

SYSTÉM ŘÍZENÍ TOKU ENERGIE (PMS) ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY TCO (KAZACHSTAN)

POWER MANAGEMENT SYSTEM FOR THE ELECTRICALLY SYSTEM TCO - TENGIZCHEVROIL (KAZAKHSTAN)

Ing. Jiří Marek, CSc., Ing. Petr Neuman, CSc., Ing. Luboš Vargovčík, CSc.

UNIS a.s. Jundrovská 33, 624 00 Brno. Neureg spol. s r.o.

jmarek@unis.cz, vargovcik@unis.cz, neuman@ceps.cz

Abstrakt:

Předmětem příspěvku je základní popis modelu distribuční elektrizační soustavy (DS) a jejího systému řízení PMS. Model zahrnuje i připojení DS do nadřazené přenosové soustavy Kazachstánu. Model je realizován na základě analýzy dynamického chování energetického systému. Analýza je založena na sestavení matematicko-fyzikálního modelu. Takto sestavený model je následně verifikován na základě :

1. simulačního modelu energetického systému – distribuční elektrizační soustavy;
2. simulačního modelu systému řízení energetického systému PMS;

Matematicko-fyzikální model je vypracován na základě matematicko-fyzikální analýzy dílčích technologických systémů elektrizační soustavy (s využitím podmínek dynamické rovnováhy; teorie obecného elektrického stroje aplikovaného na případ synchronního stroje a transformátoru). Model elektrizační soustavy popisuje proces výroby a distribuce elektrické energie. Popisuje způsob připojení kompenzačního generátoru ke stávající elektrizační distribuční soustavě TCO. Dále popisuje řídicí funkce a způsob jejich implementace. Funkce systému řízení obsahuje všechny řídicí a regulační algoritmy (sekvence, dálkové ovládání DO, regulace frekvence a činných výkonů – GDC / AGC, regulace U a Q, atd.).

Vzhledem k tomu, že nebyly k dispozici všechny potřebné parametry pro kompletní model DS, byly některé vzaty podle analogických zařízení provozovaných v České republice (např. některé parametry synchronních generátorů SG, transformátorů, vedení). Lze konstatovat, že mnohé parametry elektrických zařízení dodavatel ani neudává a provozovatel je tedy nezná a ani je k provozu nepotřebuje. Jsou to například některé typy reaktancí SG, nebo parametry a charakteristiky transformátorů, jak měřících tak výkonových.

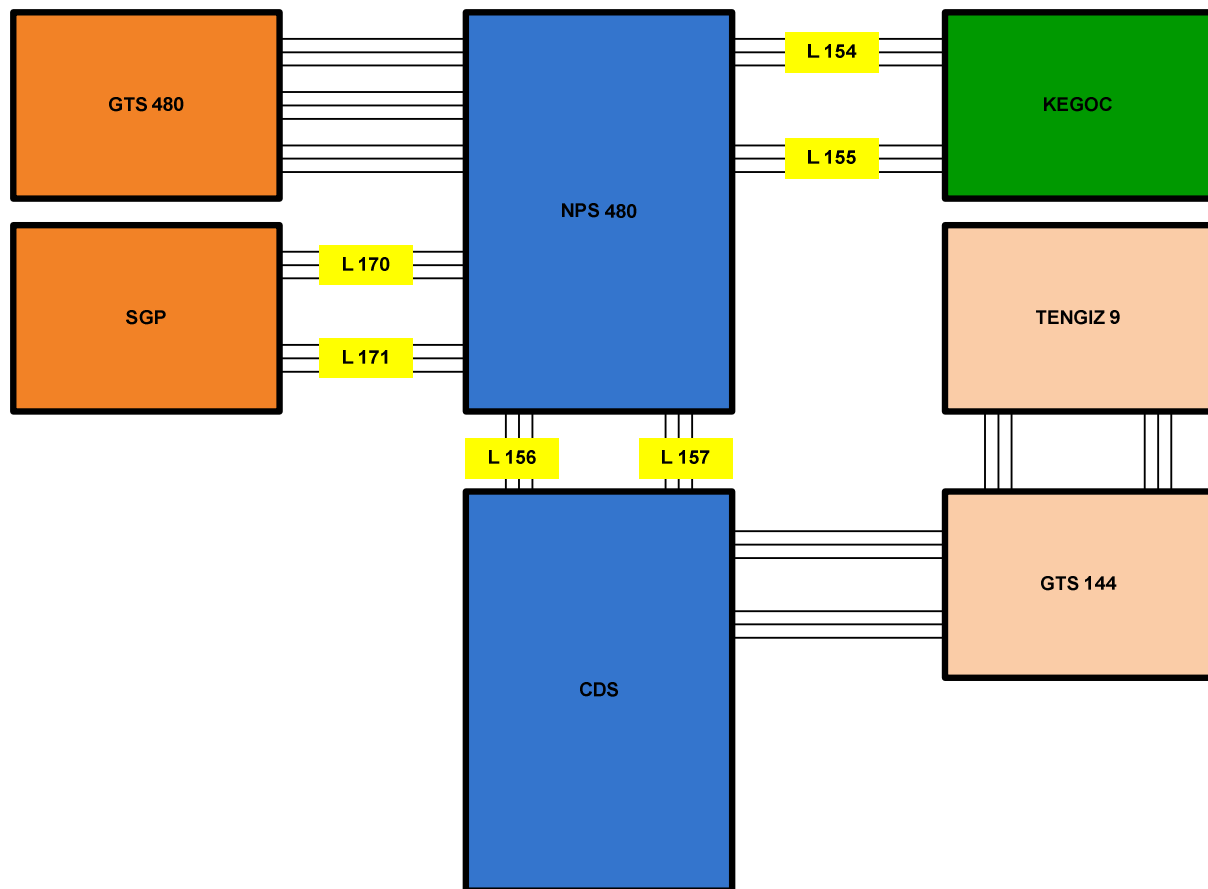
Model systému je realizován pomocí prvků z knihovny modelů blokové stavebnice "SimPowerSystem", který je obsažen v simulačním prostředí MATLAB-SIMULINK. Knihovna je použita pro modelování všech prvků elektrizační soustavy na základě následujících modulů: synchronní elektrický stroj, přípojnice rozvodny, přípojnice, spínací a vypínací prvky, odpojovače, linka vysokého napětí, zátěž – spotřebič, atd.

Klíčová slova: Simulační model elektrizační soustavy, řízení zatížení zdrojů, řízení toku jalové energie, řízení točivé rezervy, monitorování výkonu.

1 ÚVOD

Elektrizační soustava TCO v republice Kazachstan obsahuje prvky výroby a distribuce elektrické energie zajišťující provoz těžby a zpracování ropy v oblasti Tengiz. Obsahuje následující subsystémy :

1. Generátorová stanice GTS 144
2. Generátorová stanice GTS 480
3. Rozvodové stanice NPS 480;
4. Centrální distribuční stanice CDS
5. Rozhraní na centrální kazachstánskou přenosovou soustavu KEGOC;
6. Rozhraní směrem k technologickému odběru (SGI) elektrické energie SGP;
7. Rozhraní směrem k odběru elektrické energie TENGIZ 9

