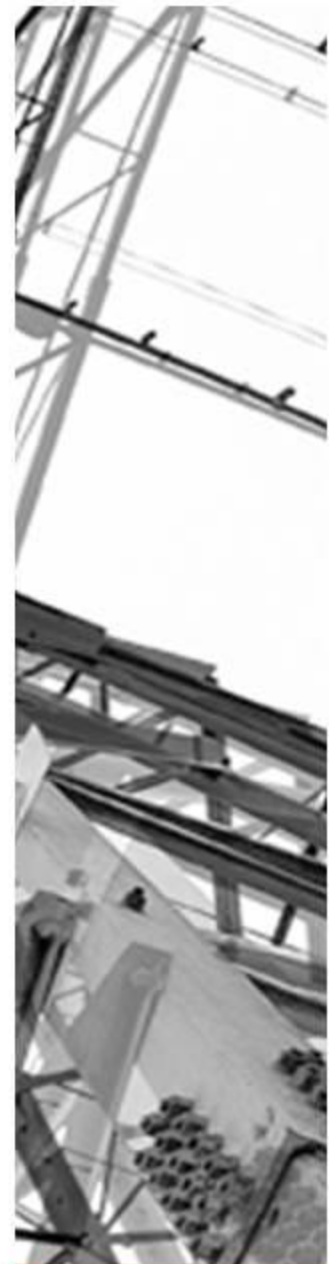


Dynamická stabilita a důsledky jejího porušení

Martin Pistora
specialista

Druhy stability



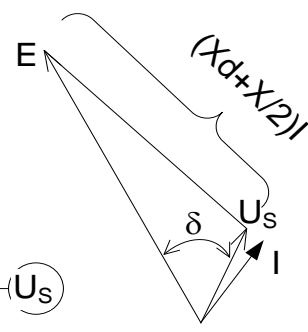
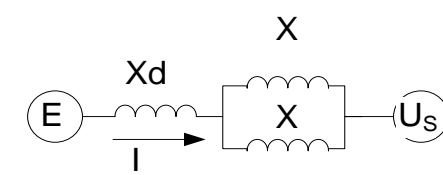
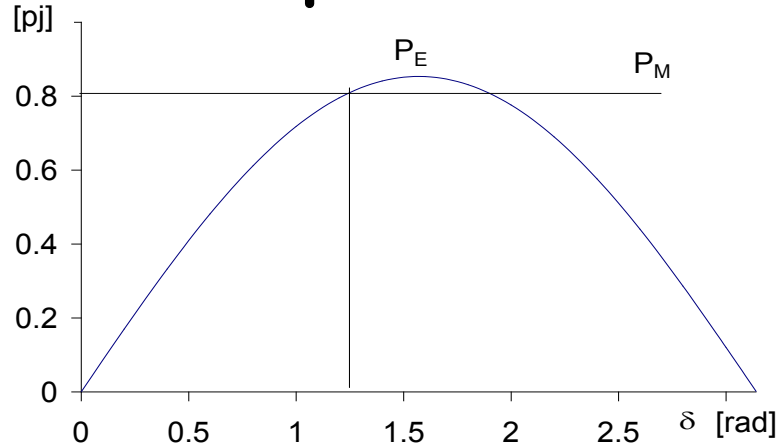
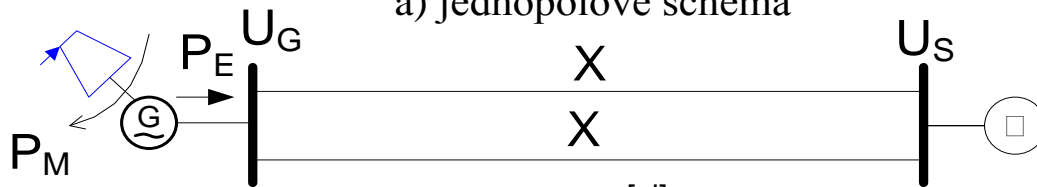
Úhlová stabilita

- Schopnost stroje pracovat synchronně se sítí
- Ovlivněna:
 - zkratovým výkonem soustavy,
 - parametry generátoru.
- Nalezení ustáleného stavu po poruše ovlivňuje:
 - buzení generátoru (zejména),
 - regulace turbíny.



Úhlová stabilita

a) jednopólové schéma



b) náhradní schéma

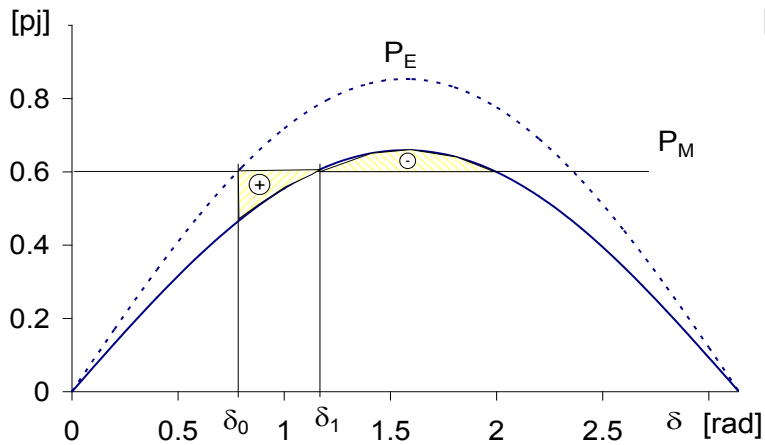
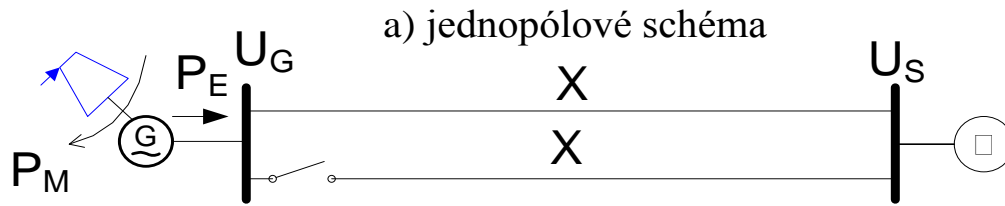
c) vektorový diagram

d) výkonová charakteristika

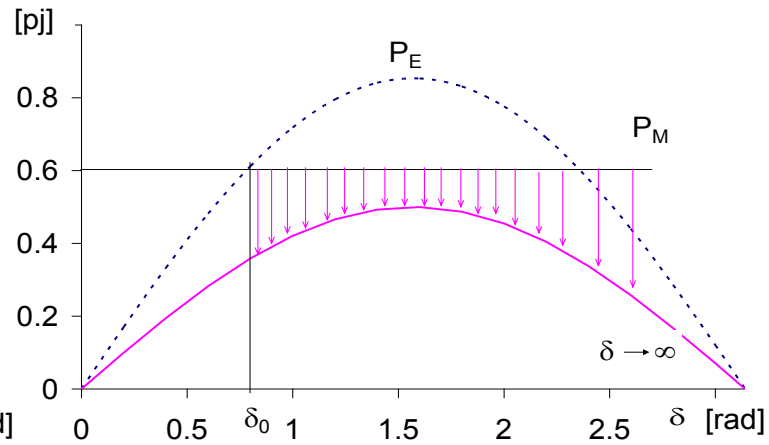
$$P_E = \frac{E * U_S}{X_\Sigma} * \sin \delta$$



