí U/Q (SRUQ) je udržování napětí v pilotních uzlech soustavy na hodnotách určených terciární regulací napětí.

Úkolem terciární regulace napětí je koordinovat toky jalových výkonů a velikost napětí pro bezpečný a ekonomický provoz ES jako celku. Podmínkou bezpečného provozu je zachování nezbytné točivé rezervy jalového výkonu rozmístěné v síti nejen pro aktuální provozní stav, ale i pro zachování stability systému v případě náhlých změn, jako je výpadek velkého bloku, změna topologie nebo prudký nárůst zatížení (pro řešení poruchových stavů). Tato regulace zajišťuje optimální provoz prostřednictvím zadaných hodnot napětí pro SRUQ v pilotních uzlech, optimální skladby kompenzačních prostředků (např. kompenzačních tlumivek), případně změny převodu vybraných transformátorů, které mají významný vliv na rozdělení toku Q mezi jednotlivými napěťovými úrovněmi. Přitom respektuje povolené rozsahy napětí a jalových výkonů v uzlech přenosových soustavy, na regulovaných zdrojích a na mezistátních vedeních.

1.1.5.2 Transformátory

Všechny síťové transformátory 400/220 kV, 400/110 kV, 220/110 kV jsou vybaveny přepínači odboček pod zatížením. Transformátory 400/110 kV a 220/110 kV jsou postupně vybavovány hladinovými regulátory (HRT). Tyto regulátory udržují konstantní napětí na sekundární straně s danou necitlivostí a časovou konstantou. Princip časového zpoždění spočívá v rychlejší regulaci transformátorů na vyšších napěťových hladinách, čímž se předchází hromadným regulacím transformátorů na nižší napěťové hladině. U paralelně pracujících transformátorů jsou zadané hodnoty napětí hladinových regulátorů korigovány tak, aby transformátory byly zatěžovány rovnoměrně jalovým výkonem proporcionálně k jejich jmenovitému výkonu S_n .

Každý HRT je vybaven blokadou změny odbočky při podpětí na primární straně transformátoru, aby zabránil nebezpečí napěťového kolapsu. Hodnota blokovacího napětí je určena výpočtem stability napětí daného uzlu. **Blokování přepínače odboček je požadováno v souladu s čl. 17 NCER [1] i pro transformátory 110 kV/VNvn.**

Transformátory 400/220 kV jsou regulovány na odbočku zadanou výsledkem výpočtu terciární regulace, při požadavku minimalizovat přenos jalového výkonu přes daný transformátor.

1.1.5.3 Kompenzační prostředky

Z hlediska zamezení překročení horní meze napětí po vyčerpání regulačních schopností alternátorů je soustava vybavena dostatečným množstvím vhodně rozmístěných kompenzačních tlumivek jak na hladině 400 kV, tak v terciárech transformátorů (na napětí 34 kV a 10.5 kV).

1.1.5.4 Mimořádné prostředky

Při vybočení napětí na hladině 400 kV z mezí 380 - 420 kV jsou využívány v dispečerském řízení následující postupy:

- napětí nad 420 kV:
 - postupné vypínání přenosových vedení 400 kV, přičemž platí zásada, že po vypnutí nesmí zůstat v soustavě jednostranné napájení zatížení.
- napětí pod 380 kV:
 - snížení činného výkonu klasických bloků za účelem uvolnění jalového výkonu (PQ diagram) a najetí rychle startujících záloh,

- vydání dispečerského pokynu k přerušení případných prací na přenosových vedeních s cílem jejich uvedení do provozu v daném pohotovostním čase,
- vydání dispečerského pokynu k přerušení případných testů a zkoušek,
- v oblastech, kde je v síti minimální napětí, je v krajním případě možné vydání dispečerského pokynu dispečinkům distribučních soustav k vypnutí sjednaného objemu zatížení.

Vývody vedení 400 kV na sousední soustavy jsou vybaveny přepěťovými automatikami, které havarijně vypínají vedení při dosažení úrovně přepětí nad 440 kV při splnění podmínky toku jalového výkonu směrem do PS.