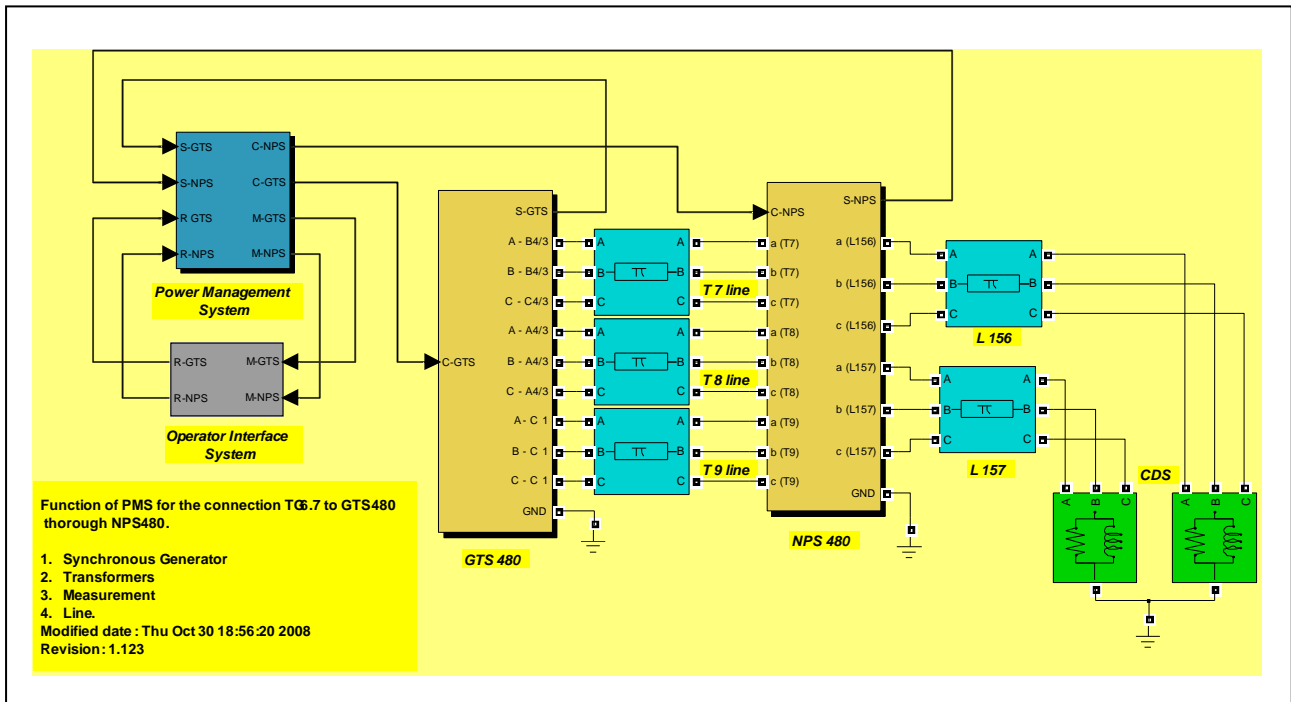


Obr. 1. Blokové schéma elektrizační soustavy TENGIZ

Z důvodů vysoké komplexnosti článek se omezuje na základní popis problematiky modelování vztahů mezi systémem výroby elektrické energie GTS 480 (Gas Turbo Station) a akčním systémem řízení toku elektrické energie, kterým je rozvodná stanice NPS 480 (New Power Station)

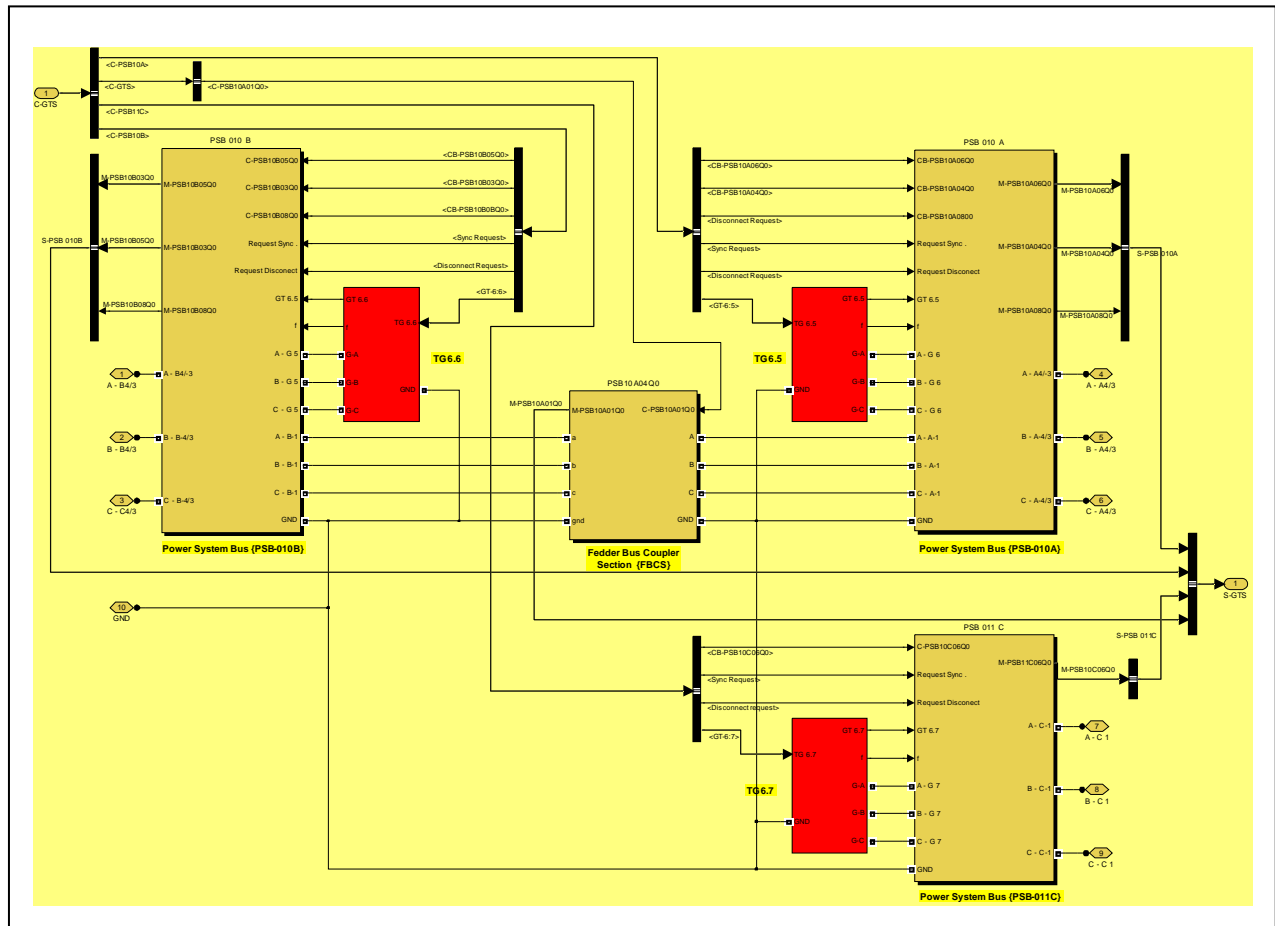
2 KOMPOZICE SIMULAČNÍHO MODELU ENERGETICKÉHO SYSTÉMU PRO PŘIPOJENÍ GENERÁTOROVÉ STANICE

Objektem řízení jsou stanice GTS-480, NPS-480. Subjektem řízení je blok PMS – Power Management System, ve kterém jsou umístěny veškeré monitorovací a řídicí funkce, které jsou předmětem implementace. Komunikace s uživatelem je formálně soustředěna v bloku uživatelského rozhraní – User Interface PMS.



