

Obnova soustavy po poruše typu blackout

Andrew Kasembe, Karel Máslo
a Zdeněk Hruška, ČEPS

Článek popisuje základní postupy provozovatele přenosové soustavy při obnově soustavy po poruše typu blackout. Na příkladech reálných zkoušek najetí vodních elektráren ze tmy (blackstart) ukazuje schopnosti těchto zdrojů plnit náročné požadavky při najíždění pohonů vlastní spotřeby velkých elektráren.

ÚVOD

V souvislosti s postavením akciové společnosti ČEPS, v sektoru elektroenergetiky a na základě povinností vyplývajících ze zákona č. 458/2000 (energetický zákon), musí ČEPS jako provozovatel přenosové soustavy (PS) garantovat celou řadu činností potřebných pro udržení bezpečného a spolehlivého provozu PS.

V případě vzniku problémů v elektrizační soustavě (ES) je povinna přijmout taková opatření, aby vzniklé problémy nevedly k rozpadu soustavy. Za tímto účelem je zpracován tzv. Plán proti šíření poruch v přenosové soustavě (zkráceně Obranný plán). Obranný plán určuje základní principy a prostředky pro zajištění bezpečnosti provozu, mezi něž patří (blíže viz [1]):

- řízení propustnosti sítě,
- opatření proti přetížení,
- opatření proti kaskádovitému

šíření poruchy,

- opatření proti poklesu a vzrůstu frekvence,
- opatření proti poklesu a vzrůstu napětí,
- opatření proti kývání,
- opatření proti ztrátě synchronismu.

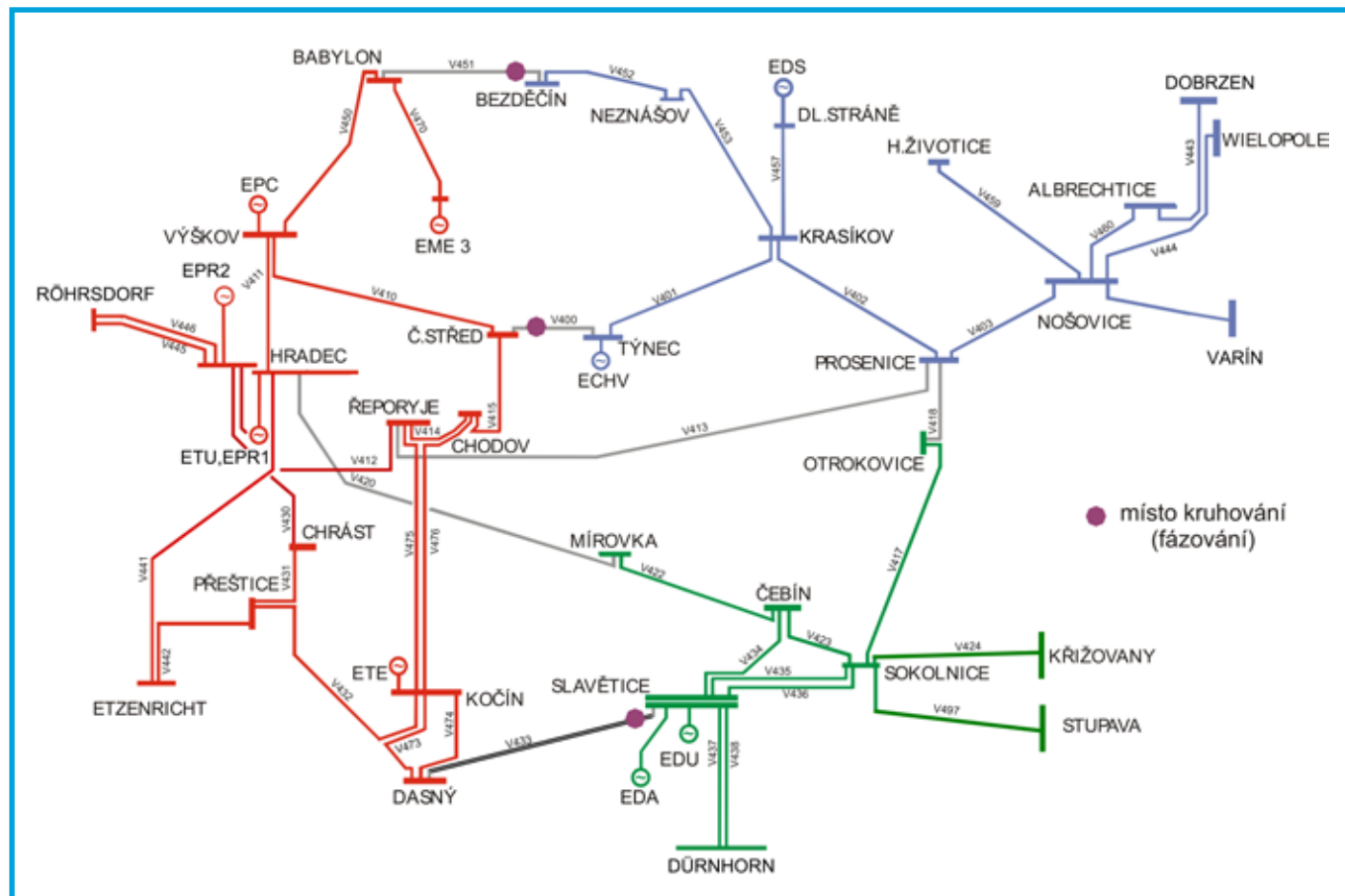
Tato opatření zajišťují odolnost soustavy proti předvídatelným poruchám a stavům. Přesto může dojít shodou nepříznivých okolností a kumulací poruch k částečnému nebo úplnému rozpadu soustavy, tzv. blackoutu. Blackout charakterizuje ztráta napětí v síti a přerušení napájení odběratelů. Jeho pravděpodobnost je velmi malá, ale i na tyto případy je provozovatel přenosové soustavy ČEPS připraven a má zpracován Plán obnovy, stanovující strategie a postupy, které mají zajistit co nejkratší dobu obnovy a tedy nejnižší ekonomické ztráty všech zasažených uživatelů.

