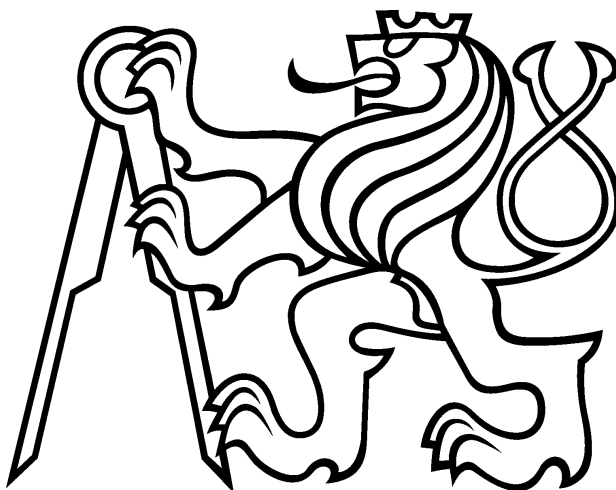


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**



**TEZE K DISERTAČNÍ PRÁCI**



České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická  
Katedra elektroenergetiky

**Ing. Jan Kabelák**

**DIESELGENERÁTOR  
V ELEKTROENERGETICKÝCH SYSTÉMECH**

Doktorský studijní program: Elektrotechnika a informatika  
Studijní obor: Elektroenergetika

Teze disertace k získání akademického titulu "doktor", ve zkratce "Ph.D."

Praha, srpen 2013

Disertační práce byla vypracována v kombinované formě doktorského studia na katedře elektroenergetiky Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

Uchazeč: Ing. Jan Kabelák  
Katedra elektroenergetiky  
Fakulta elektrotechnická ČVUT  
Technická 2, Praha 6, 166 27

Školitel: Doc. Dr. Ing. Jan Kyncl  
Katedra elektroenergetiky  
Fakulta elektrotechnická ČVUT  
Technická 2, Praha 6, 166 27

Oponenti: .....

.....

.....

Teze byly rozeslány dne: .....

Obhajoba disertace se koná dne ..... v ..... hod. před komisí pro obhajobu disertační práce ve studijním oboru Elektroenergetika v zasedací místnosti č ..... Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

S disertací je možno se seznámit na děkanátu Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze, na oddělení pro vědu, výzkum a zahraniční styky, Technická 2, Praha 6.

předseda komise pro obhajobu disertační práce  
ve studijním oboru  
Elektroenergetika  
Fakulta elektrotechnická ČVUT, Technická 2, Praha 6

## **1. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY**

V reakci na mimořádné poruchové události v elektrizačních soustavách (ES), vyšší penetraci rozptýlených zdrojů, ale i zvýšení nároků na spolehlivost a bezpečnost technologických celků se stále častěji setkáváme s abnormálním provozem ES, jakožto s elektroenergetickými systémy provozovanými nekonvenčním způsobem. Z pohledu současného stavu vědy a techniky v elektroenergetickém oboru rozeznáváme:

### **Ostrovní provoz (OP)**

OP, respektive požadavky na funkci bloku v ostrovním režimu, definují kodexy přenosových soustav (PS) [KdxCZ]. Definice je založena na odchylkách frekvence, tedy nejen na fyzickém oddělení části ES. Elektrárenský blok se při přechodu do ostrovního režimu automaticky přepíná na proporcionální otáčkovou regulaci (výkon je regulován v závislosti na odchylce frekvence), v některých případech využívá i funkce „Basic Opening“ (základní otevření regulačních ventilů páry v momentě přepnutí režimu regulace).

### **Smart Grid (SG)**

Sítě SG využívají inovativní přístup k regulaci dodávky a odběru výkonu. Uplatňuje se řízení nejen na straně výroby, ale také na straně spotřeby.

### **Nouzové napájení vlastní spotřeby (VS) jaderné elektrárny (JE)**

Při ztrátě pracovních i rezervních zdrojů bloku je VS převedena na nouzové zdroje. Tento přechod je zajištěn několika vzájemně provázanými automatikami bloku, [UJV08]. Jedná se o automatiku podpěťového vypínání (APV), které odhazuje méně důležité zátěže; ESFAS – systém pro spouštění bezpečnostních prostředků, jenž v dané situaci vyhodnocuje požadavky technologie a automatiku postupného spouštění (APS), která zatěžuje dieselgenerátor (DG) v předem stanovených krocích tak, aby byly dodrženy požadavky na kvalitu napájení a nedošlo k přetížení zdroje.

Uvedené přístupy lze však i kombinovat, tedy uplatnit jak klasické zásady používané v ostrovních režimech PS, tak zapracovat nové přístupy ze SG. Moderní způsob řízení dodávky a odběru elektrické energie například při přechodu VS na nouzové zdroje vychází z optimalizace obou uvedených přístupů. Odpovídajícím způsobem je pak třeba inovovat i metodiku dimenzování nouzového zdroje.

