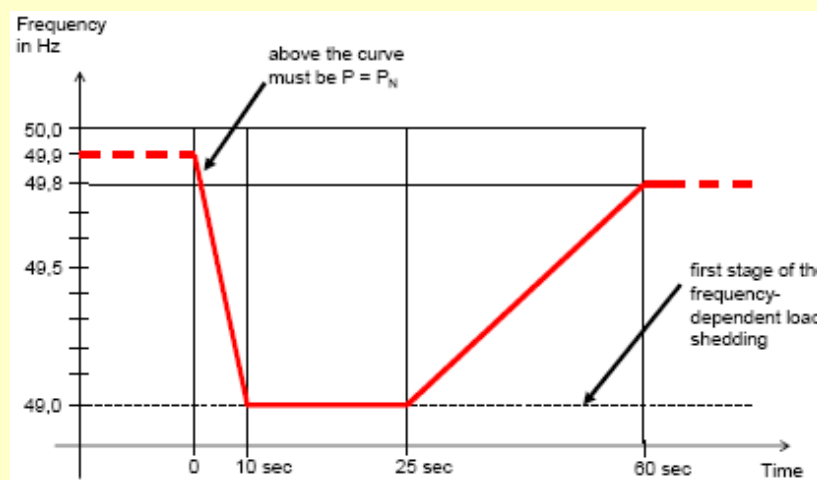
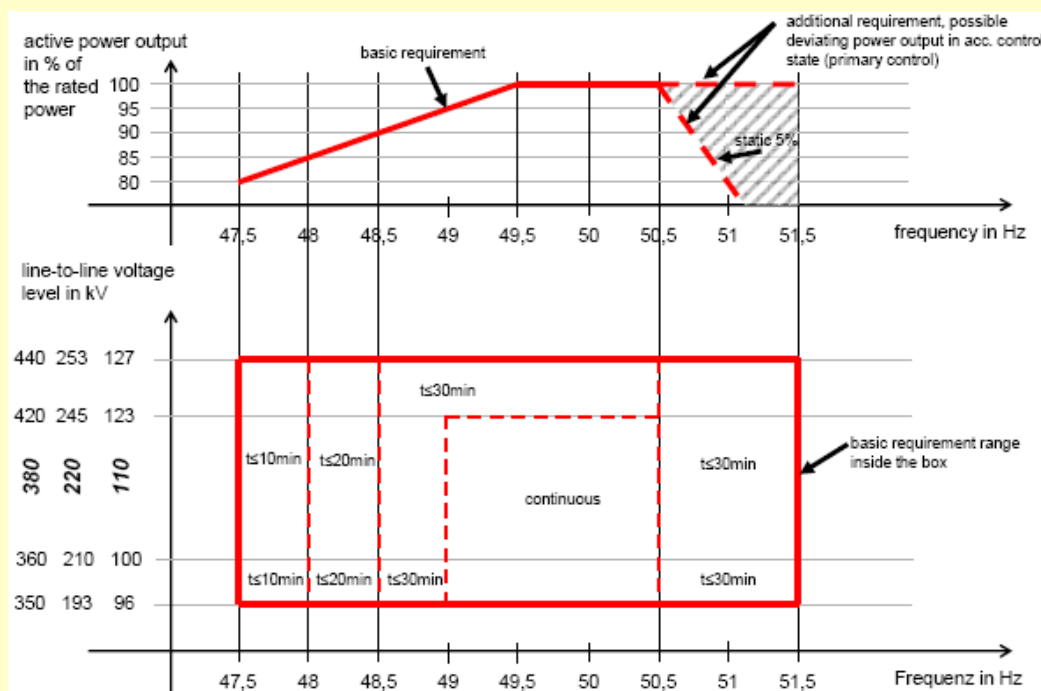


E.oN (Germania) Cerințe tehnice minime de conectare la rețea impuse centralelor P_i eoliene: 20622MW eoliene