PRIORITY

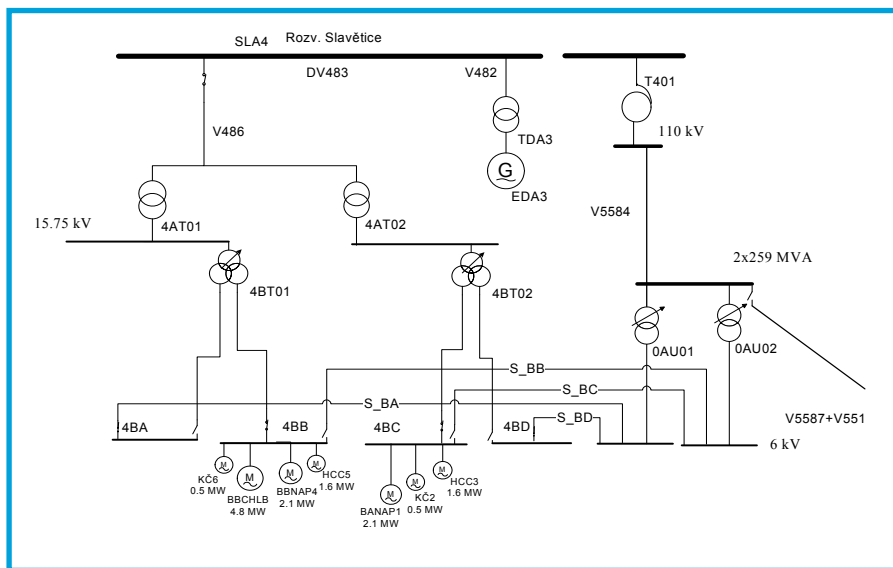
Postup obnovy napájení uživatelů přenosové soustavy se řídí danými prioritami. Na prvním místě je nutnost zásobovat vlastní spotřebu (VS) jaderných elektráren, poté obnovit napájení vlastní spotřeby klasických systémových elektráren. Po zajištění základních priorit je obnovováno zásobování hlavního města Prahy a ostatních velkých aglomerací. Následuje postupné připojení všech ostatních uživatelů.

