

**Metodika ověření
souladu s požadavky RfG
pro výrobní moduly typu
B2 - simulace souladu**

Metodika ověření souladu s požadavky RfG pro výrobní moduly typu B2 a nesynchronně připojené výrobní jednotky¹⁾

2. fáze: Simulace souladu pro synchronní a nesynchronní výrobní moduly

Obsah

1	Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při nadfrekvenci	2
2	Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při podfrekvenci	8
3	Simulace schopnosti překlenout poruchu (FRT).....	13
4	Simulace obnovení činného výkonu po poruše.....	17
5	Simulace schopnosti dodávat jalový výkon.....	18
6	Simulace dodávky rychlého poruchového proudu	22
7	Simulace schopnosti zajišťovat umělou setrvačnost	26

¹⁾ Nesynchronně připojené výrobní jednotky (nesynchronní výrobní modul), které jsou sestaveny tak, že mají jen jedno místo připojení k DS, jsou posuzovány podle své souhrnné kapacity (součtu instalovaných výkonů).

Simulační model výrobního modulu musí adekvátně odrážet chování výrobního modulu při simulacích v ustáleném stavu i během přechodných jevů nebo při simulacích elektromagnetických přechodových jevů.

Modely musí v závislosti na existenci jednotlivých komponentů obsahovat následující dílčí modely:

- Alternátor a jeho pohon
- Regulace otáček a výkonu
- Regulace napětí, příp. vč. funkce systémového stabilizátoru a systému regulace buzení
- Modely ochrany VM podle dohody mezi příslušným provozovatelem soustavy a vlastníkem výrobní elektřiny
- Modely měničů u nesynchronních VM

1 Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při nadfrekvenci

- Cíl:

Prokázání schopnosti výrobního modulu pomocí simulace měnit činný výkon v závislosti na změnách frekvence v soustavě po aktivaci režimu LFSM-O při překročení prahové hodnoty frekvence. Při nadfrekvenci, kdy je změna frekvence Δf nad hodnotou pásma necitlivosti Δf_1 pro LFSM-O, musí výrobní modul měnit svůj činný výkon podle nastavené statiky dle uvedené regulační rovnice:

$$\frac{\Delta P}{P_{ref}} = 100 * \frac{|\Delta f| - |\Delta f_1|}{2_2 * f_n}$$

- Nastavitelnost parametrů:
 - prahová hodnoty frekvence v pásmu 50,2 – 50,5 Hz (plynule nebo po krocích maximálně 0,01 Hz)
 - statika S_2 v rozmezí 4 – 10 % (plynule nebo po krocích maximálně 1 %)
- Defaultní hodnoty parametrů pro připojení k soustavě:
 - prahová hodnota frekvence 50,2 Hz
 - statika $S_2 = 5 \%$

Simulační model výrobního modulu je ověřen porovnáním s výsledky zkoušky souladu odezvy VM v omezeném frekvenčně závislém režimu při nadfrekvenci dle kap. 1 metodiky zkoušek. Pro možné porovnání výsledků simulace s měřeními ze zkoušky souladu odezvy je nutné zachování odpovídající velikosti prováděných skokových a lineárních změn frekvence.

TEST 1 – odezva na skokovou změnu frekvence

- Pracovní stav simulačního modelu výrobního modulu:

Výchozí stav simulačního modelu pro simulaci musí odpovídat následujícímu stavu VM. Výrobní modul je připojen k soustavě a pracuje na příslušné hladině činného výkonu (P_{max} , případně jiné hladině výkonu specifikované certifikátorem, pokud nebyla stanovena provozovatelem DS). Provoz soustavy odpovídá běžnému stavu, napětí v místě připojení výrobního modulu k ES nastaveno na hodnotu 1 p.j. U_n . Simulace začíná z ustáleného stavu. Test se provádí při nastavené statice $S_2 = 5 \%$. Režim LFSM-O aktivní.

Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při nadfrekvenci

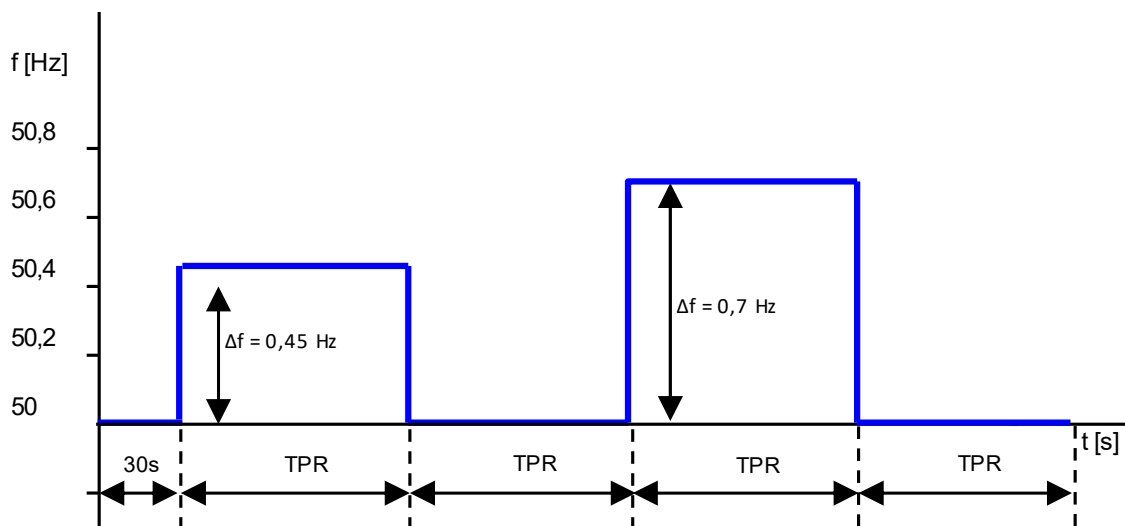
- Sledované veličiny:
 - P_{skut} [MW] - činný výkon
 - f [Hz] - simulovaná frekvence na vstupu do regulátoru
- Popis simulace:

Zaznamenává se časový průběh sledovaných veličin jako odezva na skokové změny simulované frekvence Δf na vstupu příslušného regulátoru simulačního modelu VM. Testovací signál je tvořen různě velkými skoky ve směru nadfrekvence. Velikost realizovaných skokových změn frekvence Δf je v rozsahu 0,45 Hz a 0,7 Hz a odpovídá pro nastavenou statiku $S_2 = 5\%$ se zohledněním pásma necitlivosti (prahová hodnota 50,2 Hz) proporcionální změně činného výkonu ΔP v rozsahu 10 % P_{max} a 20 % P_{max} .

Vlastní test se stává z následujících dvou simulací. Výchozí hladina výkonu pro provádění testu je jednak na horní hranici provozního regulačního pásma výrobního modulu odpovídající P_{max} a jednak na nižší výkonové hladině takové velikosti, při které je při definované maximální skokové změně frekvence dosaženo spodní hranice provozního regulačního pásma výrobního modulu P_{min} .

Z dané výchozí hladiny výkonu a výchozí hladiny frekvence 50 Hz se provede první skoková změna frekvence $\Delta f = +0,45$ Hz, po které následuje časová prodleva TPR určená pro ustálení odezvy činného výkonu ($1 \text{ min.} \leq \text{TPR} \leq 5 \text{ min.}$). Po uplynutí TPR je provedena skoková změna frekvence zpět na výchozí hladinu 50 Hz. Následně je po ustálení odezvy činného výkonu provedena stejným způsobem druhá skoková změna frekvence $\Delta f = +0,7$ Hz. Případně může být realizována i další větší skoková změna frekvence Δf . Každá následující skoková změna je tak prováděna až po ustálení odezvy P_{skut} po provedené předchozí skokové změně.

50 Hz \rightarrow 50,45 Hz \rightarrow 50 Hz \rightarrow 50,7 Hz \rightarrow 50 Hz ($\rightarrow \Delta f_{max} \rightarrow$ 50 Hz)



Obr. 1 Časový průběh simulovaných skokových změn frekvence

Při skokové změně nesmí dojít k omezení P_{skut} způsobením omezovačů.

Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při nadfrekvenci

- Vyhodnocení:

Před zahájením simulace se zaznamenají počáteční hodnoty ustáleného stavu sledovaných veličin. Vyhodnotí se časové průběhy sledovaných veličin.

Kritérium 1:

Počáteční prodleva (zpoždění) v časovém průběhu odezvy činného výkonu P_{skut} na skokovou změnu frekvence musí být co nejkratší $\Delta t_{lim} \leq 2$ s. Pokud je tato prodleva delší než 2 s, musí být zdůvodněna.

- a) Odezva činného výkonu P_{skut} na skokové změny frekvence nesmí mít kmitavý průběh, tj. nesmí docházet k netlumeným oscilacím P_{skut} . Kmitavým průběhem jsou netlumené kmity o velikosti amplitudy větší než 5 % P_{max} nebo více než 4 tlumené kmity, kdy 4. amplituda je větší než 5 % P_{max} .
- b) Odezva činného výkonu P_{skut} musí odpovídat velikosti změny frekvence (přes přepočítání změny frekvence na změnu výkonu) s tolerancí ± 5 % P_{max} . V těchto tolerančních mezích očekávané odezvy P_{set} se musí po ustálení nacházet průběh P_{skut} .

Testem se současně ověří následující očekávané časy odezvy výrobního modulu na skokové změny frekvence (dle doporučení ENTSO), které však nejsou určující pro celkové splnění požadavků testu.

Odpovídající velikosti odezvy činného výkonu na kladnou skokovou změnu frekvence musí být pro synchronní výrobní moduly dosaženo snížení výkonu v čase $\Delta t_{resp} \leq 10$ s, pro nesynchronní výrobní moduly (PPM) $\Delta t_{resp} \leq 4$ s. Jedná se o čas dosažení tolerančních mezí očekávané odezvy pro změnu výkonu $\Delta P \leq 20$ % P_{max} , který zahrnuje dovolenou počáteční prodlevu Δt_{lim} .

