

**SISTEMI DI CONTROLLO E PROTEZIONE DELLE CENTRALI EOLICHE**  
**[PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CONNESSIONE]**

Redatto	Collaborazioni	Verificato	Approvato
R. Gnudi - L. Cacioli	C. Cassaro – N. Garau – A. Costanzo - T. Baffa Scirocco	C. Sabelli	C. Sabelli

**Indice**

1. SCOPO.....	3
2. CAMPO DI APPLICAZIONE .....	3
3. RIFERIMENTI.....	3
4. DEFINIZIONI .....	3
5. GENERALITA'.....	4
6. CONDIZIONI GENERALI DI CONNESSIONE.....	5
7. CAMPO DI FUNZIONAMENTO E SISTEMI DI PROIEZIONE DELLA CENTRALE EOLICA .....	5
7.1. Campo di funzionamento delle centrali eoliche connesse alla rete rilevante.....	5
7.2. Comportamento della centrale eolica in caso di guasti nella rete .....	5
7.3. Sistemi di protezione della centrale eolica .....	6
7.3.1. Protezioni dell'impianto di utente AT/MT contro i guasti esterni.....	7
7.3.2. Protezioni dell'impianto di utente AT/MT contro i guasti interni.....	7
7.3.2.1. Protezioni del trasformatore AT/MT.....	7
7.3.2.2. Protezioni installate nella sezione MT .....	8
7.3.3. Protezioni degli aerogeneratori contro i guasti esterni.....	8
8. PRESCRIZIONI PER I SISTEMI DI REGOLAZIONE E CONTROLLO .....	9
8.1. Riduzione della potenza immessa in rete o distacco di generazione.....	9
8.1.1. Sistema di controllo della produzione .....	9
8.1.2. Sistema di distacco automatico a distanza.....	9
8.2. Insensibilità agli abbassamenti della tensione .....	10
8.3. Regolazione della potenza attiva.....	11
8.4. Regolazione della potenza reattiva .....	12
8.5. Inserimento graduale della potenza immessa in rete.....	12
9. MONITORAGGIO.....	12
10. TELEINFORMAZIONI .....	13
11. GESTIONE DELL'IMPIANTO.....	13
APPENDICE A .....	14
APPENDICE B .....	16
1. Protezioni dell'impianto di utente AT/MT contro i guasti esterni.....	16
Centrale eolica connessa alla rete con schema entra-esce.....	16
Centrale eolica connessa alla rete con linea in antenna oppure in derivazione rigida a T.....	16
2. Protezioni degli aerogeneratori contro i guasti esterni .....	17

## 1. SCOPO

Il documento prescrive le caratteristiche funzionali *dei sistemi di protezione, regolazione e controllo* degli impianti di generazione alimentati da fonte eolica necessarie affinché il funzionamento delle centrali eoliche risulti compatibile con le esigenze di sicurezza del Sistema Elettrico Nazionale (SEN).

## 2. CAMPO DI APPLICAZIONE

Le prescrizioni contenute nel presente documento si applicano, ai sensi della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas ARG/elt 98/08,

- a) agli impianti eolici che alla data di entrata in vigore del provvedimento (25 luglio 2008) non sono ancora entrati in esercizio e per i quali non sia stata ancora accettata la soluzione tecnica minima di dettaglio (STMD) di cui alla deliberazione n. 281/05;
- b) agli impianti eolici attualmente in esercizio o che abbiano già accettato la STMD secondo modalità che saranno definite in attuazione di quanto previsto al punto 2 della delibera ARG/elt 98/08.

L'Appendice A riporta la sintesi delle valutazioni di fattibilità effettuate ai sensi della delibera n. 330/07 sulla base dei soli impianti eolici attualmente in esercizio. In considerazione delle determinazioni contenute nella delibera ARG/elt 98/08 l'entità delle centrali di cui alla lettera b) adeguate in Sicilia, in Sardegna e nel Centro Sud risulterà a valle della ricognizione tecnica richiesta dalla stessa delibera.

