



K A U N O  
**TECHNOLOGIJOS  
UNIVERSITETAS**

# Su pertrūkais dirbančių elektrinių skverbtis ir integracijos į Lietuvos elektros energetikos sistemą problemos

**Rimantas DEKSNYS, Robertas STANIULIS**

*Elektros sistemų katedra*

*Kauno technologijos universitetas*



# Turinys

1. Įvadas
2. PG šaltinių dažnio ir įtampos valdymo bendrieji reikalavimai
3. Vėjo elektrinės ir pirminio dažnio valdymo aspektai
4. Vėjo elektrinių plėtros galimybės iki 2020 metų
5. Maksimali vėjo elektrinių galios priklausomybė nuo dažnio reguliavimo galimybių
6. Išvados



## Įvadas

- **Atsinaujinančios energijos šaltinių gaminama energija Pasaulyje ir Europoje jau yra tos pačios eilės kaip ir branduolinių elektrinių.**
- **Paskirstytojo generavimo šaltinių privalumai ir trūkumai.**
- **Paskirstytojo generavimo plėtros barjerai ir skatinimo priemonės**



## PG šaltinių dažnio ir įtampos valdymo bendrieji reikalavimai

- **Studijose nurodoma skirtinga vėjo elektrinių suminė galia, neturinti įtakos energetikos sistemos darbo režimui:**
  - Minimali riba - vėjo elektrinių suminė galia neturi viršyti 10 % nuo suvartojamos galios.
  - Maksimali riba - vėjo elektrinių elektros energijos gamyba neturi viršyti 20 % energijos balanse.
- **Vėjo elektrinių skverbties riba priklauso nuo:**
  - hidroelektrinių kiekio,
  - didelį greito rezervo kiekį užtikrinančių veikiančių didelių šiluminių ir atominių elektrinių.



## Vėjo elektrinės ir pirminio dažnio valdymo aspektai

### Dažnio nuokrypių dinamiką lemiantys sistemos parametrai:

- **Generatoriaus ir turbinos inercijos momentas  $J$  arba atitinkama laiko pastovioji  $H$ .**

Paskirstytojo generavimo šaltinių mažos inercijos mažina visos sistemos inerciją. Vidinis generatorių slopinimas taip pat turi reikšmės.

- **Greičio regulatoriaus parametrai.**

Pvz., hidroelektrinėms šie parametrai yra greičio regulatoriaus statizmas  $S$ , elektro-hidraulinio servomechanizmo laiko pastovioji, sklendės greičio riba ir pan.

- **Elektros linijų leistinoji galia.**

Silpnos perdavimo linijos gali uždelsti dažnio regulatorių arba avarinės automatikos atsaką.

- **Sistemos apkrovos slopinimo koeficientas.**

Kiekviena apkrova gali turėti skirtingą priklausomybę nuo dažnio.



## Vėjo elektrinės ir pirminio dažnio valdymo aspektai

- **Dažnio kitimo dinamika taip pat priklauso nuo:**
  - dažnio reguliatorių nustatymų,
  - darbo laiko,
  - relinės ir avarinės automatikos nustatymų,
  - elektros sistemos struktūros,
  - elektrinių tipo,
  - elektrinių generuojamos galios bei su pertrūkiais dirbančių šaltinių galio ir pan.
- **Norint įvertinti paskirstytosios generacijos skverbti sistemoje, reikia atsižvelgti į visus išvardintus parametrus.**



