



# Certifikace PR

Ivan Petružela



## Certifikační měření PR

- Popis testů a požadavků na udělení certifikace PpS PR
- Obecné požadavky ČEPS, a.s. na poskytovatele PpS PR
- TEST PR-NP
  1. Počáteční podmínky
  2. Měřené veličiny a přesnost
  3. Vlastní měření
  4. Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování
    - 4.1 Sledování parametrů technologie
    - 4.2 Výpočet skutečné statiky  $S_{skutKF}$  (z výstupu korektoru frekvence)
    - 4.3 Výpočet korelačního koeficientu  $r_{fPKORf}$  z výstupu KF
    - 4.4 Výpočet necitlivosti otáčkoměru
    - 4.5 Výpočet skutečné statiky  $S_{skutTG}$  z výkonu TG ( $P_{skut}$ )
    - 4.6 Výpočet korelačního koeficientu  $r_{fPskut}$  z výkonu TG ( $P_{skut}$ )
    - 4.7 Kontrola dovolené tolerance výkonu v PR
- TEST PR- $\Delta f$ 
  1. Počáteční podmínky
  2. Měřené veličiny a přesnost
  3. Vlastní měření
  4. Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování
    - 4.1 Sledování parametrů technologie
    - 4.2 Hodnocení průběhu změny výkonu v čase  $\Delta t_{lim}$  až 90s
    - 4.3 Hodnocení průběhu změny výkonu v čase 90 až 600s



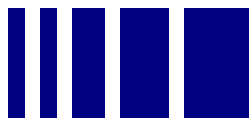
## Certifikované parametry

- Typ výroby
  - JEIR - Blokové uspořádání. Na více generátorů připadá jeden reaktor.
- Regulační rozsah primární regulace
  - RRPR = 5,5 MW
- Statika bloku
  - $s = 8 \%$
- Velikost pásma sekundární regulace bloku
  - PSR = 100MW
  - Jedná se o předpokládanou hodnotu, s níž bude provedena certifikace PpS SR. Je to hodnota nutná pro určení požadovaného počtu měření PpS PR.*
    - *je nutné provedení měření na jedné (maximální) hladině výkonu*
- Testy při normálním provozu bloku TEST PR-NP
- TEST PR-NP Měření č.1 NA MAXIMÁLNÍ HLADINĚ VÝKONU
- Testy dynamického chování bloku při velkých změnách kmitočtu TEST PR-Df
- TEST PR-Df Měření č.1 NA MAXIMÁLNÍ HLADINĚ VÝKONU
  - Realizace PR přetížením nad  $P_{max}$ , - NENÍ certifikována
  - Realizace PR snížením výkonu pod  $P_{min}$ , - NENÍ certifikována