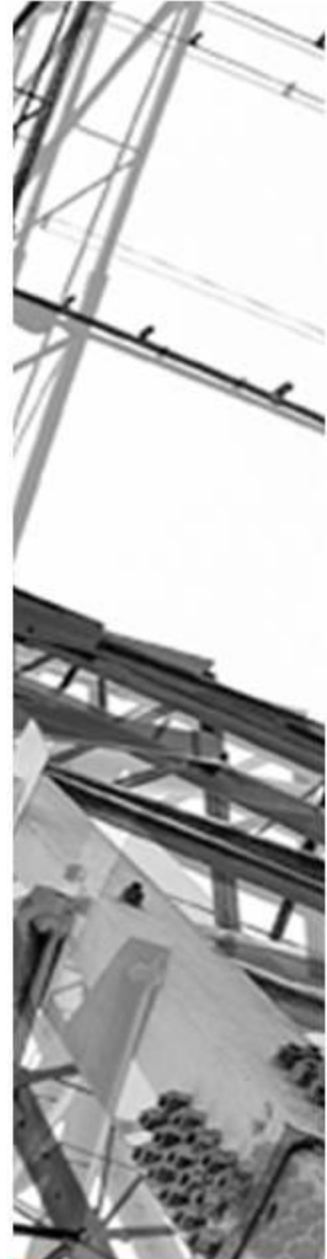
Úhlová stabilita – oslabení sítě



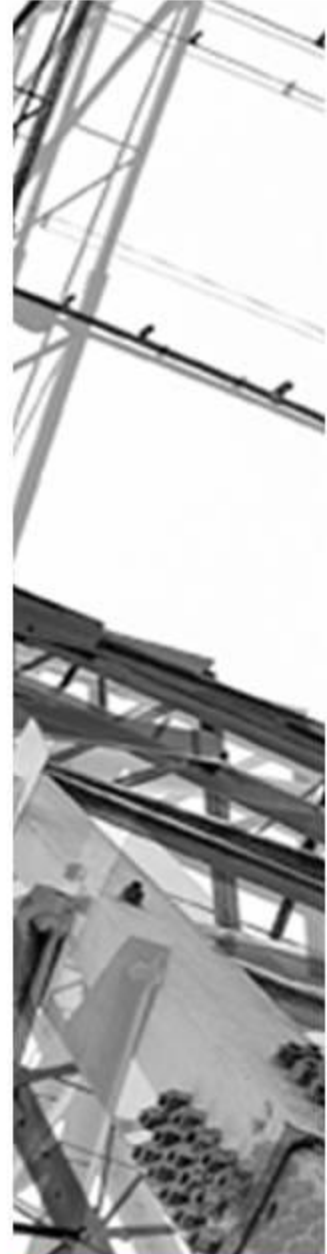
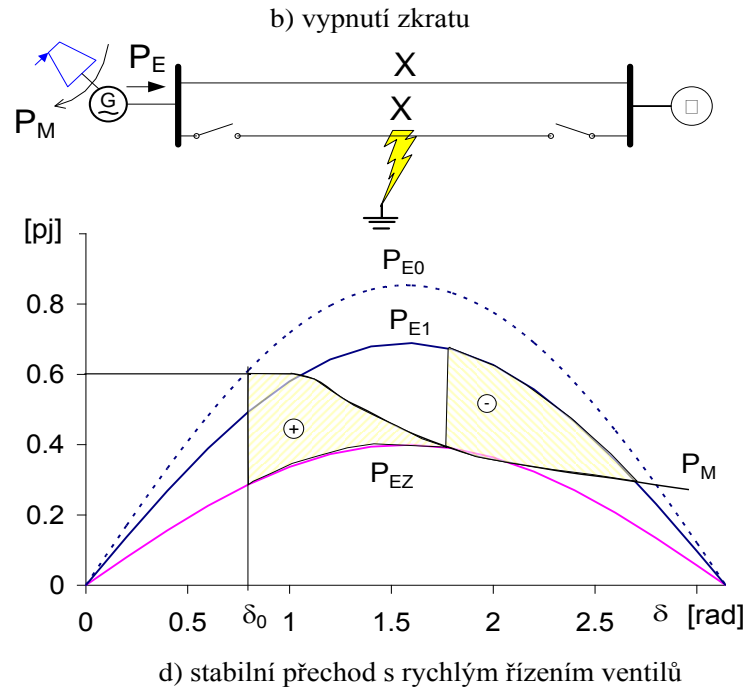
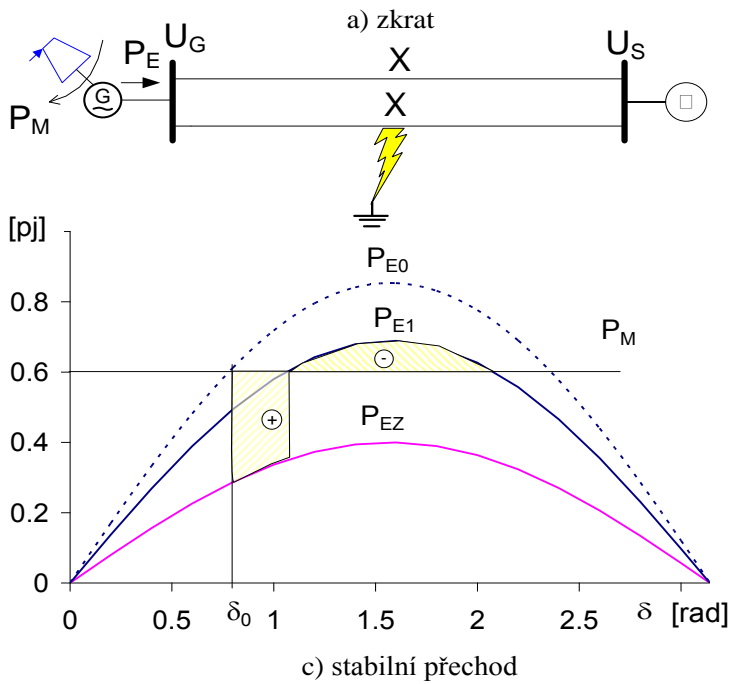
b) stabilní přechod



c) nestabilní přechod



Úhlová stabilita – zkrat

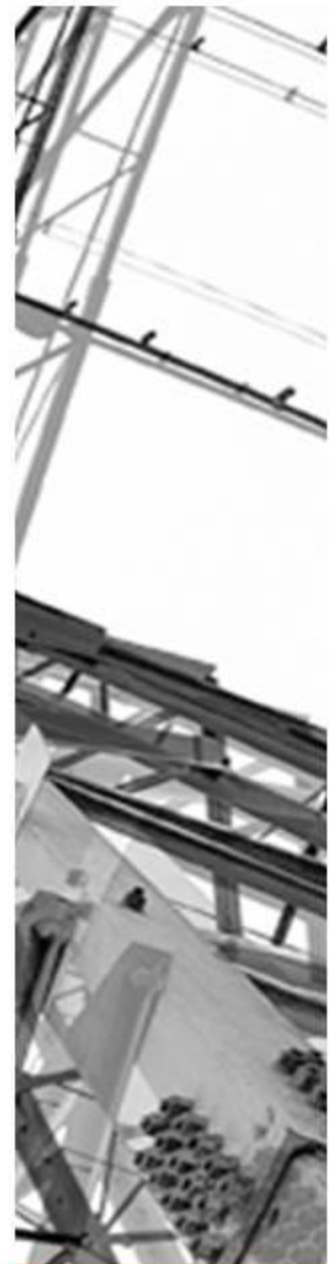


Frekvenční stabilita

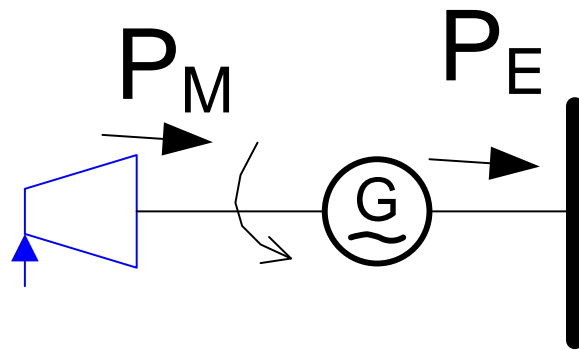
- Schopnost zdroje udržet otáčky (frekvenci) blízko jmenovité hodnotě

- Ovlivněna:
 - regulačním rozsahem stroje,
 - parametry soustrojí (setrvačnost).

- Nalezení ustáleného bodu po poruše ovlivňuje:
 - regulace turbíny,
 - odezva zátěže na odchylky frekvence.