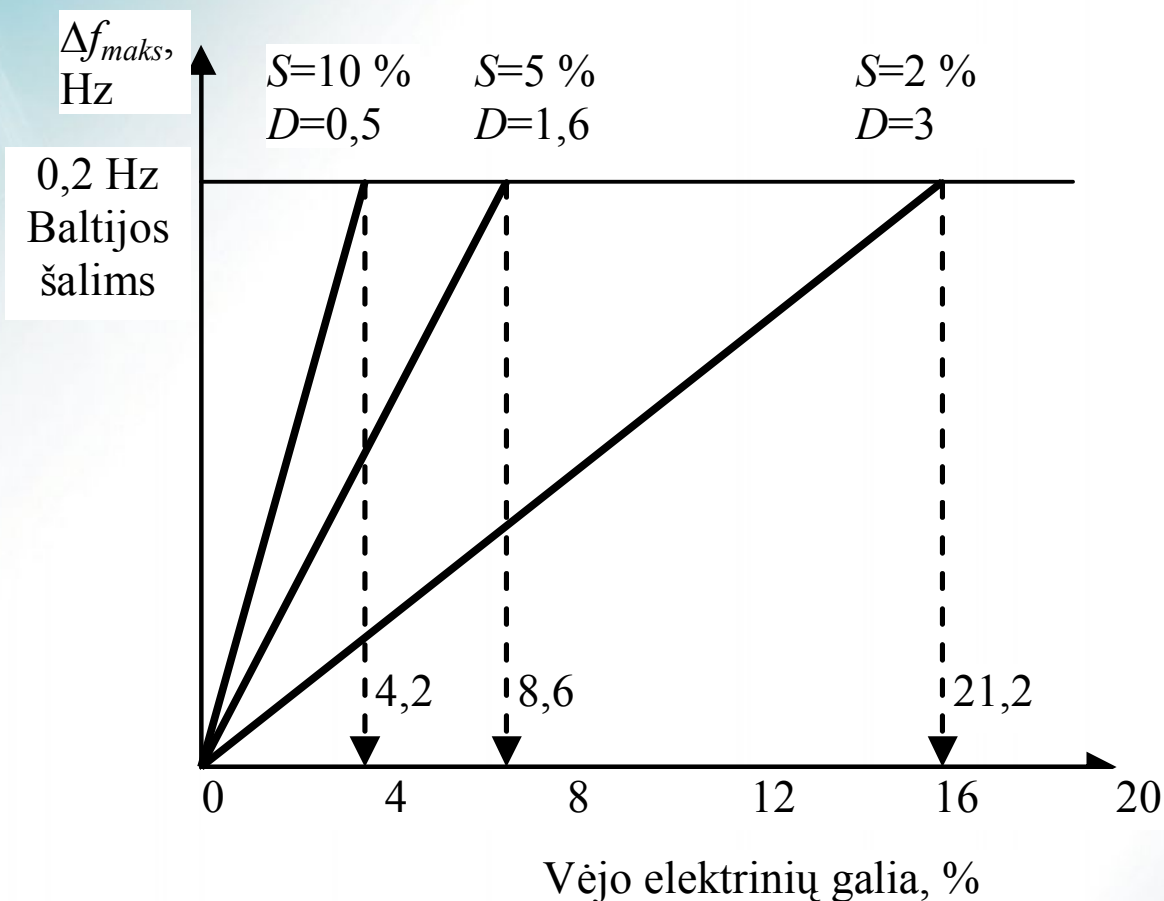
## Vėjo elektrinės ir pirminio dažnio valdymo aspektai

- **Baltijos šalių elektros sistemos atitinkami parametrai:**
  - $S=0,05$  – greičio reguliatorių statizmas;
  - $\Delta f_{maks}=0,2$  Hz – maksimalus leistinas dažnio nuokrypis nuo vardinės vertės;
  - $D=1,6$  – apkrovos slopinimo koeficientas;
  - $f_N=50$  Hz – vardinis dažnis;
  - $P_N$  – vardinė generatorių galia.
- **Vėjo elektrinių galios procentinė reikšmė:**

$$\Delta P = P_N \left( \frac{\Delta f_{maks}}{f_N \cdot S} + \frac{\Delta f_{maks} \cdot D}{f_N} \right) \cdot 100 \% = 8,6 \%$$



