
**Oponentní posudek diplomové práce studenta, bakaláře Bc. Martina Příhody
„Prověření možnosti Blackstartu elektrárny Opatovice jako jedna ze základních
součástí systému Smart Grid“**

Universita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě (KEEZ)

Vedoucí katedry: doc. Ing. Radovan Doleček, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Špetlík, Ph.D. – EET Turnov

Termín vypracování oponentního posudku: do 10.6.2011

I. Oponentní posudek (část 1. Shrnutí),
je podle zadání členěn do šesti částí [a] až f]:

**a) Přístup diplomanta k zadanému úkolu a zvolený postup řešení z hlediska
současných metod.**

Oponovaná diplomová práce je členěna do následujících kapitol:

1. Energetická bezpečnost obyvatelstva.

V této kapitole jsou přehledně shrnuty požadavky a nutnost zajištění energetické bezpečnosti = nepřetržité dodávky energií, hlavně elektrické energie v požadované kvalitě.

Je uveden přehled historických blackoutů:

Aukland – 1998, USA a Kanada – 2003, Itálie – 2003, Indonésie – 2005, a rozpad soustavy UCTE na tři velké ostrovy – 2006“.

Zde je možné konstatovat, že by bylo užitečnější uvést historické blackouty v Evropě (např.: 19.12.1978 – Francie, 4.8.1982 – Belgie, 27.12.1983 – Švédsko, 12.1.2003 – Chorvatsko/Bosna a Hercegovina, 28.9.2003 – Itálie, 13.7.2004 – Řecko, 25.5.2005 – Moskva, Rusko, 24.7.2006 – Česká republika, a pochopitelně v diplomové práci uvedený rozpad dne 4.11.2006 - UCTE).

Čás odborníků totiž tvrdí, že americká (USA) elektrizační soustava s velkými přenosy energie na velké vzdálenosti je náchylnější k poruchám typu Black-Out, než „kompaktní“ Evropská soustava UCTE → resp. nyní ENTSO-E, ve které k podobným poruchám ani v podstatě dojít nemůže.

2. Zařízení potřebná pro Blackstart elektrárny Opatovice.

Jsou uvedeny potřebné parametry zdroje nutného pro start jednoho bloku elektrárny Opatovice při Blackstartu (cca 8 MWe, potřebná kapacita). Mohou to být buďto velké motorgenerátory, což je však investičně příliš náročné. Proto diplomová práce preferuje existující a tudíž investičně a provozně výhodnější možnost použití malé vodní elektrárny (MVE) Práčov I. Zdrojem energie pro MVE Práčov I, je vodní nádrž/dílo Křižanovice, z které je voda přiváděna „tunelovým přivaděčem“ do dolní vyrovnávací nádrže Křižanovice II, a poté na lopatky Francisovy turbíny. V této kapitole jsou dále uvedeny aktuální parametry MVE Práčov I (9,75 MWe, 6,3 kV), parametry trasy Práčov – Opatovice, a parametry vlastní spotřeby najížděného bloku EOP.

3. Projekční a simulační výpočty před realizací Blackstartu.

Projekční výpočet kapacity nezávislého zdroje pro napájení VS EOP je proveden pomocí „Microsoft Office Excel“.

Simulační výpočty elektromechanických přechodových dějů pak byly provedeny v prostředcích „MATLAB-SIMULINK-SimPowerSystems“, které má elektrárna Opatovice (EOP) oficiálně k dispozici.

Z uvedených výsledků simulačních výpočtů rozběhu největšího motoru napájecího čerpadla vyplývá, že mechanické i elektrické vlastnosti soustrojí MVE Práčov I jsou pro napájení VS EOP vyhovující.

4. Ostrovní provoz – provoz bloku do vyčleněné oblasti.

Podmínkou pro úspěšný Black-Start je spolupráce rozvodného s dispečery distribuční a přenosové soustavy. Za předpokladu této spolupráce lze zvětšovat velikost soustavy v ostrovním provozu spojováním menších ostrovů až do konečné likvidace poruchy typu „ostrovní provoz“ – viz Provozní předpisy distribuční soustavy (PPDS) a přenosové soustavy (PPPS).

5. Časový harmonogram najetí bloku elektrárny Opatovice.