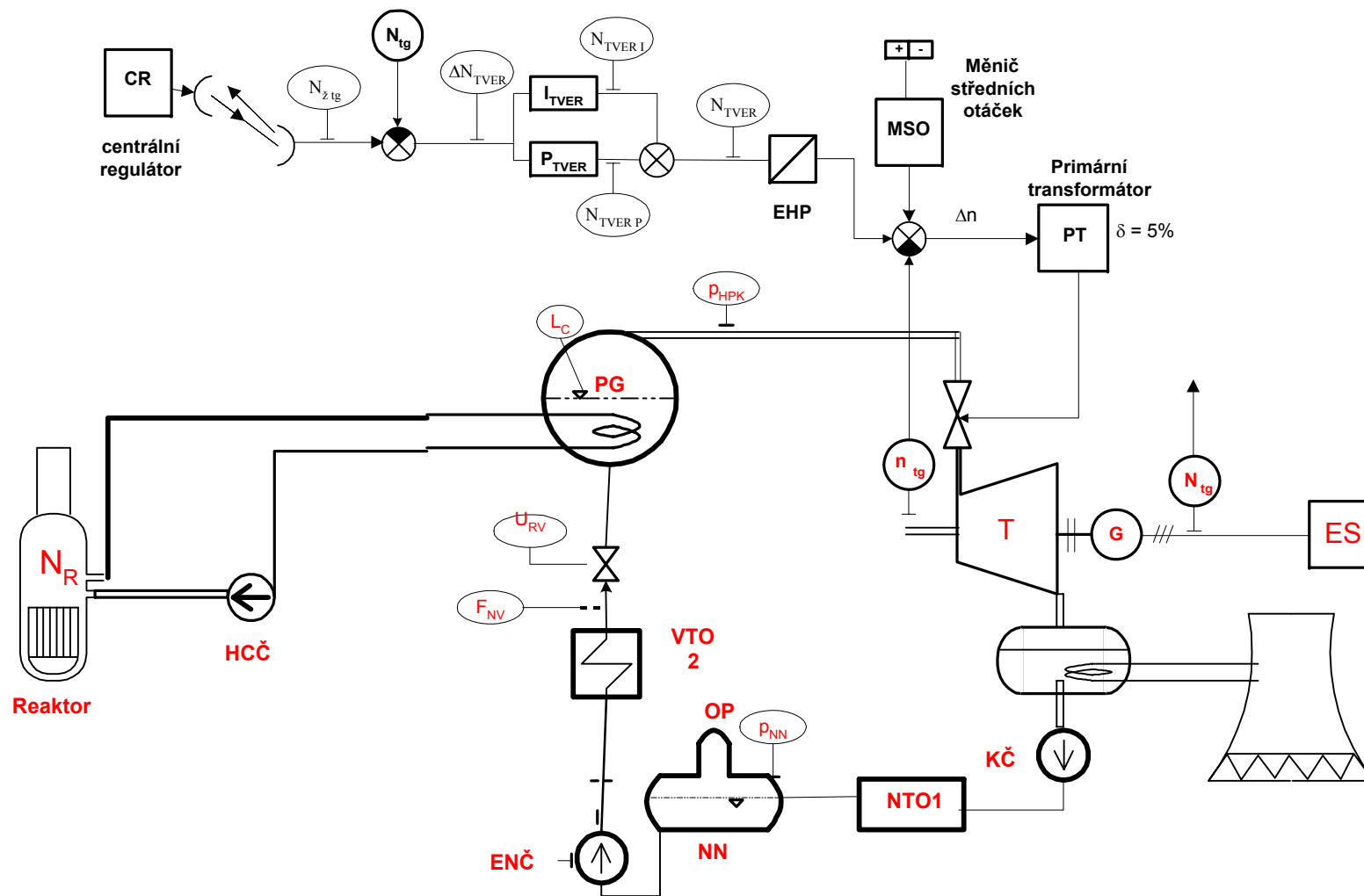


## Obecné požadavky ČEPS, a.s. na poskytovatele PpS PR

- Certifikovaná PpS primární regulace musí mít následující vlastnosti:
  - Zapínání a vypínání PR z místa obsluhy bloku.
  - Signalizace chodu PR na dispečink PpS.
  - Nastavování statiky  $s$  [%] plynule nebo po krocích maximálně 1% (doporučuje se možnost nastavování po 0,1%) v rozmezí 4-10%.
  - Nastavování hodnoty  $RRPR$  [MW nebo %  $P_n$ ] podle nastavitelnosti statiky, výše certifikované zálohy  $\pm RRPR$  v intervalu  $\pm 3$  až  $\pm 10$  [MW].
  - Nastavování žádané hodnoty kmitočtu  $f_{zad}$  [Hz] v rozmezí 49,95 – 50,05 Hz, plynule nebo po krocích maximálně 10 mHz.
  - Nastavování pásma necitlivosti frekvence korektoru kmitočtu -  $Necf$  [mHz] plynule nebo po krocích maximálně 5 mHz v rozmezí 0 – 30 mHz.



# Schéma měřených veličin

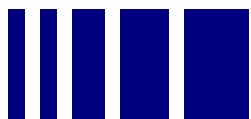




## Zajištění certifikačního měření

- **Měřicí systém**
- **Všechny měřené veličiny jsou součástí měřicího systému SNM - System Nestandardního Měření, který umožňuje zaznamenávat všechny naměřené veličiny potřebné k vyhodnocení certifikačních kritérií.**

<b>Veličina</b>	<b>Popis</b>	<b>Přesnost</b>	<b>Periodicita</b>
$\Delta f_{skut}$	Frekv_TG42, 41 [mHz]	0,5%	0.2s
$\Delta P_{KORf}$	N-KF TG42, 41 [MW]	0,5%	0.2s
$P_{skut}$	N-SKUT TG42,41 [MW]	0,5%	0.2s



## TEST PR-NP

- Počáteční podmínky

Sekundární regulace	Vypnutá
Primární regulace	Zapnutá
Necitlivost korektoru kmitočtu KORf	$Necf=0$
Zadaná hodnota kmitočtu	$f_{zad}=50$ Hz
Výkon bloku	Ustálen na příslušné hladině výkonu
Statika korektoru kmitočtu	Nastavena na $S=4\%$
Regulační rozsah PR	Nastaven na $RRPR$

- Měřené veličiny a přesnost

Veličina	Popis	Přesnost	Periodicita
$f_{skut}$	Skutečná frekvence [mHz]	$\pm 2$ mHz	Do 1s
$\Delta f_{skut}$	Odchylka od nominální Frekvence [mHz]	$\pm 2$ mHz	Do 1s
$\Delta P_{KORf}$	Výstup z korektoru Frekvence v měřítku Výkonu [MW]	Max. třída 0.5	Do 1s
$P_{skut}$	Svorkový výkon bloku [MW]	Max. třída 0.5	Do 1s

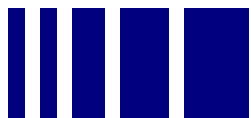
- Měření se provádějí při nastavené statice  $s = 4\%$ . Celková doba měření musí být minimálně 15 min, minimálně však musí být odečteno 1800 vzorků. Při periodě snímání dat 1s musí být tedy doba měření 30 min. Výsledkem jsou tři sady hodnot  $\Delta f_{skut}$ ,  $\Delta P_{korf}$ ,  $P_{skut}$ .