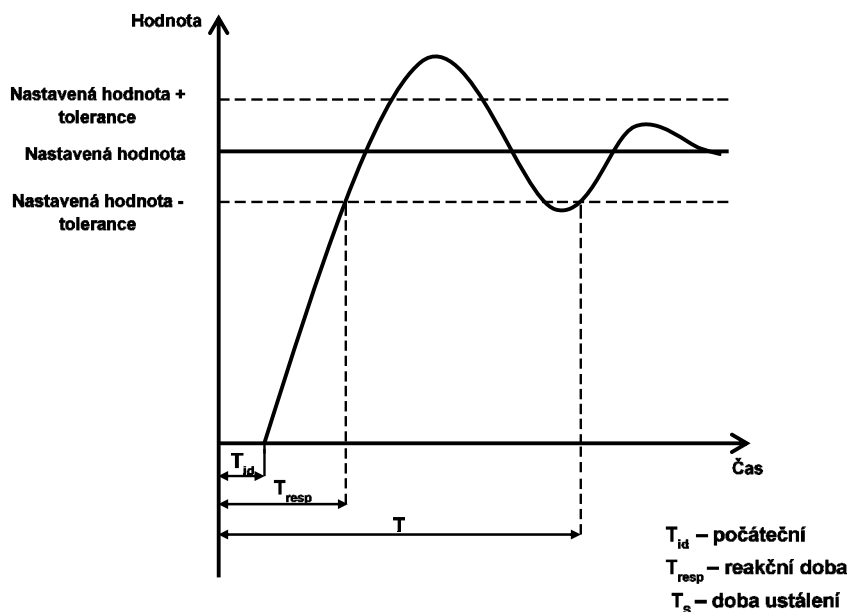
Ustálení odezvy činného výkonu na kladnou skokovou změnu frekvence musí být pro synchronní výrobní moduly dosaženo v čase $\Delta t_u \leq 30$ s, pro nesynchronní výrobní moduly (PPM) $\Delta t_u \leq 20$ s. Jedná se o čas ustálení odezvy činného výkonu v tolerančních mezích očekávané odezvy pro změnu výkonu $\Delta P \leq 20$ % P_{max} , který zahrnuje dovolenou počáteční prodlevu Δt_{lim} .

Odpovídající velikosti odezvy činného výkonu na zápornou skokovou změnu frekvence musí být pro synchronní výrobní moduly dosaženo zvýšení výkonu v čase $\Delta t_{resp} \leq 5$ min. pro změnu výkonu $\Delta P \leq 20$ % P_{max} , pro nesynchronní výrobní moduly (PPM) $\Delta t_{resp} \leq 12$ s pro změnu výkonu $\Delta P \leq 20$ % P_{max} . Jedná se o čas dosažení tolerančních mezí očekávané odezvy, který zahrnuje dovolenou počáteční prodlevu Δt_{lim} .

Ustálení odezvy činného výkonu na zápornou skokovou změnu frekvence musí být pro synchronní výrobní moduly dosaženo v čase $\Delta t_u \leq 6$ min., pro nesynchronní výrobní moduly (PPM) $\Delta t_u \leq 30$ s. Jedná se o čas ustálení odezvy činného výkonu v tolerančních mezích očekávané odezvy pro změnu výkonu $\Delta P \leq 20$ % P_{max} , který zahrnuje dovolenou počáteční prodlevu Δt_{lim} .

Pozn.: Ilustrativní znázornění časů použitých v hodnocení dynamických parametrů

Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při nadfrekvenci



TEST 2 – odezva na plynulou změnu frekvence

- Pracovní stav simulačního modelu výrobního modulu:

Výchozí stav simulačního modelu pro simulaci musí odpovídat následujícímu stavu VM. Výrobní modul je připojen k soustavě a pracuje na příslušné hladině činného výkonu (P_{max} , případně jiné hladině specifikované certifikátorem pokud nebyla stanovena provozovatelem DS). Provoz soustavy odpovídá běžnému stavu, napětí v místě připojení výrobního modulu k ES nastaveno na hodnotu 1 p.j. U_n . Simulace začíná z dostatečně ustáleného stavu. Test se provádí při nastavené statice $S_2 = 5\%$. Režim LFSM-O aktivní.

- Sledované veličiny:
 - P_{skut} [MW] - činný výkon
 - f [Hz] - simulovaná frekvence na vstupu do regulátoru
- Popis simulace:

Zaznamenává se časový průběh sledovaných veličin jako odezva na plynulou změnu simulované frekvence f na vstupu příslušného regulátoru simulačního modelu VM. Testovací signál je tvořen lineární kontinuální změnou frekvence (nadfrekvence), které odpovídá pro nastavenou statiku $S_2 = 5\%$ se zohledněním pásma necitlivosti (prahová hodnota 50,2 Hz) požadovaná změna činného výkonu výrobního modulu. Simulovaná změna frekvence (rampa) je realizována nastaveným trendem (0,02 Hz/s) směrem k hodnotě f_{max} , při které bude dosaženo spodní hranice provozního regulačního pásma výrobního modulu P_{min} . Plynulá změna frekvence může být nahrazena posloupností malých skokových změn frekvence.

Výchozí hladina výkonu pro provádění testu je na horní hranici provozního regulačního pásma výrobního modulu odpovídající P_{max} .

Z výchozí hladiny výkonu a výchozí hladiny frekvence 50 Hz se po uplynutí doby $T_{pred} = 30$ s začne s prováděním vzestupné lineární kontinuální změny frekvence nastaveným trendem až do hodnoty $f_{max} = 51,5$ Hz, resp.

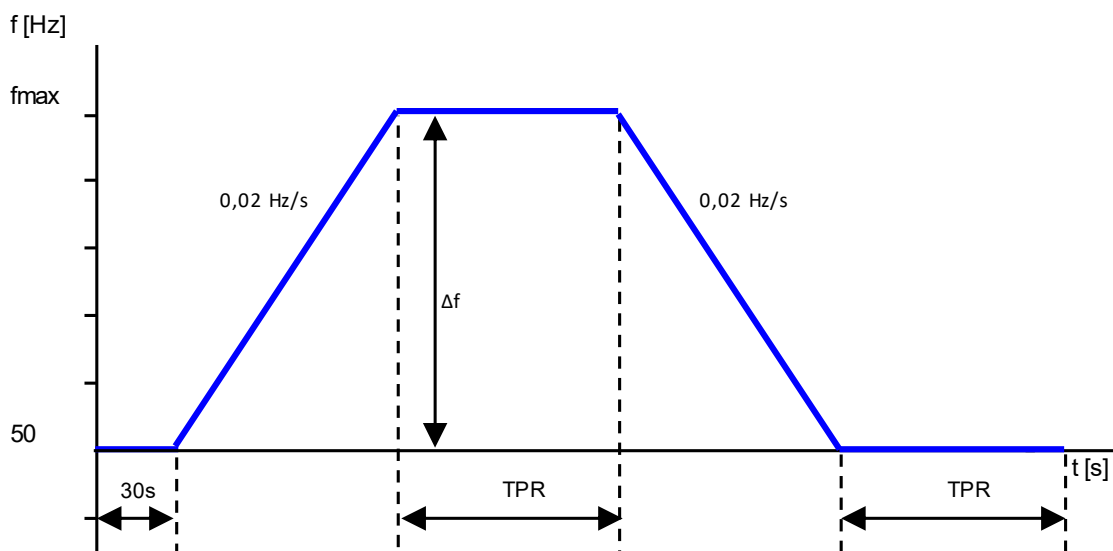
Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při nadfrekvenci

hodnoty frekvence odpovídající snížení výkonu na spodní hranici provozního regulačního pásma výrobního modulu P_{\min} . Po dosažení hodnoty f_{\max} , resp. P_{\min} následuje časová prodleva TPR určená pro ustálení odezvy činného výkonu (1 min. \leq TPR \leq 5 min.). Po uplynutí TPR je se simulovaná frekvence mění stejným způsobem zpět, dokud není dosaženo výchozí hladiny 50 Hz, po které následuje časová prodleva TPR určená pro ustálení odezvy činného výkonu (1 min. \leq TPR \leq 5 min.).

V případě, že výrobní modul nedosáhne popsáním způsobem P_{\min} vzhledem k omezení změny frekvence na $f_{\max} = 51,5$ Hz, provede se další test na takové výchozí hladině výkonu, aby při změně frekvence 51,5 Hz bylo dosaženo spodní hranice provozního regulačního pásma výrobního modulu P_{\min} .

V průběhu prováděné změny nesmí dojít k omezení P_{skut} způsobením omezovacích regulací.

50 Hz \rightarrow f_{\max} (51,5 Hz) \rightarrow 50 Hz



Obr. 2 Časový průběh simulované plynulé změny frekvence

- Vyhodnocení:

Před simulací se zaznamenají počáteční hodnoty ustáleného stavu sledovaných veličin. Vyhodnotí se časové průběhy sledovaných veličin.

Kritérium 2:

Z časového průběhu činného výkonu P_{skut} se ověří velikost pásma necitlivosti na vzestupnou změnu frekvence. Činný výkon se musí začít měnit odpovídajícím způsobem nejpozději do 2 s po překročení mezní frekvence 50,2 Hz. Pokud je tato prodleva $\Delta t_{\text{lim}} > 2$ s, musí být zdůvodněna.

- a) Z průběhu změny frekvence f a odpovídající změny P_{skut} se pro oba směry změny vypočte statika, která se nesmí lišit od nastavené hodnoty statiky o více než ± 15 %. Ze získaných bodů se pomocí lineární regrese „metodou nejmenších čtverců“ proloží regresní přímka a ze směrnice této přímky se vypočte statika.

Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při nadfrekvenci

- b) Po dosažení minimální regulační úrovně P_{\min} musí výrobní modul být schopný pokračovat v provozu na této úrovni výkonu minimálně po dobu TPR.

Výsledky testů simulace na simulačním modelu musí odpovídat výsledkům testů zkoušek realizovaných na výrobním modulu.