## 3. RIFERIMENTI

[A.4]	Criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV	DRRPX04042
[A.6]	Criteri di telecontrollo e di acquisizione dati	DRRTX02034
[A.7]	Specifiche funzionali per sistemi di monitoraggio delle reti elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV	DRRPX03048
[A.9]	Piani di difesa del sistema elettrico	DRRPX04052
[A.11]	Criteri generali per la taratura delle protezioni delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV	IN.S.T.X.1005
[A.12]	Criteri di taratura dei relè di frequenza del sistema elettrico	DRRPI04050
[A.13]	Criteri di connessione al sistema di controllo di Terna	DRRTX04092
[A.52]	Specifiche per unità periferica dei sistemi di difesa e monitoraggio	DRRPX03016

## 4. DEFINIZIONI

Ai fini del presente documento si applicano le definizioni riportate nel Glossario del Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete (in seguito Codice di Rete), integrate da quelle di seguito elencate<sup>1</sup>:  
**Aerogeneratore.** Unità di generazione per la trasformazione di energia cinetica del vento in energia elettrica. Si considera il rotore, l'alternatore, il sistema di conversione, i servizi ausiliari e le strutture di sostegno.

<sup>1</sup> Per completezza, nel presente documento sono elencate tutte le principali definizioni richiamate nel testo, che comprendono anche alcune di quelle contenute nel Glossario del Codice di Rete.

**Avviamento di un aerogeneratore.** Stato di transizione di un aerogeneratore da una situazione di quiete, o di funzionamento a vuoto, allo stato di funzionamento normale. La fase di avviamento ha termine al raggiungimento della Potenza efficiente istantanea dell'aerogeneratore.

**Arresto di un aerogeneratore.** Stato di transizione di un aerogeneratore dall'erogazione di potenza ad una situazione di quiete o di funzionamento a vuoto.

**Centrale Eolica.** Un impianto comprendente uno o più aerogeneratori e tutte le infrastrutture richieste per collegare gli stessi alla rete elettrica ed assicurarne il funzionamento. Fanno parte della centrale eolica tutti i componenti elettrici: aerogeneratori, rete interna, trasformatori elevatori, dispositivi ed apparecchiature, incluso l'interruttore generale.

**Interruttore Generale.** Interruttore la cui apertura assicura la separazione dell'intera centrale eolica dalla rete del Gestore.

**Interruttore di Generatore.** Interruttore la cui apertura assicura la separazione del singolo aerogeneratore dalla rete.

**Normali condizioni di funzionamento di un aerogeneratore.** Condizione in cui i parametri della rete di connessione (tensione e frequenza) e la velocità del vento sono compresi nei normali campi di funzionamento dell'aerogeneratore.

**Potenza efficiente dell'aerogeneratore ( $P_{e_{ag}}$ ).** Potenza attiva massima di ogni singolo aerogeneratore che può essere erogata con continuità nelle normali condizioni di funzionamento. E' dichiarata dal Proprietario dell'impianto e, generalmente, coincide con la potenza nominale dell'aerogeneratore riportata nei dati di targa della macchina. E' espressa in MW.

**Potenza efficiente della centrale eolica ( $P_{e_{ce}}$ ).** Potenza attiva massima che può essere erogata con continuità dalla centrale eolica. E' data dalla somma delle potenze efficienti dei singoli aerogeneratori. E' espressa in MW.

**Potenza efficiente istantanea dell'aerogeneratore ( $P_{i_{ag}}$ ).** Potenza attiva erogata che dipende dalle condizioni meteorologiche istantanee. E' espressa in MW.

**Potenza immessa in rete dalla centrale eolica.** Potenza erogata dalla centrale eolica alla rete, misurata nel punto di connessione. E' espressa in MW.

**Potenza erogabile.** Potenza che può essere erogata in date (*oppure*: specificate) condizioni di vento.

Velocità del vento di avvio (cut-in) dell'aerogeneratore. Velocità minima del vento alla quale l'aerogeneratore inizia ad erogare potenza.

**Velocità del vento di arresto (cut-off) dell'aerogeneratore.** Velocità massima del vento alla quale l'aerogeneratore interrompe l'erogazione di potenza.