Je uveden podrobný časový harmonogram najetí bloku z elektrárny Opatovice, a to jak „Start z teplého stavu (STS)“, tak i „Start ze studeného stavu (SSS)“. Doba najetí STS je celkem 150 minut, pro najetí VS celé elektrárny EOP a poté dosažení plného výkonu všech jejich bloků.

Zde je nutno konstatovat, že pro poskytnutí PpS přenosové soustavě ČEPS, je zajímavá a přijatelná pouze doba do najetí jednoho nebo dvou bloků, která je v diplomové práci udávána časovou hodnotou 35 až 70 minut. Přijatelnou hodnotou je dolní hranice najetí bloku 35 minut, která by možná šla ještě lepší organizační a technickou přípravou (např. změnou „Místních provozních předpisů (MPP), úpravou postupu manipulací – viz další kapitola 6., nebo trvale připravenou přenosovou trasou) zkrátit na potřebných 30 minut.

Doba najetí SSS je pochopitelně delší, tedy 310 minut, pro najetí VS celé elektrárny EOP a poté dosažení plného výkonu všech jejich bloků. Najetí ze studeného stavu je časově pro distribuční a přenosovou soustavu nevyhovující.

Závěr je tedy takový, že v době nabízené a přijaté službě PpS by musely být bloky minimálně trvale v „teplém stavu“. To je v souladu se závěry v DP, kde je konstatováno, že s periodou minimálně 15 let je trvale v provozu minimálně jeden blok (TG 2), který tedy může poskytovat PpS Black-Start z teplého stavu.

6. Postup manipulací v elektrárně Opatovice při Blackstartu.

Je uveden postup manipulací jak **před obnovením napětí, po obnovení napětí, a po uvedení TG 2 na otáčky**, tak i další manipulace po uvedení druhého turbogenerátoru TG 1 na otáčky, po uvedení dalších turbogenerátorů na otáčky. Postup manipulací byl v celkové souvislosti s poskytováním PpS komentován již v předcházející kapitole 5.

Proces Blackstart je však zejména spojen s potřebnou organizační a technickou přípravou turbosoustrůjí TG2 pro poskytování PpS Blackstart provozovatelům elektrizačních soustav.

7. Blackstart jako jedna ze základních součástí systému Smart Grid.

Smart grid (inteligentní síť) je novým stupněm rozvoje nejen distribučních sítí, ale také **přenosových sítí**. Vyznačuje se především tím, že toky energie mohou jít směrem od centrálních energetických zdrojů/elektráren ke spotřebitelům (tak jako dosud = princip „řízení výroby“), ale také směrem opačným od malých lokálních energetických zdrojů (distribuované zdroje, konvenčního nebo obnovitelného charakteru) do distribučních nebo i přenosové soustavy (podle principu „řízení spotřeby“).

Pro rozvoj inteligentních sítí Smart grids musí být splněny tři hlavní podmínky:

- Politicko-legislativní,
- Ekonomické,
- Technické. Z hlediska technického je koncepce zapojení elektrárny Opatovice do systému krizového řízení v ostrovním provozu přehledně a schematicky rozpracována na Obr.7.1.

8. Manipulační řád vodního díla.

Podle zákona 254/2001 sb. Je vlastník vodního díla povinen dodržovat příslušné podmínky a povinnosti, zejména schválený Manipulační řád.

Jeho současná verze neumožňuje „pod hladinu“ stálého nadržení, což velmi omezuje možnost provozně realizovat navržený a verifikovaný proces Black-Start. Pro realizaci v rozsahu popsáném v DP by bylo nutné předložit vodoprávnímu úřadu návrh na doplnění Manipulačního řádu.

9. Závěr.

Diplomant shromáždil potřebné technické parametry vodního díla Křižanovice, MVE Práčov a trasy Práčov – Elektrárna Opatovice, a s jejich využitím sestavil model a provedl simulační výpočty.

Provedené výpočty potvrdily reálnost možnosti najetí vlastní spotřeby Elektrárny Opatovice z malé vodní elektrárny Práčov, bez jakéhokoliv poškození všech technických zařízení.

Pokud bude provedena reálná provozní zkouška Blackstart a její certifikace jako podpůrné služby, bude příslušná část diplomové práce zapracována do provozního předpisu elektroprovozu „Manipulační předpis elektrárny Opatovice pro Blackstart“.