## Vėjo elektrinės ir pirminio dažnio valdymo aspektai



**Vėjo elektrinių galios priklausomybė nuo dažnio reguliavime dalyvaujančių generatorių galios ir apkrovos slopinimo koeficiento bei regulatorių statizmo**



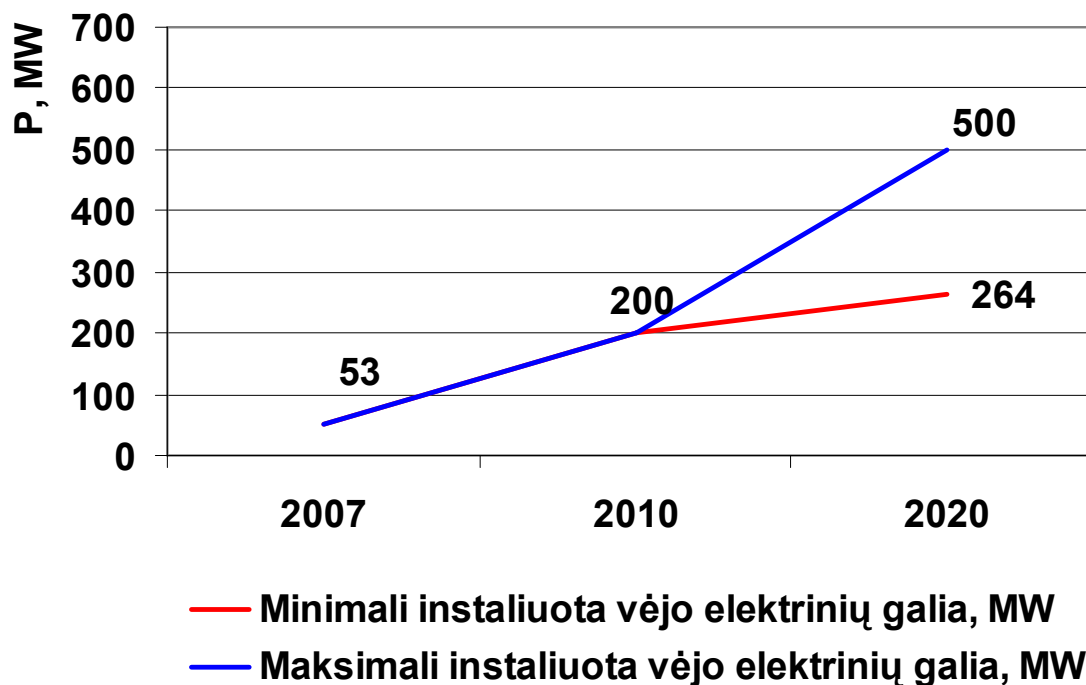
## Vėjo elektrinių plėtros galimybės iki 2020 metų

Parametrai	2007	2010	2012	2014	2016	2018	2020
<i>Elektros poreikio vidutinio augimo scenarijus</i>							
<b>Elektros energijos poreikis netto, GWh</b>	<b>10560</b>	<b>11530</b>	<b>12150</b>	<b>12780</b>	<b>13410</b>	<b>14040</b>	<b>14680</b>
Žiemos poreikio maksimumas - Pmax, MW			2233	2331	2428	2525	2621
Vidutinis poreikis, MW			1387	1459	1531	1603	1676
Vasaros poreikio minimumas - Pmin, MW			782	816	850	884	917
<b>Minimali vėjo elektrinių plėtra</b>							
Instaliuota vėjo elektrinių galia, MW	<b>53</b>	<b>200</b>	<b>208</b>	<b>222</b>	<b>235</b>	<b>250</b>	<b>264</b>
Vėjo elektrinių gamyba, GWh	100	380	416	444	470	500	528
Vėjo elektrinių gamybos dalis, %			3,4%	3,5%	3,5%	3,6%	3,6%
Vėjo elektrinių skvarba esant poreikio maksimumui, %			9%	10%	10%	10%	10%
Vidutinė vėjo elektrinių skvarba, %			15%	15%	15%	16%	16%
Vėjo elektrinių skvarba esant poreikio minimumui, %			27%	27%	28%	28%	29%
<b>Maksimali vėjo elektrinių plėtra</b>							
Instaliuota vėjo elektrinių galia, MW	<b>53</b>	<b>200</b>	<b>260</b>	<b>320</b>	<b>380</b>	<b>440</b>	<b>500</b>
Vėjo elektrinių gamyba, GWh	100	380	520	640	760	880	1000
Vėjo elektrinių gamybos dalis, %			4,3%	5,0%	5,7%	6,3%	<b>6,8%</b>
Vėjo elektrinių skvarba esant poreikio maksimumui, %			12%	14%	16%	17%	<b>19%</b>
Vidutinė vėjo elektrinių skvarba, %			19%	22%	25%	27%	<b>30%</b>
Vėjo elektrinių skvarba esant poreikio minimumui, %			33%	39%	45%	50%	55%