## 5. GENERALITA'

Il presente documento:

- recepisce le indicazioni dell'All. 6 alla Norma CEI 11 – 32 ed è redatto secondo le prescrizioni contenute nella delibera dell'AEEG 330/07 all'Art. 1 comma a;
- integra le prescrizioni per la connessione delle centrali tenendo conto sia delle caratteristiche costruttive e di funzionamento dei generatori utilizzati nelle centrali eoliche sia della natura della fonte energetica convertita.

Le prescrizioni contenute nel presente documento descrivono le caratteristiche minime:

- dei sistemi di regolazione, comando e controllo, in condizioni normali ed in emergenza;
- delle protezioni di rete e di macchina, rilevanti ai fini del funzionamento in sicurezza del sistema elettrico.

Gli aerogeneratori devono essere pertanto costruiti ed eserciti in modo compatibile con quanto di seguito prescritto, senza subire danneggiamenti.

## **6. CONDIZIONI GENERALI DI CONNESSIONE**

Ai fini di quanto indicato in materia di regolazione e protezione, le presenti specifiche presuppongono che gli schemi d'inserimento e di connessione, nonché la struttura dell'impianto, siano conformi al Codice di Rete ed in particolare che:

- gli interruttori siano del tipo a comando uni-tripolare per i montanti delle linee verso la rete rilevante in modo da non impedire l'adozione di richiuse rapide automatiche unipolari;
- la centrale eolica sia sempre dotata di almeno un interruttore generale;
- la centrale eolica disponga di uno o più trasformatori AT/MT, o MT/MT, con i relativi sistemi di protezione e comando per la connessione tra le due sezioni del trasformatore;
- gli avvolgimenti AT del trasformatore elevatore AT/MT siano collegati a stella con terminale di neutro accessibile e predisposto per la connessione a terra, mentre gli avvolgimenti MT siano collegati a triangolo. Ciò in modo che il Gestore possa definire lo stato del neutro di ogni trasformatore elevatore AT/MT in relazione alle esigenze della rete nel punto di connessione;
- l'avvolgimento AT del trasformatore elevatore sia dotato di un variatore di tensione sotto carico con regolatore automatico in grado di consentire, con più gradini, una variazione della tensione a vuoto compresa tra  $\pm 12\%$   $V_n$ .

## **7. CAMPO DI FUNZIONAMENTO E SISTEMI DI PROTEZIONE DELLA CENTRALE EOLICA**

### **7.1. Campo di funzionamento delle centrali eoliche connesse alla rete rilevante**

La centrale eolica deve rimanere connessa con la rete rilevante in ogni condizione di funzionamento con valori di tensione e frequenza, misurati sul punto di connessione alla rete compresi tra:

- $85\% V_n \leq V \leq 115\% V_n$
- $47.5 \text{ Hz} < f < 51.5 \text{ Hz}$

Qualora le caratteristiche costruttive lo consentano, il Titolare deve dichiarare eventuali limiti ampliati del campo di funzionamento.

### **7.2. Comportamento della centrale eolica in caso di guasti nella rete**

La centrale eolica deve essere in grado di restare connessa alla rete in caso di guasti esterni all'impianto ad eccezione dei casi in cui la selezione del guasto comporti la perdita della connessione (es. antenna, T, ecc.).

In particolare, a partire da uno stato di funzionamento stabile, gli aerogeneratori di una centrale eolica devono poter sostenere il regime transitorio di almeno tre guasti trifasi nella rete nell'arco di 4 minuti; nell'ipotesi che tali

guasti siano correttamente eliminati dalle protezioni di rete, le protezioni di centrale non devono comandare anticipatamente la separazione della centrale dalla rete stessa o la fermata degli aerogeneratori<sup>2</sup>.

### 7.3. Sistemi di protezione della centrale eolica

Ogni centrale eolica deve contribuire all'eliminazione dei guasti in rete nei tempi previsti dal sistema di protezione, in accordo a quanto definito nel Codice di Rete.

Il sistema di protezione della centrale eolica include gli apparati di norma dedicati alla protezione degli impianti e della rete sia per guasti interni, che per i guasti esterni all'impianto eolico.