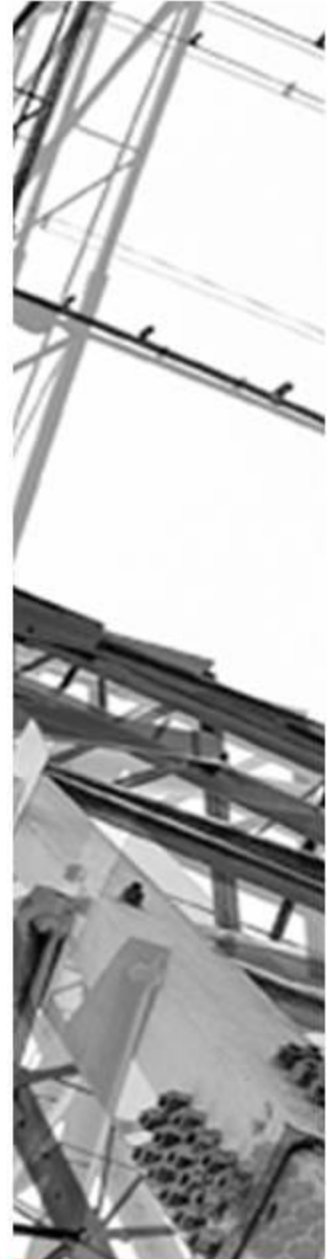
Frekvenční stabilita



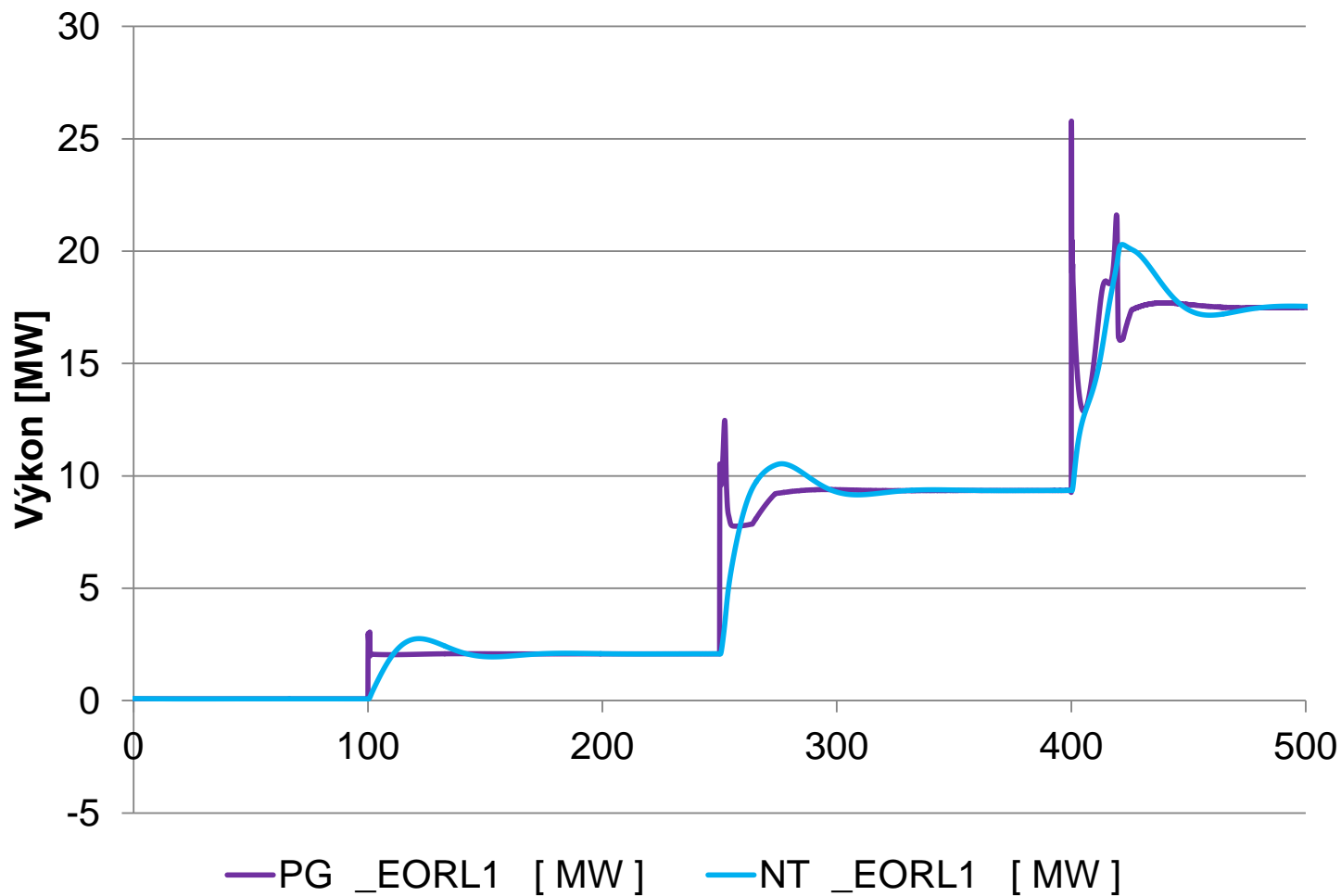
$$J * \frac{dn}{dt} = M_{mech} - M_{el}$$

$$T_M * \frac{df}{dt} = P_{mech} - P_{el}$$

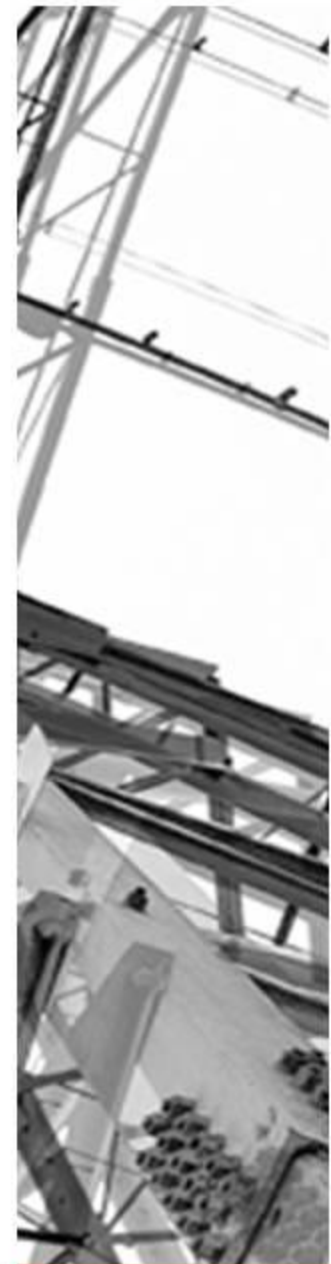
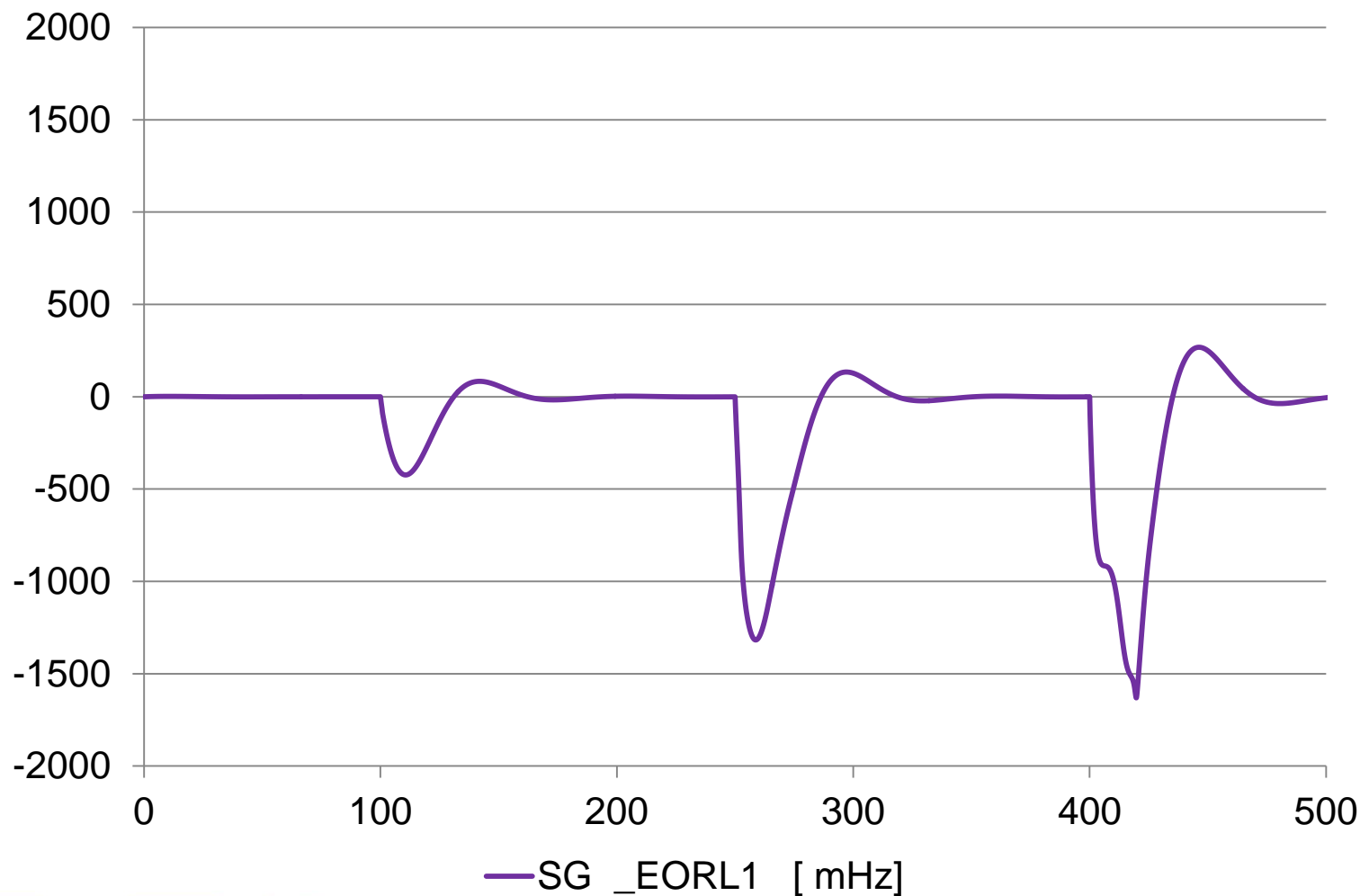
$$T_M = J \frac{\omega_M^2}{S_N}$$