STRATEGIE OBNOVY SOUSTAVY

Hlavní strategie obnovy je založena na možnosti rychle získat elektrickou energii od svých zahraničních partnerů. V této strategii je využíváno skutečnosti, že ES ČR se řadí svou polohou mezi tzv. vnitřní síť. Existuje tedy elektrické propojení na všechny okolní energetické společnosti (Vattenfall Europe Transmission, E.ON Netz (obě Německo),



Obrázek č. 1: Propojení ES ČR se zahraničím na úrovni 400 kV



Obrázek č. 2: Zjednodušené jednopólové schéma rozběhu vlastní spotřeby jaderné elektrárny Dukovany

Verbund APG (Rakousko), PSE-Operator (Polsko) a SEPS (Slovensko)). Tato propojení pomocí 10 vedení 400 kV a 6 vedení 220 kV umožňují obnovit napájení ze zahraničí. Tento způsob obnovy předpokládá, že okolní společnosti nebudou zasaženy vzniklou poruchou a poskytnutý výkon neohrozí stabilitu jejich soustavy.

Aby obnova ES ČR nebyla závislá pouze na zahraničních partnerech, má ČEPS zpracovány způsoby, jak obnovit provést ze zdrojů tuzemských. Pro tuto situaci se využívá vodních elektráren, které pro své obnovení provozu nepotřebují vnější napájení.

Obnova napětí ze zahraničí

Provozovatel přenosové soustavy spolupracuje se všemi zahraničními partnery. Zpracované provozní instrukce přesně specifikují jednotlivé úkony dispečera, které vedou k co nejkratší obnově napájení spotřebitelů. Pro obnovení napájení z Německa lze využít 2 zahraniční rozvodny, Etzenricht (E.ON) a Röhrsdorf (VE-T). Do každé z rozvodn jsou připojena 2 vedení, z rozvodu Hradec-Východ, Hradec-Západ a Přeštice, jak vyplývá z obr. 1. Zde jsou též vyznačeny ostatní zahraniční rozvodny, ze kterých lze obnovu provést. Pro oblast jižní Moravy jsou zpracovány příslušné provozní instrukce o způsobu připojení uzlu Slavětice k rozvodně Dürnröhr (Rakousko) a uzlu Sokolnice ke slovenským rozvodnám Stupava a Křižovany na úrovni 400 kV a k rozvodně Senica na hladině 220 kV. Propojení oblasti severní Moravy se zahraničím je realizováno celkem 6 vedeními s Polskem a Slovenskem a to jak na úrovni 400 kV tak 220 kV. Cílem všech těchto provozních instrukcí je postupným zapínáním vedení zabezpečit prvotně napájení vlastní spotřeby jaderných elektráren a dále obnovit elektrizační soustavu dle ostatních priorit.

Postup obnovy ES ČR ze zahraničí vyžaduje precizní dodržování postupů od všech zúčastněných stran. Zvláště se to týká všech spínacích operací, které dispečer provádí. Ve stavu po poruše typu blackout se využívá tzv. strategie „open-all“, kdy dispečer provede vypnutí všech vypínačů v oblasti přenosové soustavy, která je poruchou postižena. Za této situace vychází z přesně definovaného stavu a obnovu napětí provádí krok za krokem bez rizika sepnutí části PS neznámé velikosti. Existují ještě další předem definované instrukce, které omezují poškození jakéhokoli zařízení ES, např. postupy pro omezení přepětí a pro zabránění přesycení transformátorů.