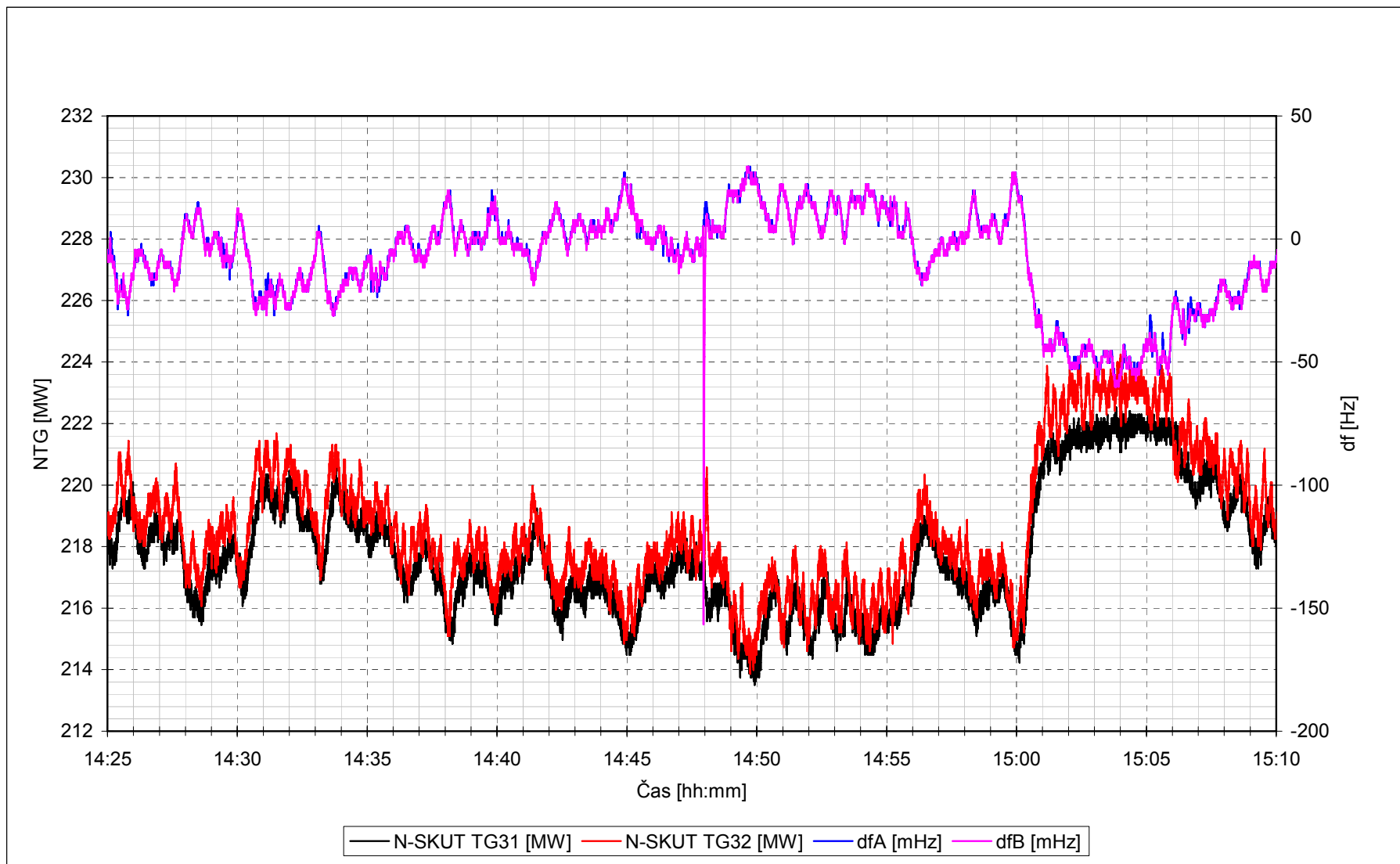
## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR-NP

- Požadavek PR- A:
  - *Během měření nesmějí parametry technologických veličin bloku (tlaky, teploty, namáhání atd.) přestoupit meze dovolené provozními předpisy pro bezpečný provoz zařízení. Nesmí dojít k působení omezovačů (např. korektor tlaku) nebo ochran, které by měly za následek přerušení zkoušky nebo provozu bloku.*





## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR-NP





## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR-NP

- **Výpočet skutečné statiky  $S_{skutKF}$  (z výstupu korektoru frekvence)**
- **Z naměřených hodnot se pomocí lineární regrese, „metodou nejmenších čtverců“, proloží naměřenými hodnotami přímka ve tvaru:**

$$\Delta P_{KORf} = K_{KORf} \Delta f_{skut} + \Delta P_{KORf0} \quad [\text{MW}, \text{MW/mHz}, \text{MW}]$$

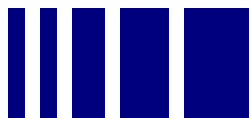
- **Z této rovnice přímky určíme velikost veličin  $K_{KORf}$ ,  $\Delta P_{KORf0}$ .**
- **Hodnota skutečné statiky  $S_{skutKF}$  se určí podle následujícího vzorce:**

$$S_{skutKF} = -\frac{P_n}{100 * K_{KORf} * 5} \quad [\%, \text{MW}, -, \text{MW/mHz}, \text{mHz}]$$