Ukázka spouštění velkých pohonů



Ukázka spouštění velkých pohonů

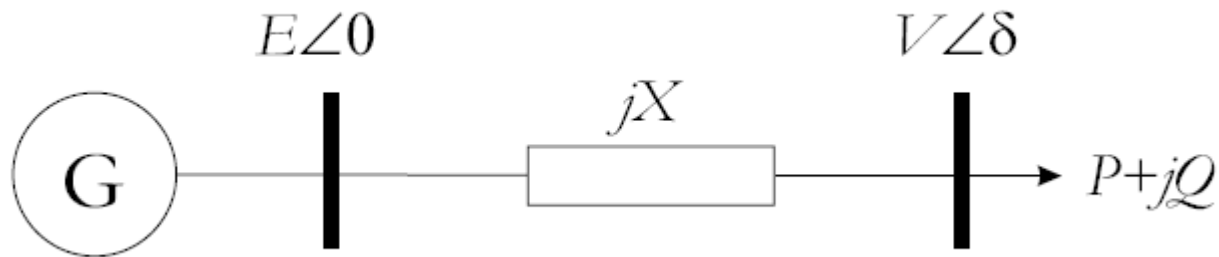


Napět'ová stabilita

- Schopnost soustavy přenést výkon při daném napětí
- Ovlivněna:
 - zkratovým výkonem,
 - parametry soustavy.
- Nalezení ustáleného bodu po poruše ovlivňuje:
 - činnost budicí soupravy,
 - chování zátěže.