Dimenzování nouzového zdroje, jako je například DG je v současnosti prováděno ve dvou krocích. Nejprve výrobce sestaví zatěžovací křivky z mnoha výpočtových případů, kdy varíruje velikost připínané zátěže na DG a jeho předběžné zatížení. V druhém kroku projektant pracuje s těmito

křivkami a zakresluje do grafů různé kombinace zatěžování. Viz např. [EGP97], [EGP99], [UJV08] a [UJV10].

Místo toho je vhodnější, aby projektant pracoval přímo s modelem a mohl se tak podrobněji věnovat konkrétním omezením a to jak na straně zdroje, tak na straně zátěží. Tím je možné dimenzovat DG úsporněji, efektivněji, zkrátka lépe využít jeho limitů.

## 2. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

**Úkolem** disertační práce bylo na základě dlouhodobých předchozích autorových prací na projektech, studiích a odborných pomocích přehledně shrnout problematiku nekonvenčního provozování elektroenergetických systémů. Práce se zaměřuje na:

- ostrovní provoz přenosové soustavy,
- způsob provozování smart grids a
- nouzové napájení VS jaderné elektrárny (JE).

Tato část práce popisuje funkci, technické prostředky, ale i provozní zkušenosti. Podrobně uvádí také současnou metodiku dimenzování nouzového diesel generátoru (DG) pro napájení VS JE.

**Cílem** disertační práce bylo naprogramovat a odladit universální model DG.

- Popsat způsob jeho vytvoření.
- Ověřit funkci jednotlivých částí modelu.
- Nasimulovat postupné zatěžování DG.

Očekávaným **výsledkem** disertační práce byl mnohostranně použitelný dynamický model DG pracující v rámci odděleného elektroenergetického systému. Tento model je určen k simulaci elektromechanických přechodových dějů. Najde uplatnění především v následujících aplikacích:

- Dimenzování DG.
- Návrh způsobu, struktury a parametrů regulace DG.
- Zpracování případových studií pro rozhodnutí investora a/nebo zákazníka.

A to vždy podle kritérií respektive potřeb daného elektroenergetického systému.

### 3. METODY ZPRACOVÁNÍ

První část disertační práce se soustřeďuje na oblast abnormálního, respektive nekonvenčního provozu energetických systémů. Zde je ve třech kapitolách podrobně popsán fenomén ostrovního provozu, smart grids a nouzového napájení vlastní spotřeby elektrárny. Jednotlivé odstavce těchto 3 kapitol se věnují definici, důvodům vzniku, popisu jejich funkcí, technickým prostředkům, které tyto funkce zajišťují, provozním zkušenostem a příkladům ze současné praxe.

Druhá část disertační práce se zabývá samotným modelem DG.

První kapitola včetně dvou příloh obsahuje detailní popis a odvození tohoto modelu. Ukazuje postupy a efektivní řešení použité při jeho tvorbě. Model se skládá z diesel motoru, umožňující volbu vstupních parametrů včetně počtu válců. Další součástí modelu je synchronní generátor. Je zde použit model ABC s okamžitými hodnotami elektrických veličin. Model umožňuje připojení libovolné zátěže do elektrického obvodu generátoru. Zásadní struktura modelu je zřejmá z následujícího přehledu.

1. Diesel motor
  - 1.1. Klikový mechanismus
    - 1.1.1. Poloha pístu
    - 1.1.2. Objem válců
      - 1.1.2.1. Objem jednoho válce
      - 1.1.2.2. Objem všech válců (matice)
    - 1.1.3. Teplosměnná plocha válců (matice)
    - 1.1.4. Redukovaný moment setrvačnosti
      - 1.1.4.1. Kliková hřídel
      - 1.1.4.2. Píst
      - 1.1.4.3. Ojnice
  - 1.2. Funkce ventilů
    - 1.2.1. Periodická funkce
    - 1.2.2. Trapézová funkce
    - 1.2.3. Funkce otevírání a zavírání
      - 1.2.3.1. pro jeden ventil jednoho válce
      - 1.2.3.2. pro 3 ventily (sání, výfuk a vstřík) a všechny válce (matice)
  - 1.3. Hydrodynamika diesel motoru
    - 1.3.1. Hmotnost vzduchu ve válcích v čase 0
    - 1.3.2. Hmotností toky
      - 1.3.2.1. Sání
      - 1.3.2.2. Výfuk
      - 1.3.2.3. Palivo

- 1.3.3. Rychlost proudění – Bernoulliho rovnice
- 1.4. Termodynamika diesel motoru
  - 1.4.1. Energetická bilance systému
  - 1.4.2. Vnitřní teplota systému
  - 1.4.3. Tepelný tok
  - 1.4.4. Stavová rovnice plynu
- 2. Pohybová rovnice
  - 2.1. Hnací moment diesel motoru
  - 2.2. Protimoment synchronního generátoru
  - 2.3. Regulátor otáček
- 3. Synchronní generátor
  - 3.1. Zpražené magnetické toky
  - 3.2. Napěťové rovnice
  - 3.3. Obvodové rovnice a zátěž
  - 3.4. Buzení