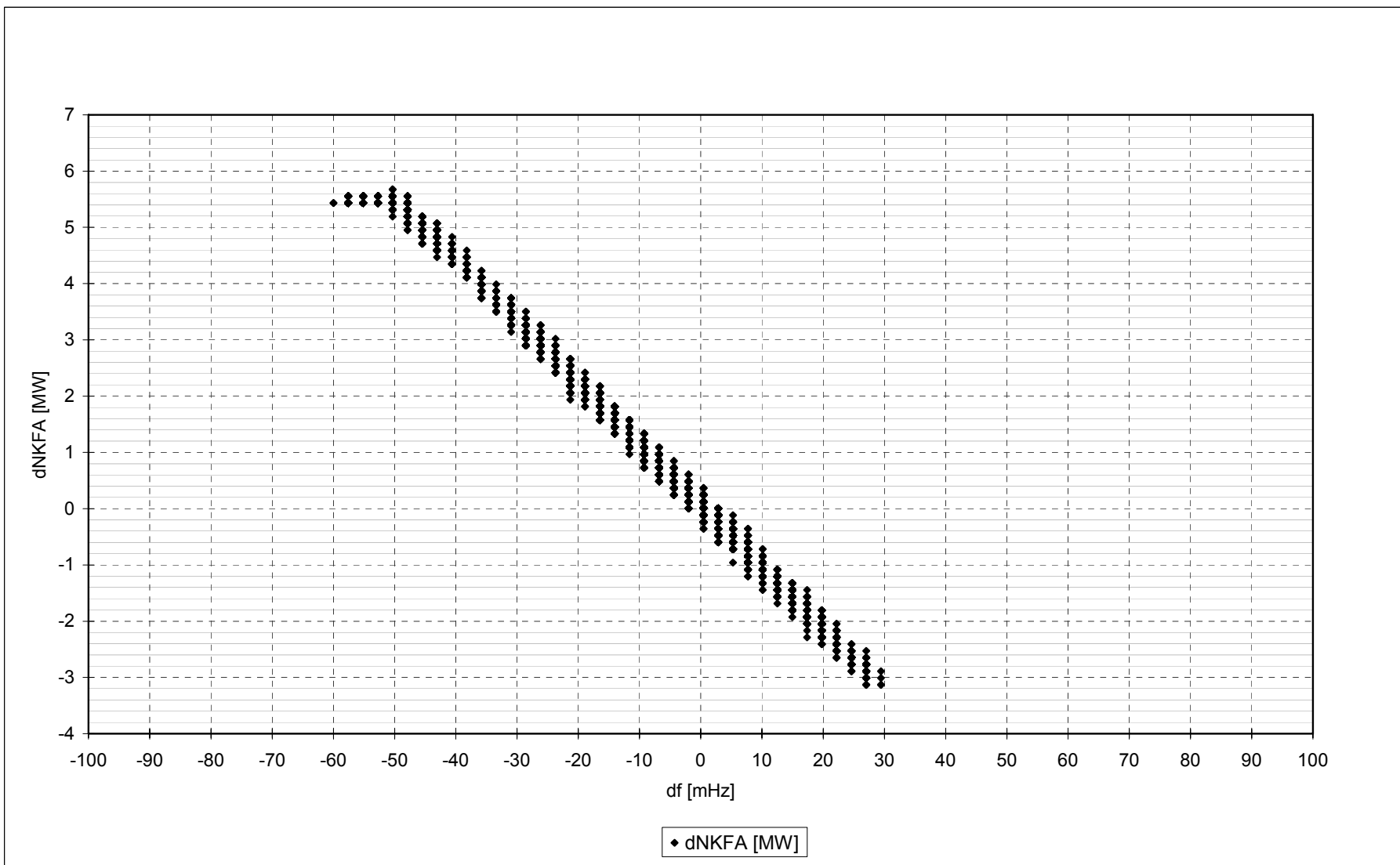
- **Z hodnoty  $\Delta P_{KORf0}$  se určí odchylka nastavení  $f_{zad}$  od 50 Hz podle vzorce:**

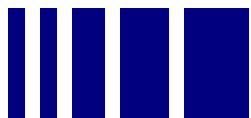
$$\Delta f_{zad} = \frac{S_{skutKF} \Delta P_{KORf0}}{P_n} 100 * 5 \quad [\text{mHz}, \text{MW}, \text{MW}, -, \text{mHz}/\%]$$

- **Požadavek PR- B:**
  - **Hodnota  $S_{skutKF}[\%]$  se nesmí lišit od nastavené hodnoty statiky  $s = 4\%$  o více než 10%.**
- **Požadavek PR- C:**
  - **Pro odchylku hodnoty zadané frekvence musí platit  $Abs(\Delta f_{zad}) < 5 \text{ mHz}$ .**