2 Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při podfrekvenci

- Cíl:

Prokázání technické schopnosti výrobního modulu pomocí simulace plynule měnit činný výkon v závislosti na změnách frekvence v soustavě po aktivaci režimu LFSM-U při překročení prahové hodnoty frekvence. Při podfrekvenci, kdy je změna frekvence Δf nad hodnotou pásma necitlivosti Δf_1 pro LFSM-U, musí výrobní modul měnit svůj činný výkon podle nastavené statiky dle uvedené regulační rovnice:

$$\frac{\Delta P}{P_{ref}} = 100 \cdot \frac{|\Delta f| - |\Delta f_1|}{s_2 \cdot f_n}$$

- Typ výrobního modulu: B2 (synchronní, nesynchronní)
- Nastavitelnost parametrů:
 - prahová hodnoty frekvence v pásmu 49,5 – 49,8 Hz (plynule nebo po krocích maximálně 0,01 Hz)
 - statika v rozmezí 4 – 10 % (plynule nebo po krocích maximálně 1 %)
- Defaultní hodnoty parametrů pro připojení k soustavě:
 - prahová hodnota frekvence 49,8 Hz
 - statika 5 %

Simulační model výrobního modulu je ověřen porovnáním s výsledky zkoušky souladu odezvy VM v omezeném frekvenčně závislém režimu při podfrekvenci dle kap. 2 metodiky zkoušek. Pro možné porovnání výsledků simulace s měřeními ze zkoušky souladu odezvy je nutné zachování odpovídající velikosti prováděných skokových a lineárních změn frekvence.

TEST 1 – odezva na skokovou změnu frekvence

- Pracovní stav simulačního modelu výrobního modulu:

Výchozí stav simulačního modelu pro simulaci musí odpovídat následujícímu stavu VM. Výrobní modul je připojen k soustavě a pracuje na příslušné hladině činného výkonu (P_{min} , případně jiné hladině výkonu specifikované certifikátorem, pokud nebylo stanoveno Provozovatelem DS). Provoz soustavy odpovídá běžnému stavu, napětí v místě připojení výrobního modulu k ES nastaveno na hodnotu 1 p.j. U_n . Simulace začíná z ustáleného stavu. Test se provádí při nastavené statice $S_2 = 5 \%$. Režim LFSM-U aktivní.

Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při podfrekvenci

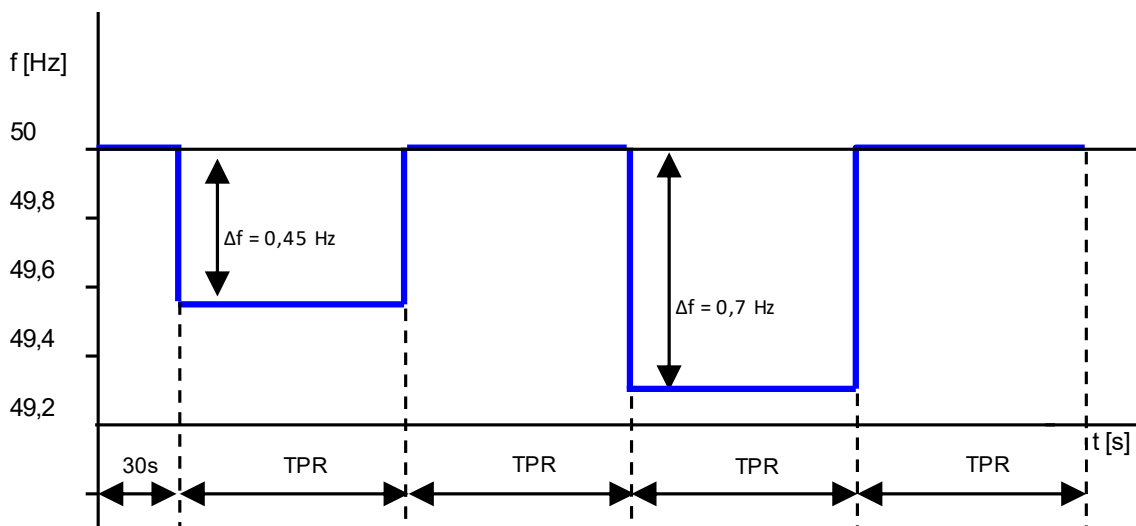
- Sledované veličiny:
 - P_{skut} [MW] - činný výkon
 - f [Hz] - simulovaná frekvence na vstupu do regulátoru
- Popis simulace:

Zaznamenává se časový průběh sledovaných veličin jako odezva na skokové změny simulované frekvence Δf na vstupu příslušného regulátoru simulačního modelu VM. Testovací signál je tvořen různě velkými skoky ve směru podfrekvence. Velikost realizovaných skokových změn frekvence Δf je v rozsahu 0,45 Hz a 0,7 Hz a odpovídá pro nastavenou statiku $S=5\%$ se zohledněním pásma necitlivosti (prahová hodnota 49,8 Hz) požadované proporcionální změně činného výkonu ΔP v rozsahu $10\% P_{max}$ a $20\% P_{max}$.

Vlastní test se stává z následujících dvou simulací. Výchozí hladina výkonu pro provádění testu je jednak na spodní hranici provozního regulačního pásma výrobního modulu odpovídající P_{min} a jednak na vyšší výkonové hladině takové velikosti, při které je při definované maximální skokové změně frekvence dosaženo horní hranice provozního regulačního pásma výrobního modulu P_{max} .

Z výchozí hladiny výkonu a výchozí hladiny frekvence 50 Hz se provede první skoková změna frekvence $\Delta f = -0,45$ Hz, po které následuje časová prodleva TPR určená pro ustálení odezvy činného výkonu (1 min. \leq TPR \leq 5 min.). Po uplynutí TPR je provedena skoková změna frekvence zpět na výchozí hladinu 50 Hz. Následně je po ustálení odezvy činného výkonu provedena stejným způsobem druhá skoková změna frekvence $\Delta f = -0,7$ Hz. Případně může být realizována i další větší skoková změna frekvence Δf . Každá následující skoková změna je tak prováděna až po ustálení odezvy P_{skut} po provedené předchozí skokové změně.

50 Hz \rightarrow 49,55 Hz \rightarrow 50 Hz \rightarrow 49,3 Hz \rightarrow 50 Hz ($\rightarrow \Delta f_{max} \rightarrow$ 50 Hz)



Obr. 3 Časový průběh simulovaných skokových změn frekvence

Při skokové změně nesmí dojít k omezení P_{skut} způsobením omezovačů.

- Vyhodnocení:

Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při podfrekvenci

Před simulací se zaznamenají počáteční hodnoty ustáleného stavu sledovaných veličin. Vyhodnotí se časové průběhy sledovaných veličin.

Kritérium 1:

Počáteční prodleva (zpoždění) v časovém průběhu odezvy činného výkonu P_{skut} na skokovou změnu frekvence musí být co nejkratší $\Delta t_{lim} \leq 2$ s. Pokud je tato prodleva delší než 2 s, musí být zdůvodněna.

- a) Odezva činného výkonu P_{skut} na skokové změny frekvence nesmí mít kmitavý průběh, tj. nesmí docházet k netlumeným oscilacím P_{skut} . Kmitavým průběhem jsou netlumené kmity o velikosti amplitudy větší než 5 % P_{max} nebo více než 4 tlumené kmity, kdy 4. amplituda je větší než 5 % P_{max} .
- b) Odezva činného výkonu P_{skut} musí odpovídat velikosti změny frekvence (přes přepočtení změny frekvence na změnu výkonu) s tolerancí ± 5 % P_{max} . V těchto tolerančních mezích očekávané odezvy P_{set} se musí po ustálení nacházet průběh P_{skut} .

Testem se současně ověří následující očekávané časy odezvy výrobního modulu na skokové změny frekvence (dle doporučení ENTSO), které však nejsou určující pro celkové splnění požadavků testu.

Odpovídající velikosti odezvy činného výkonu na zápornou skokovou změnu frekvence musí být pro synchronní výrobní moduly dosaženo zvýšení výkonu v čase $\Delta t_{resp} \leq 5$ min. pro změnu výkonu $\Delta P \leq 20$ % P_{max} , pro nesynchronní výrobní moduly (PPM) $\Delta t_{resp} \leq 12$ s pro změnu výkonu $\Delta P \leq 20$ % P_{max} . Jedná se o čas dosažení tolerančních mezí očekávané odezvy, který zahrnuje dovolenou počáteční prodlevu Δt_{lim} .

Ustálení odezvy činného výkonu na zápornou skokovou změnu frekvence musí být pro synchronní výrobní moduly dosaženo v čase $\Delta t_u \leq 6$ min., pro nesynchronní výrobní moduly (PPM) $\Delta t_u \leq 30$ s. Jedná se o čas ustálení odezvy činného výkonu v tolerančních mezích očekávané odezvy pro změnu výkonu $\Delta P \leq 20$ % P_{max} , který zahrnuje dovolenou počáteční prodlevu Δt_{lim} .

Odpovídající velikosti odezvy činného výkonu na kladnou skokovou změnu frekvence musí být pro synchronní výrobní moduly dosaženo snížení výkonu v čase $\Delta t_{resp} \leq 10$ s, pro nesynchronní výrobní moduly (PPM) $\Delta t_{resp} \leq 4$ s. Jedná se o čas dosažení tolerančních mezí očekávané odezvy pro změnu výkonu $\Delta P \leq 20$ % P_{max} , který zahrnuje dovolenou počáteční prodlevu Δt_{lim} .

Ustálení odezvy činného výkonu na kladnou skokovou změnu frekvence musí být pro synchronní výrobní moduly dosaženo v čase $\Delta t_u \leq 30$ s, pro nesynchronní výrobní moduly (PPM) $\Delta t_u \leq 20$ s. Jedná se o čas ustálení odezvy činného výkonu v tolerančních mezích očekávané odezvy pro změnu výkonu $\Delta P \leq 20$ % P_{max} , který zahrnuje dovolenou počáteční prodlevu Δt_{lim} .

TEST 2 – odezva na plynulou změnu frekvence

- Pracovní stav simulačního modelu výrobního modulu:

Výchozí stav simulačního modelu pro simulaci musí odpovídat následujícímu stavu VM. Výrobní modul je připojen k soustavě a pracuje na příslušné hladině činného výkonu odpovídající P_{min} (případně jiné hladině specifikované certifikátorem, pokud nebyla stanovena provozovatelem DS). Provoz soustavy odpovídá běžnému stavu. Simulace začíná z dostatečně ustáleného stavu, napětí v místě připojení výrobního modulu k ES nastaveno na hodnotu 1 p.j. U_n . Test se provádí při nastavené statice $S_2 = 5$ %. Režim LFSM-U aktivní.

Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při podfrekvenci

- Sledované veličiny:
 - P_{skut} [MW] - činný výkon
 - f [Hz] - simulovaná frekvence na vstupu do regulátoru
- Popis simulace:

Zaznamenává se časový průběh sledovaných veličin jako odezva na plynulou změnu simulované frekvence f na vstupu příslušného regulátoru simulačního modelu VM. Testovací signál je tvořen lineární kontinuální změnou frekvence (podfrekvence), které odpovídá pro nastavenou statiku $S2 = 5\%$ se zohledněním pásma necitlivosti (prahová hodnota 49,8 Hz) požadovaná změna činného výkonu výrobního modulu. Plynulá změna simulované frekvence (rampa) je realizována nastaveným trendem (0,02 Hz/s) směrem k hodnotě f_{min} , při které bude dosaženo horní hranice provozního regulačního pásma výrobního modulu P_{max} . Plynulá změna frekvence může být nahrazena posloupností malých skokových změn frekvence.

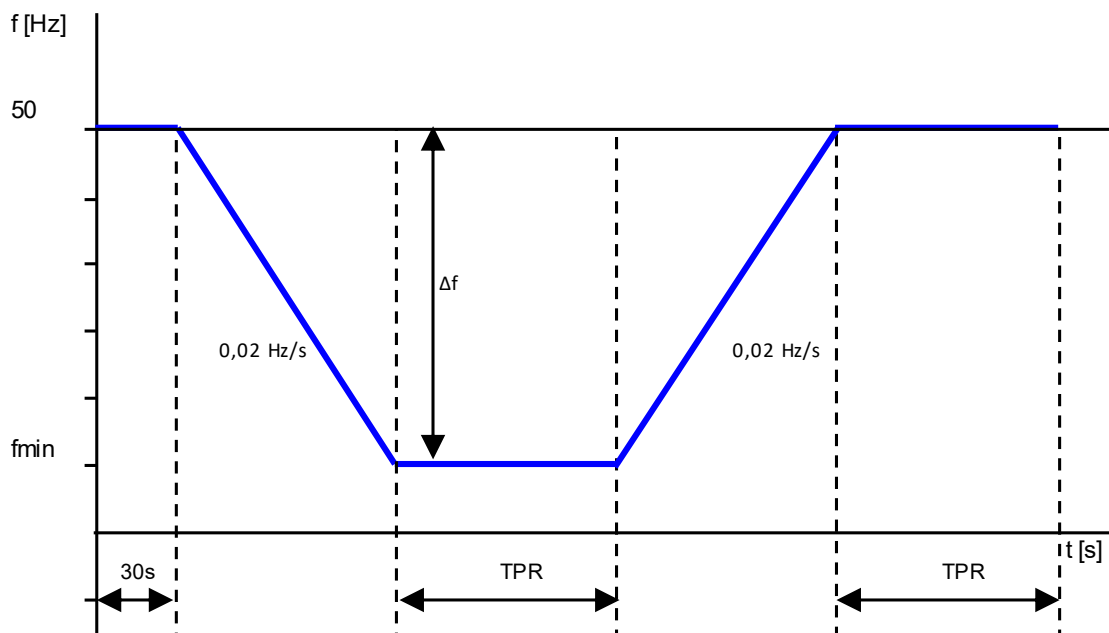
Výchozí hladina výkonu pro provádění testu je na spodní hranici provozního regulačního pásma výrobního modulu odpovídající P_{min} .

Z výchozí hladiny výkonu a výchozí hladiny frekvence 50 Hz se po uplynutí doby $T_{před} = 30$ s začne s prováděním sestupné lineární kontinuální změny frekvence nastaveným trendem do hodnoty $f_{min} = 48,5$ Hz, resp. hodnoty frekvence odpovídající zvýšení výkonu na horní hranici výkonu výrobního modulu P_{max} . Po dosažení hodnoty f_{min} , resp. P_{max} následuje časová prodleva TPR určená pro ustálení odezvy činného výkonu (1 min. \leq TPR \leq 5 min.). Po uplynutí TPR je se simulovaná frekvence mění stejným způsobem zpět dokud není dosaženo výchozí hladiny 50 Hz, po které následuje časová prodleva TPR určená pro ustálení odezvy činného výkonu (1 min. \leq TPR \leq 5 min.).

V případě, že výrobní modul nedosáhne popsáním způsobem P_{max} vzhledem k omezení změny frekvence na $f_{min} = 48,5$ Hz, provede se další test na takové výchozí hladině výkonu, aby při změně frekvence 48,5 Hz bylo dosaženo horní hranice provozního regulačního pásma výrobního modulu P_{max} .

Simulace odezvy v omezeném frekvenčně závislém režimu při podfrekvenci

50 Hz \rightarrow f_{\min} (48,5 Hz) \rightarrow 50 Hz



Obr. 4 Časový průběh simulované plynulé změny frekvence

V průběhu prováděné změny nesmí dojít k omezení P_{skut} způsobením omezovačů.

Vyhodnocení:

Před simulací se zaznamenají počáteční hodnoty ustáleného stavu sledovaných veličin. Vyhodnotí se časové průběhy sledovaných veličin.

Kritérium 2:

Z časového průběhu činného výkonu P_{skut} se ověří velikost pásma necitlivosti na vzestupnou změnu frekvence. Činný výkon se musí začít měnit odpovídajícím způsobem nejpozději do 2 s po podkročení mezní frekvence 49,8 Hz. Pokud je tato prodleva $\Delta t_{\text{lim}} > 2$ s, musí být zdůvodněna.

- Z průběhu změny frekvence f a odpovídající změny P_{skut} se pro oba směry změny vypočte statika, která se nesmí lišit od nastavené hodnoty statiky o více než $\pm 15\%$. Ze získaných bodů se pomocí lineární regrese „metodou nejmenších čtverců“ proloží regresní přímka a ze směrnice této přímky se vypočte statika.
- Po dosažení maximální regulační úrovně P_{max} musí výrobní modul být schopný pokračovat v provozu na této úrovni minimálně po dobu TPR.

Výsledky testů simulace na simulačním modelu musí odpovídat výsledkům testů zkoušek realizovaných na výrobním modulu.

3 Simulace schopnosti překlenout poruchu (FRT)

- Cíl:

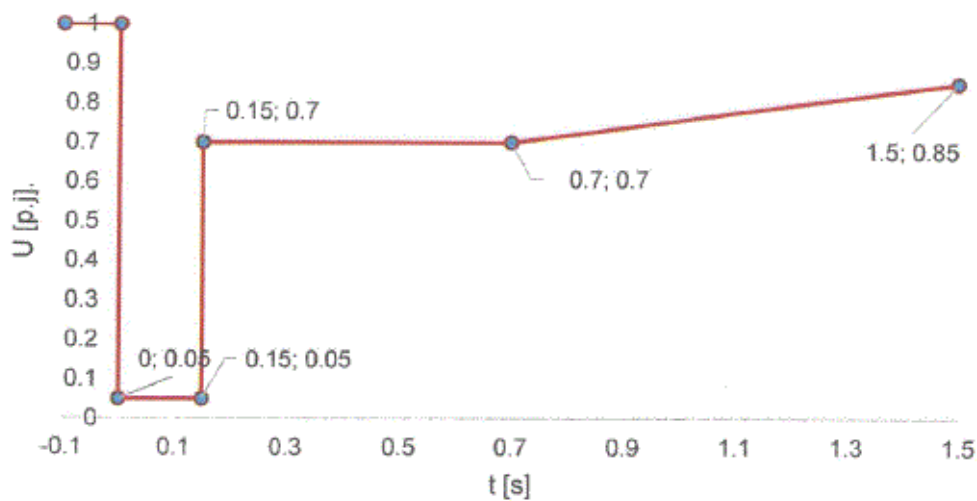
Prokázání schopnosti výrobního modulu překlenout poruchu v soustavě pomocí simulace. Výrobní modul musí být schopen zůstat připojen k soustavě a pokračovat ve stabilním provozu poté, co byla elektrizační soustava narušena v důsledku ochranami zajištěných poruch.

- Parametry:

Synchronní výrobní modul B2 musí zůstat připojen k ES v případě poklesu napětí k hodnotám definovaných FRT křivkou pro jednotlivé kategorie synchronních VM. Křivka FRT vyjadřuje dolní limit skutečného průběhu sdružených napětí před poruchou, během poruchy a po poruše na napěťové hladině v místě připojení během poruchy jako funkci času.

- Parametry FRT křivky dle Obr. 5 pro VM B2

t [s]	U [p.j.]
0 - 0,15	0,05
0,15	0,7
0,15 – 0,7	0,7
1,5	0,85



Obr. 5 Časový průběh napětí v místě připojení za podmínek poruchy pro synchronní VM B2 (FRT křivka)

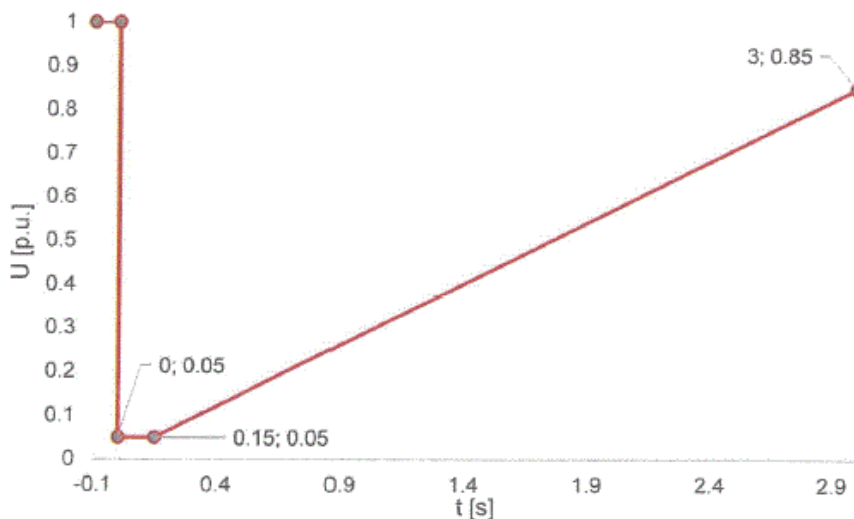
Nesynchronní výrobní modul B2 musí zůstat připojen k ES v případě poklesu napětí k hodnotám definovaných FRT křivkou pro jednotlivé kategorie synchronních VM. Křivka FRT vyjadřuje dolní limit skutečného průběhu sdružených napětí před poruchou, během poruchy a po poruše na napěťové hladině v místě připojení během poruchy jako funkci času.