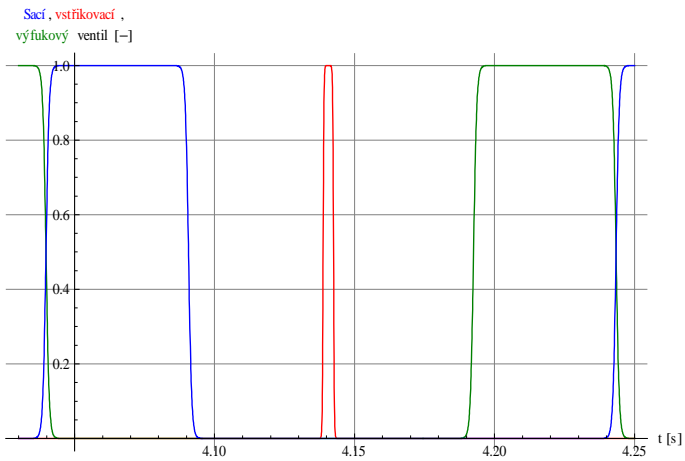
DG byl vytvořen v programovém prostředí Mathematica tak, aby umožňoval detailní simulaci elektromechanických přechodových dějů, které nastávají zejména při jeho postupném zatěžování, respektive při různých poruchových událostech. Je formulován způsobem umožňujícím snadnou přenositelnost do jiných simulačních nástrojů.

Druhá kapitola detailně ověřuje funkce jak jednotlivých komponent, tak celého modelu. Zabývá se citlivostní analýzou vybraných vstupních parametrů modelu. Součástí modelu je i precizní parametrizace, dle skutečně vyráběných strojů a ověření funkce parametrizovaného modelu.

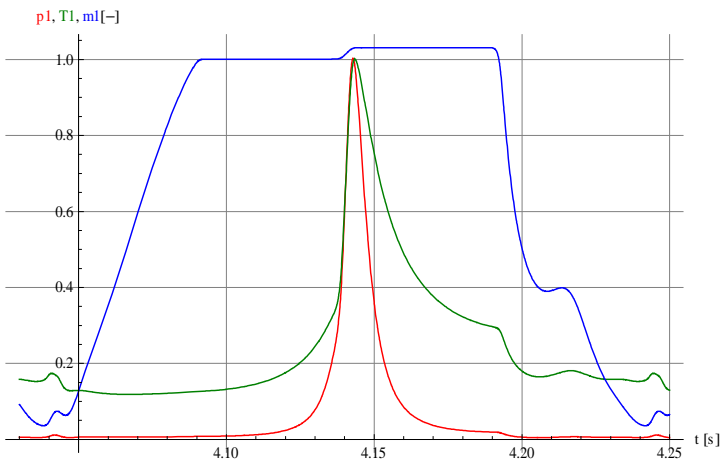
Funkci modelu diesel motoru je ilustrována prostřednictvím následující série grafů.

Pracovní oběh čtyřdobého vznětového motoru se skládá ze sání, komprese, expanze a výfuku. Tento cyklus proběhne vždy během dvou otáček, tedy  $4\pi$  rad, respektive 200ms pro jmenovité otáčky  $600\text{min}^{-1}$ . Na obr. 1 můžeme sledovat pracovní cyklus sacího, vstřikovacího a výfukového ventilu 1. válce. Na obr. 2 je průběh tlaku, teploty a množství směsi v 1. válci. A obr. 3 ukazuje rychlosti proudění médií v sání a výfuku a okamžitý objem 1. válce daný pohybem pístu. Veličiny jsou vyneseny bezrozměrně tak, aby bylo možné porovnat tvar křivek.