Obr. 2. Základní simulační schéma

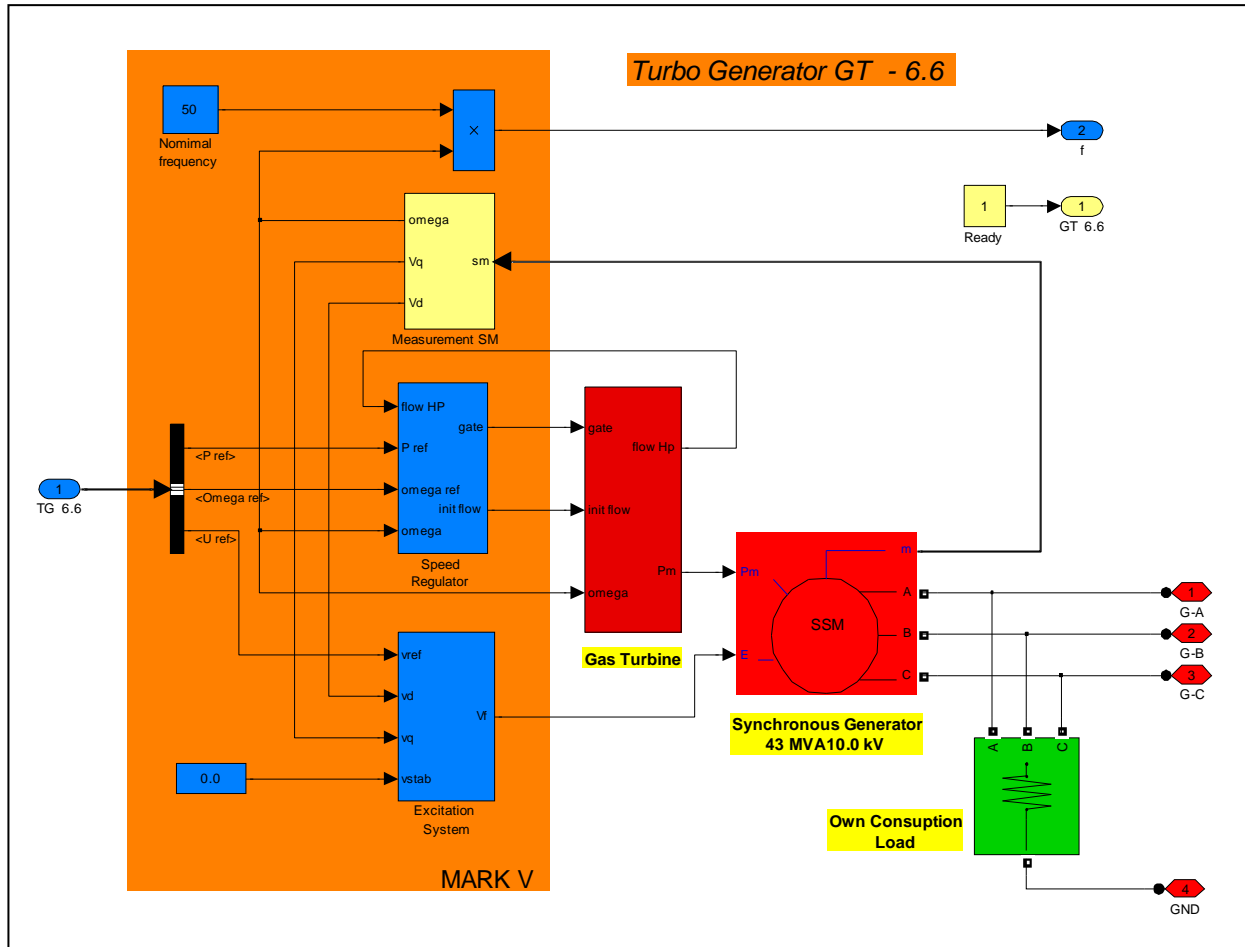
Generátorová stanice obsahuje synchronní generátory TG 6.5, TG 6.6 a TG 6.7. Každý generátor je připojen do systému prostřednictvím vlastní sběrnice PSB 010A (TG 6.5), PSB 010B (TG 6.6) a PSB 011C (TG 6.7).



Obr. 3. Simulační schéma stanice GTS-480

Sběrnice PSB 010A a PSB 010B mohou být propojeny prostřednictvím vazebního spínače (Fedder Bus Coupler). Simulační schéma generátorové stanice (obr. 3.).

Simulační schéma vlastních generátorů obsahuje model synchronního generátoru a prvky systému řízení úhlové rychlosti systému řízení buzení generátorů (obr. 4.).



Obr. 4. Schéma turbogenerátorů TG 6.5, (TG 6.6 a TG 6.7) stanice GTS-480

Jednotlivé generátory TG6.5, TG 6.6 a TG 6.7 jsou připojeny do elektrizační soustavy prostřednictvím transformační a rozvodové stanice NPS-480. Simulační schéma stanice NPS-480 je uvedeno na obr. 5. Úplné schéma stanice je složitější. Uvedené simulační schéma obsahuje relevantní část stanice vzhledem k úloze řízení a monitorování parametrů toku elektrické energie směrem ke stanici GTS 480.

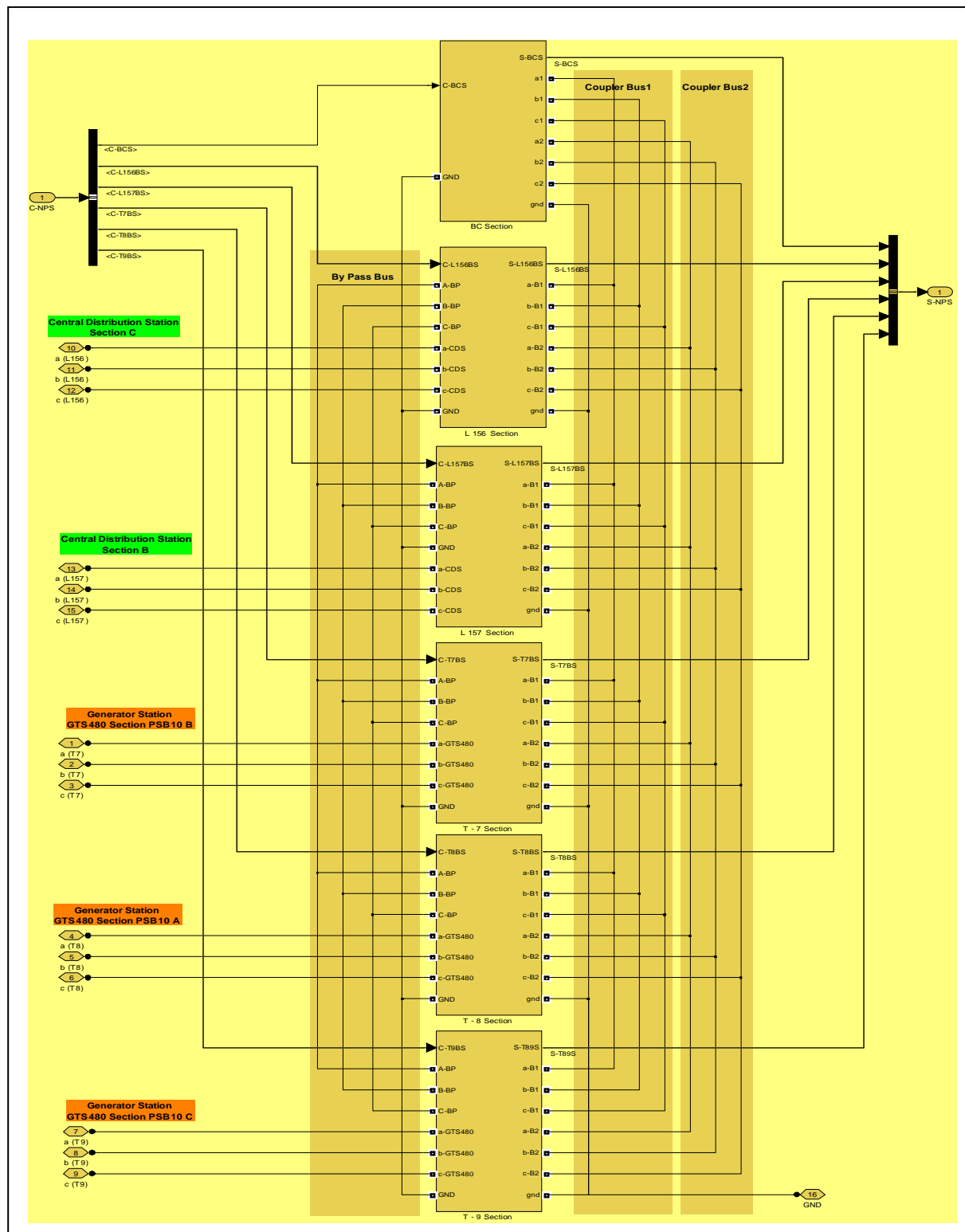
Tab. 1. Základní technické parametry generátorů