Simulace schopnosti překlenout poruchu (FRT)

t [s]	U [p.j.]
0 - 0.15	0.3
0.15	0.7
0.15 - 0.7	0.7
1.5	0.85

- Parametry FRT křivky dle Obr. 6

t [s]	U [p.j.]
0 - 0,15	0,05
3	0,85



Obr. 6 Časový průběh napětí v místě připojení za podmínek poruchy pro nesynchronní VM B2 (FRT křivka)

V případě nesymetrických poruch platí stejné časové průběhy napětí (FRT křivky) v místě připojení za podmínek poruchy jako v případě symetrických poruch.

TEST 1 – simulace napětí dle FRT křivky

- Pracovní stav simulačního modelu výrobního modulu v místě připojení:

Výchozí stav simulačního modelu pro simulaci musí odpovídat následujícímu stavu VM. Výrobní modul je připojen k soustavě a pracuje ve stanoveném pracovním bodě před poruchou dle P-Q diagramu, tj. na jedné z definovaných hladin činného výkonu (P_{max} , P_{min} a $P_{stř}$, příp. jiné hladině výkonu specifikované certifikátorem, pokud nebyla stanovena provozovatelem DS) a na jedné z definovaných hodnot jalového výkonu v oblasti podbuzení a přebuzení (Q_{min} , Q_{max} a 0 MVar, příp. jiné hodnotě specifikované certifikátorem, pokud nebyla stanovena provozovatelem DS). Provoz soustavy odpovídá běžnému stavu před simulovanou poruchou, napětí v místě připojení výrobního modulu k ES nastaveno na hodnotu 1 p.j. U_n .

Simulace schopnosti překlenout poruchu (FRT)

Simulace se začíná z ustáleného stavu. Test se provádí simulací změny hodnoty napětí v místě připojení dle příslušné FRT křivky s návratem na výchozí hodnotu napětí.

- Sledované veličiny:
 - P_{skut} [MW] - činný výkon VM
 - Q_{skut} [MVar] – jalový výkon v místě připojení VM k ES
 - U_p [kV] – napětí v místě připojení VM k ES
- Popis simulace:

Zaznamenává se časový průběh sledovaných veličin jako odezva na definovanou postupnou simulovanou změnu napětí v místě připojení VM k ES na vstupu příslušného regulátoru simulačního modelu VM. Testovací signál je tvořen posloupností změn napětí dle parametrů příslušné FRT křivky.

Výchozí hladina napětí v místě připojení VM pro provádění testu vztažená k referenčnímu napětí je na hodnotě odpovídající 1 p.j. U_n . Vlastní simulace napětí se provádí na níže specifikovaných výkonových hladinách P_{max} , P_{min} , $P_{stř}$ v místě připojení. Na uvedených hladinách činného výkonu se simulace provádí vždy pro stanovené hodnoty jalového výkonu v oblasti podbuzení a přebuzení (co nejbliže krajním hodnotám Q_{min} , Q_{max} a při 0 MVar).

Výchozí hladiny činného výkonu pro provádění testu:

- Synchronní výrobní modul:
 - P_{max} (maximální kapacita)
 - P_{min} (minimální regulační úroveň)
 - $P_{stř}$ (pracovní bod činného výkonu mezi P_{max} a P_{min})
- Nesynchronní výrobní modul:
 - P_{max} (nad 60 % P_{max})
 - P_{min} (10-20 % P_{max})
 - $P_{stř}$ (30-50 % P_{max})

Konkrétní hodnoty činného a jalového výkonu pro simulaci budou stanoveny dle požadavků provozovatele DS.

Z výchozí hodnoty napětí se dle parametrů příslušné FRT křivky mění napětí v místě připojení. Po dosažení hodnoty napětí $0,85 U_n$ se ponechá časová prodleva (TPR ≥ 1 min.) pro obnovení hodnoty činného výkonu. Následně se postupnými kroky (max. 5 % U_n) s časovými prodlevami o velikosti TPR vrátí napětí zpět na výchozí hodnotu 1 p.j. U_n .

Simulace schopnosti překlenout poruchu (FRT)

- Vyhodnocení:

Před simulací se zaznamenají počáteční hodnoty ustáleného stavu sledovaných veličin. Vyhodnotí se časové průběhy sledovaných veličin.

Kritérium 1:

- a) Výrobní modul se nesmí odpojit od soustavy v případě poklesu napětí definované příslušnou FRT křivkou (dle dané kategorie VM) a musí nadále stabilně pracovat.

4 Simulace obnovení činného výkonu po poruše

- Cíl:

Prokázání schopnosti výrobního modulu obnovit činný výkon po poruše v soustavě, která nevedla k odpojení výrobního modulu od ES.

- Parametry:
 - Přípustná doba dosažení původní hodnoty činného výkonu od vzniku poruchy do 3 s pro synchronní VM, do 1 s pro nesynchronní VM

TEST 1 – simulace poruchy v soustavě

Test realizován za podmínek poruchy, která nevedla k odpojení výrobního modulu od ES.

Simulace poruchy v soustavě je realizována na simulačním modelu výrobního modulu dle podmínek uvedených v kap. 4 v rámci testů pro ověření schopnosti překlenout poruchu (simulace napětí dle příslušné FRT křivky pro stanovené pracovní body P-Q diagramu VM). Neprovádí se tedy žádné nové testy.

- Sledované veličiny:
 - P_{skut} [MW] - činný výkon VM
 - Q_{skut} [MVar] - jalový výkon v místě připojení VM k ES
 - U_p [kV] – napětí v místě připojení VM k ES
- Vyhodnocení:

Vyhodnocení je provedeno na základě testů provedených v rámci ověření schopnosti VM překlenout poruchu viz. kap. 4.

Před simulací se zaznamenají počáteční hodnoty ustáleného stavu sledovaných veličin. Vyhodnotí se časové průběhy sledovaných veličin.

Kritérium 1:

- a) Synchronní výrobní modul musí obnovit činný výkon do 3 s od vzniku poruchy na původní hodnotu P_{skut} před poruchou s dovolenou odchylkou $\pm 5\%$.
- b) Nesynchronní výrobní modul musí obnovit činný výkon do 1 s po dosažení $85\% U_n$ na původní hodnotu P_{skut} před poruchou (nebo na maximální hodnotu s ohledem na dostupný zdroj energie) s dovolenou odchylkou $\pm 5\%$. Pokud výrobní modul během poruchy dodává prioritně jalový výkon, musí se činný výkon obnovit do 1 s po dosažení $95\% U_n$ na původní hodnotu P_{skut} před poruchou s dovolenou odchylkou $\pm 5\%$ (obnova činného výkonu je v tomto případě zahájena až po dosažení $95\% U_n$).

5 Simulace schopnosti dodávat jalový výkon

- Cíl

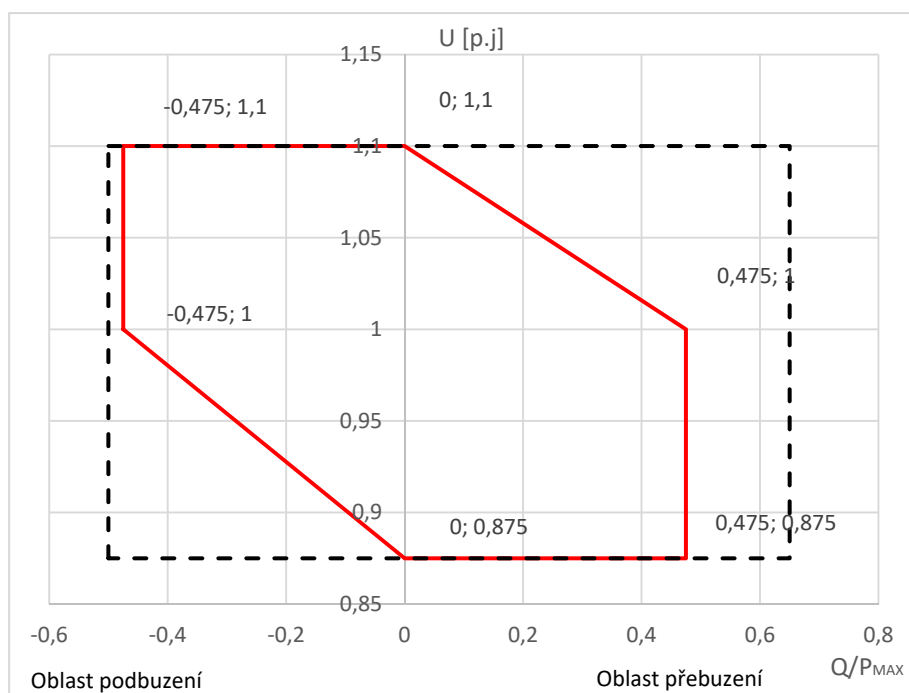
Prokázání schopnosti výrobního modulu pomocí simulace dodávat jalový výkon v požadovaném rozsahu při různém napětí při maximálním dodávaném činném výkonu (P_{max}) a při dodávce P nižší než P_{max} .

Schopnost dodávat jalový výkon platí v místě připojení výrobního modulu k ES.