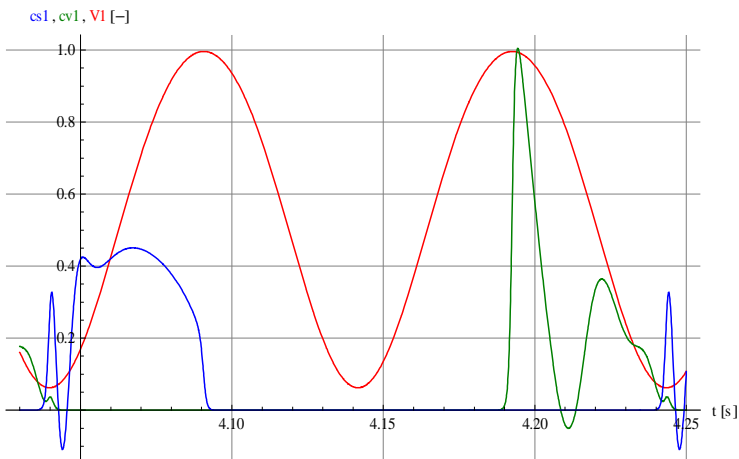




obr. 1 Pracovní oběh diesel motoru – činnost ventilů 1. válce

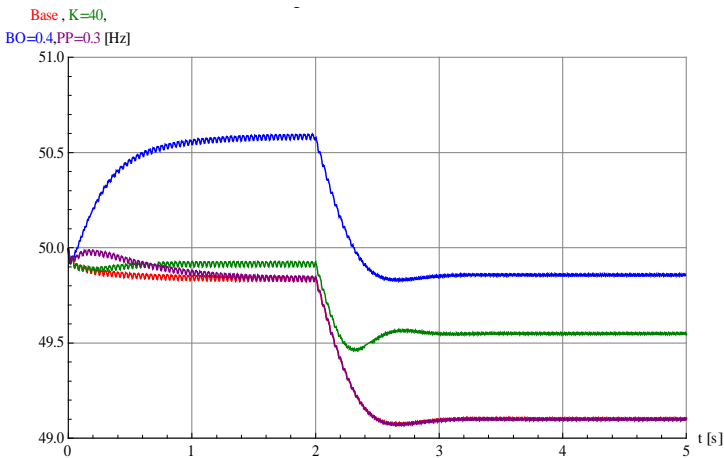


obr. 2 Pracovní oběh diesel motoru – tlak, teplota a hmotnost v 1. válci



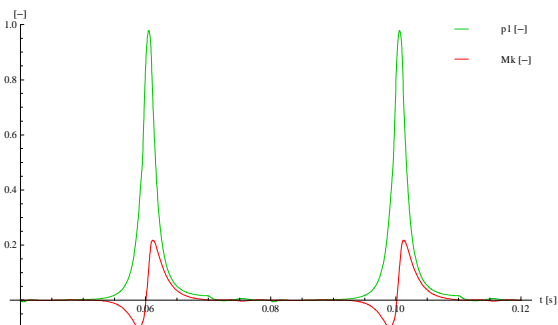
obr. 3 Pracovní oběh diesel motoru – rychlost sání, výfuku a objem 1. válce

Model DG je vybaven proporčním regulátorem otáček, který je vhodný pro spolupráci více strojů v ostrovu. Na obr. 4 můžeme sledovat proces parametrizace regulace otáček. Červená křivka odpovídá prvotnímu nastavení s proporčním zesílením  $K=20$ , tedy statikou 5%. Zelená křivka představuje silnější regulaci při  $K=40$ , statika 2,5%. U modré křivky bylo změněno základní otevření z 10% na 40%. Purpurová křivka ukazuje jak se projeví změna počátečních podmínek regulátoru z 0.1 na 0.3.

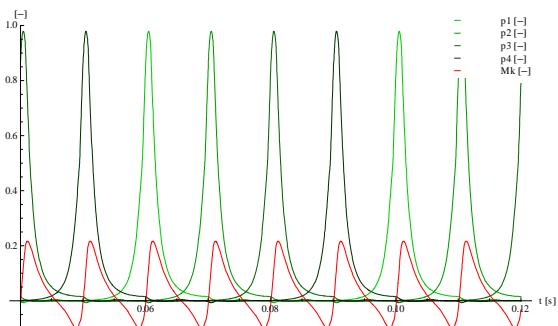


obr. 4 Parametrizace regulátoru otáček - frekvence

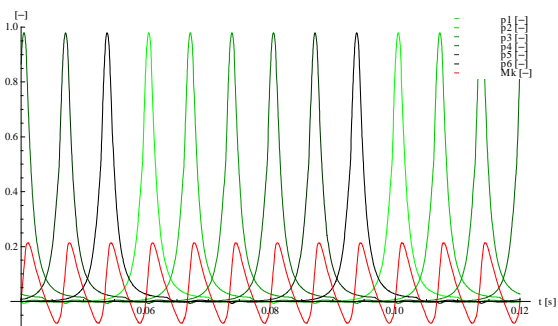
Následující grafy ukazují porovnání práce jednoválcového, čtyřválcového a šestiválcového DG. Celkový moment na hřídele je označen  $M_k$ . Tlak v jednotlivých válcích  $p_1$  až  $p_6$ . Veličiny jsou i zde vyneseny bezrozměrně.



