



K A U N O  
**TECHNOLOGIJOS  
UNIVERSITETAS**

# Su pertrūkiaisiais 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 Pasulyje 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 pertrūkais dirbančių šaltinių galio ir pan.
- **Norint įvertinti paskirstytosios generacijos skverbtį sistemoje, reikia atsižvelgti į visus išvardintus parametrus.**



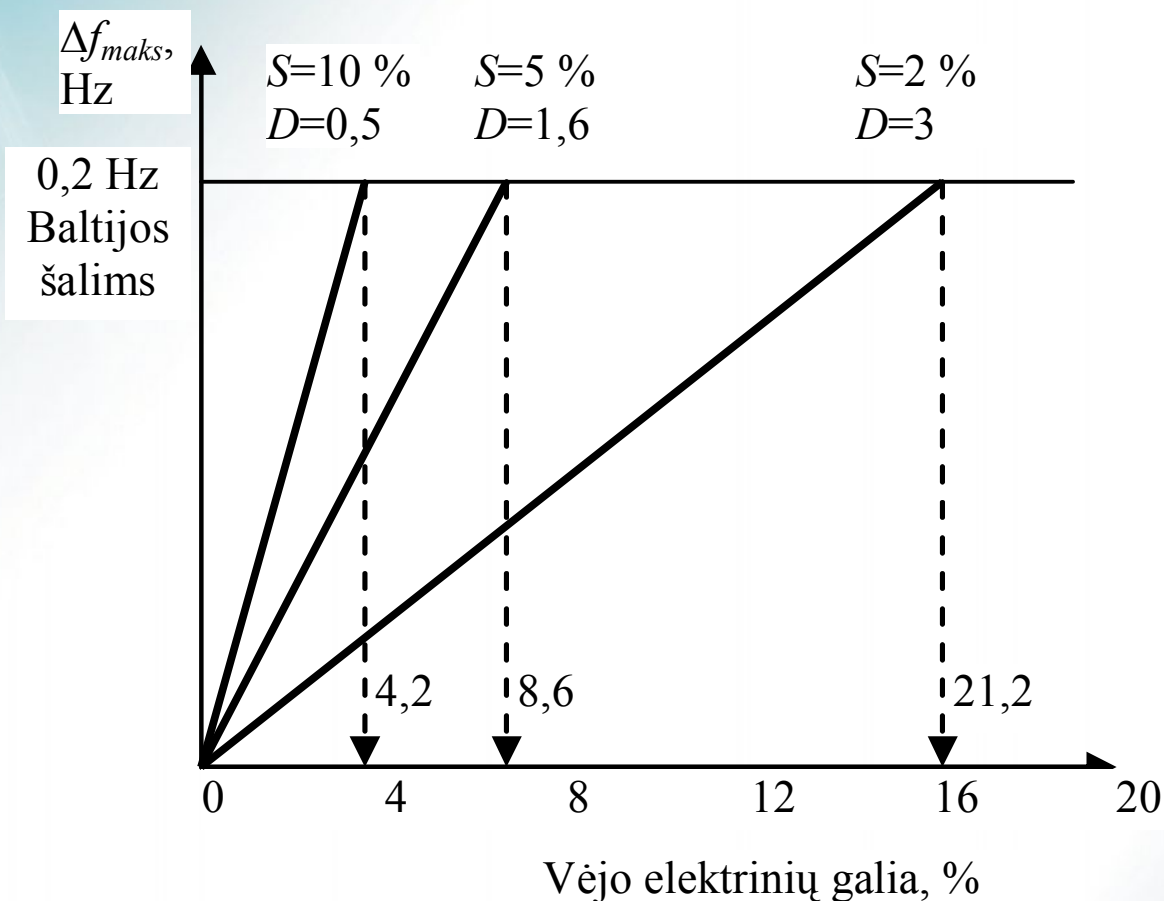
## Vėjo elektrinės ir pirminio dažnio valdymo aspektai

- **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 reguliatorių statizmo**