- Parametry:

Synchronní výrobní modul B2 musí být schopen pracovat při maximálním dodávaném činném výkonu v rámci níže stanoveného diagramu:

- maximální rozsah $Q/P_{max} = 0,95 (\pm 0,475)$
- maximální rozsah napěťové hladiny v ustáleném stavu $U = 0,225$ p.j. ($0,875 \div 1,1$)



Obr. 7 Diagram dodávky jalového výkonu při maximální dodávce činného výkonu pro synchronní výrobní moduly

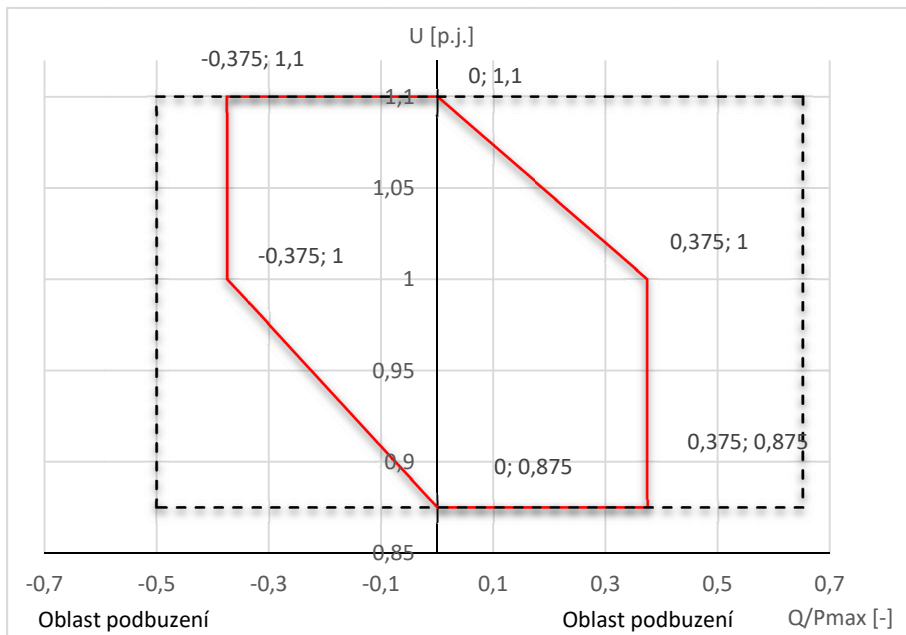
Pro provoz VM na nižším činném výkonu na výstupu, který je nižší než maximální kapacita ($P < P_{max}$), musí být VM schopen provozu na kterémkoliv možném pracovním bodu v provozním diagramu P-Q alternátoru synchronního VM, přinejmenším do dosažení minimální úrovně stabilního provozu.

Nesynchronní výrobní modul B2 musí být schopen pracovat při maximálním dodávaném činném výkonu v rámci níže stanoveného diagramu:

- maximální rozsah $Q/P_{max} = 0,75 (\pm 0,375)$

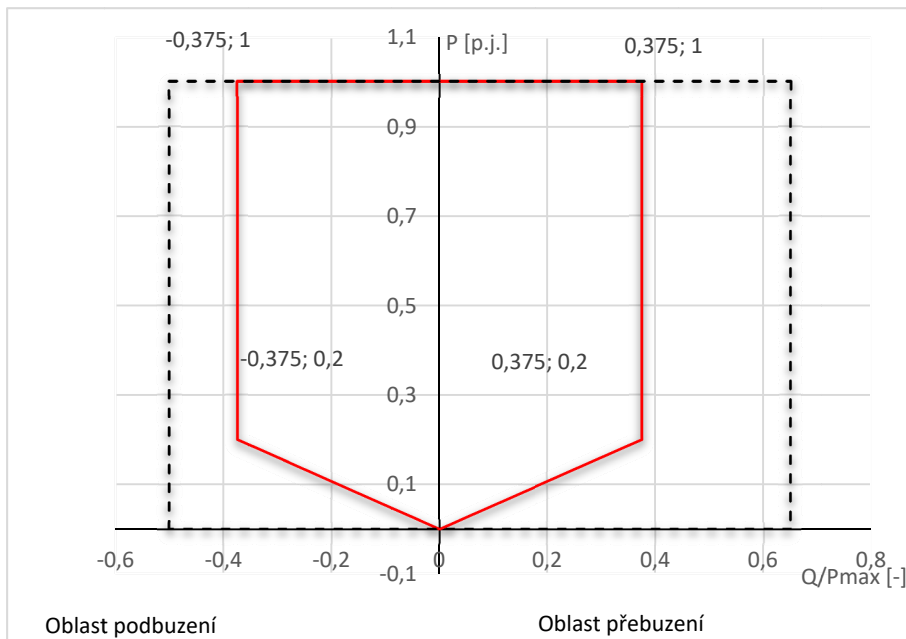
Simulace schopnosti dodávat jalový výkon

- maximální rozsah napěťové hladiny v ustáleném stavu $U = 0,225 \text{ p.j. } (0,875 \div 1,1)$



Obr. 8 Diagram dodávky jalového výkonu při maximální dodávce činného výkonu pro nesynchronní VM

Pro provoz VM na nižším činném výkonu na výstupu, který je nižší než maximální kapacita ($P < P_{\max}$), musí být VM schopen provozu v rámci diagramu níže.



Obr. 9 Diagram dodávky jalového výkonu při nižší než maximální dodávce činného výkonu pro nesynchronní VM

Simulace schopnosti dodávat jalový výkon

Simulační model výrobního modulu je ověřen porovnáním s výsledky zkoušky souladu pro schopnost dodávat jalový výkon dle kap. 5 metodiky zkoušek. Pro možné porovnání výsledků simulace s měřeními ze zkoušky je třeba ověřit při stejných hodnotách činného výkonu a napětí v místě připojení.

TEST 1 – dosažení stanovených mezí Q

- Pracovní stav simulačního modelu výrobního modulu v místě připojení:

Výchozí stav simulačního modelu pro simulaci musí odpovídat následujícímu stavu VM. Výrobní modul je připojen k soustavě a pracuje na jedné z definovaných hladin činného výkonu (P_{max} , P_{min} a $P_{stř}$, příp. jiné hladině výkonu specifikované certifikátorem, pokud nebylo stanoveno provozovatelem DS). Provoz soustavy odpovídá běžnému stavu, napětí v místě připojení výrobního modulu k ES nastaveno na jednu z hodnot rozsahu napětí ($0,875 U_n$, $1 U_n$ a $1,1 U_n$, příp. jiné hladině napětí specifikované certifikátorem, pokud nebylo stanoveno provozovatelem DS).

Simulace začíná z ustáleného stavu. Test se provádí plynulou změnou hodnoty jalového výkonu výrobního modulu v požadovaném směru.

- Sledované veličiny:
 - P_{skut} [MW] - činný výkon VM
 - Q_{skut} [MVar] – jalový výkon v místě připojení VM k ES
 - U_p [kV] – napětí v místě připojení VM k ES
- Popis simulace:

Zaznamenává se časový průběh sledovaných veličin. Vlastní simulace se provádí na níže specifikovaných výkonových hladinách P_{max} , P_{min} , $P_{stř}$. Na uvedených hladinách činného výkonu se měření provádí na hladinách napětí v místě připojení výrobního modulu k ES: $0,875 U_n$, $1 U_n$, $1,1 U_n$ a rovněž na hladinách napětí dosažených dle provozních podmínek při reálném měření na VM v rámci zkoušek souladu.

Výchozí hladiny výkonu pro provádění testu:

- Synchronní VM:
 - P_{max} (maximální kapacita)
 - P_{min} (minimální regulační úroveň)
 - $P_{stř}$ (pracovní bod činného výkonu mezi P_{max} a P_{min})
- Nesynchronní VM:
 - P_{max} (nad 60 % P_{max})
 - P_{min} (10-20 % P_{max})
 - $P_{stř}$ (30-50 % P_{max})

Simulace schopnosti dodávat jalový výkon

Konkrétní hodnoty činného výkonu pro simulaci budou stanoveny na základě reálného měření na VM v rámci zkoušek souladu.

Vlastní simulace probíhá tak, že se na dané hladině činného výkonu a daném napětí provádí plynulá změna jalového výkonu VM v příslušném směru pro oblast podbuzení a přebuzení, dokud není dosaženo mezních hodnot rozsahu jalového výkonu stanovených dle výše uvedených diagramů. Výrobní modul musí být schopen při tomto mezním jalovém výkonu trvale pracovat.

- Vyhodnocení:

Zaznamenají se hodnoty dosažených mezních jalových výkonů v oblasti přebuzení a podbuzení při daných hodnotách P a U_p . Vyhodnotí se časové průběhy sledovaných veličin.

Kritérium 1:

- a) Výrobní modul musí být schopen dodávat induktivní (v podbuzení) a kapacitní (v přebuzení) jalový výkon o velikosti mezi stanovené obalové křivky $U-Q/P_{\max}$ (dle příslušného diagramu).
- b) Výrobní modul musí být schopen v přiměřených lhůtách přejít do kteréhokoliv pracovního bodu v rámci stanoveného profilu obalové křivky $U-Q/P_{\max}$ (dle příslušného diagramu).

Výsledky testů simulace na simulačním modelu musí odpovídat výsledkům testů zkoušek realizovaných na výrobním modulu.

6 Simulace dodávky rychlého poruchového proudu

- Cíl:

Prokázání schopnosti nesynchronního výrobního modulu dodávat rychlý poruchový proud jalového charakteru v případě symetrických (třífázových) poruch soustavě (při podpětí, resp. přepětí). Nesynchronní výrobní modul musí být schopen aktivovat dodávku rychlého poruchového proudu a to buď:

- zajištěním rychlého poruchového proudu v místě připojení, nebo
- měřením odchylek napětí na svorkách jednotlivých bloků nesynchronního VM a dodáním rychlého poruchového proudu na svorky těchto bloků.