Na základě získaných výsledků lze sestavit podklady pro jednání o provedení reálné provozní zkoušky Blackstart se zástupci ČEZ Distribuce, ČEZ Obnovitelné zdroje, a rovněž se zástupci provozovatele české přenosové soustavy ČEPS, a.s.

V závěru je správně konstatováno, že by řešená podpůrná služba Black-Start, ověřená provozní zkouškou, zkrátila dobu obnovení dodávek elektrické energie do distribuční sítě. Tím by byla zvýšena energetická bezpečnost městské aglomerace Hradec Králové, Pardubice a Chrudim.

II. Oponentní posudek (část 2. Komentář a souvislosti).

Oponent k závěrům v diplomové práci dodává, že by mohla být obnovena dodávka elektrické energie nejen do distribuční sítě, ale i do přenosové soustavy. Tím by byla zvýšena energetická bezpečnost přenosové soustavy (PS), resp. celé elektrizační soustavy České republiky.

Diplomant neměl v podstatě jinou možnost ověřit řešení uvedené v diplomové práci, než namodelování dynamického systému a simulační ověření výsledků.

Při volbě vhodných prostředků prokázal dobrý odhad ve výběru simulačního prostředku „MATLAB – SIMULINK – SimPowerSystems“, který se v posledních pěti letech z převážně akademického prostředí užívaného na technických i jiných univerzitách, stal široce užívaným simulačním prostředím i pro průmyslové projekty, a vzhledem k existenci Toolboxu SimPowerSystems zejména pak v energetice. Prostředí MATLAB – SIMULINK používá a k použití nabízí řešiteli širokou škálu nejmodernějších metod numerického řešení (solver je firmou MathWorks updatován přibližně každé tři roky), které si lze optimálně vybrat specificky pro každou řešenou úlohu.

b) **Dosažené výsledky, jejich správnost a možnost praktického využití.**

Dosažené výsledky jednoznačně splnily **deklarované cíle** diplomové práce (viz. str. 10), a jak bude uvedeno níže, v mnohém je dokonce překročily.

Dosažené koncepční i simulační výsledky jsou z pohledu předpokladu správné, nelze to ovšem říci absolutně, protože vlastní téma je natolik nové a předbíhající českou provozní praxi a stávající platnou energetickou legislativu, že nelze výsledky porovnávat s nějakými již existujícími výsledky obdobných projektů.

Z tohoto důvodu doporučuji diplomantovi, resp. jeho zaměstnavateli – společnosti Elektrárny Opatovice, a.s., aby vstoupil v jednání s příslušnou distribuční společností (ČEZ Distribuce, a.s. – dříve VČE) a provozovatelem přenosové soustavy – společností ČEPS, a.s., s cílem dosáhnout domluvy na jednak provozním ověření v rámci pilotního projektu, a následně pro uzavření příslušné SoD s předmětem díla poskytnout provozovatelům elektrizačních soustav požadovanou Podpůrnou Službu PpS) – Black Start systémové elektrárny/teplárny (konkrétně najetí vlastní spotřeby VS této elektrárny).

Z hlediska provozovatele české přenosové soustavy – společnosti ČEPS – zapadá v diplomové práci řešený Black-Start, přesně do záměru a požadavků Provozních instrukcí ČEPS,a.s., např. doplňující literatura:

[5] PI ČEPS,a.s.: PI 620 – 5, Koordinace obnovy soustavy po poruše typu Black-Out”, schváleno 3.12.2007, přezkoušení v roce 2009.

V této provozní instrukci PI 620 je na str. 10/22 uveden Obr.3: Možná konfigurace sítě 220 kV po obnově napětí ze zahraničí. Ze zahraničí (Kopanina – Polsko, nebo Bisamberg – Rakousko) je přes rozvodnu OPOČÍNEK 220 kV najeta oblast “ČECHY STŘED – BEZDĚČÍN – CHOTĚJOVICE – VÝŠKOV – VÍTKOV – PŘEŠTICE – MILÍN”.

Tato oblast by mohla být stejně tak najeta z tuzemského zdroje MVE Práčov, přes rozvodnu OPOČ 220, případně s využitím elektrárny Opatovice (EOP).

Tato služba plně zapadá také do koncepce „Kritické infrastruktury České republiky“ a „Obnova soustavy po poruše typu Black-Out“, a do připravované novelizace „Státní Energetické Koncepce (SEK)“.