Obnova napětí pomocí vodních elektráren (VE)

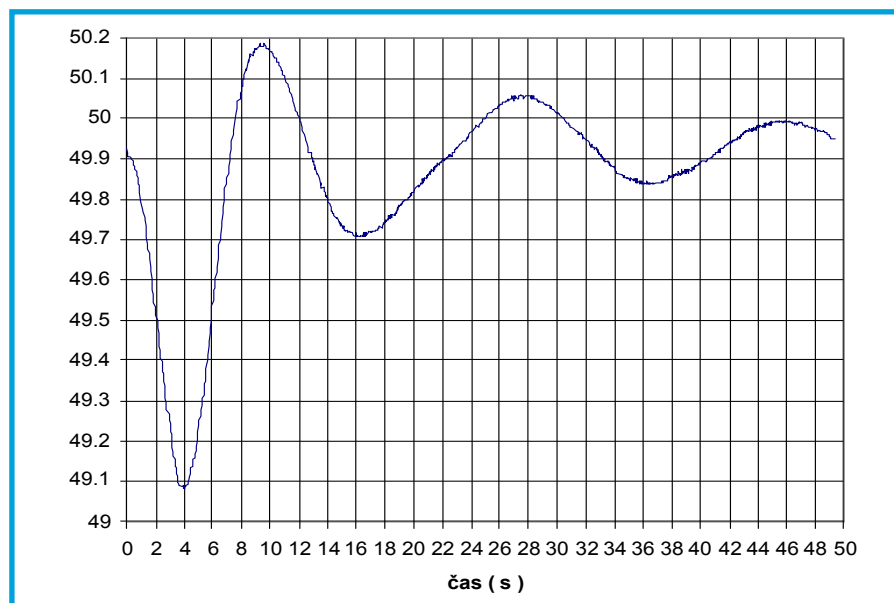
Pro případ nemožnosti obnovy ze zahraničí existuje provozní instrukce Obnova

napětí v rozvodně Slavětice z elektrárny Dalešice. Tento postup opět v prvním kroku směřuje k napájení vlastní spotřeby elektrárny Dukovany. V této instrukci se využívá možnosti dálkově ovládat vodní elektrárnu (VE) Mohelno, která je schopna „najat ze tmy“ a napájet pak vlastní spotřebu VE Dalešice, pomocí které lze napájet uzel Slavětice. Rovněž byla prověřena a zapracována do provozních instrukcí dispečinku provozovatele přenosové soustavy možnost najetí elektrárny Chvaletice po blackoutu za pomoci VE Orlík. Obě vodní elektrárny Dalešice a Orlík s prokázanou a certifikovanou schopností startu ze tmy (blackstart) poskytují stejnojmennou placenou podpůrnou službu.

Najetí vlastní spotřeby elektrárny Dukovany z VE Dalešice

VE Dalešice svým výkonem umožňuje obnovit provoz samotné elektrárny Dukovany (EDU), což prokázala reálná zkouška provedená v červnu 2006. Spočívala v postupném spouštění jednotlivých pohonů vlastní spotřeby EDU z generátoru vodní elektrárny Dalešice v separátním provozu přes bloková vedení, blokové a odbočkové transformátory. To znamená, že do vydělené části sítě pracoval pouze jeden generátor (na rozdíl od tzv. ostrovního provozu, kdy do vydělené části sítě pracuje paralelně více generátorů). Zjednodušené jednopólové zapojení je na obrázku 2.