Poruchový proud je charakterizován vztahem: $D_i = k \cdot D_u$

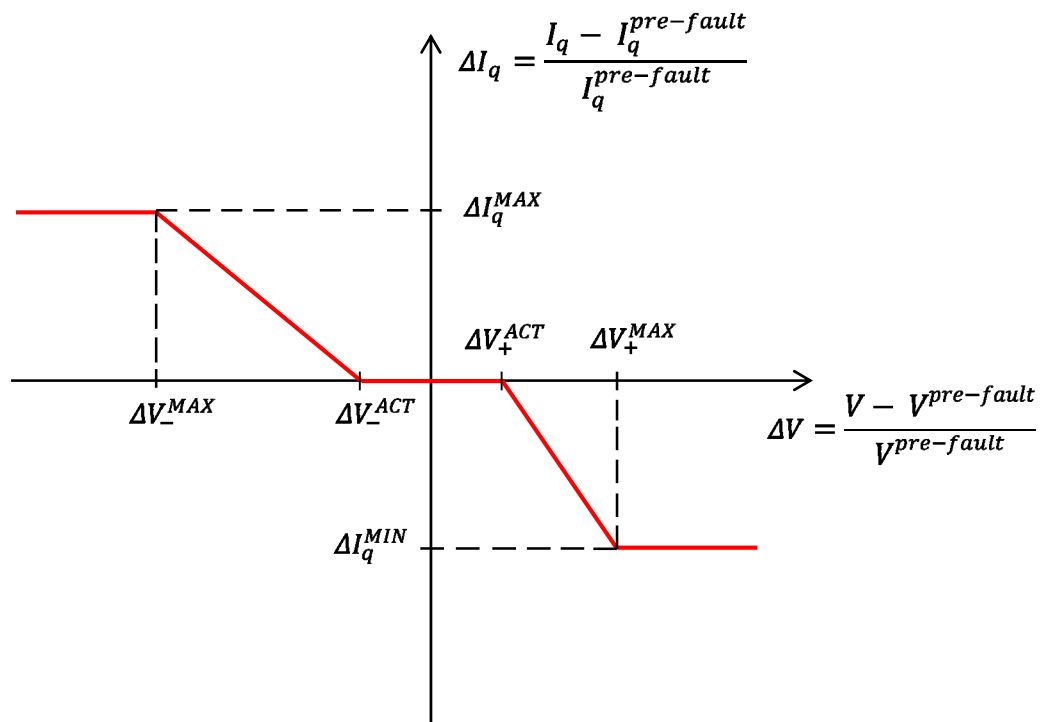
- D_i - příspěvek okamžité hodnoty proudu [%]
- k - koeficient, vyjadřující dosah proudu jalového charakteru (závislý především na U_k transformátoru)
- D_u - odchylka napětí od jmenovité hodnoty [%]

- Parametry:

- Identifikace poruchy: sdružené napětí $U < 0,9 U_n$ nebo $U > 1,1 U_n$
- Konec poruchy: $0,9 U_n < U < 1,1 U_n$
- Koeficient: $2 \leq k \leq 6$

Simulace dodávky rychlého poruchového proudu

Pozn.: Ilustrativní závislosti dodávky rychlého poruchového proudu na změně napětí



TEST 1 – odezva na skokovou změnu napětí

- Pracovní stav simulačního modelu výrobního modulu v místě připojení:

Výchozí stav simulačního modelu pro simulaci musí odpovídat následujícímu stavu VM. Výrobní modul je připojen k soustavě a pracuje ve stanoveném pracovním bodě před poruchou dle P-Q diagramu, tj. na jedné z definovaných hladin činného výkonu (P_{max} , P_{min} a $P_{stř}$, příp. jiné hladině výkonu specifikované certifikátorem, pokud nebylo stanoveno provozovatelem DS) a na jedné z definovaných hodnot jalového výkonu v oblasti podbuzení a přebuzení (Q_{min} , Q_{max} , příp. jiné hodnotě specifikované certifikátorem, pokud nebylo stanoveno provozovatelem DS). Provoz soustavy odpovídá běžnému stavu před simulovanou poruchou, napětí v místě připojení výrobního modulu k ES nastaveno na hodnotu 1 p.j. U_n . Koeficient „k“ nastaven na hodnotu odpovídající charakteru skutečnému připojení VM k soustavě.

Simulace se začíná z ustáleného stavu. Test se provádí simulací poruchy na základě změny hodnoty napětí v místě připojení s návratem na výchozí hodnotu napětí.

- Sledované veličiny:
 - P_{skut} [MW] - činný výkon VM
 - Q_{skut} [MVar] – jalový výkon v místě připojení VM k ES
 - U_p [kV] – napětí v místě připojení VM k ES
 - I_p [A] – proud v místě připojení VM k ES

Simulace dodávky rychlého poruchového proudu

- příp. U_{sv} [kV] – napětí na svorkách jednotlivých bloků VM
 - příp. I_{sv} [A] – proud na svorkách jednotlivých bloků VM
- Popis simulace:

Zaznamenává se časový průběh sledovaných veličin jako odezva na definovanou simulovanou změnu napětí v místě připojení VM k ES (resp. na svorkách jednotl. bloků VM) na vstupu příslušného regulátoru simulačního modelu VM. Testovací signál je tvořen skokovou změnou napětí ve směru jeho snížení (příp. i zvýšení) z výchozí hodnoty o velikost potřebnou k identifikaci poruchy ($D_u = 15\%$).

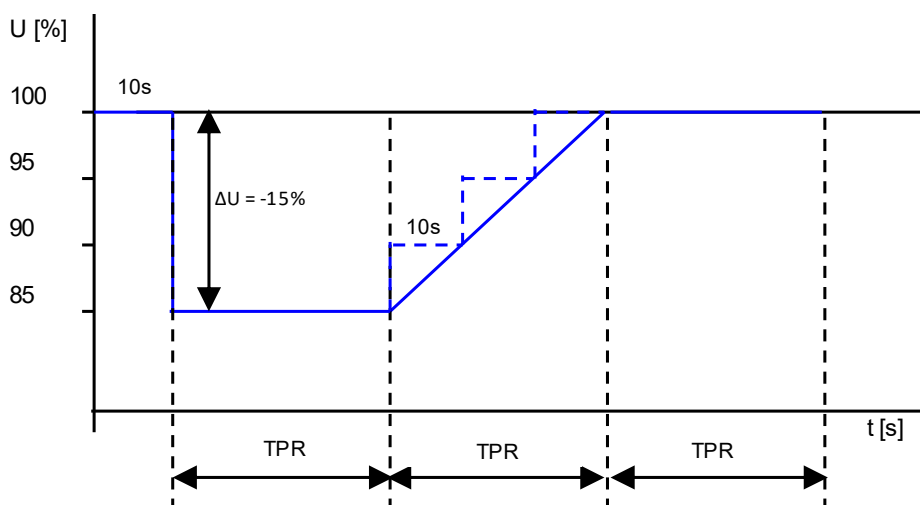
Výchozí hladina napětí v místě připojení VM pro provádění testu vztažená k referenčnímu napětí je na hodnotě odpovídající 1 p.j. U_n . Vlastní simulace napětí se provádí na níže specifikovaných výkonových hladinách P_{max} , P_{min} , $P_{stř}$ v místě připojení. Na uvedených hladinách činného výkonu se simulace provádí vždy pro stanovené hodnoty jalového výkonu v oblasti podbuzení a přebuzení (co nejlépe krajním hodnotám Q_{min} , Q_{max}).

Výchozí hladiny činného výkonu pro provádění testu:

- Nesynchronní výrobní modul:
 - P_{max} (nad 60 % P_{max})
 - P_{min} (10-20 % P_{max})
 - $P_{stř}$ (30-50 % P_{max})

Konkrétní hodnoty činného a jalového výkonu pro simulaci budou stanoveny dle požadavků provozovatele DS.

Z výchozí hladiny napětí se provede skoková změna napětí na hodnotu $0,85 U_n$ ($D_u = -15\%$), po které následuje časová prodleva TPR určená pro ustálení odezvy ($10\text{ s} \leq \text{TPR} \leq 30\text{ s}$). Po uplynutí TPR následuje postupná změna napětí zpět na výchozí hodnotu, která může být realizována jako plynulá změna nebo jako posloupnost malých skokových změn napětí (s krokem $\leq 5\%$). Následně lze z výchozí hladiny napětí provést stejným způsobem skokovou změnu napětí opačným směrem na hodnotu $1,15 U_n$ ($D_u = +15\%$).



Obr. 10 Časový průběh simulované změny napětí

Simulace dodávky rychlého poruchového proudu

- Vyhodnocení:

Před měřením se zaznamenají počáteční hodnoty ustáleného stavu měřených veličin. Vyhodnotí se časové průběhy měřených veličin.

Kritérium 1:

- a) VM musí být schopen v případě poruchy (od detekce podpětí/přepětí) aktivovat dodávku/absorbci rychlého poruchového proudu o velikosti odpovídající napětí (dle hodnoty koeficientu k) jako důsledek provedené skokové změny napětí do doby $t_1 \leq 30$ ms a jeho ustálení musí být dosaženo do doby $t_2 \leq 60$ ms s tolerancí $\pm 5\%$.

VM musí být schopen funkci rychlého poruchového proudu deaktivovat při návratu napětí do mezí $0,9 U_n < U < 1,1 U_n$.

Pozn.: Parametry přesnosti dodávky rychlého poruchového proudu nejsou definovány.

7 Simulace schopnosti zajišťovat umělou setrvačnost

- Cíl:

Prokázání schopnosti výrobního modulu zajišťovat umělou setrvačnost v případě velmi rychlých odchylek frekvence v soustavě. Schopnost nesynchronního VM nahradit účinek setrvačnosti synchronního VM na stanovenou úroveň výkonu.

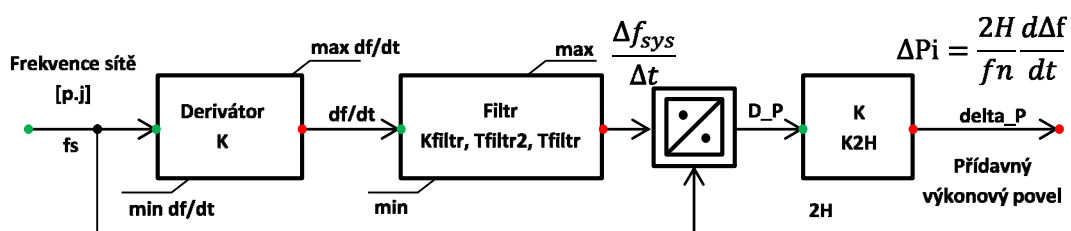
Změna činného výkonu pro umělou setrvačnost:

$$\Delta P_i = \frac{2H}{f_n} \frac{d\Delta f}{dt}$$

kde

- ΔP_i je změna činného výkonu pro umělou setrvačnost [%]
- f_n je jmenovitá frekvence v soustavě (50 Hz)
- H je setrvačnost [s]
- $d\Delta f/dt$ je rychlost změny odchylky frekvence v soustavě [Hz/s]
- Typ výrobního modulu: B2 (nesynchronní)
- Nastavitelnost parametrů:
 - Setrvačnost H v rozmezí 2 – 6 s (plynule nebo po krocích maximálně 1 s)

Příklad regulačního schématu jednoho z možných funkčních principů realizace umělé setrvačnosti



TEST 1 – odezva na změnu frekvence definované rychlosti

- Pracovní stav simulačního modelu výrobního modulu:

Výchozí stav simulačního modelu pro simulaci musí odpovídat následujícímu stavu VM. Výrobní modul je připojen k soustavě a pracuje na jedné z definovaných hladin činného výkonu (P_{max} a P_{min} , případně jiné hladině

Simulace schopnosti zajišťovat umělou setrvačnost

výkonu specifikované certifikátorem, pokud nebylo stanoveno Provozovatelem DS). Provoz soustavy odpovídá běžnému stavu, napětí v místě připojení výrobního modulu k ES nastaveno na hodnotu 1 p.j. U_n . Simulace se začíná z ustáleného stavu. Test se provádí pro různá nastavení velikosti umělé setrvačnosti H (hodnoty budou stanoveny certifikátorem, pokud nebylo stanoveno Provozovatelem DS). Režim FSM aktivní, funkce umělé setrvačnosti aktivní.