1.1.6 Opatření proti kývání

V případě, že síť pracuje silně oslabená (např. vícenásobnou poruchou) a zvláště pak, zůstane-li větší elektrárenský výkon na paprsku, mohou v soustavě vzniknout netlumené kyvy. Hlavní zásadou v takovém případě je neoslabovat soustavu dalším vypínáním. Všechny distanční ochrany vedení jsou pro zamezení chybné funkce při výskytu stabilního kývání vybaveny závorou proti kývání.

Rovněž při větších hodnotách tranzitů v propojené soustavě může dojít k tzv. mezisystémovým kyvům (o frekvenci 0.2-1 Hz), k jejichž tlumení slouží systémové stabilizátory. Tyto kyvy nesmějí způsobit působení ochran.

Jestliže vzniknou v soustavě netlumené kyvy, je dispečer oprávněn odstavovat elektrárenské bloky v místě největších kyvů (nejvíce oslabené sítě).

Nové bloky připojené do PS jsou vybavovány v souladu se stanovenými požadavky, ►I.5.

1.1.7 Opatření proti ztrátě synchronismu

1.1.7.1 Statická stabilita

Přenosová soustava ČR je kompaktní celek vykazující vysoký stupeň statické stability. K narušení meze statické stability dojde až v případě tranzitu výkonů, které překročí přenosové schopnosti jednotlivých přenosových profilů nebo ve výjimečných poruchových stavech. Proti ztrátě synchronismu chrání vypínací funkce distančních ochran na vedeních a transformátorech PS, která rozpozná nebezpečí narušení statické stability a následné ztráty synchronismu. Z těchto důvodů se nepředpokládá nutnost přípravy zvláštních opatření.

1.1.7.2 Dynamická stabilita

V rozvodnách 400 kV jsou kontrolovány výpočtem maximální povolené doby trvání třípólového zkratu, aby nedošlo k narušení dynamické stability blízkých generátorů. Tato kontrola uvažuje i případy selhání vypínače. Generátory o výkonu větším než 200 MVA jsou podle normy ČSN 333051 vybavovány ochranou proti ztrátě stability.

1.2 Mezinárodní spolupráce při předcházení a řešení poruch

Vznik poruch v přenosové soustavě eventuálně jejich šíření nemusí být omezeno na území jedné PS. Častým případem je, že porucha vzniká právě na přenosovém profilu mezi dvěma PS, nebo vzniká na území jedné PS a dále se šíří až do sousední popř. sousedních PS. Mezinárodní spolupráce na předcházení a řešení poruch je tak nezbytným předpokladem pro eliminaci závažných poruch. Proto byl na úrovni provozovatelů PS střeoevropského regionu implementovány ~~varovný~~ ~~varovné a informační~~ systémy (RAAS „Real time Alarming and Awareness System“ a ~~EIS~~-EAS „Emergency ~~Information~~-Awareness System“) umožňující vzájemnou informovanost o rizikových stavech v jednotlivých soustavách.

Na úrovni Evropské unie stanovuje pravidla pro koordinaci provozovatelů PS NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2017/1485 ze dne 2. srpna 2017, kterým se stanoví rámcový pokyn pro provoz

elektroenergetických přenosových soustav (SOGL). SOGL definuje i pět stavů soustavy (Normální, výstražný, nouzový, blackout a obnovu, které jsou signalizovány uvedenými varovnými systémy.

2 Plán obnovy po výpadku soustavy

Elektrizační soustava je navržena a provozována tak, aby vyhověla spolehlivostnímu kritériu „N-1“ a v případech svázaných s vyvedením jaderných elektráren i kritériu „N-2“. U takto navržené soustavy je pravděpodobnost poruchy doprovázené narušením normálního stavu nízká. Praktický provoz ale ukazuje, že čas od času se vyskytne náhodné seskupení jevů vedoucí k rozsáhlé poruše a ze světa jsou dokonce známy případy poruch, jejichž důsledkem byla totální ztráta napětí uživatelů - výpadek soustavy (Black-out).

Výpadek soustavy s sebou nese značné hospodářské ztráty pro všechny uživatele soustavy. Základním parametrem ovlivňujícím velikost hospodářských ztrát je doba trvání poruchy, a zvláště pak doba trvání výpadku, což je doba po kterou není dodávána elektrická energie. Účelem Plánu obnovy je v první řadě zkrácení doby trvání výpadku.