Generátor TG6.5,TG6.6,TG6.7	Typ zapojení	Nominální Výkon Pn[MVA]	L-L napětí Vn[kV]	Frekvence [Hz]	Setrvačnost [kgm ²]	Koeficient tlumení [F/v] [Nms ⁻¹]	Počet pólů []	Vnitřní impedance Z=R+jX	
								R[Ohm]	jX[Ohm]
Synchronní	3fáze Y	43	10	50	0,3468	0,0092381	1	R= 1.3953	X=2.0930

Rozvodová a transformační stanice obsahuje následující části :

1. sekce výstupních linek do centrální distribuční stanice CDS – Central Distribution Substation;
 - 1.1. CDS Line 156 Bus Section;
 - 1.2. CDS Line 157 Bus Section;
2. sekce distribučních transformátorů T-7, T-8 a T-9 na výstupu TGS-480;
 - 2.1. Transformer T-7 110/10 kV Bus Section;

- 2.2. Transformer T-8 110/10 kV Bus Section;
- 2.3. Transformer T-9 110/11 kV Bus Section;
- 3. vazební sekce
 - 3.1. Bus Coupler Section.

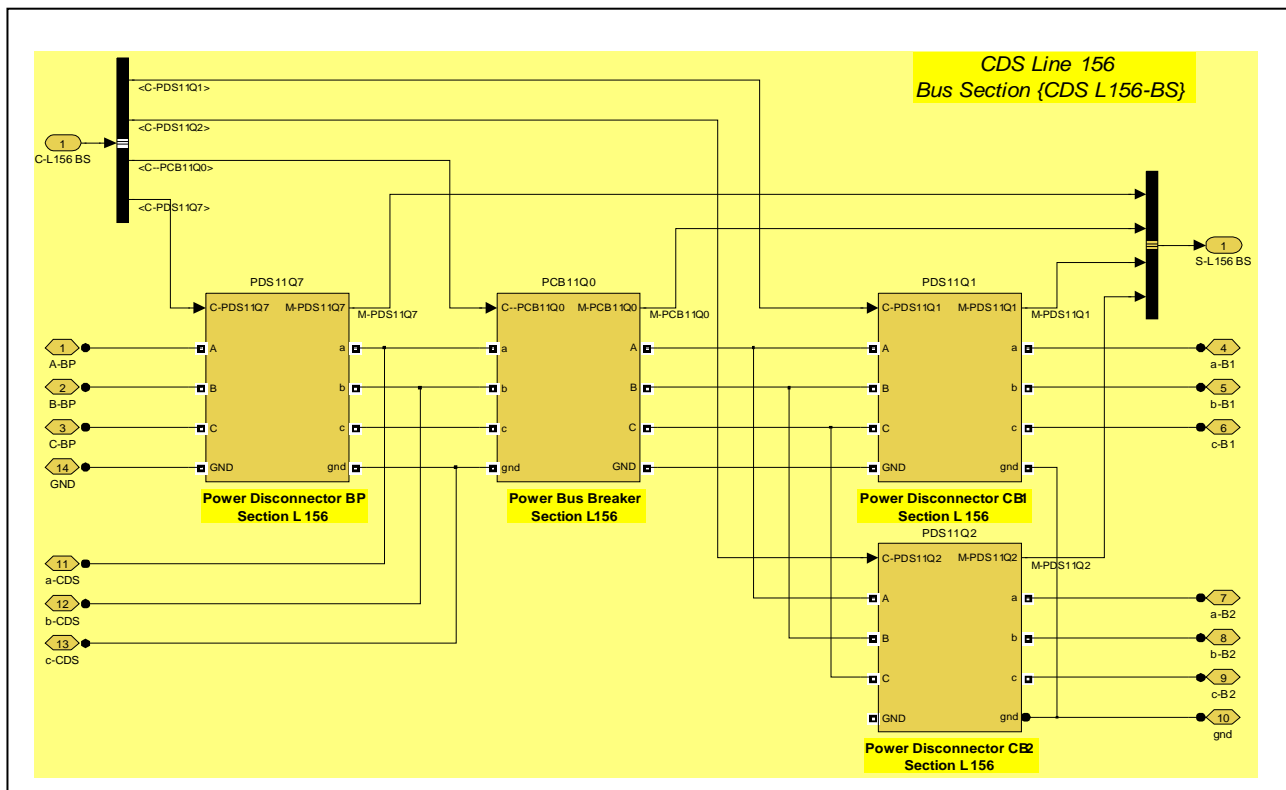


Obr. 5. Simulační schéma rozvodové a transformační stanice NPS-480

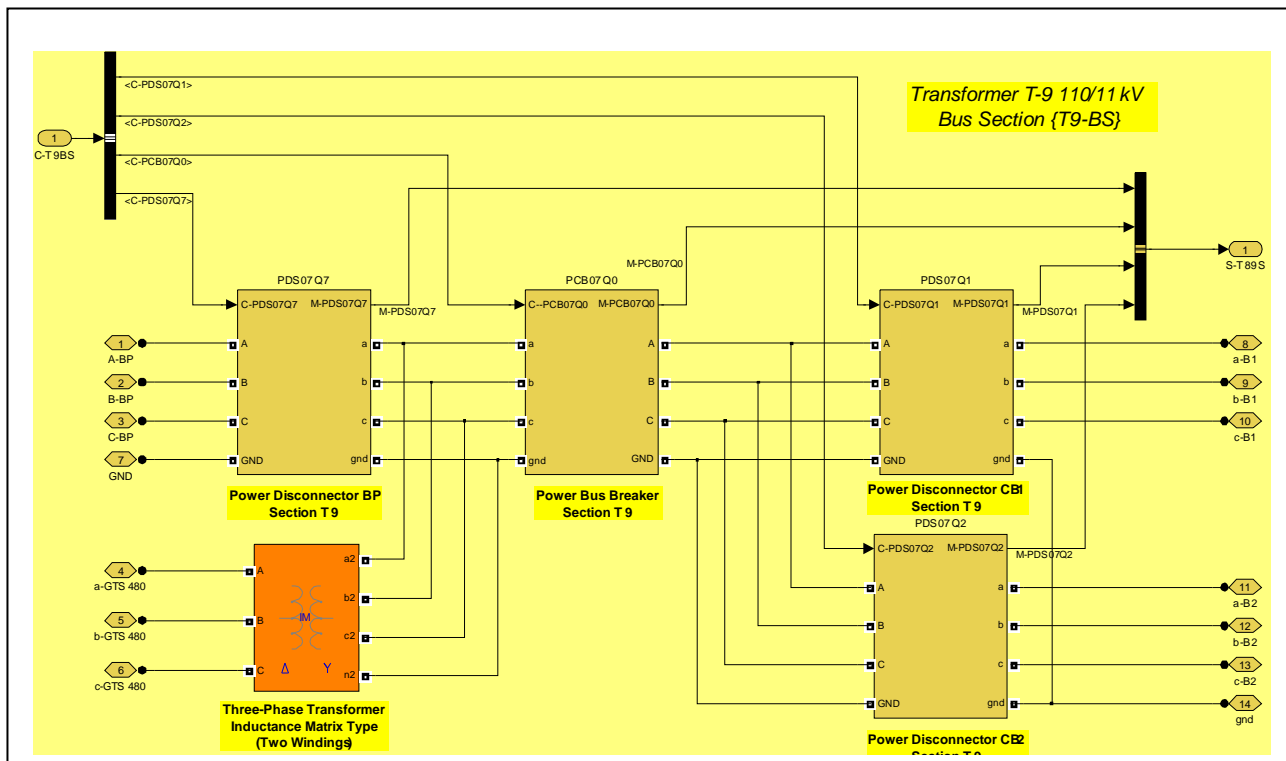
Tab. 2. Parametry vedení

Vedení	Délka vedení [km]	Frekvence [Hz]	Rezistance vedení [Ohm/km]	Induktance vedení [mH/km]	Kapacitance vedení
--------	--------------------	----------------	-----------------------------	----------------------------	--------------------