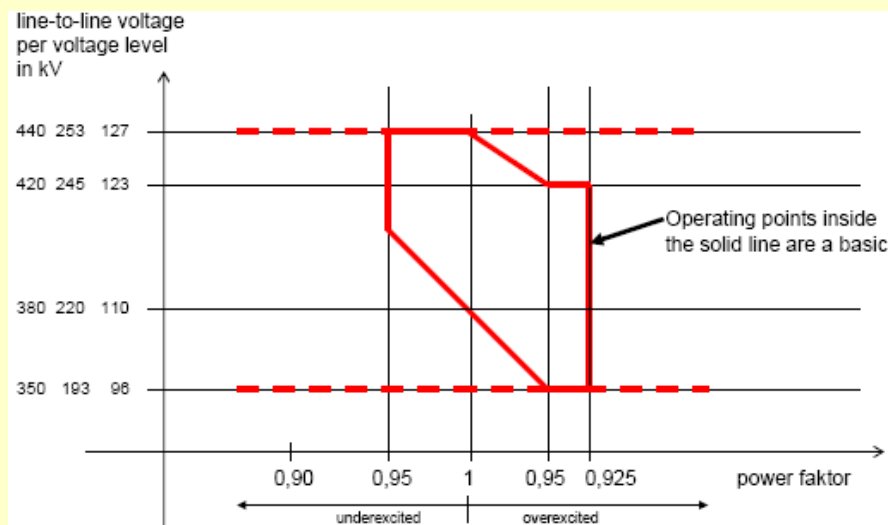
- Codul E.oN conține prevederi generale pentru toate tipurile de generatoare și prevederi specifice pentru generatoarele eoliene. Centralele eoliene trebuie să îndeplinească atât prevederile generale, cât și pe cele specifice [24];
- Orice generator trebuie să fie capabil să reducă puterea generată și să permită modificarea puterii generate cu $1\%P_n/\text{min}$;
- În cazul în care frecvența sistemului scade, puterea activă generată nu trebuie să fie redusă, chiar dacă $P_g = P_n$;



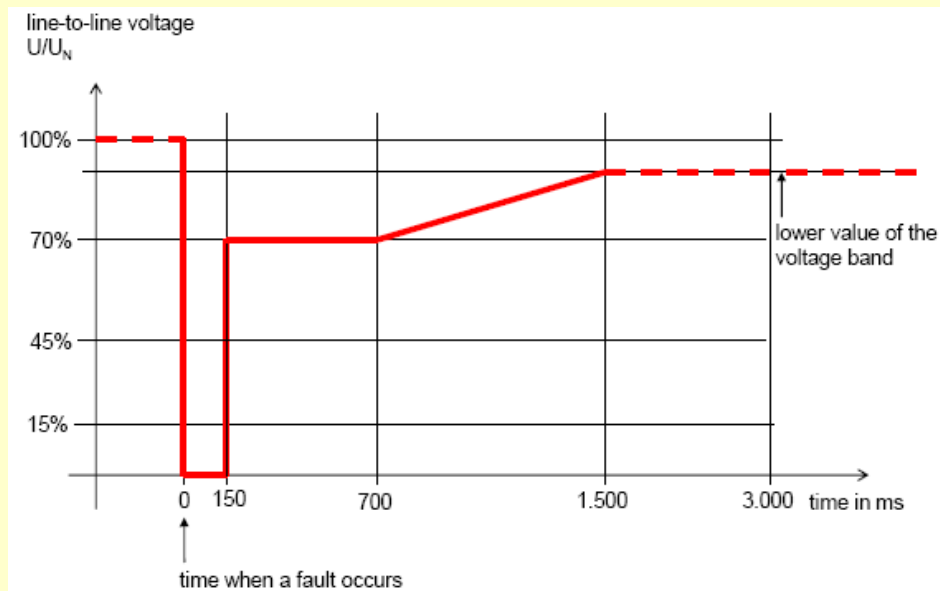
- Cerințele prevăzute în diagramele următoare trebuie îndeplinite de orice generator;