obr. 5 Skládání celkového momentu jednoválcového diesel motoru



obr. 6 Skládání celkového momentu čtyřválcového diesel motoru

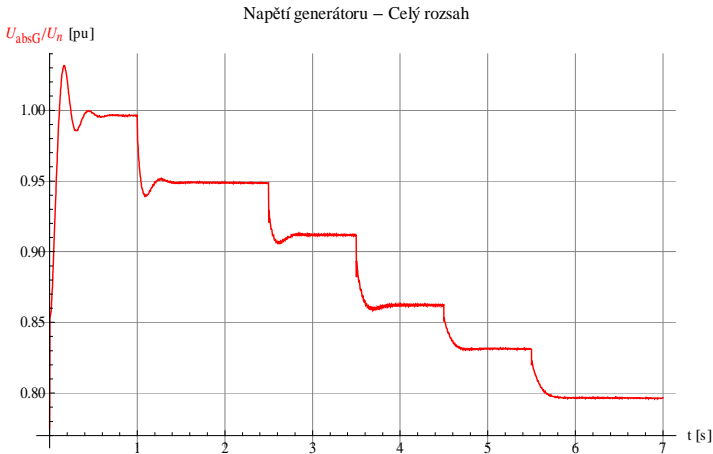


obr. 7 Skládání celkového momentu šestiválcového diesel motoru

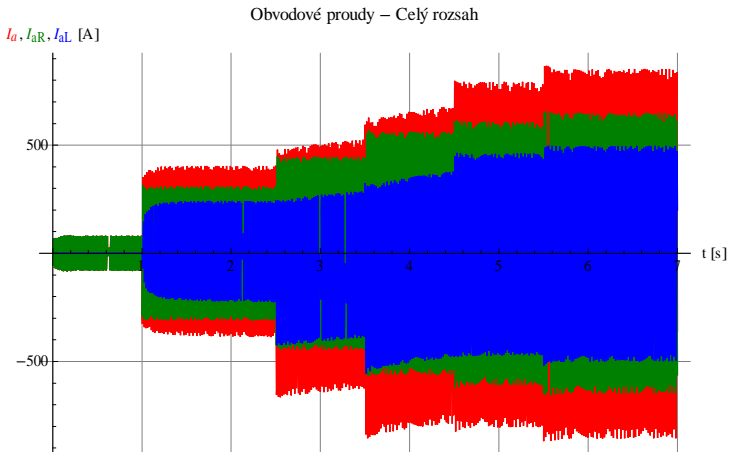
## 4. VÝSLEDKY

Sestavený model DG má široké spektrum použití. Je vhodný například pro dimenzování, návrh regulace DG nebo zpracování případových studií.

Následující grafy postupného zatěžování DG ilustrují možnost využití vytvořeného modelu ke kontrole dimenzování DG pro napájení VS elektrárny.

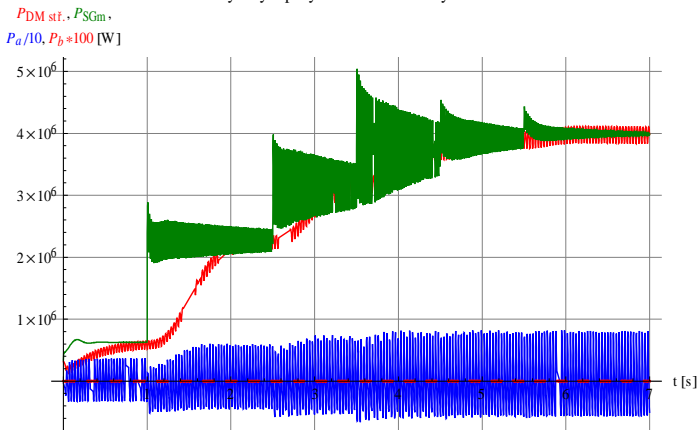


obr. 8 Postupné zatěžování DG zátěží typu RL – svorkové napětí



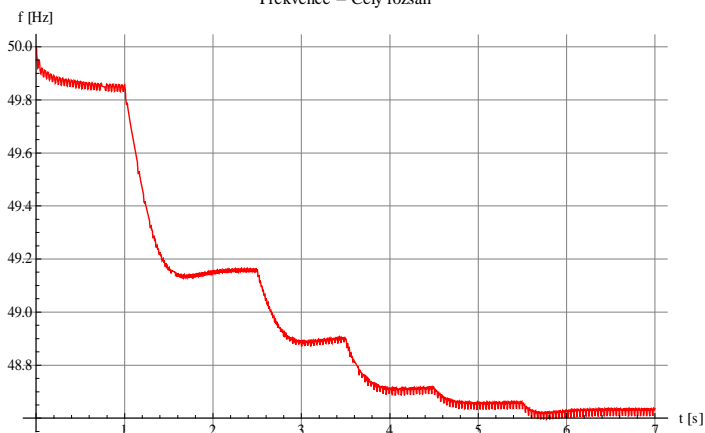
obr. 9 Postupné zatěžování DG zátěží typu RL – proudy generátoru, R větví a L větví zátěže