					[nF/km]
Tří-fázové „PI section Line“	100	50	R1 = 0,01273 R0 = 0,3864	L1 = 0,9337 L0 = 4,1264	C1 = 12,74 C0 = 7,751



Obr. 7. Základní simulační schéma sekce L 156 (L 157) rozvodné stanice NPS 480



Obr. 8. Základní simulační schéma sekce T9 (T 7, T 8) rozvodné stanice NPS 480

Tab. 3. Základní technické parametry transformátorů

Transformátor T7,T8,T9	Počet výhybek	Nominální Výkon	Počáteční výpočtová	Frekvence [Hz]	Napětí vinutí Fáze-	Rezistance vinutí Primární	Induktance vinutí Primární	Magnetická Rezistance
---------------------------	------------------	--------------------	------------------------	-------------------	------------------------	-------------------------------	-------------------------------	--------------------------

		Pn[MVA]	poloha výhybky		fáze [kV]	Sekundární [Ohm]	Sekundární [Ohm]	Reaktance [Ohm]
„On Load Tap Changer“ (OLTC)	17,(- 8,0,+8)	100	0	50	Primární 110 Sekundární 10	R ₁ = 0,003 R ₂ = 0,003	jX _{L1} = j300 jX _{L2} = j300	R = 300 jX = j300

Tab 4. Základní technické parametry vypínačů

Vypínače/Odpojovače	Počáteční pozice []	Rezistance „OPEN“ [MOhm]	Rezistance „CLOSE“ [Ohm]	Kapacitanc [Farad]
Tří-fázové	„Open“	1	0,001	Inf. (nekonečno)

Subjekt řízení elektrizační soustavy PMS – Power Management System obsahuje v současné podobě dva základní typy bloků. Jde o bloky ovládání (Command Function System) a monitorování dat (Performance Monitoring System) subsystémů elektrizační soustavy GTS a PMS. Na simulačním schématu jsou tyto funkce soustředěny v blocích :

GTS Command Function System and Performance Monitoring System

NPS Command Function System and Performance Monitoring System

Jde o velmi jednoduché funkce umožňující ovládaní jednotlivých prvků elektrizační soustavy. Dále je zde množina funkčních bloků obsahující funkce správy subsystému elektrizační soustavy. Na uvedeném simulačním schématu jsou zde funkce

- Řízení zatížení - Load Control Function;
- Řízení toku jalové energie – Reactive Control Function;
- Řízení točivé rezervy – Spinning Reserve Function.

Cílem funkce navrženého modelu je odhad chování elektrizační soustavy v průběhu specifikovaných mimořádných událostí např.:

- změna systémové konfigurace (přechod do ostrovního režimu, výpadek specifikovaných generátorů);
- změna systémových parametrů (změna frekvence nebo napětí některého generátoru);
- změna velikosti a charakteru zatížení sítě.

V tomto článku jsou uvedeny výsledky některých verifikačních testů části simulačního modelu uvedeného na obr. 2. Do simulačního schématu je zahrnuta jedna sekce CDS v oblasti spotřeby a jedna sekce GTS 480 v oblasti výroby elektrické energie.

Byly simulovány změny referenční frekvence generátorů v rozsahu 98 % až 102 % nominální frekvence

$$\omega_{ref} = \langle 0.98, 1.02 \rangle \omega_n$$

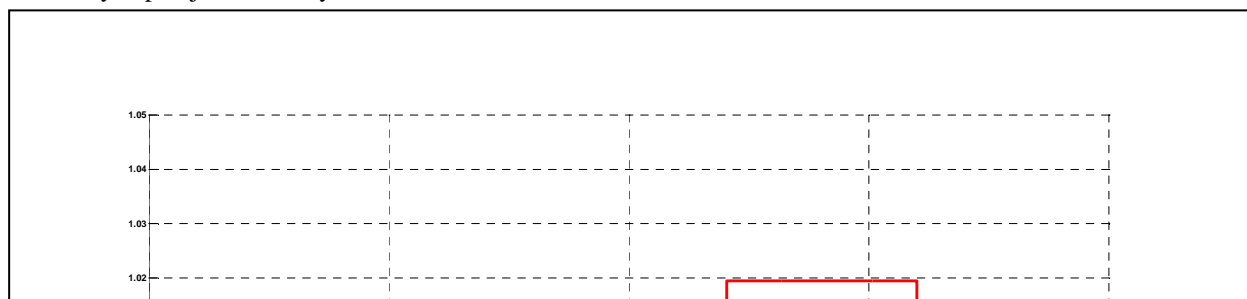
a změny referenčního napětí v rozsahu 90 % až 110 % nominálního napětí

$$U_{ref} = \langle 0.9, 1.1 \rangle U_n$$

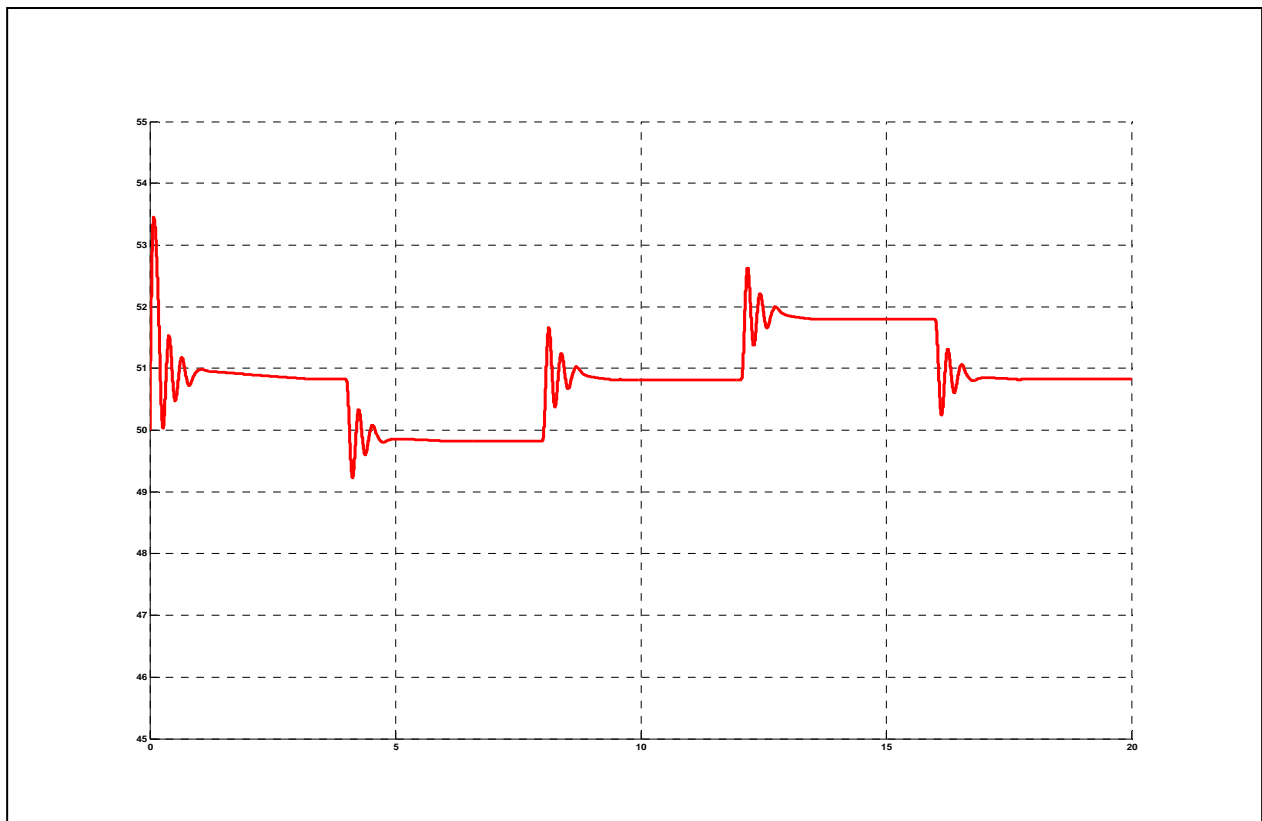
Průběhy referenční frekvence a referenčního napětí jsou uvedeny na obr 9. a obr. 12.