Napěťová stabilita



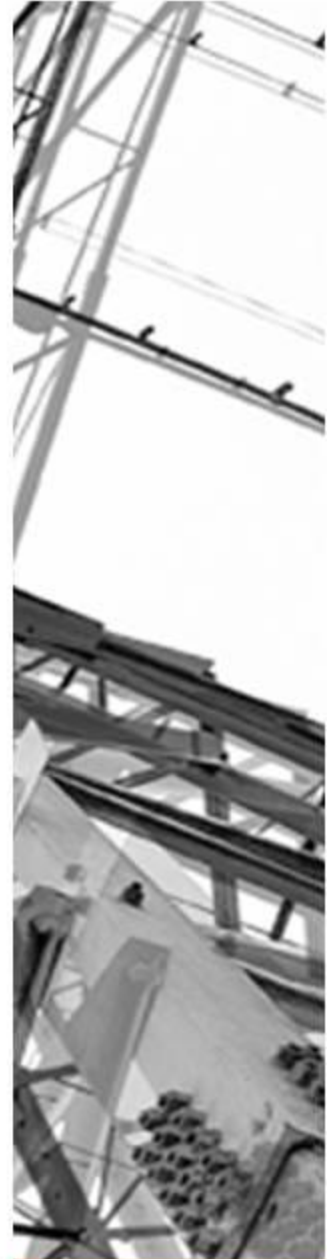
Přenos po vedení

Výkon zátěže

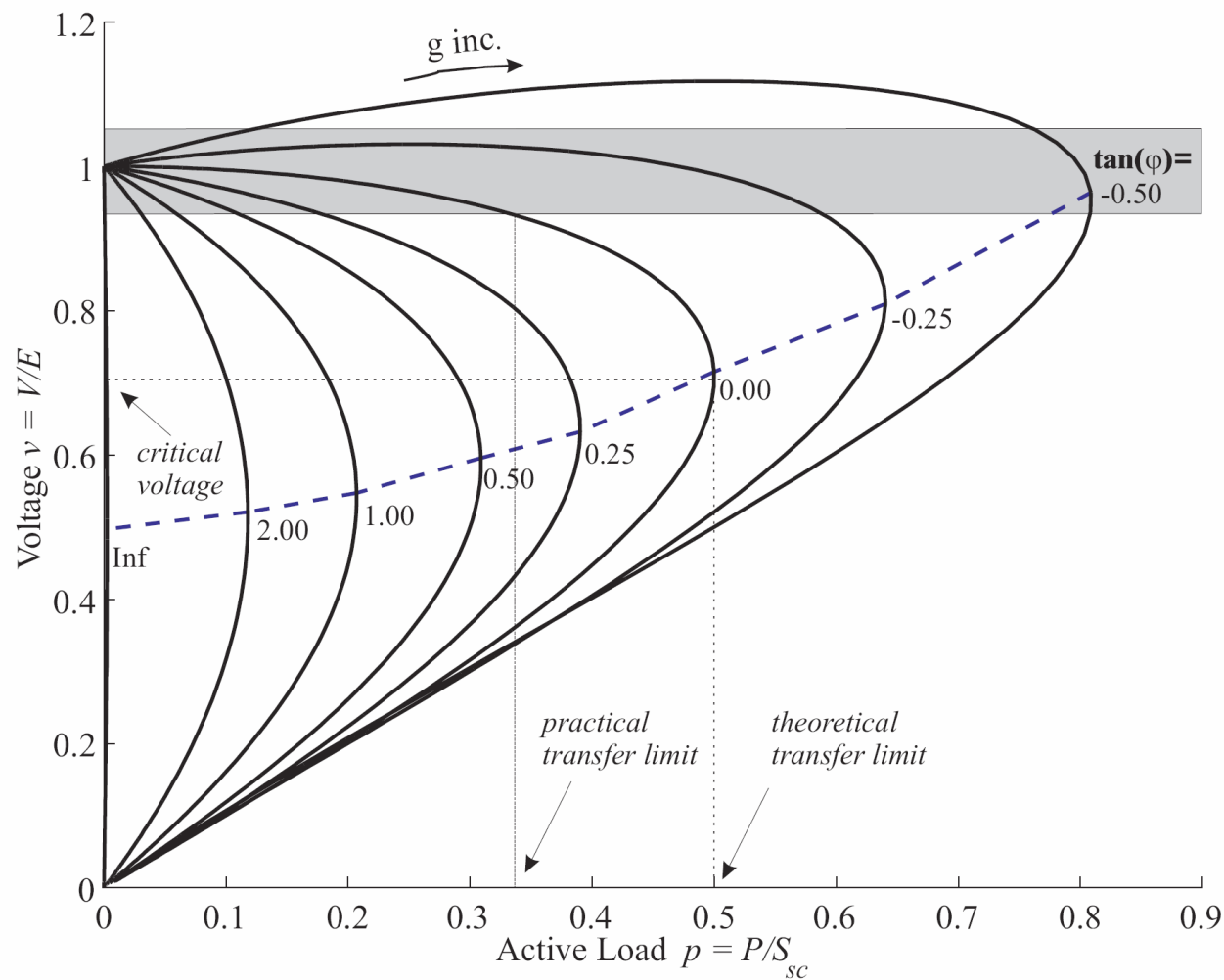
$$P = -\frac{EV}{X} \sin \delta$$

$$Q = \frac{EV}{X} \cos \delta - \frac{V^2}{X}$$

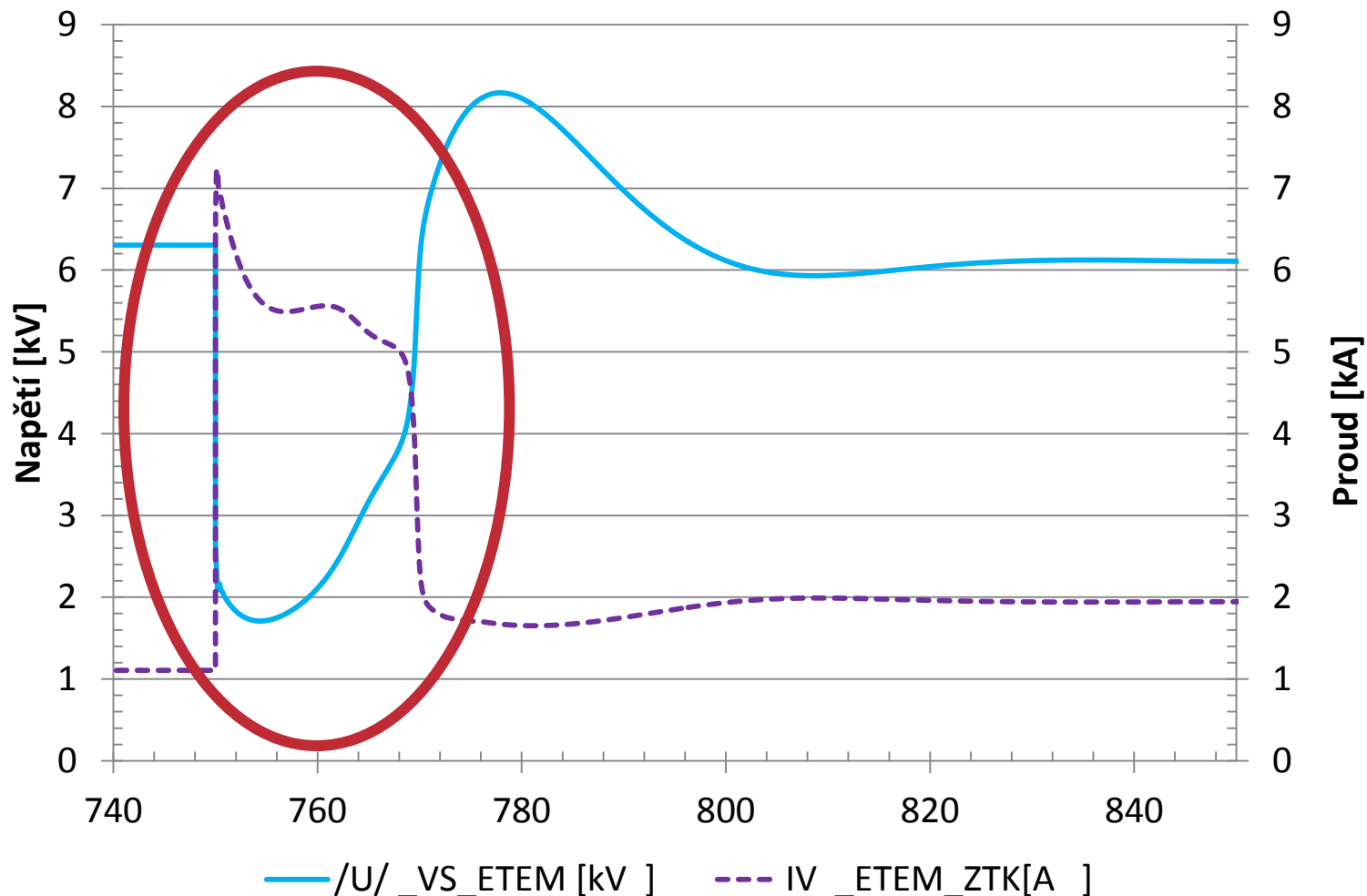
$$P + jQ = V^2 G(1 + j \tan(\phi))$$



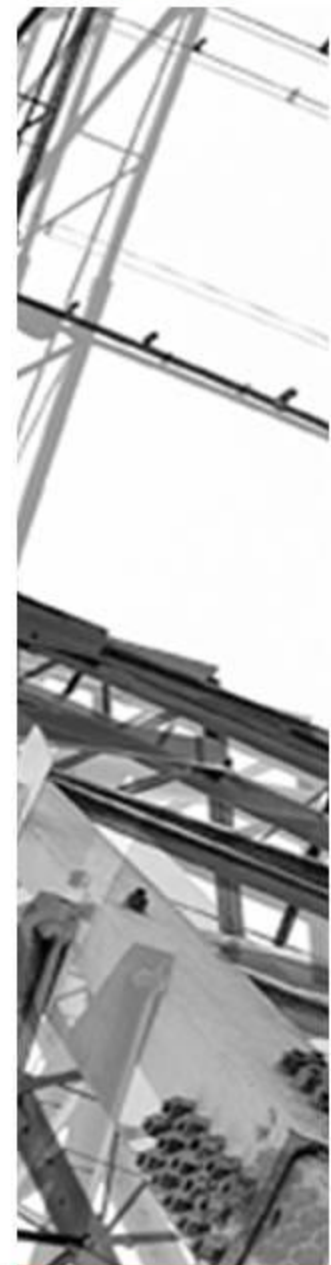
Napěťová stabilita



Kde je vidět zkratový výkon?