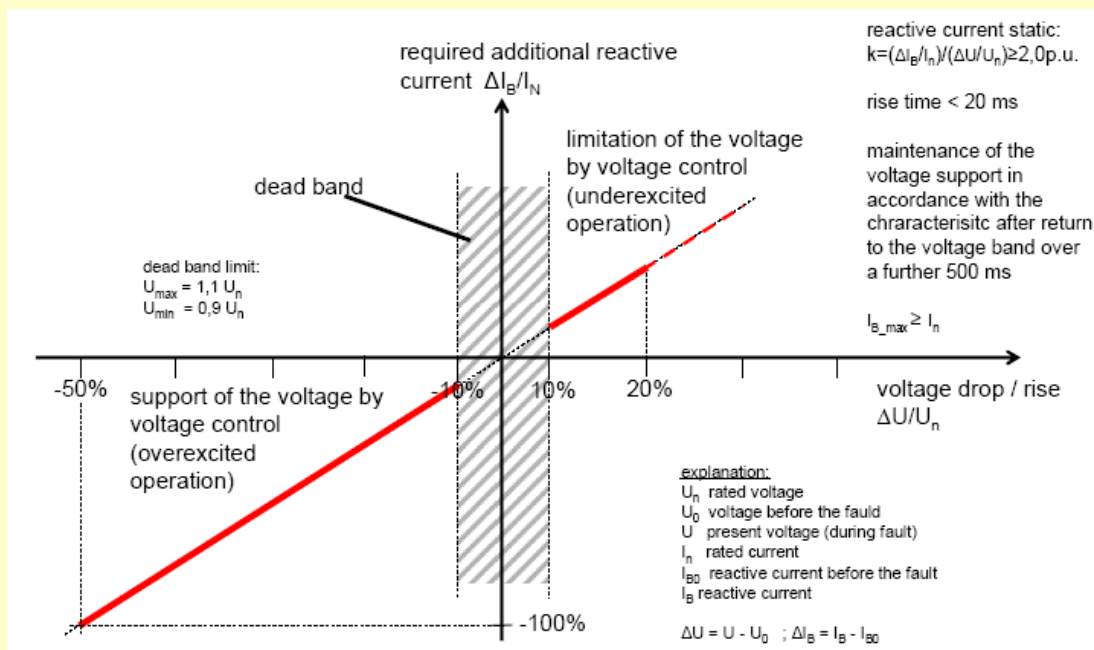
- Puterea activă generată trebuie să poată fi controlată astfel încât să respecte valorile setate de OTS;
- OTS deține controlul întrerupătoarelor centralelor eoliene;
- Centralele a căror $P_n \geq 100\text{MW}$ sunt obligate să participe la reglajul primar;
- Centralele a căror $P_n < 100\text{MW}$ pot să participe la reglajul primar, în acord cu OTS;
- Condiții de reglaj primar:
 - banda de reglaj primar trebuie să fie de cel puțin $\pm 2\%P_n$;
 - la o abatere cvasi-staționară a frecvenței sistemului de $\pm 200\text{mHz}$ de la valoarea de consemn, trebuie să participe la reglajul primar automat și integral în maxim 30s, pe durata a minim 15min;
 - insensibilitatea sistemului de reglaj trebuie să fie mai mică de $\pm 10\text{mHz}$;
- Schimbul de putere reactivă trebuie să se realizeze în conformitate cu diagrama următoare:



- Puterea reactivă în punctul de conectare la rețea trebuie să poată fi controlată astfel încât să respecte valorile setate de OTS;
- Ca urmare a unor sensibilităților pe care centralele eoliene le-au manifestat în prima decadă a penetrării generării eoliene în Germania, pentru noile centrale eoliene care au fost instalate, s-au introdus prevederi în codul de rețea care să prevină deconectarea acestora de la rețea în situația unor defecte temporare. Centrala eoliană trebuie să rămână conectată la rețea în cazul unor defecte în sistem. Din diagrama următoare reiese că centrala eoliană trebuie să fie capabilă să rămână conectată cel puțin 150s chiar dacă în urma unor scurtcircuite $U = 0$;



- Participarea la reglajul tensiunii a generatoarelor trebuie să se realizeze conform diagramei următoare:



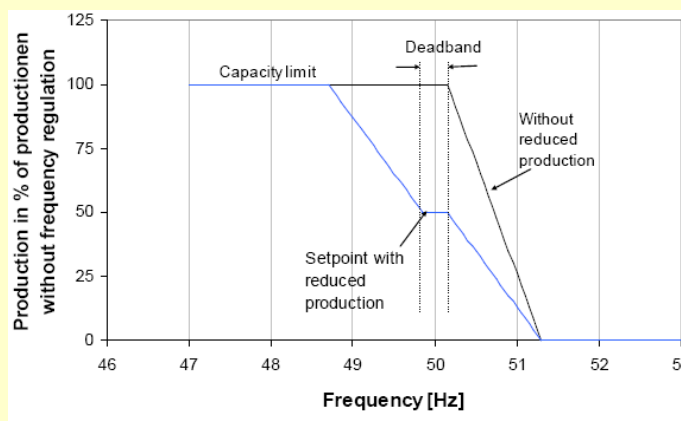
- OTS poate solicita centralelor eoliene să reducă puterea generată cu cel puțin $10\%P_i/\text{min}$;
- Să rămână conectate la rețea când frecvența sistemului are o valoare cuprinsă între $47,5 \div 51,5\text{Hz}$;
- Dacă $f < 47,5\text{Hz}$ sau $f \geq 51,5\text{Hz}$, centralele eoliene trebuie să deconecteze;
- Dacă $50,2\text{Hz} < f < 51,5\text{Hz}$, puterea activă generată va fi redusă cu ΔP , valoare stabilită în