V kontextu EU řeší problematiku – obnovy soustavy NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2017/2196 [1] stanovující harmonizované postupy, které by provozovatelé přenosových soustav měli implementovat za účelem obnovy výstražného či normálního stavu poté, co se narušení či stav blackoutu rozšířily.

Na úrovni provozovatele přenosové soustavy je Plán obnovy vypracován v provozní instrukci PI 620-22.

2.1 Strategie obnovy

ES ČR se svou elektrickou polohou řadí mezi tzv. vnitřní soustavy. Představuje elektricky kompaktní celek napojený na pět energetických společností (50Hertz Transmission (Německo), TenneT (Německo), APG (Rakousko), PSE – (Polsko), SEPS (Slovensko)) pomocí 11-ti vedení 400 kV a 6-ti vedení 220kV.

Hlavní strategie obnovy soustavy po poruše typu "Black-out" je založena jednak na výše uvedené skutečnosti a dále na existenci několika vodních elektráren schopných startu ze tmy, neboli schopných uvedení do provozu bez napětí z vnější sítě (Black Start). Tyto bloky jsou uváděny do provozu samostatně na pokyn dispečera ČEPS dle místních provozních předpisů.

Z pohledu sítě se využívá "open-all" strategie, tzn. vypínače v postižené oblasti jsou cíleně vypnuty (automaticky nebo ručně). Cíleným vypnutím vypínačů v postižené oblasti se dosáhne toho, že dispečerská operativní služba může vycházet při řešení obnovy soustavy z jasně definovaných podmínek. Dispečer odpovědný za obnovu zasažené oblasti zajistí znovu připojení bloků jejich postupným zatěžováním a připojováním dalších prvků PS.

2.2 Priority

Obnova napájení po uvedené poruše podléhá následujícím prioritám:

1. vlastní spotřeba jaderných elektráren,
2. vlastní spotřeba systémových klasických elektráren,
3. hlavní město Praha,
4. velké městské aglomerace,
5. ostatní spotřebitelé.

2.3 Principy obnovy soustavy

2.3.1 Obnova napětí ze sousedních PS

Tento způsob obnovy napětí je upřednostňován z důvodu možnosti získat rychlým způsobem stabilní napětí. Zjištění možnosti získání napětí a dohodnutí možné velikosti výkonu je v odpovědnosti Dispečinku ČEPS. Dispečink ČEPS dohodne s dispečerem sousední společnosti potřebné manipulace a přibližnou velikost poskytnutého výkonu (řádově 200 MW s postupným náběhem). Potřebná opatření jsou zahrnuta do provozních dohod uzavřených mezi provozovateli sousedních PS a ČEPS má pro tento účel zpracován postup v provozní instrukci PI 620-~~5-22~~ ~~Koordinace obnovy soustavy po poruše typu Black-out~~(Plán obnovy).

Uvedená provozní instrukce obsahuje postupy a priority při obnově napájení v příhraničních oblastech, základní upozornění pro manipulace, možné velikosti připojovaných oblastí a nezbytné informace technického a organizačního charakteru o elektrárnách a rozvodnách. Dispečink ČEPS zajišťuje zapínání jednotlivých vedení 400 a 220 kV, transformátorů a kompenzačních prostředků a zakresluje je do "slepé" mapy. V součinnosti s dispečinkem PDS provádí postupné fázování a kruhování obnovených částí systému. K tomu využívá provozní instrukce:

- ~~PI ČEPS 620-5: „Koordinace obnovy soustavy po poruše typu Black-out“~~
- PI ČEPS 620-11 „Provoz a fázování ostrovů“
- PI ČEPS 620-12: „Odstraňování poruch v provozu přenosové a distribučních soustav“
- ~~PI ČEPS 620-22: „Plán obnovy“~~

2.3.2 Obnova napájení z elektráren schopných startu ze tmy

Jak je zmíněno v kap. 2.2, nejvyšší prioritu při obnově napájení má vlastní spotřeba jaderných elektráren. ČEPS má proto ve spolupráci s partnery zpracovány provozní instrukce ~~pro postupem obnovy napájení vlastní spotřeby obě—obou jaderné—jaderných elektrárny~~ ~~elektřáren v elektrizační soustavě~~ zahrnující i účast elektráren schopných startu ze tmy:

- PI ČEPS 628-1: „Obnovení napájení VS EDUK po poruše typu black-out“
- PI ČEPS 628-3: „Obnovení napájení VS ETEM po poruše typu black-out“

V případě nemožnosti získat napětí ze zahraničních soustav postupuje Dispečink ČEPS podle provozních instrukcí pro obnovu napájení z elektráren schopných startu ze tmy. Pro tento účel vydává ČEPS provozní instrukce pro obnovu napětí v předem určených lokalitách:

- PI ČEPS 620-13: „Obnova napájení VS ECHV z EORK“
- PI ČEPS 620-21: „Obnova napájení VS ECHV z EDST“ ~~a principy obnovy soustavy ES ČR s účastí ECHV~~

~~Postup obnovy napájení ze zdroje schopného startu ze tmy je zpracován i v PI 628-1~~

V budoucnu budou připraveny postupy a provozní instrukce pro další ostrovy a elektrárny připojené do PS.

Dispečink ČEPS určí pořadí obnovovacích míst a koordinaci postupného fázování a kruhování obnovených částí soustavy.

2.3.3 Distribuční soustavy

Za obnovu napájení DS je odpovědný PDS. Místo obnovy soustavy DS se soustavou PS jsou vypínače 110 kV na transformátorech 400/110 kV a 220/110 kV. Plány obnovy ČEPS a DS jsou vzájemně konzultovány a korigovány s cílem jejich sladění.

3 Dlouhodobá bezpečnost a spolehlivost elektrizační soustavy

3.1 Maximální přípustný vyráběný výkon OZE z hlediska regulovatelnosti ES ČR

Maximální přípustný vyráběný výkon OZE z hlediska regulovatelnosti ES ČR určuje provozovatel přenosové soustavy. Je to indikativní hodnota výkonu, který mohou dodávat OZE a při jejímž překročení začíná docházet k porušování spolehlivosti vůči zajištění systémové služby udržování výkonové rovnováhy v reálném čase, neplnění závazků vůči zahraničním partnerům a ve vážnějších případech může dojít i ke kolapsu elektrizační soustavy ČR.

3.2 Určení hodnoty celkového maximálního výkonu OZE

Vstupními hodnotami pro daný výpočet jsou zejména zatížení brutto ES ČR, plánované odstávky zdrojů v ES ČR, požadované hodnoty PpS, dosažitelné výkony zdrojů v ES ČR, údaje o certifikovaných zdrojích, meteorologické údaje a statistické údaje.

Metodika výpočtu je založena na iteračním postupu, kdy je parametricky zadána hodnota exportní kapacity ES ČR, odstávky elektrárenských bloků, diagram zatížení, dosažitelné výkony elektrárenských bloků, rozsahy jednotlivých PpS na certifikovaných blocích atd. V jednotlivých iteracích se pak hledá maximální hodnota výkonu vyráběného OZE, který je možný realizovat v ES ČR při splnění podmínky bezpečnosti a regulovatelnosti ES ČR..

3.3 Použití hodnoty celkového maximálního výkonu OZE

Vypočtená hodnota celkového maximálního výkonu OZE bude sloužit v roční přípravě provozu, jako jeden z podkladů k vytipování režimů provozu ES ČR při kterém bude provozovatel přenosové soustavy pravděpodobně nucen použít mimořádné prostředky pro udržení provozuschopnosti ES ČR. Dále bude tato hodnota předávána jednotlivým provozovatelům distribučních soustav s ohledem na ustanovení vyhlášky 16/2016, Sb. Pokud by se výkon OZE v reálném čase blížil této hodnotě, nacházela by se ES ČR v situaci hrožící vznikem stavu nouze a provozovatel přenosové soustavy by v takovém případě postupoval v souladu s vyhláškou č. 80/2010 Sb., o stavu nouze v elektroenergetice a o obsahových náležitostech havarijního plánu.