Per l'eliminazione dei guasti interni alla centrale, che potrebbero coinvolgere altri impianti della rete, si deve prevedere la rapida apertura degli interruttori generali. Inoltre, la centrale deve essere dotata di protezioni in grado di individuare guasti esterni il cui intervento dovrà essere coordinato con le altre protezioni di rete, in accordo con quanto descritto nei documenti [A.4] e [A.11]. Anche l'intervento delle protezioni per guasti esterni deve prevedere l'apertura degli interruttori generali ed eventualmente degli interruttori di ogni aerogeneratore.

Le tarature delle protezioni contro i guasti esterni sono definite dal Gestore e devono essere impostate sugli apparati a cura del Titolare dell'impianto, assicurando la tracciabilità delle operazioni secondo procedure concordate.

Le tarature delle protezioni contro i guasti interni, che prevedono un coordinamento con le altre protezioni della rete, devono essere concordate con il Gestore in sede di accordo preliminare alla prima entrata in esercizio della centrale.

In ogni caso, il Gestore può richiedere giustificate modifiche, o integrazioni, di tali requisiti con l'obiettivo di mantenere, o aumentare, il livello di continuità del prelievo, dell'alimentazione e la sicurezza dell'esercizio, caratteristici della rete di connessione.

Il sistema di protezione, e le relative tarature, hanno anche l'obiettivo di mantenere la stabilità dell'intero sistema elettrico. Pertanto, tutte le tarature richieste dal Gestore, o proposte dal Titolare, dovranno essere coerenti con il campo di funzionamento garantito indicato al paragrafo 7.1. All'interno di tale campo l'impianto deve poter funzionare senza danneggiamenti.

Nel seguito sono forniti i requisiti di protezione degli impianti ed i valori di taratura degli apparati che normalmente sono prescritti per le centrali eoliche.

---

<sup>2</sup> Questo requisito è necessario in considerazione del normale ciclo di richiusura automatica rapida e lenta degli interruttori che è applicato dagli automatismi della rete rilevante nel caso di un guasto in linea.

**7.3.1. Protezioni dell'impianto di utente AT/MT contro i guasti esterni**

Le tipologie di protezioni sensibili ai guasti esterni da installare nell'impianto d'utenza AT/MT per la connessione ed i relativi campi di taratura sono riportati nel seguito:

Protezione	Campi di Taratura	
	Soglia	Ritardo
Massima Tensione	1.0 ÷ 1.5 Vn	0.0 ÷ 10.0 s
Minima Tensione	0.3 ÷ 1.0 Vn	0.0 ÷ 10.0 s
Massima Frequenza	50.0 ÷ 53.0 Hz	0.0 ÷ 10.0 s
Minima Frequenza a 2 soglie	45.0 ÷ 50.0 Hz	0.0 ÷ 10.0 s
Massima Tensione Omopolare a 2 soglie	0.05 ÷ 1.0 Von <sup>3</sup>	0.0 ÷ 10.0 s

Per le prime quattro protezioni è richiesta l'alimentazione dei circuiti voltmetrici con tensioni concatenate. Per tutte le protezioni la misura della tensione deve essere prelevata in prossimità del punto di connessione.

L'intervento delle citate protezioni deve comandare l'apertura dell'interruttore generale.

Le centrali eoliche connesse direttamente<sup>4</sup> a stazioni dotate di protezione contro la mancata apertura degli interruttori, devono essere predisposte per ricevere dalla stazione affacciata un comando d'apertura dell'interruttore generale.

Il Titolare della centrale eolica potrà adottare ulteriori protezioni, rispetto alla lista precedente, purché coerenti con i criteri di protezione citati e non limitanti il campo di funzionamento garantito. In tal caso, il Titolare informerà il Gestore della presenza di ulteriori apparati e concorderà con lo stesso le relative tarature.

Le tarature sono stabilite dal Gestore in accordo con i documenti [A.11] e [A.12], ed in relazione alle esigenze del sistema elettrico a cui è connessa la centrale eolica.

**7.3.2. Protezioni dell'impianto di utente AT/MT contro i guasti interni**

Le protezioni contro i guasti interni devono isolare tempestivamente, e selettivamente, la sola parte della centrale eolica che è stata coinvolta dal disservizio senza coinvolgere la rete rilevante o altri Utenti direttamente o indirettamente connessi.