formula precizată în cod:
$$\Delta P = 20P_M \frac{50,2\text{Hz} - f_{\text{sistem}}}{50\text{Hz}}$$
, unde P_M este puterea disponibilă.

Două seturi de cerințe:

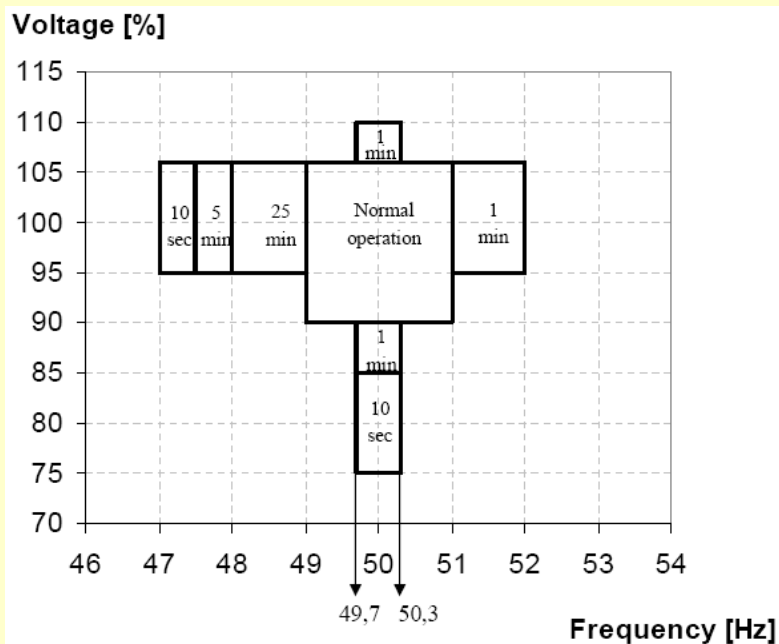
1) Pentru centralele eoliene conectate la RED [26]

- Să rămână conectate la rețea când frecvența sistemului are o valoare între 47÷52Hz;
- Să permită limitarea puterii active la orice valoare de consemn în intervalul 20÷100% din puterea lor nominală. Abaterea dintre valoarea de consemn și valoarea medie măsurată pe parcursul a 5 minute în punctul de conectare nu trebuie să depășească ±5% din puterea nominală a centralelor eoliene;
- Să permită controlul vitezei regulatorului și selectarea unei valori între 10÷100% din puterea nominală pe minut;
- Atunci când se modifică frecvența sistemului, puterea activă a centralelor eoliene trebuie să fie controlată corespunzător diagramei și tabelului de mai jos. Rezoluția setării valorilor de consemn trebuie să fie de cel puțin 10mHz. În intervalul de frecvențe de 47÷52Hz, eroarea de măsurare trebuie să nu depășească ±10mHz;



	Frecvența [Hz]	Valoare implicită [Hz]
f_m	49,5...47	48,70
f_{m+}	50...49,5	49,85
f_{M-}	50...50,5	50,15
f_M	50,5...52	51,30
Factorul de control	47...f...50Hz	$1 - \frac{f - f_{m+}}{f_m - f_{m+}}$
	50...f...52Hz	$1 - \frac{f - f_{M-}}{f_M - f_{M-}}$
Viteza regulatorului	10% din puterea nominală pe secundă	

- Să rămână conectate la rețea în cazul abaterilor de la valorile nominale ale tensiunii și frecvenței conform figurii și tabelului de mai jos;



Criteriul de deconectare	Valoarea setată	Durata minimă de funcționare
Tensiuni mici	$0,9 \cdot U_{\text{nominal}} \text{ V}$	10...60s
Supratensiuni 1	$1,06 \cdot U_{\text{nominal}} \text{ V}$	60s
Supratensiuni 2	$1,1 \cdot U_{\text{nominal}} \text{ V}$	200ms
Frecvențe mari	51Hz. Dacă regulatorul de viteză e activ: $f_u + 0,5$ f_u – limita superioară a frecvenței pentru domeniul de control	200ms
Frecvențe mici	47Hz	200ms

- Să respecte cerințele privind conectarea și deconectarea de la rețea;
- Să îndeplinească cerințele privind calitatea energiei electrice în punctul de conectare la rețea.