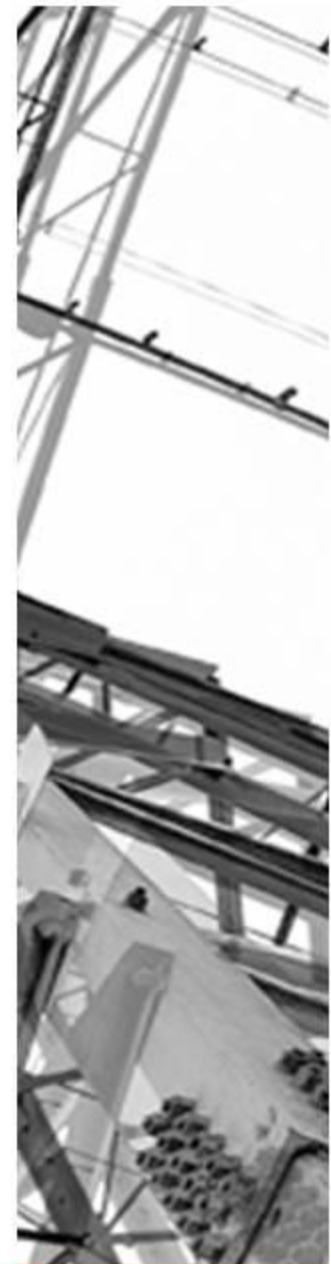
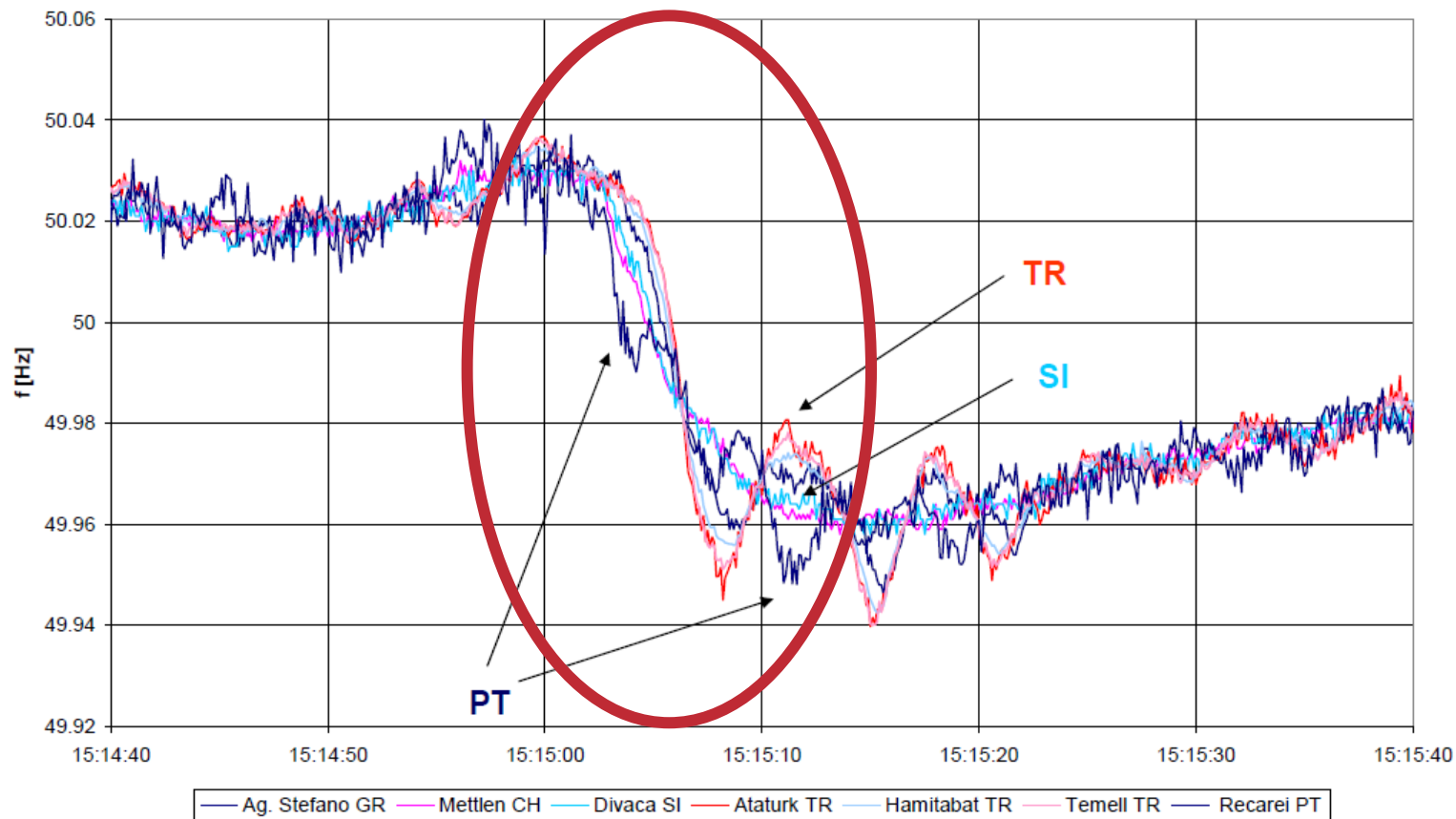


— /U/ vs ETEM [kV] - - - IV ETEM_ZTK[A]

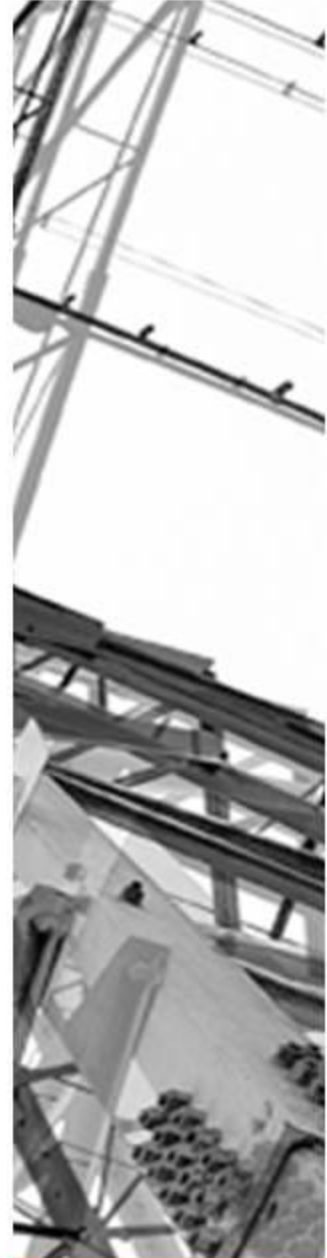
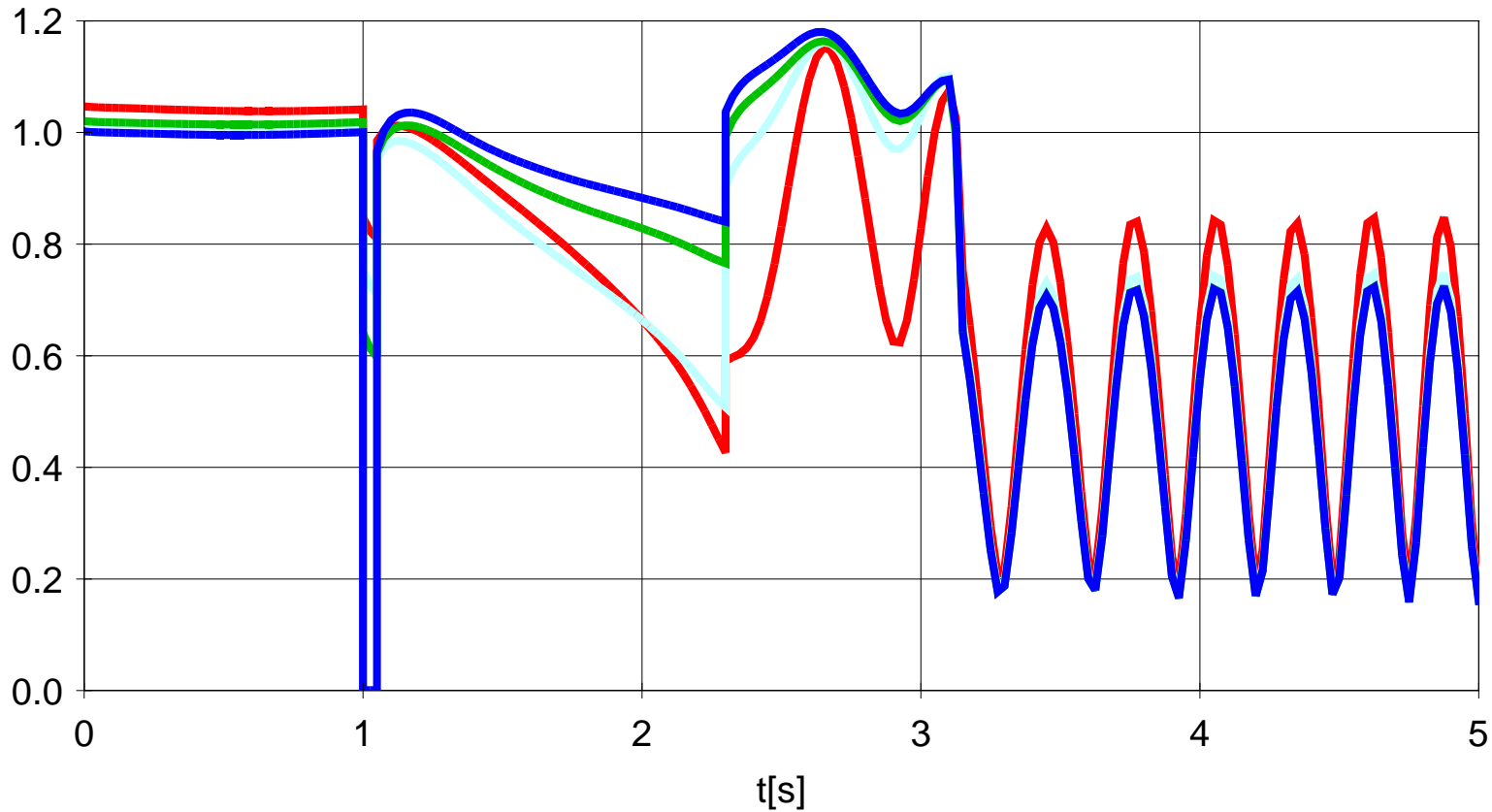