Současně zapadá proces Black-Start i do požadavků orgánů EU na zajištění bezpečnosti a spolehlivosti provozu energetických soustav v Evropě, na integrace zdrojů OZE (malá vodní energetika - MVE, farmy větrných elektráren – VtE, případně fotovoltaické elektrárny – FVE) do pan-Evropské soustavy, a to s využitím tzv. chytrých sítí (Smart Grids).

Procesy „Black Start“ totiž z hlediska své podstaty jsou zahrnovány do Evropskou unií vyžadovaných realizací inteligentních sítí (Smart Grids), a to jak sítí distribučních, tak i přenosových. Předpokladem však je, že „Black Starty“ i „Ostrovni provoz“ budou řešeny systémově a „řízeny inteligentně“.

Rámec inteligentního řízení je dán možností, že při tzv. Obnově systému, může být postupně „podáváno napětí“ na odstavené systémové elektrárny, a to lze řešit křížně z různých malých energetických zdrojů kogeneračních, plynových, dieselových a obnovitelných OZE (MVE, ale i VtE, FVE) na vhodné vybrané velké systémové elektrárny.

Zvolená varianta Black-Startu by byla inteligentně „volena“ na centrální dispečerské úrovni podle celorepublikové situace, tzn. podle toho kde je vhodný energetický zdroj pro Blackout k dispozici a který region je ve tmě, nebo má nedostatek zdrojů a velkou spotřebu, takže k poruše typu Blackout v nejbližší době dojde.

Oponent poznamenává, že společnost ČEZ, a.s., resp. její 100 % dceřiná společnost ČEZ Distribuce, a.s., již tuto problematiku konkrétně řeší v rámci iniciativy „FUTUR/E/MOTION“, kde jedna z pěti řešených oblastí je právě Smart Grids (dále pak: Elektromobilita, Akumulace energie, Malá kogenerace, Projekty výzkumu a vývoje).

Dodává dále, že problematika Smart Grid je řešena formou „Pilotní projekt SMART GRIDS ve skupině ČEZ“, a to rovněž v rámci dotovaného evropského rámcového programu FP 7.

ČEZ řeší Projekt **Smart Region, I. Etapa – Vrchlabí/Liščí Kopec**.

Specifikou tohoto projektu je řešení „ostrovního provozu“ s využitím malé kogenerace s variantami:

- (a) Najetí do ostrova ze standardního synchronního provozu,
- (b) Najetí ostrova ze tmy, s využitím malé kogenerace.

Velmi zajímavou alternativou by bylo začlenění zdrojů OZE, konkrétně MVE Práčov, do alternativy „Najetí ostrova ze tmy“.

Specifické výsledky Projektu ČEZ **Smart Region**, po ukončení budou diseminovány do celé EU a měly by se stát jakýmsi standardem pro zavádění 3. (příp. 4.) energetického balíčku.

c) **Jak práce odpovídá normám, zákonným ustanovením a předpisům.**

Indikativní seznam dokumentů, které se týkají požadavků a specifikace Evropského projektu chytrých sítí – Smart Grids:

[D1] Evropská unie: 3.energetický balíček, 2009

[D2] Evropská unie: Rámcový program 7 (Framework Programme 7),
European Technology Platform – Operation Tasks:
– např. program FP7 – Energy – 2010/2011

[D3] EEGI – European Electricity Grid Initiative;
ENTSO-E Reliable Sustainable Connected;
EDSO – European DSO Association:
1. Roadmap, 2010-2018,
2. DIP - Directive Investment Plan, 2010-2012

[D4] Novela Energetického zákona ČR (EZ),
schvalováno Parlamentem ČR v roce 2011

[D5] Státní Energetická Koncepce 2010 (SEK),
aktualizace verze 2011

Oponovaná diplomová práce odpovídá zákonům, předpisům a energetickým koncepcím (nejen uvedeným), přestože některé z nich byly schváleny až v letošním roce, nebo teprve budou schváleny.

Z tohoto hlediska je nutné pozitivně ocenit, že předmětná diplomová práce tyto požadavky jako by předpokládala předem a na dané úrovni je již řešila v první polovině roku 2011.

d) Formální náležitosti (přehlednost, úprava apod.).