Během rozběhu velkých spotřebičů je potřeba udržovat napětí a frekvenci ostrova v dovolených mezích. Největší odchylka frekvence kolem 1,5 Hz byla dosažena po zapnutí největšího spotřebiče čerpadla chladicí vody (chladičky). Obrázek 3 ukazuje naměřený průběh frekvence:



Obrázek č. 3: Naměřený časový průběh odchylky frekvence při rozběhu chladičky v elektrárně Dukovany

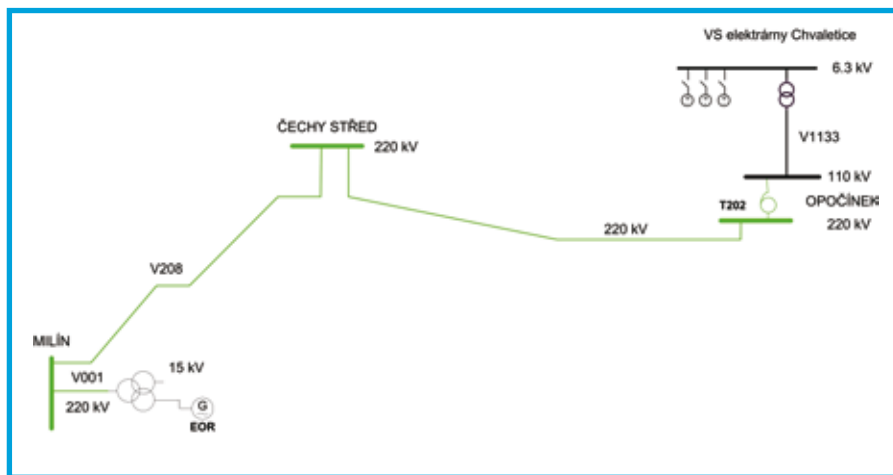
Najetí vlastní spotřeby elektrárny Chvaletice z VE Orlík

Reálná zkušební rozběh pohonných jednotek vlastní spotřeby elektrárny Chvaletice se uskutečnila v květnu roku 2008. Obrázek 4 ukazuje jednopólové schéma trasy z VE Orlík.

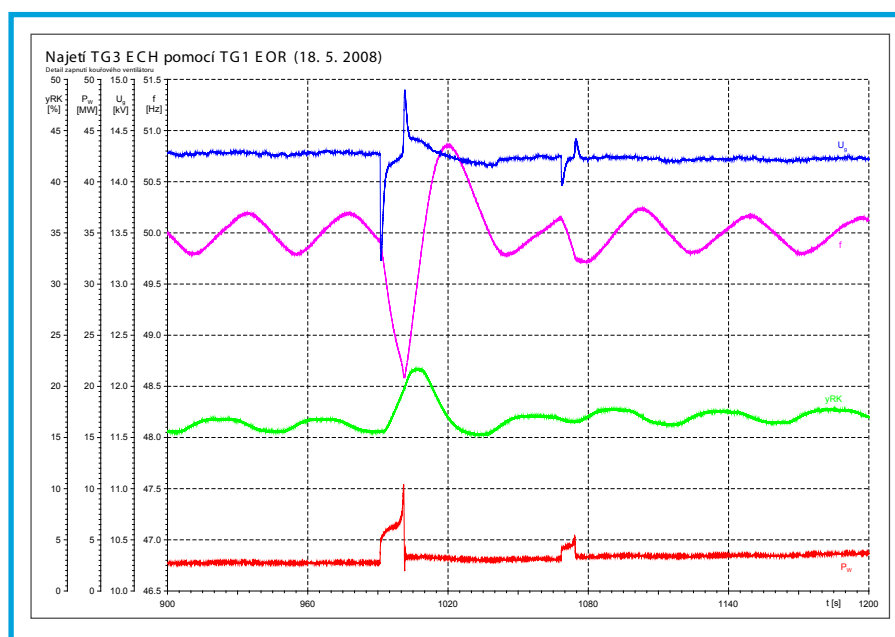
Úspěšnost rozběhu byla hodnocena podle těchto kritérií:

- odchylka frekvence od 50 Hz (resp. otáček od jmenovitých) by měla být v rozsahu od -1,5 do +0,5 Hz,
- nesmí působit podpětová ochrana v rozvodnách vlastní spotřeby 6 kV,
- nesmí působit přepětová ochrana na VE Orlík ($U_g < 16,8$ kV).