Hodnocení modelu bylo posuzováno na základě průběhu frekvence napětí kotvy a průběhu napětí kotvy generátorů při běhu naprázdno a v případě nominálního zatížení S = 43 MVA a nominálním účinníku $\cos\varphi=0.96$.

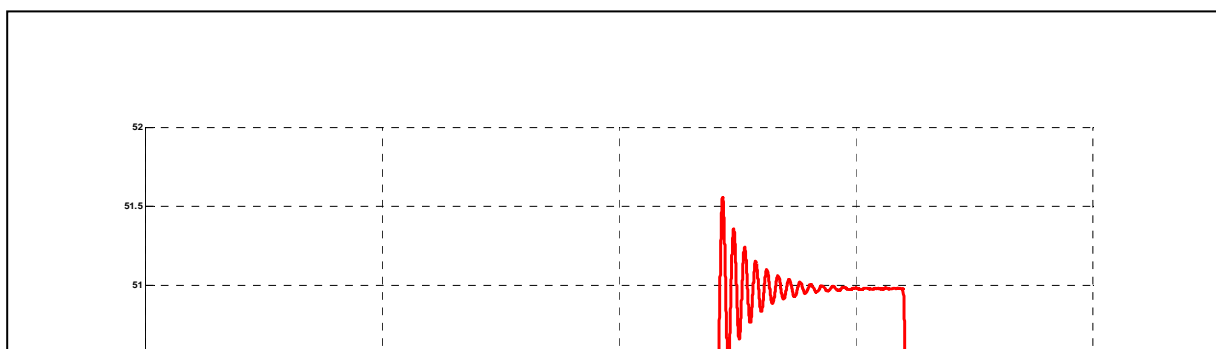
Průběhy napětí jsou uvedeny v efektivní hodnotě.



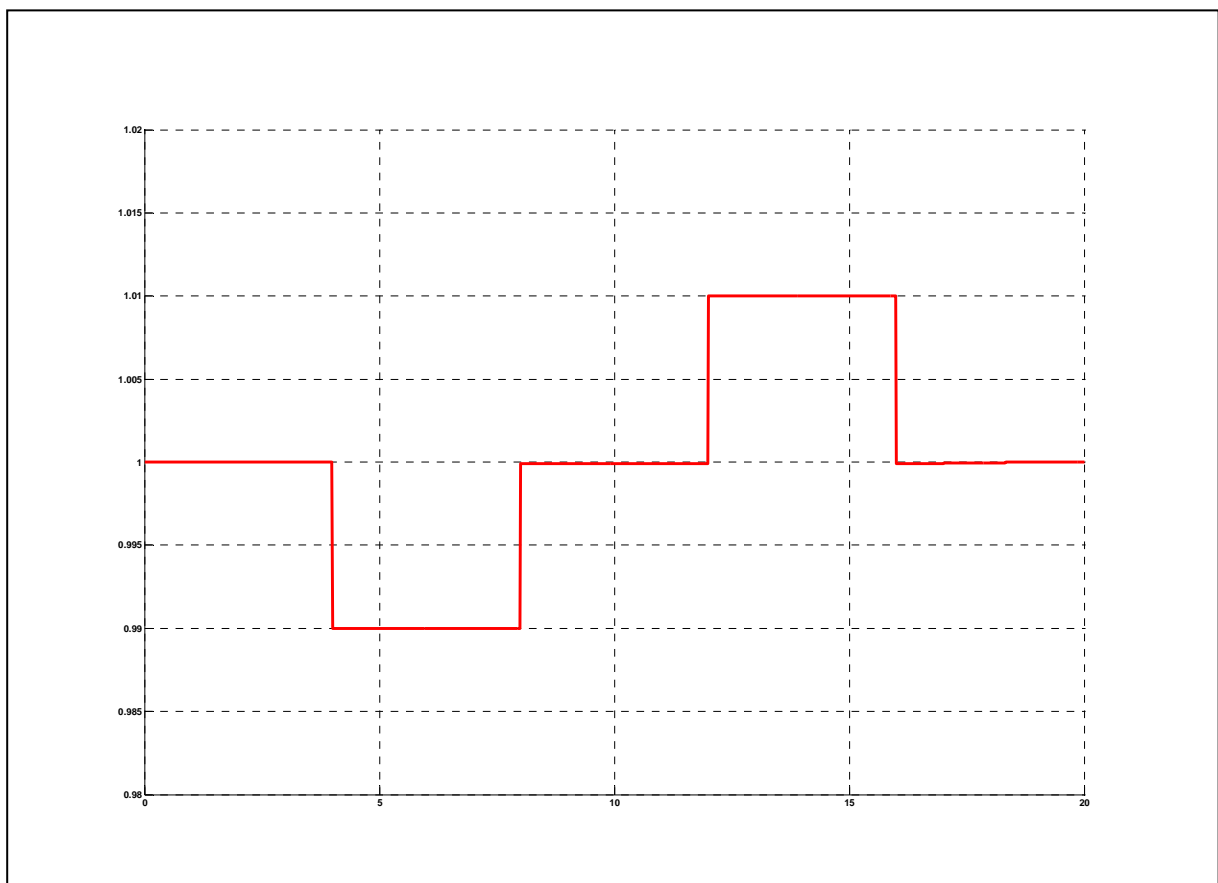
Obr 9. Průběh požadované relativní hodnoty frekvence napětí generátoru



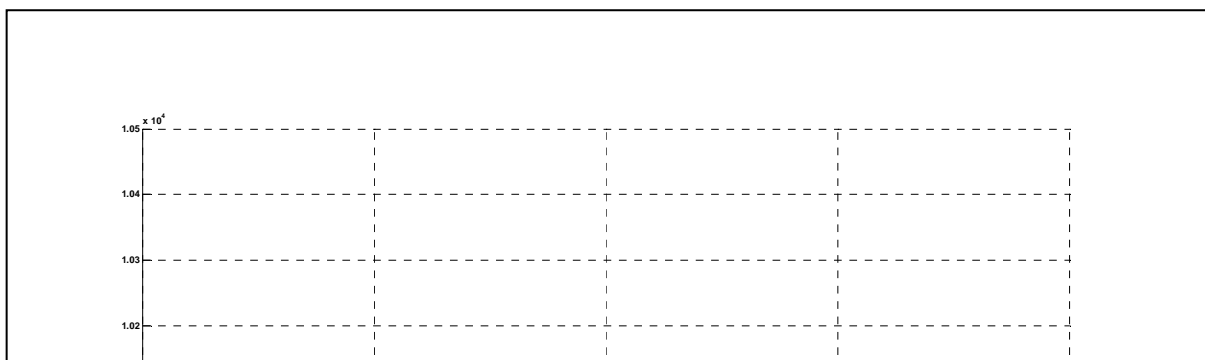
Obr. 10 Průběh frekvence načítí kotvy generátoru při chodu naprázdno zatížení (frekvenční regulace)