Výkony v pohybové rovnici – Celý rozsah

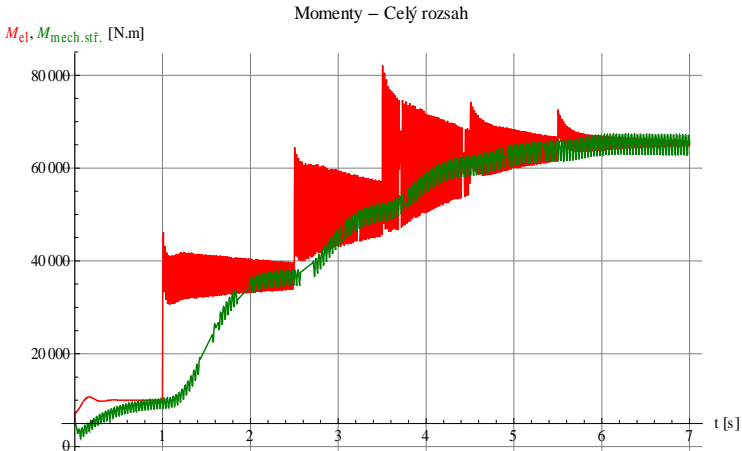


obr. 10 Postupné zatěžování DG zátěží typu RL – výkony dieselmotoru, synchronního generátoru, akcelerační a tlumící složka v pohybové rovnici

Frekvence – Celý rozsah



obr. 11 Postupné zatěžování DG zátěží typu RL – frekvence



## 5. ZÁVĚR

V disertační práci byly vyhodnoceny odlišné přístupy k řízení různých elektroenergetických systémů. Práce poskytuje nový nástroj umožňující další výzkum při aplikaci kombinací těchto přístupů.

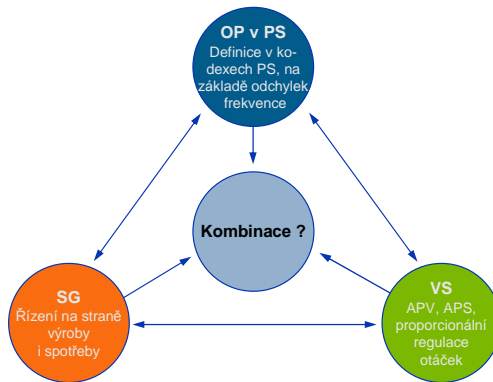
Existuje více metod, jak ověřit funkci DG v daném elektroenergetickém systému. Modelování a simulace (například vedle reálného zatěžovacího testu) se s rozvojem výpočetních prostředků stále více jeví jako ekonomičtější, dostatečně přesný a celkově flexibilnější nástroj.

V této práci byl vytvořen model DG se širokými možnostmi použití.

- Model je universální z hlediska volby jeho elektrických i mechanických parametrů.
- Je vhodný pro simulace jak běžných provozních stavů, tak poruch a to i nesymetrických.  
*Poznámka: Jedná se o nesymetrie v elektrickém smyslu, kdy nastávají různé děje v různých fázích střídavého trojfázového elektrického obvodu, ale také nesymetrie na strojně mechanické části modelu, například porucha na jediném válci.*
- Umožňuje zpracovávat citlivostní analýzy pro dimenzování DG, volbu jeho parametrů a návrhu regulačních obvodů. Umožňuje sestavovat kritéria bezpečné oblasti provozování DG z hlediska

přetížení a stability. Umožňuje vytváření a nastavování diagnostických systémů.

- Model je přehledně zpracován v otevřeném kódu a umožňuje tak potřebné modifikace při dalším vývoji a simulaci specifických elektromechanických přechodových dějů.



obr. 13 Kombinace přístupů k řízení výkonové bilance

Klasické přístupy k řízení elektroenergetických systémů jsou různé, ať už se jedná o ostrovní provoz elektrizační soustavy, smart grids, či postupné zatěžování DG po výpadku pracovních a rezervních zdrojů jaderné elektrárny. Je zřejmé, že v budoucnu, při

- stálém zvyšování nároků na spolehlivost a kvalitu dodávek elektrické energie,
- vzrůstajícím nasazení malých obnovitelných a obtížně předvídatelných zdrojů a
- nárůstem spotřeby elektrické energie

se neobejdeme bez kombinace aplikací všech přístupů řízení, obr. 13. Numerické simulace a příprava modelů jednotlivých komponent systému, má v této oblasti zásadní význam.

## SEZNAM V TEŽÍCH POUŽITÉ LITERATURY

- [KdxCZ] Pravidla provozování přenosové soustavy – Kodex přenosové soustavy – revize 09; ČEPS a.s.; 01/2009
- [EGP97] Antoš P.; JE Mochovce 2. stavba, Dodatek ÚP Z559E,M Úpravy logického diagramu náběhu dieselgenerátoru – BO EL01, Společná dokumentace elektrotechnické části dÚP č. 15; EGP 4302-6-980412; ENERGOPROJEKT PRAHA a.s.; 09/1997
- [EGP99] Kabelák J., kolektiv; JE Temelín IV. B stavba 1. a 2. blok, dÚP č.423 – aktualizace, Korekce postupného zatěžování DG systémů zajištěného napájení 1,2,3,5, Společná dokumentace elektrotechnické části – dodatek 20, 002 Technická zpráva, 061 Kontrola zatěžování DG 1., 2., a 3. SZN; EGP 4302-9-990222; ENERGOPROJEKT PRAHA a.s.; 12/1999
- [UJV08] Anděl J., Antoš P., Beránek J., Fajgl P., Kabelák J., Svoboda T.; JE Mochovce – 3. a 4. blok, WP 04.1 – Revize a dopracování Úvodního projektu pro MO34, C – Technologická část, Společná dokumentace elektrotechnické části; EGP 5032-F-070367; ÚJV Řež a.s.; 12/2008
- [UJV10] Antoš P., Kabelák J.,; Mochovce Power Plant, Completion of Unit 3 and 4, Calculation Report – Emergency diesel generator sizing; PNM3413017701, EGP 5032-F-090506; ÚJV Řež a.s.; 02/2010