3.4 Platnost výsledků uvedené metodiky

Použití výsledků výše uvedené metodiky vychází z předpokladu, že všechna elektrická energie vyrobená pomocí OZE (zejména FVE a VtE) v množství odpovídající prognóze se zobchoduje, přičemž se obchodní dostupnost PpS rovná technické dostupnosti PpS. Provozovatel přenosové soustavy uvažuje pouze regulaci odchylky od prognózy výroby OZE. Při nesplnění výše uvedených předpokladů nejsou výsledky výpočtu platné a nároky na požadované objemy PpS, dostupnost a vývozy se nepříjemně zvýší. Postupy v souladu s vyhláškou č. 80/2010 Sb., o stavu nouze v elektroenergetice a o obsahových náležitostech havarijního plánu, pak bude nutné užít při nižší

hodnotě celkového maximálního výkonu OZE (např. když bude nižší vývoz než je exportní kapacita ES ČR).

4 Kvalita na úrovni PS

4.1 Charakteristiky elektřiny na úrovni PS

ČEPS dodrží v místech připojení uživatelů PS níže popsaná kritéria, pokud uživatelé budou plnit závazné pokyny ČEPS a splní podmínky Kodexu PS.

4.1.1 Kmitočet sítě

Jmenovitý kmitočet napájecího napětí je 50 Hz. Za normálních provozních podmínek a při synchronním provozu s UCTE musí být střední hodnota kmitočtu základní harmonické měřená v intervalu 10 s v mezích $50 \text{ Hz} \pm 1\%$ (tj. 49.5 – 50.5 Hz) během 99.5% roku a v mezích $50 \text{ Hz} +4\% / -6\%$ (tj. 47 – 52 Hz) během 100% času. Uvedené meze jsou odvozeny z ČSN EN 50160 „Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě“.

4.1.2 Velikost a odchylky napájecího napětí

V libovolném týdenním období musí být za normálních provozních podmínek 99% efektivních hodnot napájecího napětí ze souboru hodnot změřených v měřicích intervalech 10 minut v rozsahu daném následující tabulkou¹, pokud smlouva nestanoví jinak.

| | |
|--------|---|
| 110 kV | 110 kV $\pm 10\%$ |
| 220 kV | 220 kV ± 10 $+11.8/-10\%$ |
| 400 kV | 400 kV ± 5 $+5/-10\%$ |

Tab. č. 3 Povolený rozsah napětí pro jednotlivé napěťové hladiny

Zároveň pro hladinu 110 kV nesmí být žádná z průměrných efektivních hodnot napájecích napětí ze souboru hodnot změřených v měřicích intervalech 10 minut mimo rozsah 110 kV $\pm 15\%$. Vzhledem k lokálnímu charakteru napětí v ES se udržované hodnoty napětí místo od místa v soustavě liší, jejich konkrétní hodnotu v PS určuje Dispečink ČEPS. Udržované hodnoty napětí na rozhraní provozovatele PS a uživatele PS jsou vzájemně odsouhlasovány oběma subjekty. V přípojném místě uživatele je napětí samozřejmě ovlivňováno samotným uživatelem a proto je nutné konzultovat tuto otázku mezi oběma partnery.

4.1.3 Rychlé změny napětí

4.1.3.1 Velikost rychlých změn napětí

Za normálních provozních podmínek efektivní hodnota rychlé změny napětí nepřekročí v závislosti na četnosti výskytu hodnoty uvedené v následující tabulce².

| Četnost n | $\Delta U/U_N$ [%] |
|-------------------------------------|--------------------|
| $n \leq 4$ za den | 3 |
| $n \leq 2$ za hodinu a > 4 za den | 3 |

¹ Meze převzaty ze SOGL [3] ~~ČSN 33-01-20~~

² Meze převzaty z IEC 61000-3-7

2 < n ≤ 10 za hodinu

2.5

Tab. č. 4 Povolený výskyt rychlých změn napětí**4.1.3.2 Míra vjemu flikru**

Za normálních provozních podmínek musí být po 95% času během libovolného týdenního období dlouhodobá míra vjemu flikru P_{fl} menší nebo rovna 1³.