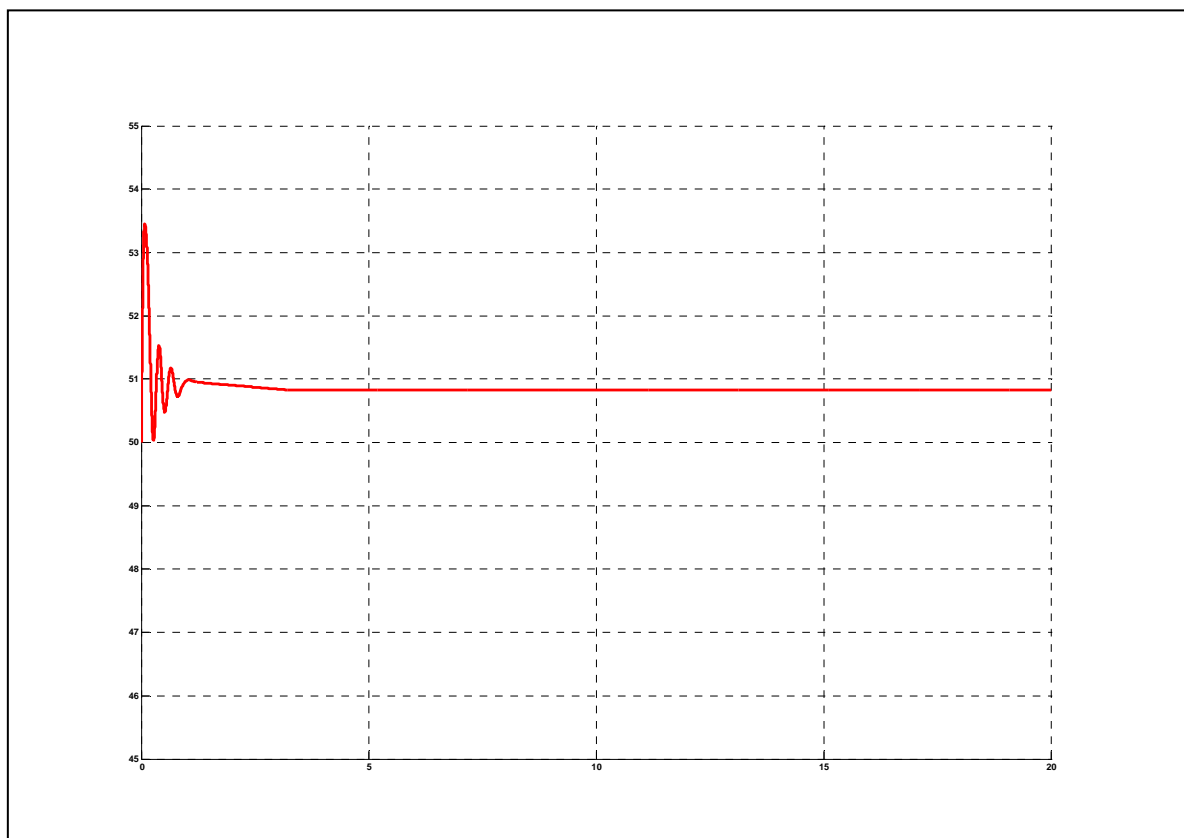
Obr. 11 Průběh frekvence načítí kotvy generátoru při nominálním zatížení (frekvenční regulace)



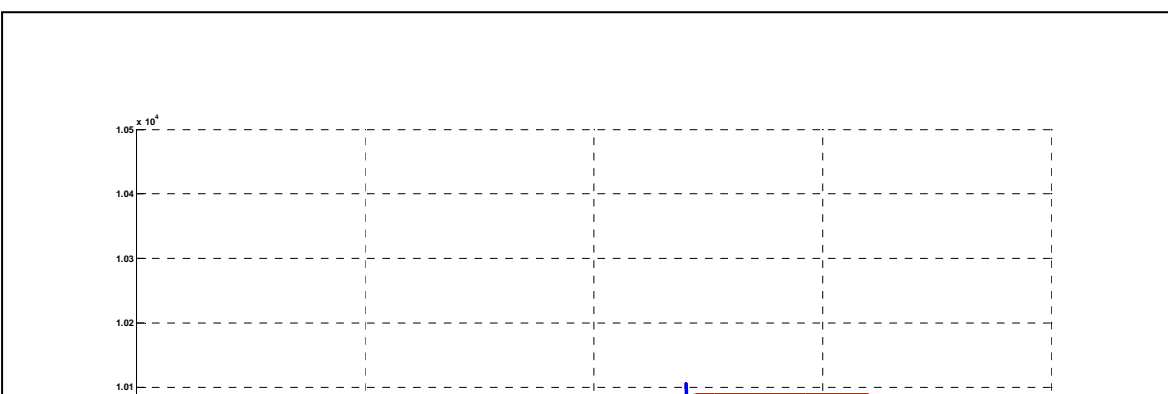
Obr. 12. Průběh požadované relativní hodnoty napětí generátoru



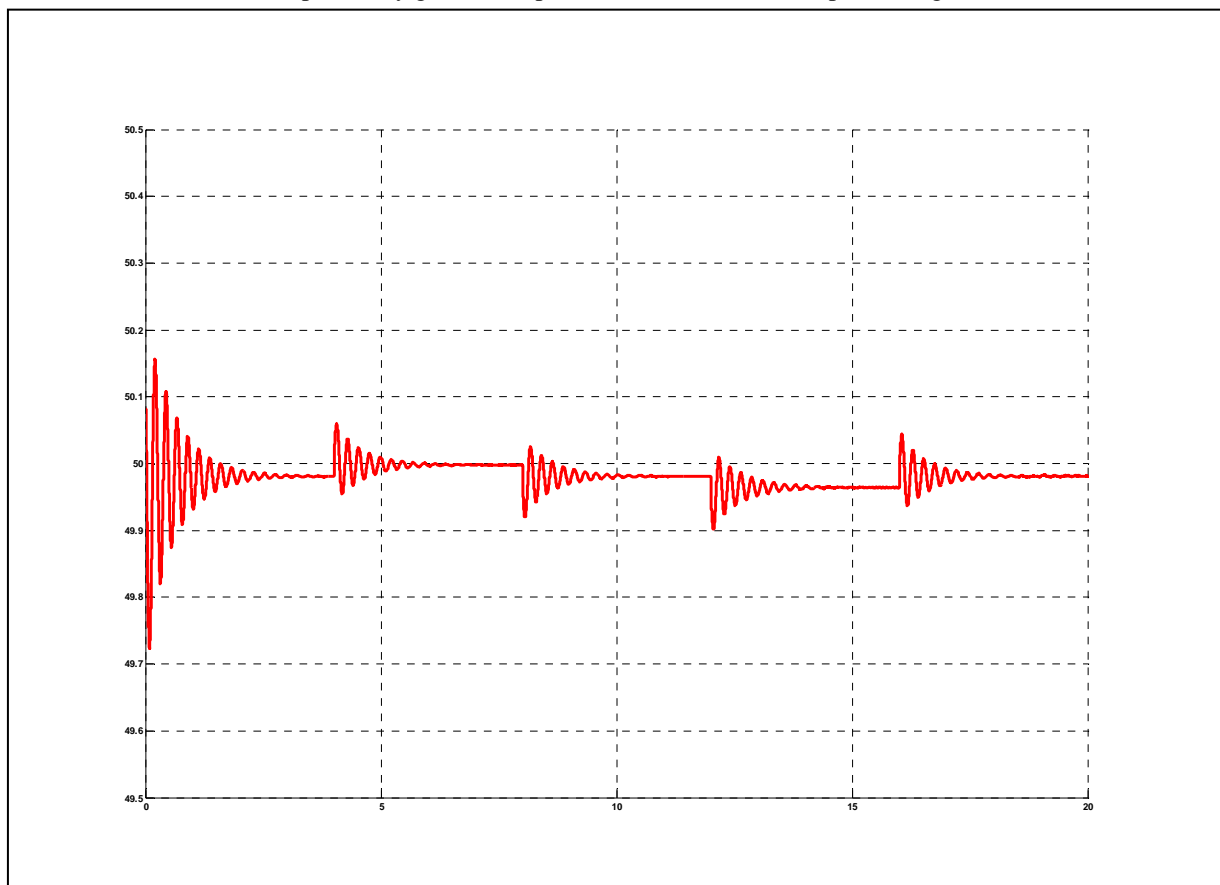
Obr 13. Průběh napětí kotvy generátoru při chodu naprázdno (napěťová regulace)