## **SEZNAM PRACÍ DISERTANTA VZTAHUJÍCÍCH SE K DISERTACI**

### **4. Publikace v impaktovaných časopisech**

- [Kbl114] Kabelák J., Zborník J.; Dynamic Model of Diesel Generator as Emergency Source for Smart Grids and Power Plant Auxiliaries, Ref. No.: EPSR-D-13-00380; Electric Power Systems Research; (in an approval process) 2014

### **5. Publikace v recenzovaných časopisech a recenzované konference**

- [Kbl10a] Kabelák J.; Rotary pressure reduction in power systems; Conference Poster 2010; ISBN 978-80-01-04544-2; Czech Technical University; 05/2010
- [Kbl10b] Anděl, J., Kabelák, J., Vozábal, M., Zborník, J.; Technical concept of NPP Mochovce 3, 4 in the Basic Design level – Defence in depth; 9th International Conference Control of Power Systems 2010; ISBN 978-80-89402-25-0; Slovak University of Technology in Bratislava; 05/2010
- [Kbl10c] Anděl, J., Kabelák, J., Vozábal, M., Zborník, J.; Technical concept of NPP Mochovce 3, 4 in the Basic Design level – Electrical Emergency Power Supply Systems; 9th International Conference Control of Power Systems 2010; ISBN 978-80-89402-25-0; Slovak University of Technology in Bratislava; 05/2010
- [Kbl12a] Kabelák J., Zborník J.; Ostrovní provoz PS, SG a VS jaderného bloku, model dieselgenerátoru jako nouzového zdroje; 13th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2012; ISBN 978-80-214-4514-7 p. 1097-1102; VSB - Technical University of Ostrava and Brno University of Technology; 05/2012

### **6. Patenty**

### **7. Publikace excerpané WOS**

### **8. Publikace ostatní**

#### **8.1. Konference**

- [Kbl02] Kabelák J.; Dynamická simulace jako podpora zkoušek ETE; Konference: Modelování a dynamické výpočty ES – Dynamika distribučních soustav – Cyklus E2002; EGÚ Praha Engineering; 04/2002
- [Kbl05] Anděl J., Kabelák J.; Ostrovní provoz elektrárny Vřesová; Konference: Aktuální otázky a vybrané problémy řízení elektrizační soustavy – Poděbrady 2005; EGÚ Praha Engineering; 11/2005

## 8.2. Projekty

- [EGP99] Kabelák J., kolektiv; JE Temelín IV. B stavba 1. a 2. blok, dÚP č.423 – aktualizace, Korekce postupného zatěžování DG systémů zajištěného napájení 1,2,3,5, Společná dokumentace elektrotechnické části – dodatek 20, 002 Technická zpráva, 061 Kontrola zatěžování DG 1., 2., a 3. SZN; EGP 4302-9-990222; ENERGOPROJEKT PRAHA a.s.; 12/1999
- [EGP01] Anděl J., Kabelák J., kolektiv; Jaderná elektrárna Temelín – Bezpečnostní zpráva pro veřejnost – kapitola 3.2.5 Elektrotechnická část; EGP4910-T-001400; ENERGOPROJEKT PRAHA a.s.; 01/2001
- [BZ03] Kolektiv; Předprovozní bezpečnostní zpráva pro 2. blok ETE, díl 8 – Elektrické systémy, revize 1; EGP4910-T-000601; ÚJV Řež a.s.; 12/2003
- [UJV05] Antoš P., Dědeček T., Kabelák J., Urbánek T.; PPC Vřesová – doplnění funkce ostrovní provoz, Návrh ostrovního regulátoru a výpočtové analýzy; EGP5030-T-009205; ÚJV Řež a.s.; 09/2005
- [UJV08] Anděl J., Antoš P., Beránek J., Fajgl P., Kabelák J., Svoboda T.; JE Mochovce – 3. a 4. blok, WP 04.1 – Revize a dopracování Úvodního projektu pro MO34, C – Technologická část, Společná dokumentace elektrotechnické části; EGP 5032-F-070367; ÚJV Řež a.s.; 12/2008
- [UJV09] Anděl J., Kabelák J., Křenková N., Šípková K., Vozábal M.; Projekt MPO – Tandem, Bezpečnostní aspekty pokročilých jaderných reaktorů, Způsob a podmínky zapojení do elektrické sítě; UJV Z 2649 T; ÚJV Řež a.s.; 01/2009
- [UJV10] Antoš P., Kabelák J.; Mochovce Power Plant, Completion of Unit 3 and 4, Calculation Report – Emergency diesel generator sizing; PNM3413017701, EGP 5032-F-090506; ÚJV Řež a.s.; 02/2010

Podíl spoluautorství u všech uvedených publikací je dělen mezi jednotlivé autory vždy rovným dílem.