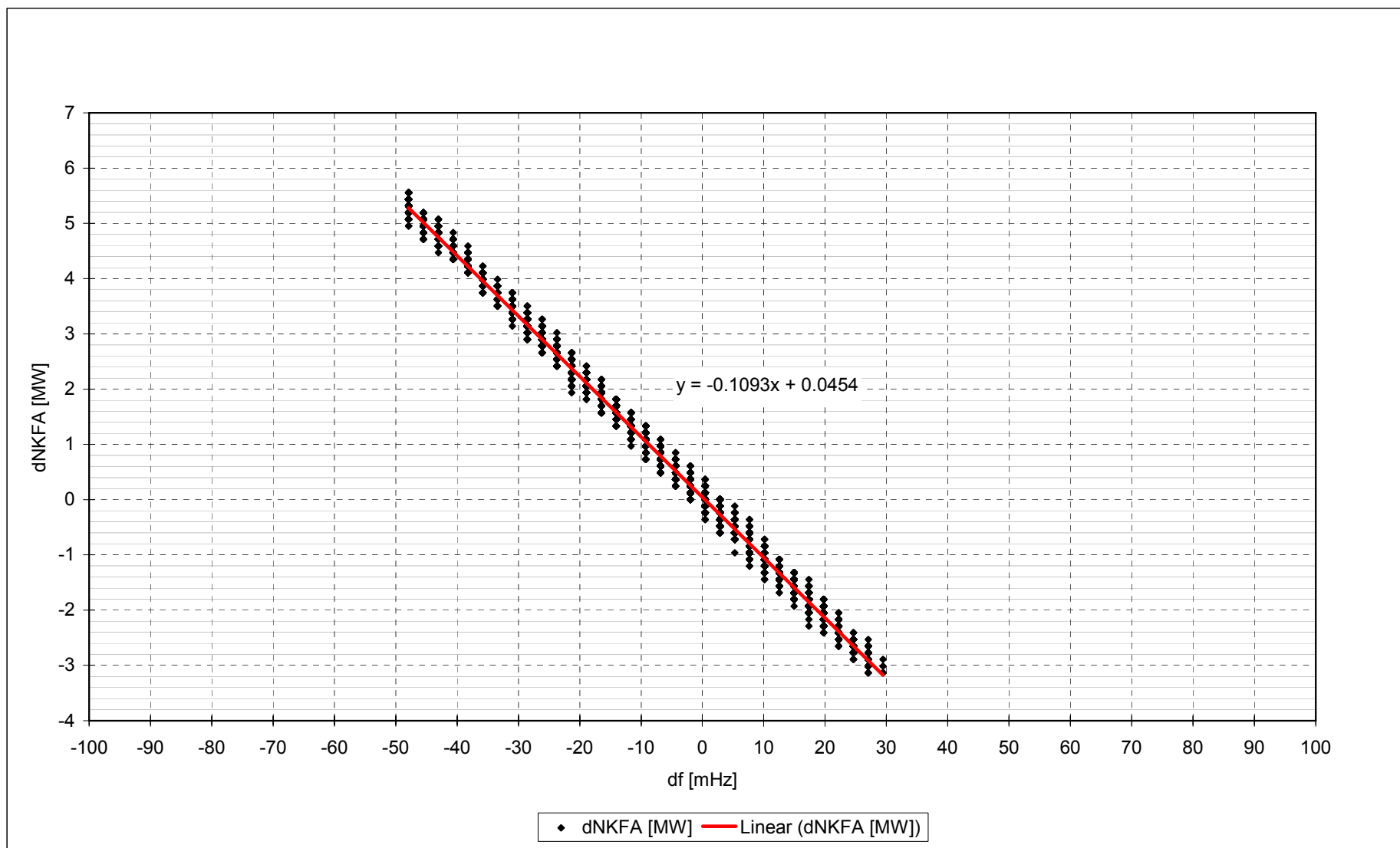


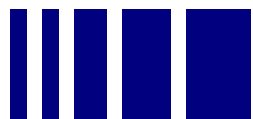
## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR-NP





## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR-NP





## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR-NP

- *Výpočet korelačního koeficientu  $r_{PKORf}$  z výstupu KF*
- *Vypočte se korelační koeficient  $r_{PKORf}$  mezi množinami naměřených dat.*
- Požadavek PR- D:
  - *Korelační koeficient  $r_{PKORf}$  musí být větší než 0,8.*



## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR-NP

- **Výpočet necitlivosti otáčkoměru**

- **Pokud jsou jako vstupní signál pro KORf použity otáčky a grafické zobrazení hodnot je zřetelně vrstvománo , lze vypočítat necitlivost čidla otáček podle vzorce:**

$$NecOt = \frac{S_{skut} \Delta P_{dif}}{P_n} * 100 * 5 \quad [\text{mHz, \%}, \text{MW}, \text{MW}, -, \text{mHz}/\%]$$

- **Vzájemná vzdálenost jednotlivých vrstev  $-\Delta P_{dif}$  [MW] se určí z parametrů grafu podle vzorce:**

$$\Delta P_{dif} = \frac{R_{\Delta PKORf}}{n_{vrst}} \quad [\text{MW}, \text{MW}, -]$$

**kde:**

**$n_{vrst}$**

**je počet vrstev**

**$R_{\Delta PKORf}$**

**je celkový rozsah výkonu na výstupu KORf.**

- **Požadavek PR - E:**
  - **Vypočtená hodnota necitlivosti čidla otáček musí být menší než 8 mHz.**



## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR-NP

- **Výpočet skutečné statiky  $S_{skutTG}$  z výkonu TG ( $P_{skut}$ )**

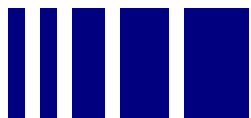
- **Z naměřených hodnot  $\{\Delta f_{skut\ i}; P_{skut\ i}\}_{i=1}^N$**
- **se pomocí lineární regrese, „metodou nejmenších čtverců“, proloží naměřenými hodnotami přímky ve tvaru:**

$$P_{skut} = K_f \Delta f_{skut} + \Delta P_0 \quad [\text{MW}, \text{MW/mHz}, \text{mHz}, \text{MW}]$$

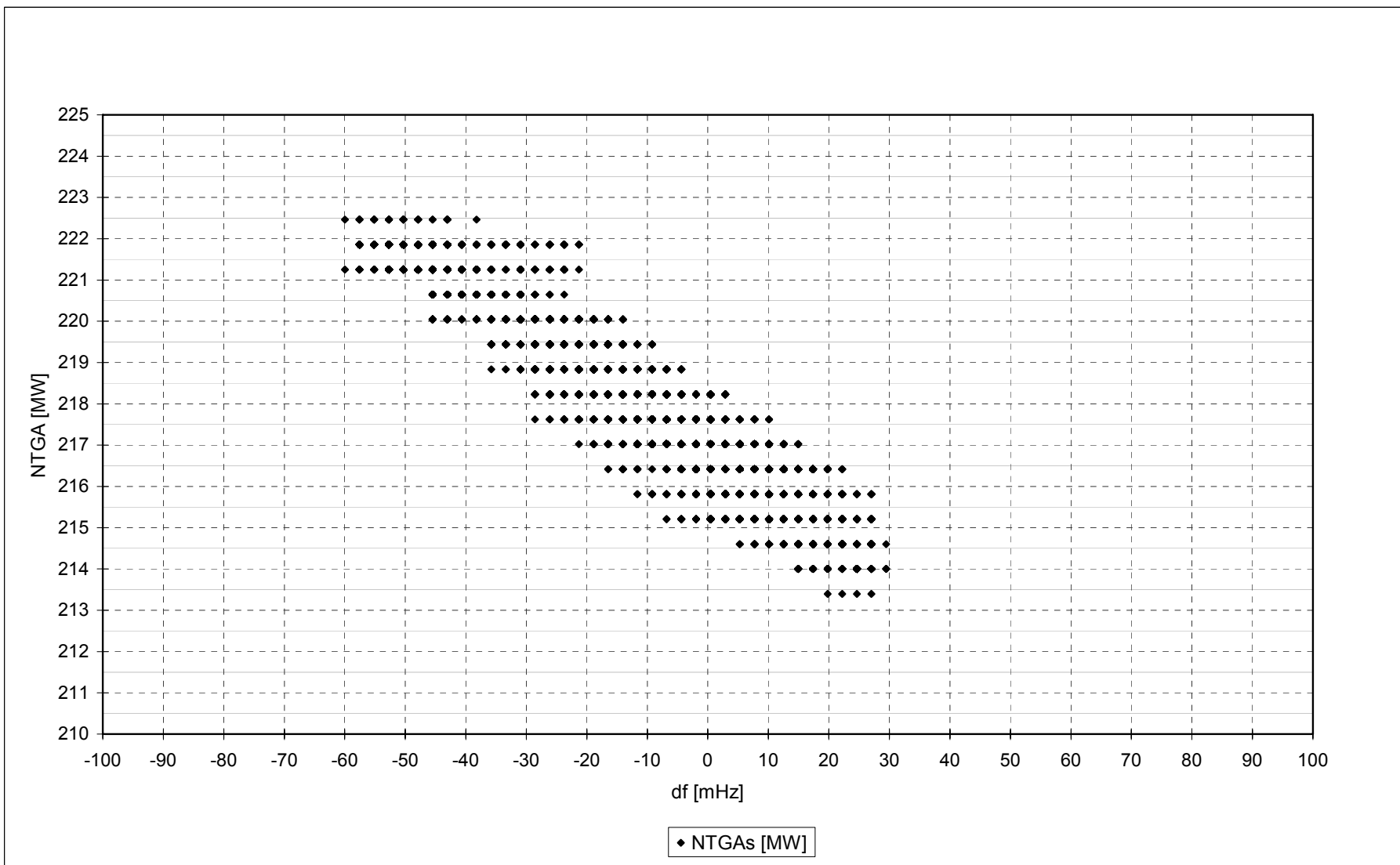
- **Z hodnoty  $K_f$  se vypočte statika  $S_{skutTG}$  dle vzorce:**