4.1.4 Nesymetrie napětí

Nesymetrie třífázového napájecího napětí spočívá ve ztrátě symetrie vektorů fázového napětí (velikost a/nebo úhel), vyvolané obvykle nesymetrií zatížení. Prakticky je nesymetrie u_u napájecího napětí definovaná zpětnou složkou napětí V_i , vyjádřenou v % sousledné složky V_d .

$$u_u = \frac{|V_i|}{|V_d|} * 100 \quad [\%]$$

Za normálních provozních podmínek musí být během libovolného týdenního období 95% středních efektivních hodnot zpětné složky napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut v intervalu 0-2% sousledné složky⁴.

4.1.5 Harmonická napětí

Za normálních provozních podmínek musí být během libovolného týdenního období 95% středních efektivních hodnot každého z harmonických napětí u_h a celkového harmonického zkreslení THD (Total Harmonic Distortions) v měřicích intervalech 10 minut menší nebo rovny hodnotám podle následujících tabulek.

Pro síť 220 kV a 400 kV je definována tabulka mezí pro všechny násobky základní harmonické řádu 2 až 25.

| Síť | Max. amplituda harmonické u_h [% $U_{nominální}$] |
|--------|---|
| 220 kV | 1.5 |
| 400 kV | 1.0 |

Tab. č. 5 Povolený obsah vyšších harmonických

Mimoto celkový činitel harmonického zkreslení THD napájecího napětí (pro harmonické řádu 2 až 40) musí být menší nebo rovný 2% pro síť 220 kV, resp. 1,5% pro síť 400 kV.

³ Meze převzaty z EN 50160⁴ Meze převzaty z EN 50160

Pro síť 110 kV je definována tabulka mezí pro jednotlivé násobky základní harmonické řádu 2 až 25.

| Liché násobky 1. harmonické | | | | Sudé násobky 1. harmonické | |
|-----------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| Řád harmonické | Napětí harmonické | Řád harmonické | Napětí harmonické | Řád harmonické | Napětí harmonické |
| 5 | 5% | 3 | 3% | 2 | 1.9% |
| 7 | 4% | 9 | 1.3% | 4 | 1% |
| 11 | 3% | 15 | 0.5% | 6...24 | 0.5% |
| 13 | 2.5% | 17 | 2% | | |
| 21 | 0.5% | 19,23,25 | 1.5% | | |

Tab. č. 6 Povolný obsah vyšších harmonických v síti 110kV⁵

Mimoto celkový činitel harmonického zkreslení THD napájecího napětí (pro harmonické řádu 2 až 40) musí být menší nebo rovný 8% pro síť 110 kV.

THD se určí podle následujícího vztahu:

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} u_h^2} \quad [\%]$$

, kde u_h je relativní velikost jednotlivých harmonických vztažená k velikosti základní harmonické. Kromě toho rovněž za stejných provozních podmínek nesmí maximální efektivní hodnota amplitudy žádné harmonické, zjišťovaná v měřicím intervalu 3 sek. překročit dvojnásobek hodnot u_h podle předchozí tabulky.

4.1.6 Obsah řídicích signálů ze sítí uživatelů

Za normálních provozních podmínek musí být během libovolného denního období 99% průměrných efektivních hodnot meziharmonických napětí v měřicích intervalech 3 sek. menší než 0.3% $U_{nominální}$. Úroveň přeslechového signálu HDO by neměla při připojených vazbách HDO překročit 0.3% $U_{nominální}$.

4.1.7 Minimální zkratový výkon

Jsou určeny standardní hodnoty minimálního zkratového výkonu 700 MVA pro hladinu 110 kV, 1000 MVA pro hladinu 220 kV a 2000 MVA pro hladinu 400 kV.

4.2 Měření charakteristik elektřiny z PS

Postupy pro měření a vyhodnocování charakteristik napětí jsou definovány v normě ČSN EN 61000-4-30 a ČSN EN 50160. V těchto normách jsou současně definovány i požadavky na vlastnosti měřicích souprav, které zaručují porovnatelnost a opakovatelnost měření.

⁵ Meze převzaty z EN 50160

Při měření charakteristik napětí je zapotřebí v sítích vvn měřit a vyhodnocovat sdružená napětí.