- Simulované veličiny:
 - P_{skut} [MW] - činný výkon
 - f [Hz] - simulovaná frekvence na vstupu do regulátoru
- Popis simulace:

Pro různě rychlé plynulé změny frekvence definované velikosti a nastavenou hodnotu setrvačnosti H se ověří změna činného výkonu pro umělou setrvačnost v čase.

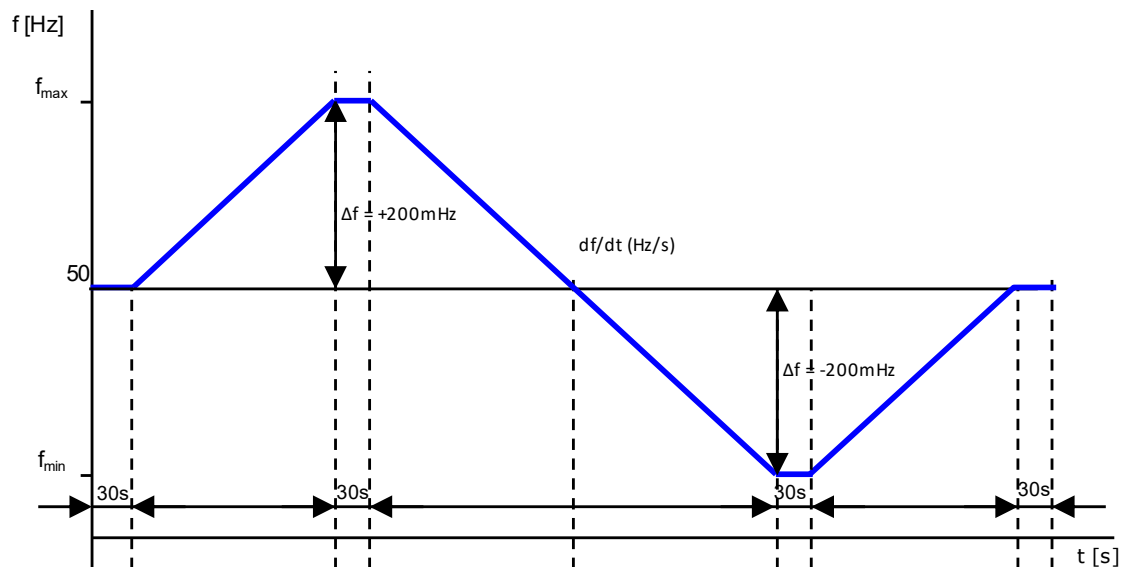
Zaznamenává se časový průběh sledovaných veličin jako odezva na změnu simulované frekvence f na vstupu příslušného regulátoru simulačního modelu VM. Testovací signál je tvořen lineární kontinuální změnou frekvence definované rychlosti $d\Delta f/dt$ [Hz/s] z výchozí hodnoty 50 Hz postupně směrem k hodnotám f_{max} a f_{min} (maximální velikost $\Delta f = \pm 200$ mHz, příp. jiné velikosti stanovené certifikátorem, pokud nebylo stanoveno Provozovatelem DS). Test se provádí pro různé velikosti rychlosti změny frekvence (v rozmezí 0,05 Hz/s – 0,5 Hz/s, konkrétní hodnoty budou stanoveny certifikátorem, pokud nebylo stanoveno Provozovatelem DS).

Vlastní test se stává z několika simulací realizovaných na P_{max} a P_{min} pro různě nastavené hodnoty umělé setrvačnosti H a pro různě velké rychlosti změny simulované frekvence f .

Výchozí hladina výkonu pro provádění testu se doporučuje pro P_{max} snížit o velikost ΔP_i ($P_{max} - \Delta P_i$) a pro P_{min} zvýšit o velikost ΔP_i ($P_{min} + \Delta P_i$), aby v průběhu testu nedošlo k překročení hranic regulačního pásma VM.

Z výchozí hladiny výkonu a výchozí hladiny frekvence 50 Hz se začne s prováděním vzestupné lineární kontinuální změny frekvence nastaveným trendem do hodnoty f_{max} , v jejímž průběhu bude na výstupu VM odpovídající změna výkonu pro umělou setrvačnost $-\Delta P_i$ (dle nastavené hodnoty H a realizované rychlosti změny $d\Delta f/dt$). Po dosažení hodnoty f_{max} následuje časová prodleva, kdy je trend změny frekvence 0 Hz/s a změna výkonu pro umělou setrvačnost $-\Delta P_i$ zde bude nulová. Po uplynutí TPR se simulovaná frekvence mění stejným trendem sestupně k hodnotě f_{min} , v jejímž průběhu bude na výstupu VM opačná změna výkonu pro umělou setrvačnost ΔP_i . Po dosažení hodnoty f_{min} následuje časová prodleva, kdy je trend změny frekvence 0 Hz/s a změna výkonu pro umělou setrvačnost ΔP_i zde bude nulová. Po uplynutí TPR se simulovaná frekvence vrátí stejným způsobem zpět, dokud není dosaženo výchozí hladiny 50 Hz

50 Hz \rightarrow f_{\max} (50,2 Hz) \rightarrow f_{\min} (49,8 Hz) \rightarrow 50 Hz



Obr. 11 Časový průběh simulované plynulé změny frekvence

▪ Vyhodnocení:

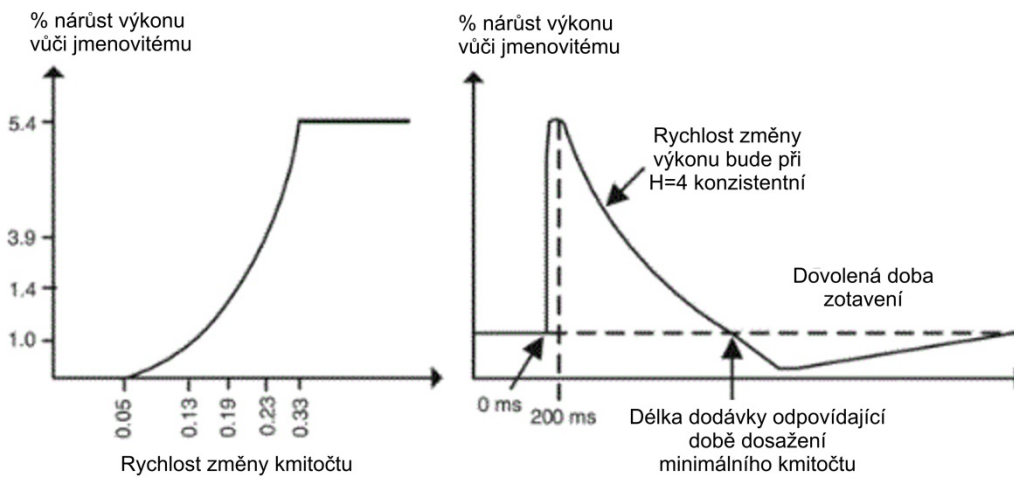
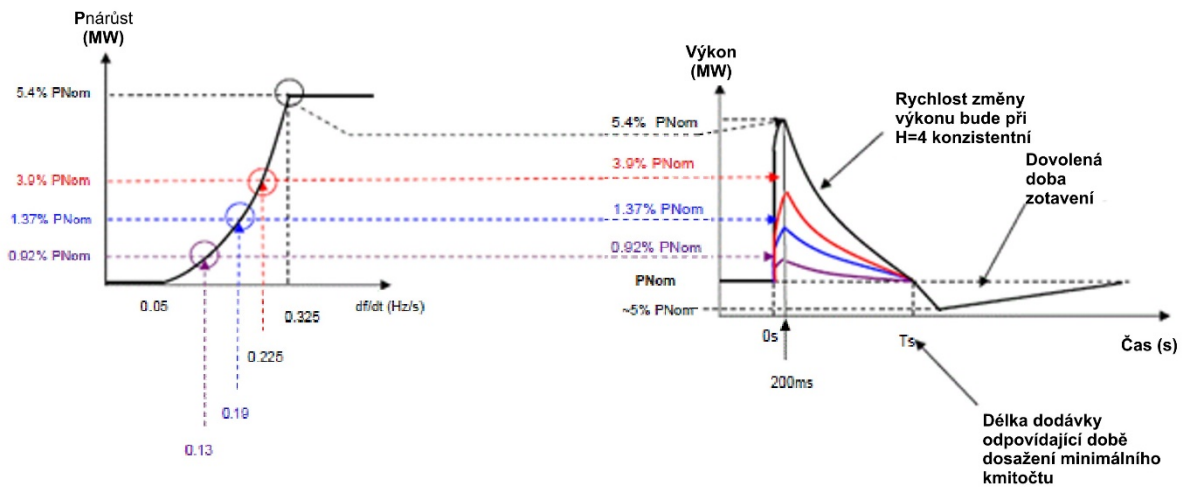
Před simulací se zaznamenají počáteční hodnoty ustáleného stavu sledovaných veličin. Vyhodnotí se časové průběhy sledovaných veličin.

Kritérium 1:

VM musí být schopen v případě velmi rychlých odchylek frekvence zajistit dostatečně rychlou změnu činného výkonu pro zajištění umělé setrvačnosti o velikosti odpovídající rychlosti změny frekvence (dle hodnoty koeficientu H)

Simulace schopnosti zajišťovat umělou setrvačnost

Pozn.: Ilustrativní znázornění změny činného výkonu pro umělou setrvačnost



EG.D, a.s.
Lidická 1873/36
602 00 Brno

egd.cz