Obrázek 5 ukazuje naměřené průběhy svorkového napětí U_g (modrá čára), činného



Obrázek č. 4: Zjednodušené jednopólové schéma najížděcí trasy z VE Orlík do elektrárny Chvaletice (ECH)



Obrázek č. 5: Časové průběhy veličin bloku VE Orlík během rozběhu (otiskováno se souhlasem spol. OSC Brno)

výkonu P_w (červená čára), otevření rozvodného kola Kaplanovy turbíny y_{RK} (zelená čára) a frekvence f (fialová čára) během rozběhu největšího spotřebiče – kouřového ventilátoru.

Z průběhu je vidět, že pokles frekvence dosáhl cca -1,4 Hz a napětí zdaleka nedosáhlo meze pro působení přepětové ochrany, takže kritéria úspěšnosti rozběhu byla úspěšně splněna.

Napájení části vlastní spotřeby elektrárny Temelín

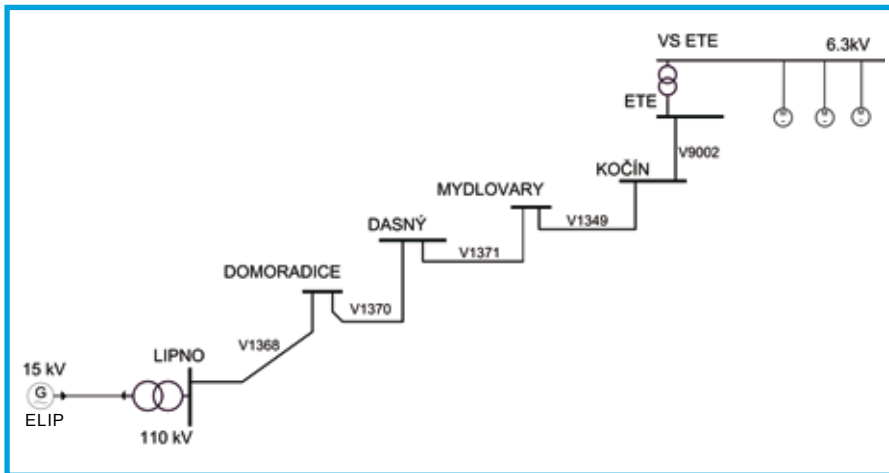
V případě elektrárny Temelín byl zpracován projekt blackstartu vodní elektrárny Lipno a napájení vlastní spotřeby jaderné elektrárny Temelín po blackoutu. V červenci roku 2008 proběhl reálný test možnosti zásobovat část vlastní spotřeby jaderné elektrárny Temelín pomocí vodní elektrárny Lipno po distribučních linkách 110 kV. Úspěšná zkušební potvrдила, že lze napájet bezpečnosti systémy

elektrárny a pohony zajišťující dochlazování reaktoru v případě ztráty napětí v ES. VE Lipno zvládla převzít danou spotřebu a stala se dalším zdrojem elektrické energie pro zajištění bezpečnějšího provozu jaderné elektrárny Temelín.