$$S_{skutTG} = -\frac{P_n}{100 * K_f * 5} \quad [\%, \text{MW}, -, \text{MW/mHz}, \text{mHz}]$$

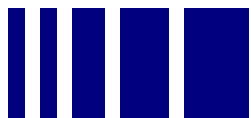
- **Požadavek PR- F:**
  - **Hodnota  $S_{skutTG}$  [%] se nesmí lišit od nastavené hodnoty statiky  $s = 4\%$  o více než 15%.**



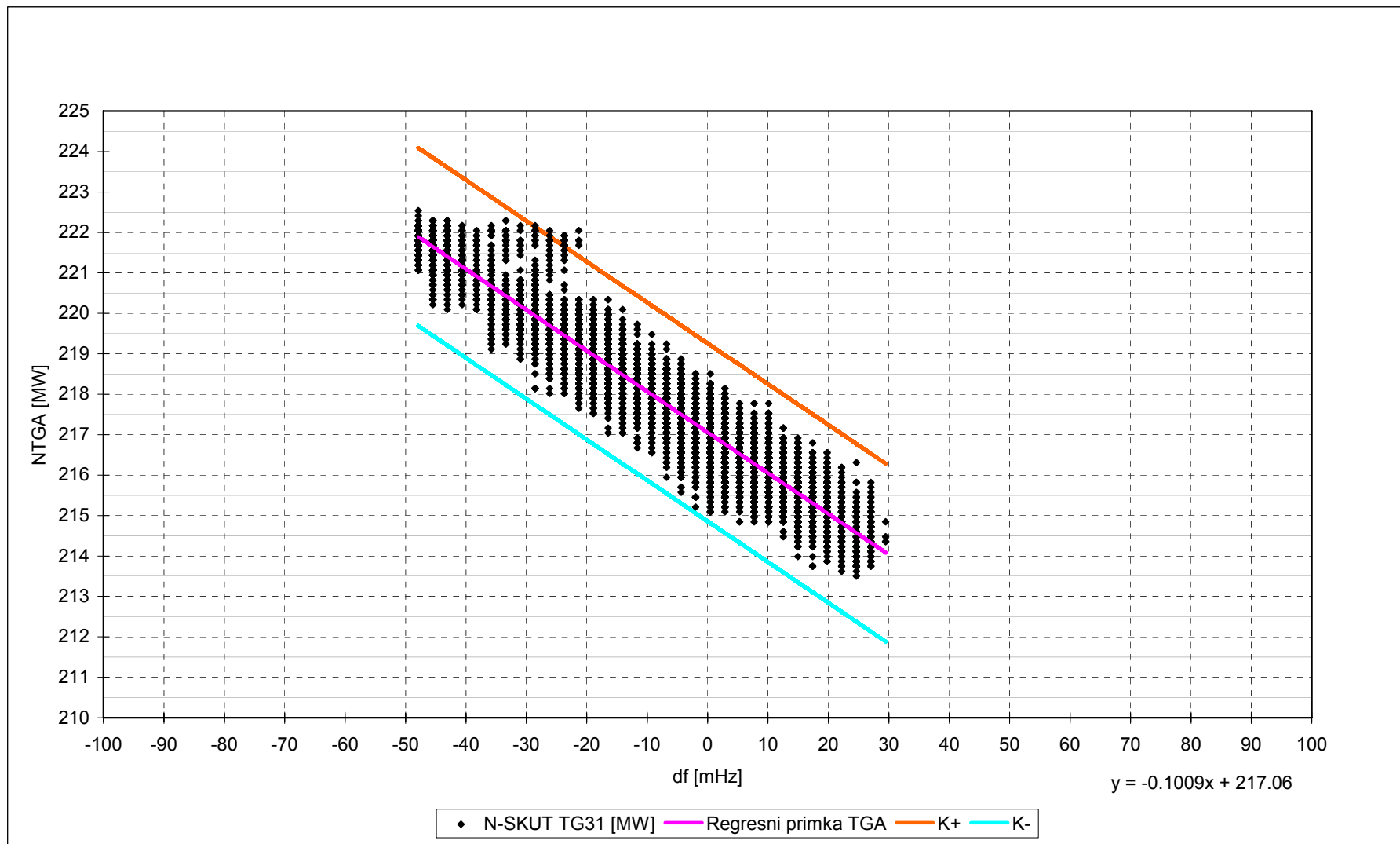
# Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR-NP







# Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR-NP





## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR-NP

- **Výpočet korelačního koeficientu  $r_{Pskut}$  z výkonu TG ( $P_{skut}$ )**
- **Vypočte se korelační koeficient  $r_{Pskut}$  mezi množinami naměřených dat.**
- **Požadavek PR- G:**
  - **Korelační koeficient  $r_{Pskut}$  musí být větší než 0,65.**
- **Kontrola dovolené tolerance výkonu v PR**
- **Z každého provedeného měření se sestrojí graf (bodová závislost)  $P_{skut}=f(d_{fskut})$ . V grafu se vyznačí vypočtená regresní přímka. Paralelně s touto přímkou se ve vzdálenosti  $100n P P = . \pm [MW, MW, -]$  vyznačí dvě další přímky.**
- **Požadavek PR- H:**
  - **V prostoru mezi vyznačenými přímkami se má nacházet nejméně 97 % všech naměřených bodů.**



## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR- $\Delta f$

### Počáteční podmínky

Sekundární regulace	Vypnutá
Primární regulace	Zapnutá
Necitlivost korektoru kmitočtu KORf	$Necf=0$
Zadaná hodnota kmitočtu	$f_{zad}=50$ Hz
Výkon bloku	Ustálen na příslušné hladině výkonu
Statika korektoru kmitočtu	Nastavena na $S_n=8\%$ ( $S_n$ ...statika v normálním provozu)
Regulační rozsah PR	Nastaven na RRPR

### Měřené veličiny a přesnost

Veličina	Popis	Přesnost	Periodicita
$f_{skut}$	Skutečná frekvence [mHz]	$\pm 2$ mHz	Do 1s
$\Delta f_{skut}$	Odchylka od nominální Frekvence [mHz]	$\pm 2$ mHz	Do 1s
$\Delta P_{KORf}$	Výstup z korektoru Frekvence v měřítku Výkonu [MW]	Max. třída 0.5	Do 1s
$P_{skut}$	Svorkový výkon bloku [MW]	Max. třída 0.5	Do 1s



## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR- $\Delta f$

- *Měření se provádějí při nastavené statice 8%. Velikost  $\Delta f_{skut}$  je volena tak, aby změna výkonu bloku odpovídala certifikované primární regulační rezervě RRPR. Její hodnota je určena vztahem:  
$$\Delta f_{skut} = RRPR * s * 5 \quad [mHz, \%, \%, -]$$*
- *Výsledkem by měla být sada hodnot  $t$ ,  $\Delta P_{korf}$ ,  $P_{skut}$ .*
- *Při každém měření se tedy provede simulace skokové změny vstupního kmitočtu (otáček) o hodnotu odpovídající změně výkonu o RRPR a za definovaný čas se tato hodnota skokem změní na hodnotu původní. Měření tedy tvoří dvě skokové změny (dolů a nahoru).*
- *Měření začíná při ustálení výkonu na hladině, která je výchozí pro dané měření. Po uplynutí doby  $T_{před} = 30 s$ , během níž je výkon ustálen na výchozí hladině, je provedena první skoková změna kmitočtu.*
- *Během doby  $TPR = 10 min$  je měřena výkonová reakce bloku na skokovou změnu kmitočtu. Po uplynutí  $TPR$  je proveden druhý skok kmitočtu zpět na výchozí hladinu. Měří se opět reakce bloku po dobu  $TPR$ .*



## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR- $\Delta$ f

- ***Sledování parametrů technologie***
- **Požadavek PR- I**
  - ***Během měření nesmějí parametry technologických veličin bloku (tlaky, teploty, namáhání atd.) přestoupit meze dovolené provozními předpisy pro bezpečný provoz zařízení. Nesmí dojít k působení omezovačů (např. korektor tlaku) nebo ochran, které by měly za následek přerušení zkoušky nebo provozu bloku.***





## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR- $\Delta f$

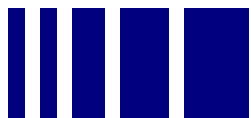
- *PPoč-počáteční hladina výkonu stroje, při které dochází ke skokové změně kmitočtu, určí se jako průměr z naměřených hodnot*
- *$\Delta P_{dov}$ -dovolená hodnota podkročení hodnoty RRPR v čase 30 až 90s*
- *$\Delta P_{dov}=0,75\% P_n \Delta t_{lim}$ -hodnota respektující časové zpoždění odezvy bloku*
- *$\Delta t_{lim} = 1,5s$  v případě simulace fskutnskut*
- *$\Delta t_{lim} = 2s$  v případě simulace fzadnzad*
- *$\Delta t_{lim} = 3s$  pro elektrárny typu VE*
  
- **Požadavek PR - J:**
  - *Průběh Pskut musí být v čase  $\Delta t_{lim}$  až 90s nad křivkou Plim-. V případě simulace fzad nebo nzad musí být v intervalu 30s až 90s nad křivkou Plim- alespoň 98% naměřených hodnot Pskuti v tomto intervalu.*
  
- **Požadavek PR - K:**
  - *Průběh Pskut musí být v čase  $Dt_{lim}$  až 90s pod křivkou Plim+ a musí dosáhnout do 30s hodnoty  $\Delta PKORf$  (PPOČ+RRPR).*
  