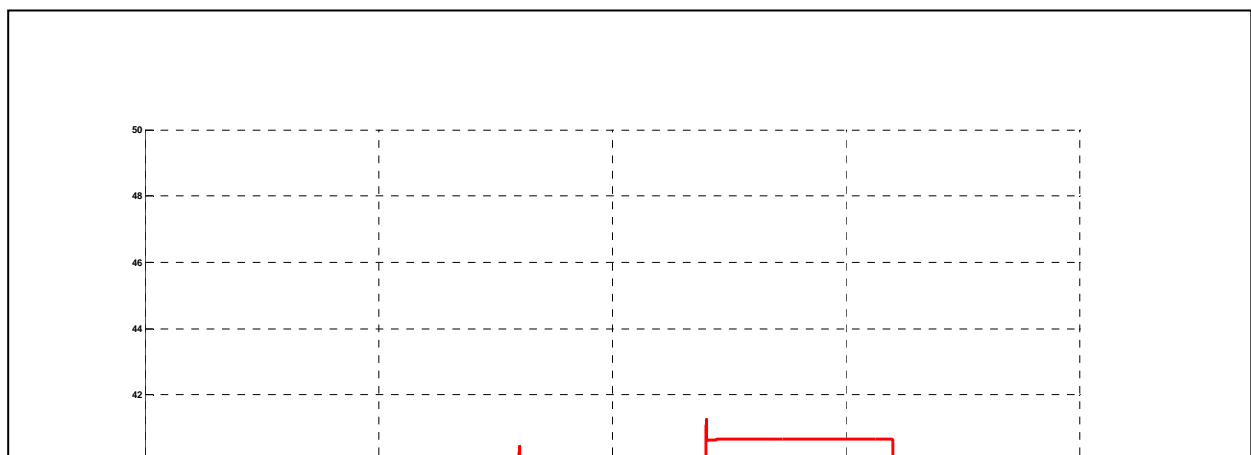
Obr 14. Průběh frekvence napětí kotvy generátoru při chodu naprázdno (napěťová regulace)



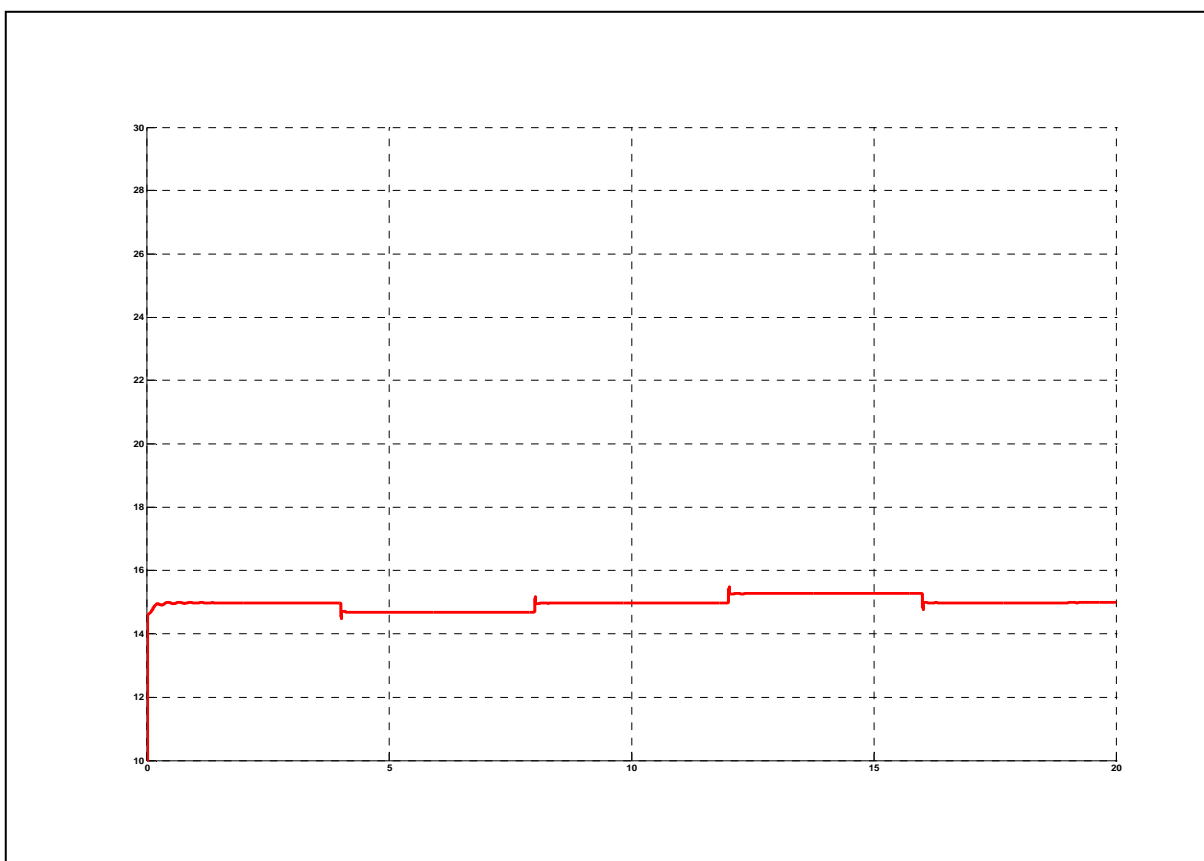
Obr 15. Průběh napětí kotvy generátoru při nominálním zatížení (napěťová regulace)



Obr 16. Průběh frekvence napětí kotvy generátoru při nominálním zatížení (napěťová regulace)



Obr 17. Průběh činného výkonu generátoru při nominálním zatížení (napěťová regulace)



Obr 18. Průběh jalového výkonu generátoru při nominálním zatížení (napěťová regulace)

3 LITERATÚRA

Vargovčík,L : TENGIZ *Power Management System*. TENGIZCHEVROIL 2002.

4 KONTAKTY:

Ing. Jiří Marek, CSc., UNIS a.s. Jundrovská 33, 624 00 Brno, jmarek@unis.cz

Ing. Luboš Vargovčík.,CSc. UNIS a.s. Jundrovská 33, 624 00 Brno, vargovcik@unis.cz

Ing. Petr Neuman, CSc., Neureg spol. s .r.o. neuman@ceps.cz