Na uvedené publikace nebyly registrovány žádné ohlasy ani citace.

## SUMMARY

The doctoral thesis is focused on the description and comparison of 3 non-standard modes of electrical power system operation and the development of the diesel generator (DG) dynamic model as a convenient source for their power supply.

The first part gives the overview of the operation of a Transmission System during island mode, Smart Grids and emergency power supply of nuclear power plant auxiliaries.

Island Mode is defined by the frequency deviation. Power plants control systems are switched to proportional speed control. In emergency cases load shedding is applied. Operators attempt to reconfigure the power system to normal operation mode.

Smart Grids comprise a high amount of distributed renewable power sources with unpredictable power generation. They deal with them by controlling the electrical energy on both sides – sources and loads.

During loss of power at Nuclear Power Plant auxiliaries the first priority is to restore the power supply of emergency consumers. Automatic Load Shedding is applied. The emergency DG is loaded in several steps by the Emergency Load Sequencer.

The second part of thesis describes the dynamic model of the DG.

A detailed derivation process and description of the crated diesel engine and synchronous generator ABC model are described in the first chapter.

The key chapter concentrates on the dynamic behaviour of both the whole DG model and each part separately. It contains a case study, where the influence of input parameters during transients is evaluated. This chapter concludes with an extensive appendix with graphs of important variables.

The third chapter of this part illustrates the possibility of applying the model to DG sizing. It contains calculation cases from common practice.

The model is ready for the research of DG operation modes and sizing calculations for various sequences of loading. It is utilised for the development of sizing methodology based on a new principle of control on both sides – generation and consumption.

## KEY WORDS

Diesel Engine, Synchronous Generator – model ABC, Diesel Generator, Island Operation, Smart Grid, Auxiliaries of Nuclear Power Plant, Simulation, Computer modelling, Mathematica

## RESUMÉ

Disertační práce je zaměřena na popis a porovnání 3 nekonvenčních provozních režimů elektroenergetických systémů a vytvoření dynamického modelu dieselgenerátoru (DG) jako vhodného zdroje pro jejich napájení.

První část práce zobrazuje přehled způsobů provozu: přenosové soustavy během ostrovního provozu, smart grids a nouzového napájení vlastní spotřeby jaderné elektrárny.

Ostrovní provoz je definován pomocí odchylky frekvence. Řídicí systém elektráren přepíná na proporcionální regulaci otáček. V nezbytných případech se uplatňuje frekvenční odlehčování. Operátor se snaží rekonfigurovat elektrizační soustavu tak, aby dosáhl zpět normálního provozu.

Smart grids obsahují velké množství distribuovaných obnovitelných zdrojů, část s obtížně předpověditelnou výrobou. Vyrovnávají se s tím pomocí řízení toku elektrické energie, jak na straně výroby, tak na straně spotřeby.

Při ztrátě pracovních a rezervních zdrojů ve vlastní spotřebě jaderné elektrárny je nejvyšší prioritou převést napájení bezpečnostních systémů na nouzové zdroje. Jsou spuštěny automatiky podpětového vypínání a postupného spouštění. Ta připíná zátěž na DG v několika krocích.

Druhá část disertační práce se věnuje dynamickému modelu DG.

První kapitola obsahuje detailní odvození a popis vytvořeného modelu diesel motoru a modelu synchronního generátoru systému ABC.

Klíčová kapitola se zaměřuje na dynamické vlastnosti jak celého DG, tak každé jeho části odděleně. Obsahuje případovou studii, v které je vyhodnocen vliv vstupních parametrů na chování DG během přechodových procesů. Tato kapitola odkazuje na dvě rozsáhlé přílohy se zobrazením průběhů důležitých proměnných.

Třetí kapitola ilustruje možnost použití modelu při dimenzování DG. Obsahuje výpočtové případy z běžné praxe.

Model je připraven pro výzkum chování rozličných provozních režimů DG a jeho dimenzování při různých sekvencích zatěžování. Je vhodný pro vývoj metodiky dimenzování založené na novém principu řízení bilance elektrické energie – jak na straně výroby, tak spotřeby.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Diesel motor, Synchronní generátor – model ABC, Diesel Generátor, Ostrovní provoz, Smart grids, Vlastní spotřeba jaderné elektrárny, Simulace, Počítačové modelování, Mathematica