Kde je vidět setrvačnost?

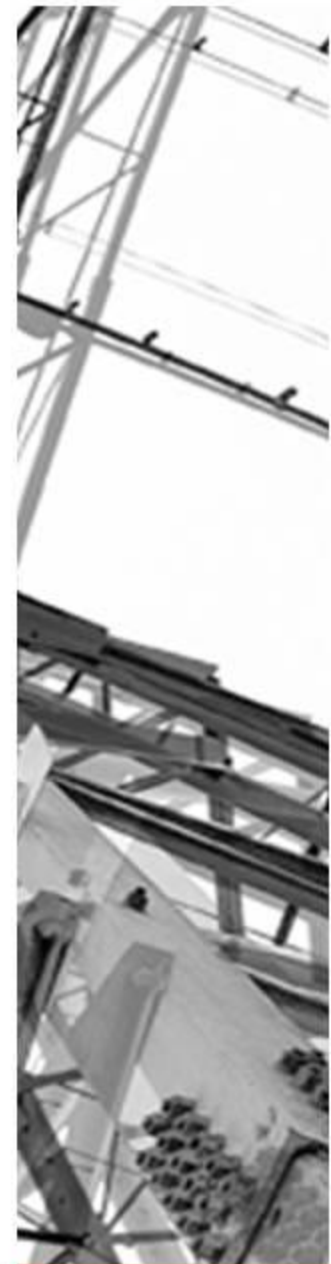
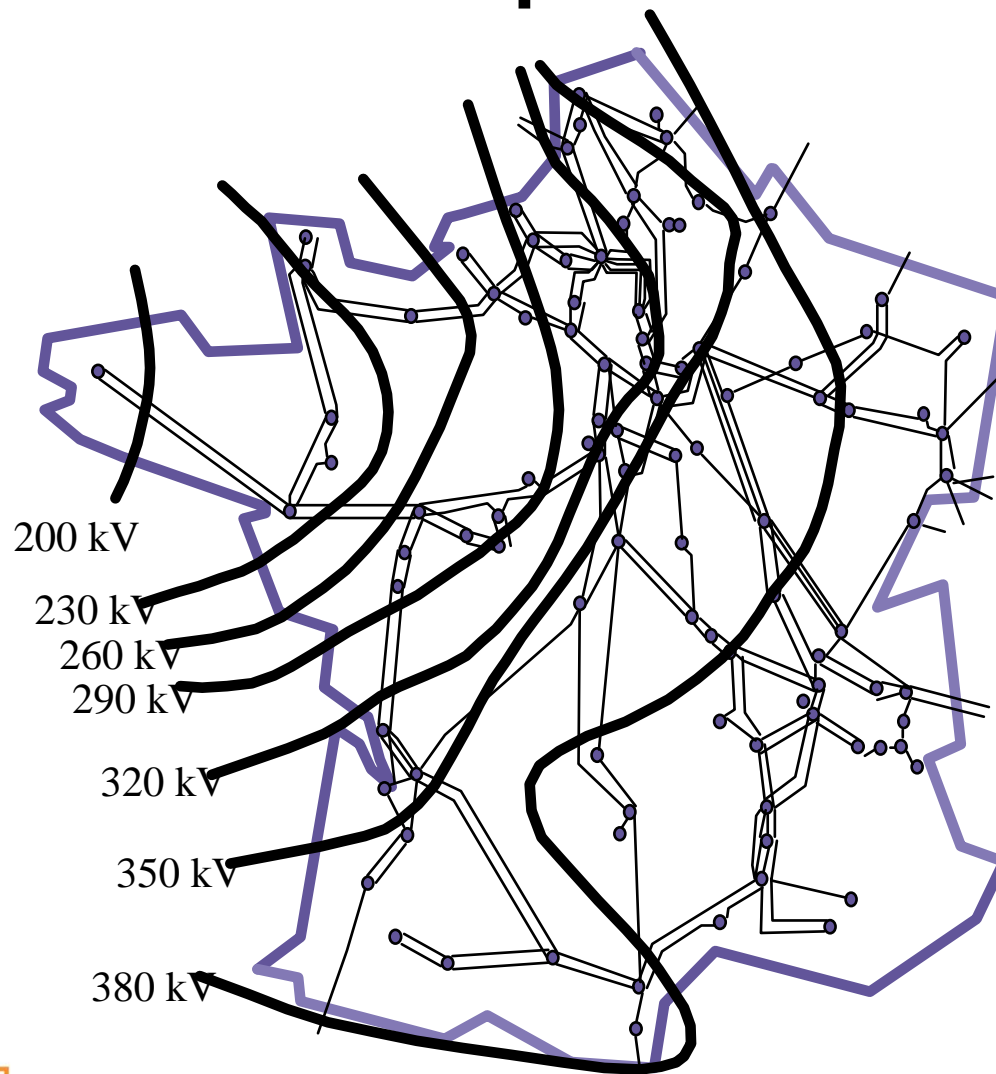
Výpadek 1500 MW