Diplomová práce je zpracována přehledně, formální úprava odpovídá představám oponenta.

e) Zda práce obsahuje originální řešení vhodné pro autorské osvědčení, patent apod.

Z obecně dostupných informací oponent má povědomost, že předmětná diplomová práce vzdáleně navazuje na práci vedoucího diplomové práce Ing. Jana Špetlíka, Ph.D., ale navzdory tomu vysoce oceňuje jak dokázal student aplikačně zaměřit diplomovou práci na aktuální legislativně-provozní požadavky v České republice a zejména v Evropské unii jako celku.

Zároveň při tomto zaměření diplomové práce dosáhl i podrobného a detailního zpracování daného velmi aktuálního tématu. Z tohoto pohledu si dovoluji hodnotit zvolené řešení a dosažené výsledky jako vhodné a dostačující i pro technické zpracování autorského osvědčení či patentu.

Uvědomuji si přitom ovšem i vyskytující se problémy při přepracování převážně algoritnicko-programového řešení do formy autorského osvědčení či patentu. Proto bych pro takové případné další řešení doporučil spolupráci diplomanta se specialisty na autorské právo a patentová řešení technických problémů.

f) Považujete-li za nutné objasnění některých částí DP, můžete zadat doplňkové otázky, které budou zodpovězeny při obhajobě DP:

- 1) Provedte úvahu jakými organizačně-technickými opatřeními by bylo možné certifikovaně zajistit poskytování PpS pro provozovatele elektrizačních soustav (distribučních a přenosové) v době s realizací do 30 minut po požadavku dispečera?
- 2) Jak by mohlo a muselo být zajištěno udržení bloku TG 2 v „teplém stavu“ i v době částečného nebo úplného Black-Outu (viz Kap.5.), tak aby mohla být zajištěna podpůrná služba Black-Start pro elektrizační soustavu ČR?
- 3) Jaké parametry bloků (turbogenerátorů, elektro-rozveden EOP, linek vyvádějících elektrický výkon do distribuční soustavy 110 kV ČEZ Distribuce) by podle diplomanta musely být změněny, aby lépe vyhovovaly požadavkům na poskytování PpS provozovatelům soustav? Je taková změna parametrů realizovatelná, a jakým způsobem?
- 4) Lze udělat základní úvahu o ekonomické návratnosti na základě „nutných investic“ a „zisku z poskytovaných PpS“?
- 5) Jaká by musela být cena za PpS, aby se provozovateli elektrárny poskytování této PpS Black-Start ekonomicky vyplatila, a to při udržení přiměřeném zisku?
- 6) Jak by musel být „neinvestičně“ motivován vlastník a provozovatel elektrárny pro poskytování služby Black-Start v rámci „kritické infrastruktury“ České republiky?

- 7) Jak by musel být motivován vlastník a provozovatel elektrárny pro realizaci „chytrého řízení (Smart Grids)“ v rámci jak elektrizační soustavy ČR, tak zejména pro plnění požadavků EU na realizaci 3. (příp. 4.) Energetického balíčku?
- 8) Jaká by mohla být úloha společnosti Elektrárny Opatovice, a.s., pro zajištění spotřeby regionálního multi-městského ostrova (Hradec králové, Pardubice, Chrudim, Bohdaneč), a to jak dodávkou elektřiny, tak i tepla, případně chladu?
- 9) Jaká je představa diplomanta o možnostech zapojení zdrojů OZE (malé vodní elektrárny, větrná a fotovoltaická energie, biopaliva, akumulace energie, tepelná čerpadla, palivové články) do systému centrální zdroj EOP, záložní zdroje ZZ, a soustava dálkového vytápění SCZT: Hradec králové, Pardubice, Chrudim?

Oponent konstatuje, že **deklarované cíle** diplomové práce byly studentem splněny v celém rozsahu, a svým dosahem je i podstatně překročily.

Předmětnou diplomovou práci celkově klasifikuji stupněm **v ý b o r n ě m í n u s**.

oponentní posudek zpracoval:

Ing. Petr Neuman, CSc.
senior specialista
skupina GDC a DTS



ČEPS, a.s.
Elektrárenská 774/2
101 52 Praha 10

Tel.: +420 211 044 400
Mobil: +420 777 648 906
Email: neuman@ceps.cz

soukromý E-mail: neumanp@volny.cz