- **Požadavek PR - L:**
  - *Nepřipouští se kmitavý průběh Pskut.*



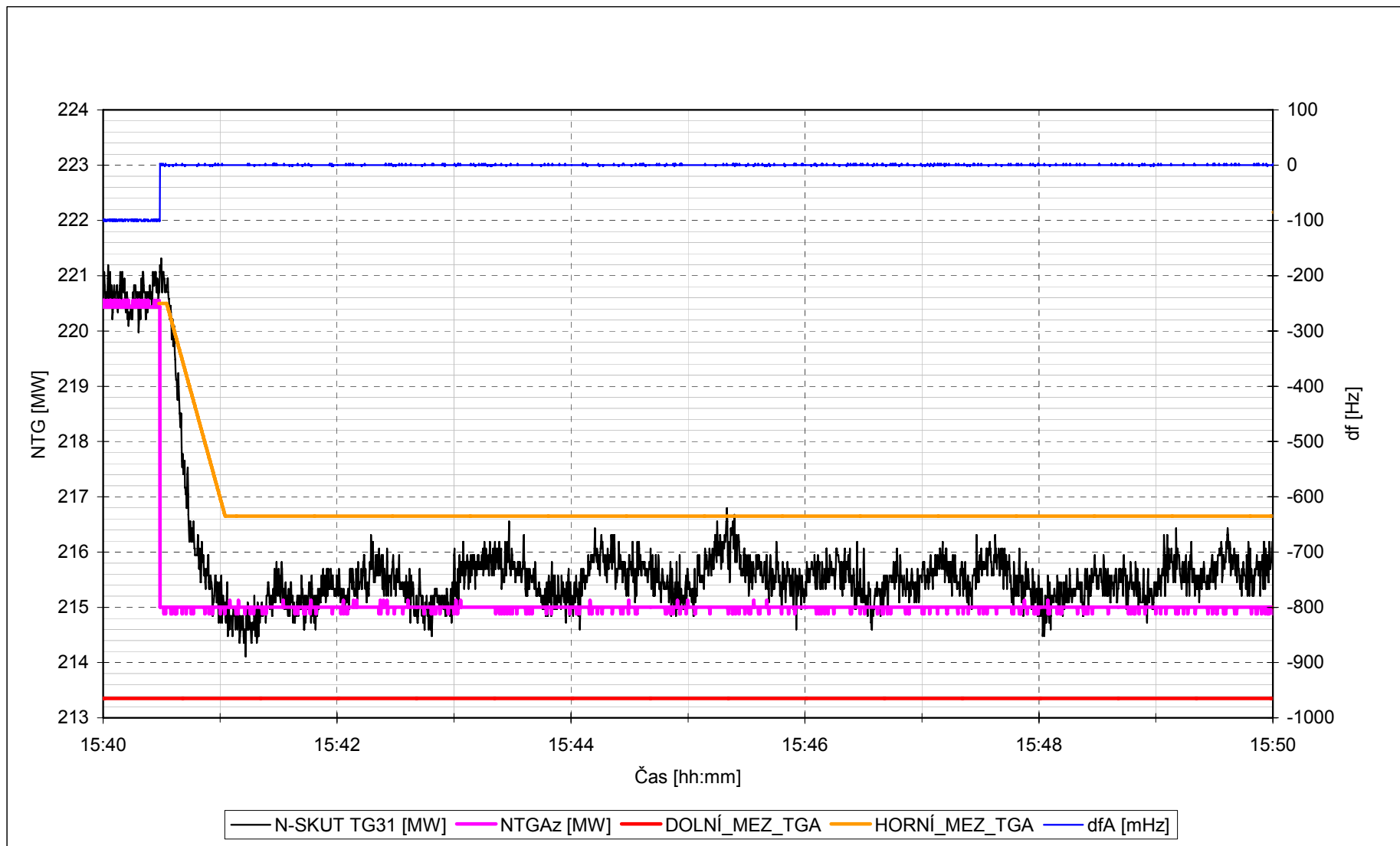
## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR- $\Delta f$

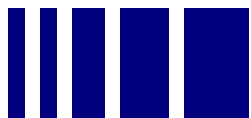
- **Hodnocení průběhu změny výkonu v čase 90 až 600s**
- **Z naměřených dat se sestrojí časový graf s časovým měřítkem cca 90 až 600s. V grafu se opět vyznačí horní a dolní limitní křivky. Pokud je testovací signál realizován prostřednictvím  $\Delta f_{skut}$  nebo  $\Delta n_{skut}$  jedná se o pouhé přímky. Pro variantu  $\Delta f_{zad}$  nebo  $\Delta n_{zad}$  je nutné v jednotlivých bodech provést korekci na skutečnou odchylku frekvence  $\Delta f_{skut}$  představující parazitní signál.**
- **Určí se hodnota  $Podch$  z hodnot v čase 90s až 600s.**
- **Vypočte se směrodatná odchylka  $\sigma$  z následující posloupnosti hodnot v čase 90s až 600s.**
- **Požadavek PR- M:**
  - **Průběh  $P_{skut}$  musí být v čase 90s až 600s mezi křivkami  $Plim$  a  $Plim+$ . V případě simulace  $f_{zad}$  nebo  $n_{zad}$  je tento požadavek omezen na 98% naměřených hodnot  $P_{skuti}$  v tomto intervalu.**
- **Požadavek PR- N:**
  - **Velikost  $Podch$  nesmí být větší než 0,4 %  $P_n$ .**
- **Požadavek PR- O:**
  - **Směrodatná odchylka  $\sigma$  nesmí být větší než 0,3%  $P_n$ .**





# Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR- $\Delta f$





## Stanovení požadavků a metodika jejich vyhodnocování TEST PR- $\Delta f$