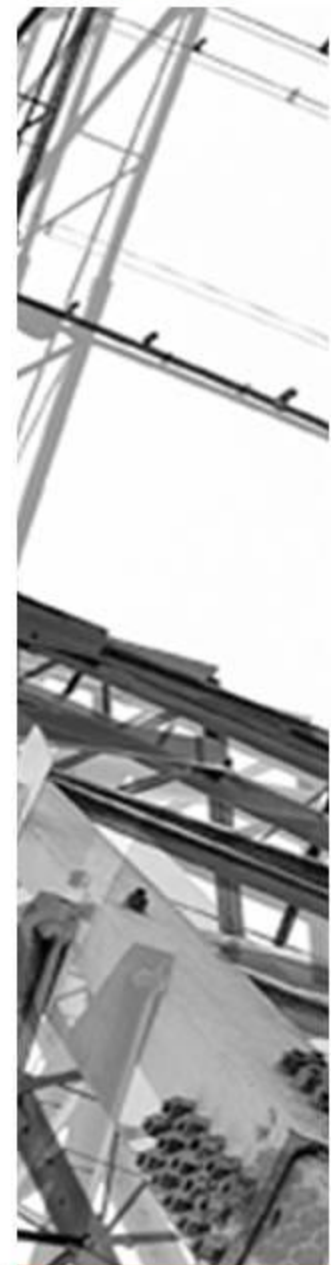
Ukázka simulované ztráty stability



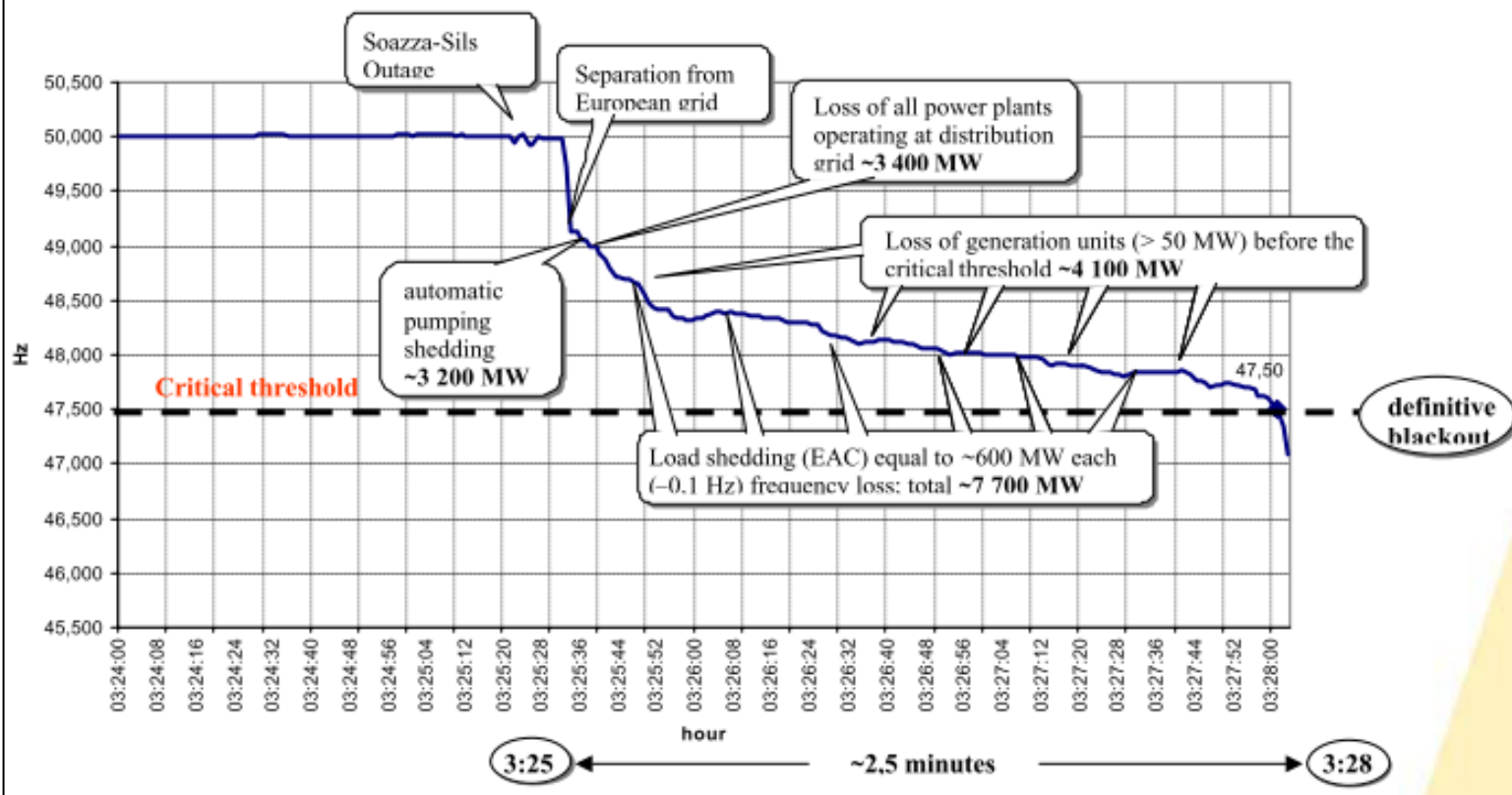
Ukázka napět'ového kolapsu



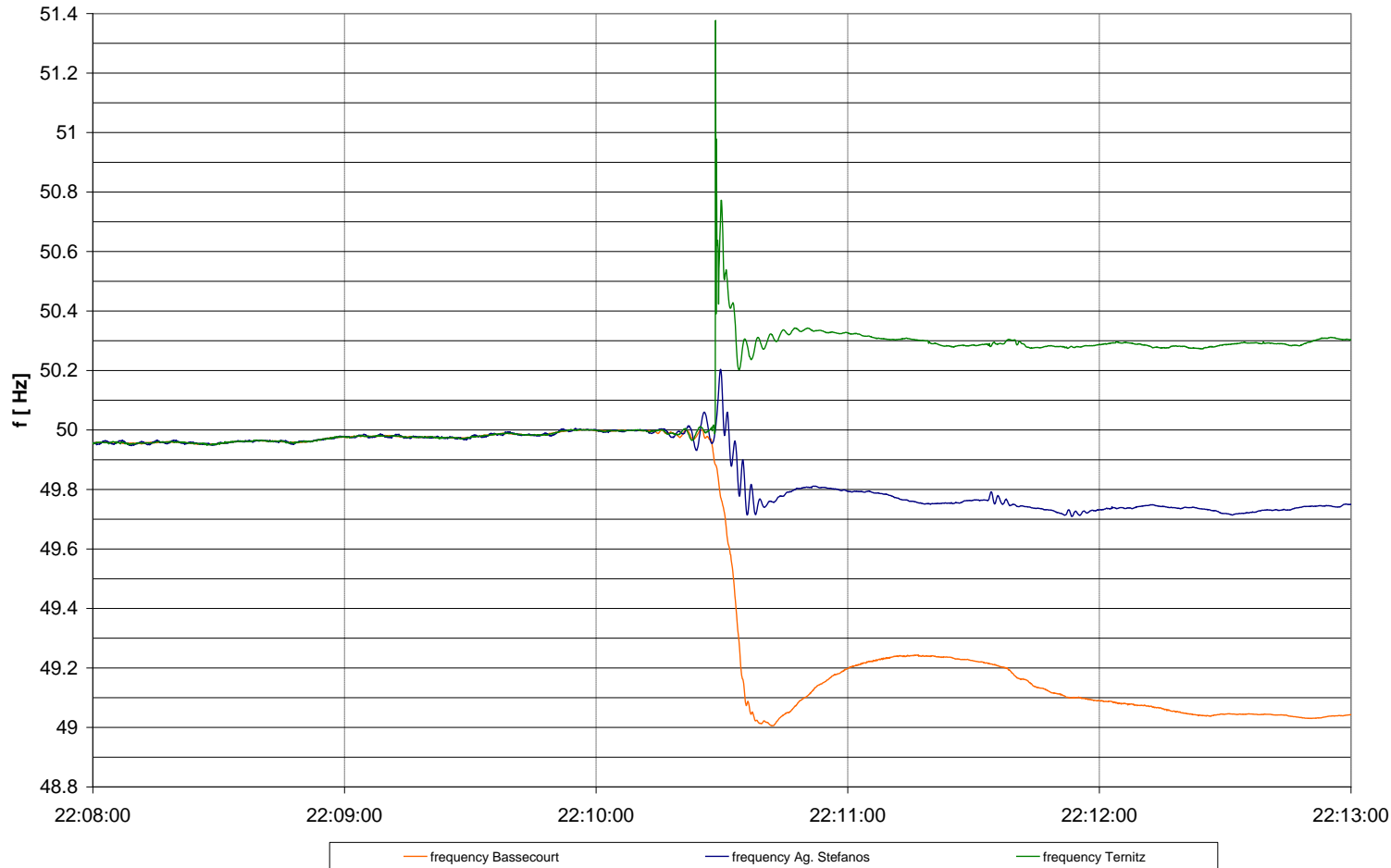
Blackout Itálie 28. září 2003



Frequency behaviour in Italy in the transitory period



Rozpad UCTE 4. listopadu 2006



Shrnutí

- Dynamickou stabilitu lze dělit na:
 - úhlovou,
 - frekvenční,
 - napěťovou.
- Je silně ovlivněna vlastnostmi, které nově připojované zdroje (s frekvenčními měniči) nemají
- Minulé poruchy ukázaly, že k mezi porušením dynamické stability a úplnou ztrátou napájení může být rozdíl jen několik minut



Vedeme elektřinu nejvyššího napětí

Martin Pistora

specialista oddělení Analýzy PS

ČEPS, a.s.

Elektrárenská 774/2

Praha 10

pistora@ceps.cz

www.ceps.cz



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