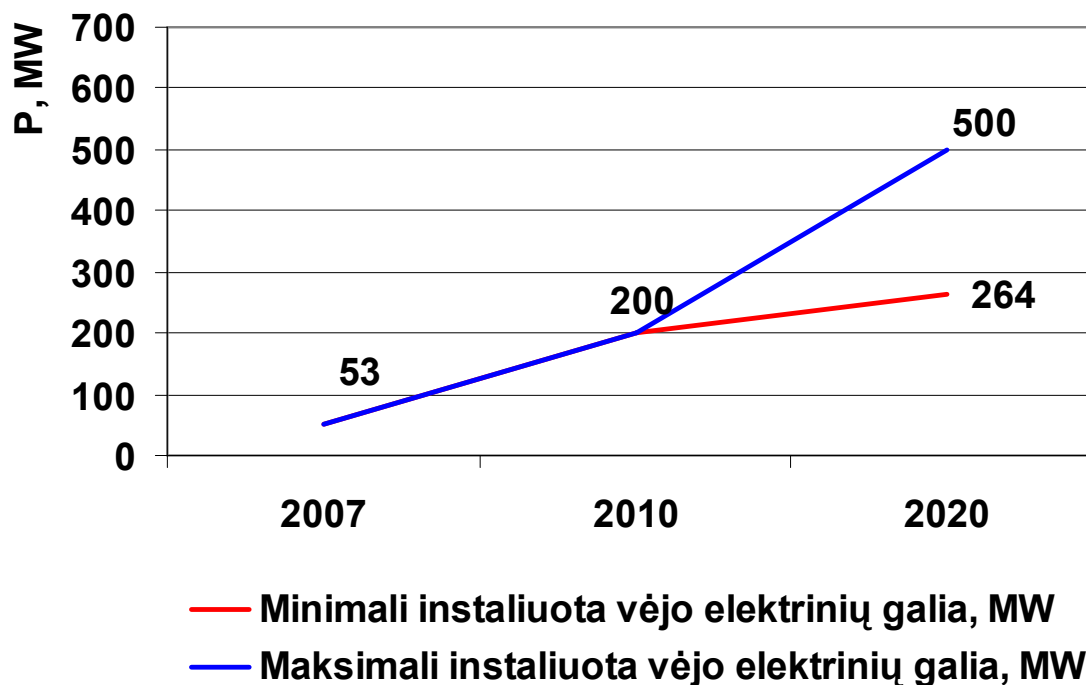
## Vėjo elektrinių plėtros galimybės iki 2020 metų

| 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   |





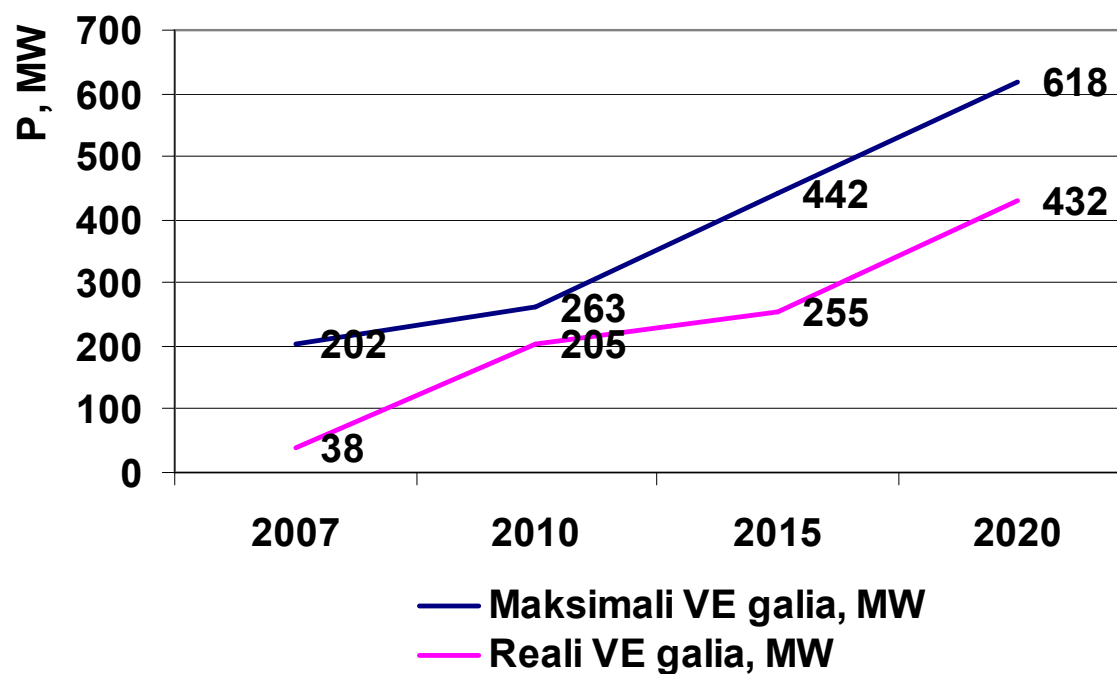
## Maksimali vėjo elektrinių galios priklausomybė nuo dažnio reguliavimo galimybių ( $\Delta P=8,6\%$ )

| 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 pertrūkiais dirbančių šaltinių, ypač vėjo elektrinių, galiai pasiekus 15 % EES galios sistemos stabilumas gali būti pažeistas, o su pertrūkiais dirbančių šaltinių galiai pasiekus 15-20 % sistemos apkrovos, elektros tinklo stabilumas atsiduria pavojuje.**
- **Su pertrūkiais 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.**