Za nedodržení kvality elektrické energie se považují stavy v PS, při kterých dojde k překročení dovolených hodnot kvality s výjimkou situací:

- mimořádné klimatické podmínky a přírodní katastrofy,
- cizí zavinění,
- vyšší moc,
- mimořádné provozní stavy PS,
- při předcházení a řešení stavu nouze.

Pro měření charakteristik napětí se používají tzv. analyzátory napětí. Analyzátory kvality napětí v předávacích místech mají být přednostně třídy A podle ČSN EN 61000-4-30.

4.3 Postupy a zásady řešení oprávněnosti stížností na kvalitu elektrické energie

4.3.1 Postup týkající se kvality elektřiny

ČEPS podle potřeby rozhoduje o ověření nebo sledování kvality dodávky elektřiny v odběrných místech PS.

Pro měření úrovně napětí v sítích vvn se používají přístroje třídy A (přesnost měření napětí do 0,1 %).

Požadavek na zkoušení nebo sledování kvality může být vyvolán buď stížností uživatelů na kvalitu dodávek z PS, nebo potřebou ČEPS ověřit vybrané parametry kvality, případně zpětné vlivy uživatele na PS.

V případě zjištění příčiny nekvality v zařízení PS zahájí ČEPS neprodleně přípravu a realizační opatření k jejímu odstranění.

Uživatel, kterému bylo prokázáno, že překračuje technické parametry specifikované v ►V.3 je povinen provést nápravu nebo odpojit od PS zařízení, které kvalitu nepřípustně ovlivňuje, a to neprodleně, nebo během lhůty, která bude určena po dohodě s ČEPS.

4.3.2 Postup týkající se parametrů elektrických veličin odběrného místa

ČEPS je oprávněn systematicky nebo namátkově sledovat vliv přenosu elektrické energie uživatele na PS. Toto sledování se bude zpravidla týkat velikosti a průběhu činného a jalového výkonu přenášeného odběrným místem.

V případě, kdy uživatel dodává do PS nebo odebírá z PS činný a jalový výkon, který překračuje hodnoty sjednané pro odběrné místo, bude ČEPS o tom uživatele informovat a na vyžádání doloží výsledky takového sledování.

Uživatel může požadovat technické informace o použité metodě sledování.

I v těch případech, kdy uživatel požaduje zvýšení činného a jalového výkonu, které nepřekračuje technickou kapacitu odběrného místa, musí dodržet hodnoty a parametry odběru nebo dodávky podle platných smluv o připojení a přenosu elektřiny. Zvýšení hodnot a parametrů odběru nebo dodávky předpokládá uzavření nových příslušných smluv.

4.4 Připojování nových uživatelů – zajištění kvality elektrické energie

Kvalita elektrické energie je veličina ovlivňovaná jak uživatelem, tak ČEPS. Zjišťování kvality elektrické energie se provádí měřením zajišťovaným ve spolupráci uživatele a ČEPS. Výsledek měření určí zdroj případného narušení kvality (u uživatele nebo ČEPS), který musí být odstraněn. Parametry kvality elektrické energie, které uživatel ovlivňuje jsou: obsah vyšších harmonických, flickr, napětová nesymetrie a krátkodobé poklesy napětí. Kvalitativní požadavky na tyto jednotlivé jevy jsou uvedeny v ►►V.3.

V případě připojování nového uživatele do PS musí tento uživatel zajistit, aby jeho vlivem nedošlo k překročení výše uvedených limitů. Jestliže to není možné vzhledem k charakteru připojovaných zařízení, vyvolá ČEPS jednání mezi nově a již připojenými uživateli v daném předávacím místě. Účelem tohoto jednání je zmenšení existujících příspěvků (harmonických, nesymetrie atd.) tak, aby mohl být do PS připojen tento nový uživatel.

Reference

- [1] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2017/2196 ze dne 24. listopadu 2017, kterým se stanoví kodex sítě pro obranu a obnovu elektrizační soustavy
- [2] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2016/631, kterým se stanoví kodex sítě pro požadavky na připojení výroben k elektrizační soustavě
- [3] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2017/1485 ze dne 2. srpna 2017, kterým se stanoví rámcový pokyn pro provoz elektroenergetických přenosových soustav