2) Pentru centralele eoliene conectate la RET [27]

- Să îndeplinească toate cerințele impuse centralelor eoliene conectate la RED;
- Să rămână conectate la rețea când frecvența sistemului are o valoare între 47÷53Hz;
- Să asigure următoarele funcții de reglare a puterii active: de protecție a sistemului, de participare la reglajul frecvenței, de eliminare a restricțiilor, de echilibrare $-MW/+MW$, de control al gradientului de putere, de limitare a puterii active generate a centralei eoliene la o valoare maximă (MW_{max}), de limitare a puterii active generate a centralei eoliene cu o anumită valoare (MW_{delta});

- *Definirea funcțiilor suplimentare pe care trebuie să le îndeplinească centralele eoliene conectate la RET în sistemul energetic al Irlandei:*
 - *Funcția de protecție a sistemului.* În cazul unor incidente neprevăzute (de exemplu: deconectarea forțată a unor linii), când rețeaua electrică de transport poate fi supraîncărcată, existând riscul unei avarii extinse, această funcție trebuie să permită să reducă automat puterea activă generată de centrala eoliană la un nivel acceptabil pentru sistem. Practic, această funcție trebuie să fie capabilă să contribuie rapid la evitarea unei avarii extinse.
 - *Funcția de participare la reglajul frecvenței.* La abaterii ale frecvenței de sistem de la frecvența nominală (50Hz), toate grupurile conectate la rețeaua electrică de transport trebuie să fie capabile să participe rapid la reglajul frecvenței.
 - *Funcția de eliminare a restricțiilor.* Această măsură are ca scop eliminarea restricțiilor și creșterea puterii active generate, când viteza vântului permite acest lucru.
 - *Funcția de echilibrare $-MW/+MW$.* Puterea activă generată a centralei eoliene poate fi ajustată la necesarul de putere generată pentru a menține echilibrul părții responsabile de echilibrare. Trebuie să fie posibilă creșterea, respectiv reducerea puterii active generate. Această măsură permite modificarea puterii active generate prin setarea gradientului și menținerea acesteia la nivelul dorit.
 - *Funcția de control al gradientului de putere.* Din motive operaționale, poate fi necesară limitarea vitezei maxime la care are loc modificarea puterii active generate în funcție de viteze vântului. Gradientii de putere au ca scop limitarea la setările maxime.
 - *Funcția de limitare a puterii active generate de centralele eoliene la o valoare maximă (MW_{max}).* Această măsură are ca scop evitarea supraîncărcării rețelei electrice.
 - *Funcția de limitare a puterii active generate de centralele eoliene cu o anumită valoare (MW_{delta}).* Această măsură are ca scop păstrarea unei rezerve pentru controlul unor situații critice.
 - În continuare se va detalia funcția de participare la reglajul frecvenței. Fiecare generator eolian trebuie să fie echipat cu un regulator individual prin intermediul căruia să poată fi modificată puterea activă generată în funcție de frecvența sistemului. Pe lângă regulatoarele individuale ale fiecărui generator eolian din cadrul centralei eoliene, punctul de conectare trebuie să fie prevăzut cu un regulator de frecvență al centralei eoliene;
 - Atunci când se modifică frecvența, puterea activă a centralei eoliene trebuie să fie controlată
-

corespunzător tabelului următor. Există două tipuri posibile de control al frecvenței: primul tip poate doar să asigure reducerea puterii active generate, în timp ce al doilea tip permite creșterea puterii active generate ca urmare a reducerii precedente;