## Vėjo elektrinių plėtros galimybės iki 2020 metų

Parametrai	2007	2010	2020
Elektros energijos poreikis netto, GWh	10560	11530	14680
Žiemos poreikio maksimumas - Pmax, MW			2621
Minimali instaliuota vėjo elektrinių galia, MW	53	200	264
Maksimali instaliuota vėjo elektrinių galia, MW	53	200	500





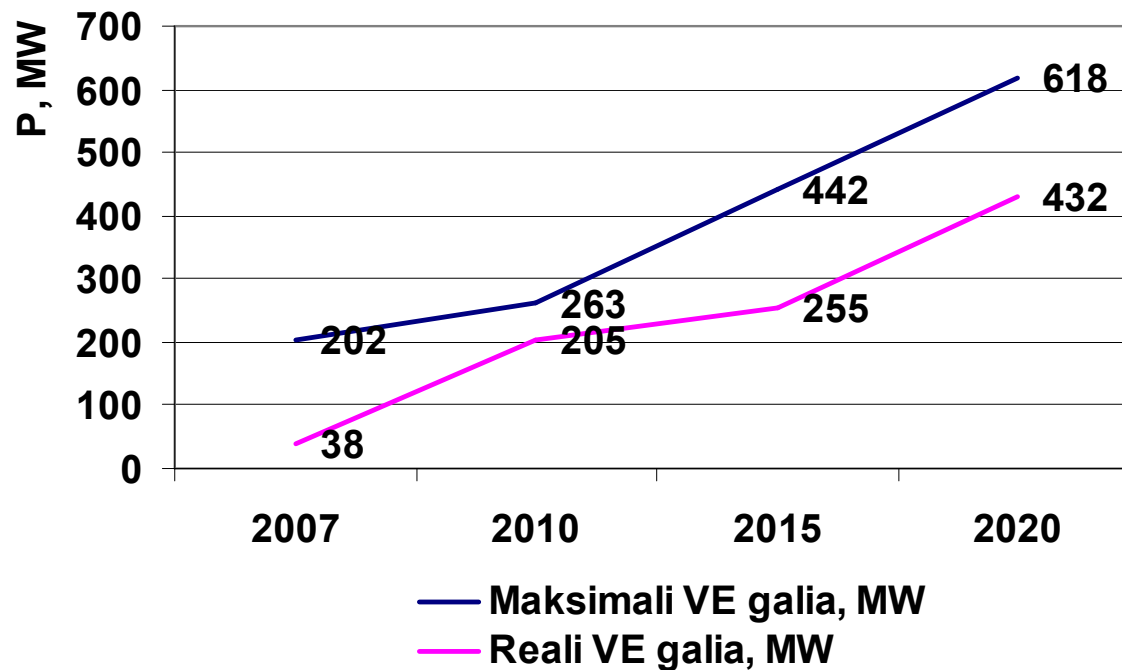
## Maksimali vėjo elektrinių galios priklausomybė nuo dažnio reguliavimo galimybių ( $\Delta P=8,6\%$ )