ZAHRAŇIČNÍ ZKUŠENOSTI

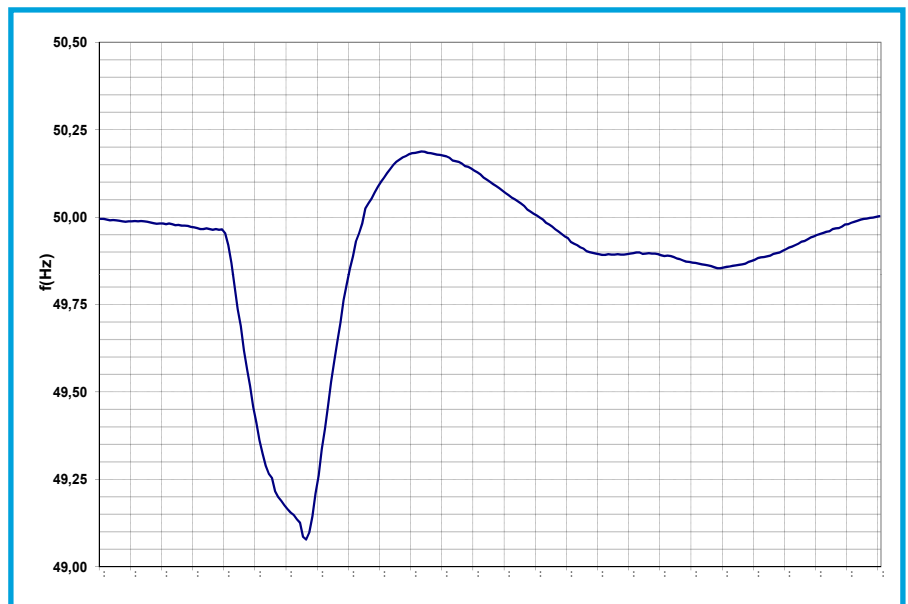
Stejně jako ČEPS pracují na svých plánech obnovy i okolní provozovatelé PS. Rakouská APG si nechala vypracovat studii o možnostech spínání jihozápadní části PS ze severozápadní části v případě poruchy v jedné z nich. Tento postup je závislý na zahraniční pomoci ze Švýcarska a Německa. Maďarská společnost MAVIR získala pro blackstart dvě plynové elektrárny. Elektrárna Lörinci slouží pro zásobování vlastní spotřeby klasických elektráren Mátra a Tizsa. Druhá plynová elektrárna je schopna napájet VS jaderné elektrárny Paks. Na rozdíl od společnosti ČEPS nemá však tyto postupy ověřeny na reálných





Obrázek č. 6: Zjednodušené jednofázové schéma najížděcí trasy VE Lipno do elektrárny Temelín (ETE)

testech. V roce 2008 MAVIR uvedl do provozu dispečerský simulátor, který umožňuje provést testy alespoň simulačně. Slovinský ELES spoléhá v současné době pouze na zahraniční pomoc od okolních provozovatelů PS.



Obrázek č. 7: Průběh frekvence generátoru při zkoušce (rozběh čerpadla chladicí vody) na ETE

LITERATURA

- [1] Kodex přenosové soustavy, část V. Bezpečnost provozu a kvalita na úrovni PS dostupný na <http://www.ceps.cz> na záložce Dokumenty/Kodex PS
- [2] K. Máslo, K. Witner, A. Kasembe: Bezpečnost provozu přenosové soustavy, seminář Aktuální otázky a vybrané problémy řízení ES, Poděbrady listopad 2006
- [3] K. Máslo, K. Witner, L. Kočíš, M. Švancar: Výpočet přechodných dějů při zkoušce rozběhu vlastní spotřeby JE, 6. mezinárodní vědecká konference Electric Power Engineering 2005, Dlouhé Stráně červen 2005

O AUTORECH

Ing. ANDREW KASEMBE je absolvent katedry elektroenergetiky na ČVUT FEL, kde pokračuje ve studiu jako externí doktorand. Pracuje jako vedoucí odboru Rozvoje v ČEPS, a. s.

Ing. KAREL MÁSLA, CSc., je absolvent oboru silnoproudá elektrotechnika na ČVUT FEL, kde také obhájil disertační práci Stabilita synchronního stroje a učil jako odborný asistent. Dále pracoval na ČSED, v EGÚ a ČEZ. Nyní je vedoucí skupiny Analýzy přenosové soustavy v ČEPS, a. s.

Ing. ZDENĚK HRUŠKA, je absolvent oboru elektroenergetika na ČVUT FEL, nyní pracuje jako specialista skupiny Analýzy přenosové soustavy v ČEPS, a. s.

Kontakt na autory: Kasembe@ceps.cz, Maslo@ceps.cz, Hruskaz@ceps.cz