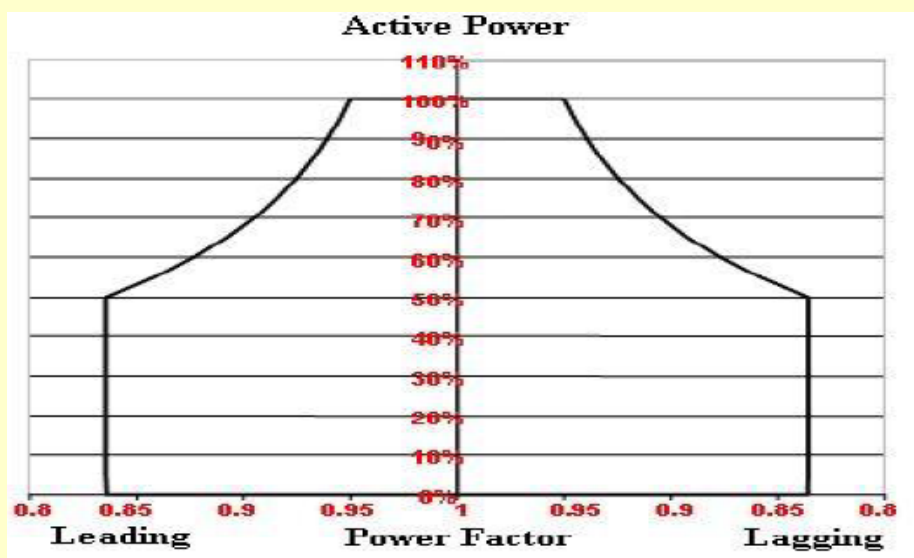
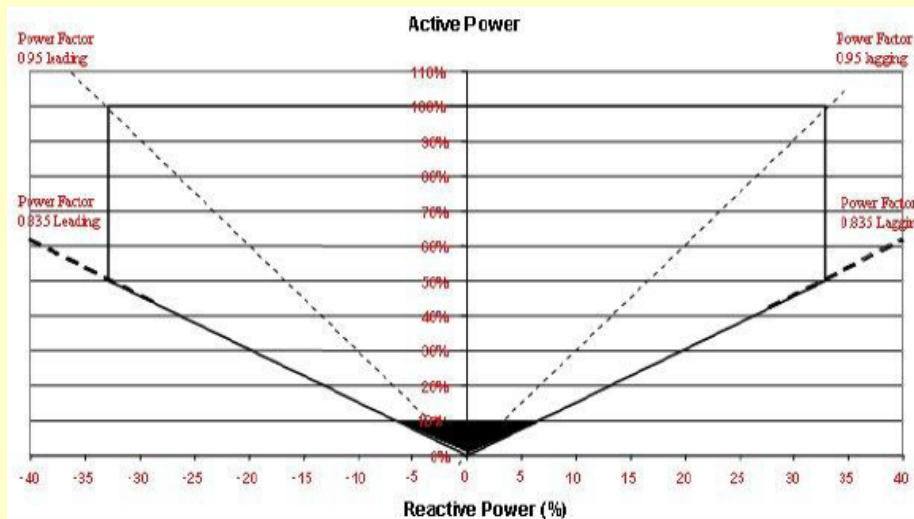
- Trebuie ca toate generatoarele din cadrul centralei eoliene să își reducă simultan puterea activă generată. Se vor evita situațiile în care o parte din generatoarele unei centrale eoliene sunt deconectate, iar celelalte nu participă la reglaj.

	Frecvența [Hz]	Valoare implicită [Hz]
Frecvența de referință f_{ref}	49,90...50,10	50,00
f_m	50,00...47,00	49,00
f_M	50,00...53,00	51,00
Δf_{m+}	0...500mHz	150mHz
Δf_{M-}	0...500mHz	150mHz
Factorul de control al puterii active generate atunci când frecvența se află în intervalele $f_m \dots (f_{ref} - \Delta f_{m+})$ și $(f_{ref} - \Delta f_{M-}) \dots f_M$	47...f...50Hz	$\left(1 - \frac{f - (f_{ref} + \Delta f_{m+})}{f_m - (f_{ref} + \Delta f_{m+})}\right) \cdot 100\%$
	50...f...53Hz	$\left(1 - \frac{f - (f_{ref} + \Delta f_{M-})}{f_M - (f_{ref} + \Delta f_{M-})}\right) \cdot 100\%$
Viteza de reglare calculată de la depășirea unei valori limită până la reglarea completă	1...10% din puterea nominală pe secundă	10% P_n/s