Metai	Pirminio dažnio reguliavimo elektrinės blokai	Galia, MW		VE galia, MW	
		Maks	Reali	Maks	Reali
2007	LE 2x150+2x300	900	150		
	KHAE 4x200	800	200		
	Kauno HE 4x25	100	25		
	Vilniaus TE3 2x180	360			
	Kauno TE 63+100	163	35		
	KITE+ŠTE+PTE+MTE 30	30	30		
	<b>Viso</b>		<b>2353</b>	<b>440</b>	<b>202</b>
2010	LE 900+2x300	1500	1500		
	KHAE 4x200	800	200		
	Kauno HE 4x25	100	25		
	Vilniaus TE3 2x180	360	360		
	Kauno TE 63+100	163	163		
	KITE+ŠTE+PTE+MTE 135	135	135		
	<b>Viso</b>		<b>3058</b>	<b>2383</b>	<b>263</b>
2015	LE 1500+1KCBx400	1900	400		
	KHAE 4x200	800	200		
	Kauno HE 4x25	100	25		
	Vilniaus TE3 2x180	360	360		
	Kauno TE 63+100	163	163		
	Nauja AE 1Bx1600	1600	1600		
	KITE+ŠTE+PTE+MTE 220	220	220		
<b>Viso</b>		<b>5143</b>	<b>2968</b>	<b>442</b>	<b>255</b>
2020	LE 1500+2KCBx400	2300	800		
	KHAE 4x200	800	200		
	Kauno HE 4x25	100	25		
	Vilniaus TE3 2x180	360	360		
	Kauno TE 63+100	163	163		
	Nauja AE 2Bx1600	3200	3200		
	KITE+ŠTE+PTE+MTE 270	270	270		
<b>Viso</b>		<b>7193</b>	<b>5018</b>	<b>618</b>	<b>432</b>



## Maksimali vėjo elektrinių galios priklausomybė nuo dažnio reguliavimo galimybių ( $\Delta P=8,6\%$ )

Metai	Pirminio dažnio reguliavimo elektrinių blokų galia, MW		VE galia, MW	
	Maks.	Reali	Maks.	Reali
2007	2353	440	202	38
2010	3058	2383	263	205
2015	5143	2968	442	255
2020	7193	5018	618	432





## Išvados (1)

- Su pertrūkais dirbančių šaltinių, ypač vėjo elektrinių, galiai pasiekus 15 % EES galios sistemos stabilumas gali būti pažeistas, o su pertrūkais dirbančių šaltinių galiai pasiekus 15-20 % sistemos apkrovos, elektros tinklo stabilumas atsiduria pavojuje.
- Su pertrūkais dirbančioms elektrinėms EES pasiekus reikšmingą dalį elektros energijos balanse, būtina jas įtraukti į pirminį dažnio reguliavimą bei papildomų paslaugų teikimą arba riboti vėjo elektrinių bendrą instaliuotą galią.



## Išvados (2)

- **Nustatyta, kad vėjo elektrinių bendra instaliuota galia gali būti 10 - 20 % suvartojamos elektros energijos.**
- **Pagal šią metodiką maksimali vėjo elektrinių plėtra nuo jau priimtų 2010 metams 200 MW galios gali padidėti 2020 metais iki 500 MW galios.**
- **Nustatyta, kad Baltijos šalyse vėjo elektrinių galia neturėtų viršyti 8,6 % pirminio dažnio reguliavime dalyvaujančių generatorių įrengtosios galios.**
- **Pagal šią metodiką maksimali 2010 m. galėtų būti 263 MW ir 2020 m. – 618 MW.  
Tačiau reali vėjo elektrinių galia 2010 m. galėtų būti 205 MW, o 2020 m. – 432 MW.**