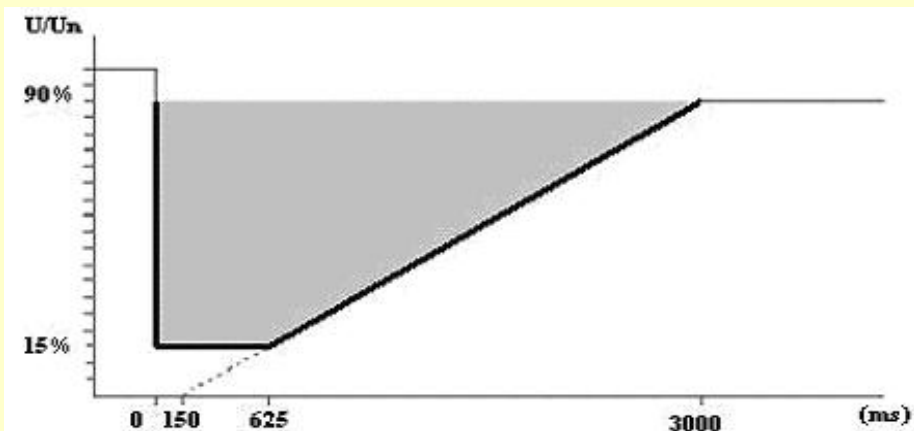
- Trebuie să fie posibilă setarea parametrilor frecvenței la o rezoluție de cel puțin 10mHz;
- În intervalul de frecvență 47÷53Hz, eroarea de măsurare trebuie să nu depășească ±10mHz. Această cerință trebuie îndeplinită chiar dacă unda sinusoidală a tensiunii este distorsionată. O singură modificare instantanee cu 20° a fazei nu trebuie să declanșeze nici o acțiune de control.

ESB NG (Irlanda) Cerințe tehnice minime de conectare la rețea impuse centralelor eoliene P_i eoliene: 745MW

- Codul de rețea al OTS irlandez conține un capitol special dedicat centralelor eoliene [25];
- Schimbul de putere reactivă cu rețeaua la care sunt conectate centralele eoliene trebuie să se realizeze conform diagramelor următoare;
- OTS poate reduce puterea centralelor eoliene pentru menținerea siguranței în funcționarea sistemului;



- Dacă $U > 90\%U_n$ centralele eoliene trebuie să rămână conectate la rețea, $U > 15\%U_n$ centralele eoliene trebuie să rămână conectate la rețea cel puțin 0,625s, $U \leq 90\%U_n$ centralele eoliene trebuie să rămână conectate la rețea cel puțin 3s, $U \leq 15\%U_n$ centralele eoliene pot să deconecteze conform diagramei:



***Svenska Kraftnat (Suedia) Cerințe tehnice minime de conectare la rețea impuse centralelor
P_i eoliene: 572MW eoliene***

- Să reducă puterea produsă cu 20%P_{max} în 5s [31];
- Să fie echipate cu regulator automat de tensiune;
- Să rămână conectate la rețea atunci când valoarea frecvenței se află între 49 și 51Hz;
- Dacă $f < 47,5\text{Hz}$ sau $f > 55\text{Hz}$ trebuie să continue să funcționeze cel puțin 30min, după care pot să deconecteze;
- Dacă $U \geq 90\%U_n$ centralele eoliene trebuie să rămână conectate la rețea, $U < 90\%U_n$ centralele eoliene trebuie să rămână conectate la rețea cel puțin 0,75s, $U < 25\%U_n$ cel puțin 0,25s ($P_i < 100\text{MW}$), $U = 0\%U_n$ cel puțin 0,25s ($P_i > 100\text{MW}$).

***ELIA (Belgia) Cerințe tehnice minime de conectare la rețea impuse centralelor eoliene
P_i eoliene: 193MW***

- Cerințe de calitate a energiei electrice impuse ca și celorlalte generatoare [31];
- Nu s-a prevăzut participarea la reglajul frecvenței;
- OTS poate solicita reducerea puterii generate cu cel puțin 10%P_i/min;
- Cerințe privind puterea reactivă doar dacă P_i a centralei eoliene > 25MW;
- Dacă $f < 47,5\text{Hz}$ sau $f > 52\text{Hz}$, centralele eoliene trebuie să deconecteze în 0,2s;
- Dacă f este 48÷48,5Hz, centralele eoliene trebuie să deconecteze în 10min;
- $U < 10\%U_n$ centralele eoliene trebuie să rămână conectate la rețea cel puțin 0,2s, $U < 50\%U_n$ cel puțin 0,7s, $U < 80\%U_n$ cel puțin 5s.