**7.3.2.1. Protezioni del trasformatore AT/MT**

Le protezioni che devono essere previste per il lato AT del trasformatore AT/MT contro i guasti interni all'impianto di utenza sono le seguenti:

- Massima Corrente di Trasformatore
- Differenziale di Trasformatore

E' richiesto che dette protezioni comandino l'apertura dell'interruttore AT del trasformatore elevatore AT/MT.

<sup>3</sup> La seconda soglia della protezione di Massima Tensione Omopolare è attivata solo nel caso in cui il trasformatore AT/MT funzioni a neutro isolato.

<sup>4</sup> Collegamento tra la stazione del Gestore e l'impianto del Titolare privo di interruttore lato stazione.

Il Titolare dell'impianto può adottare, oltre alle precedenti, ulteriori protezioni sempre con l'obiettivo di proteggere l'impianto.

### **7.3.2.2. Protezioni installate nella sezione MT**

I sistemi di protezione della sezione MT non sono oggetto della presente prescrizione, tuttavia è richiesto di adottare idonee protezioni contro i guasti fase-fase e fase-terra, con impostazioni tali da garantire la corretta selezione ed eliminazione dei guasti interni.

Eventuali protezioni, presenti nella sezione MT, sensibili ai guasti esterni all'impianto di utenza dovranno essere tarate in maniera coordinata con le protezioni previste contro i guasti in rete in modo da non causare interventi intempestivi.

### **7.3.3. Protezioni degli aerogeneratori contro i guasti esterni**

Le protezioni di aerogeneratore, sensibili ai guasti esterni ed i relativi campi di taratura sono i seguenti:

Protezione	Campi di Taratura	
	<i>Soglia</i>	<i>Ritardo</i>
Massima Tensione	1.0 ÷ 1.5 Vn	0.0 ÷ 10.0 s
Minima Tensione	0.3 ÷ 1.0 Vn	0.0 ÷ 10.0 s
Massima Frequenza	50.0 ÷ 53.0 Hz	0.0 ÷ 10.0 s
Minima Frequenza	45.0 ÷ 50.0 Hz	0.0 ÷ 10.0 s

Le tarature, dovranno garantire la corretta selettività con le protezioni di cui al Paragrafo 7.3.1.

Altre protezioni sensibili ad eventi di rete diverse da quelle indicate (es. protezioni carichi squilibrati, ecc.) dovranno essere dichiarate dal Titolare e le tarature relative concordate con il Gestore in modo da garantire il coordinamento con le tarature delle protezioni di rete.

## **8. PRESCRIZIONI PER I SISTEMI DI REGOLAZIONE E CONTROLLO**

Nei paragrafi successivi sono descritti i requisiti richiesti per le seguenti prestazioni dei sistemi di regolazione e controllo delle centrali eoliche, in relazione alla collocazione dell'impianto eolico nel sistema elettrico ed al fine di mantenere l'affidabilità e la sicurezza della rete:

- a) Riduzione della potenza immessa in rete o distacco di generazione
- b) Insensibilità agli abbassamenti della tensione
- c) Regolazione della potenza attiva
- d) Regolazione della potenza reattiva
- e) Inserimento graduale della potenza immessa in rete.

In particolare, a titolo informativo, le esigenze di sicurezza sono collegate ai provvedimenti come segue:

- il provvedimento di cui al punto a) è necessario per la prevenzione dei transitori di frequenza e per il mantenimento dell'interconnessione;
- il provvedimento di cui in b) è condizione essenziale alla affidabilità della generazione eolica;
- il provvedimento di cui in c) è invece attivo quando il transitorio è già in atto e necessita che tutti gli utenti della rete contribuiscano al suo contenimento. In quanto tale è da considerare nell'ambito della difesa del SEN;
- il provvedimento di cui in d) contribuisce alla qualità del servizio;
- il provvedimento di cui e) è necessario per coordinare le immissioni con la capacità di regolazione del SEN.

### **8.1. Riduzione della potenza immessa in rete o distacco di generazione**

Per il controllo di particolari stati di funzionamento del sistema elettrico, ed al solo fine di garantire la sicurezza del sistema stesso, può risultare indispensabile, per il tempo strettamente necessario, limitare il contributo di potenza dagli impianti di generazione eolica.

#### **8.1.1. Sistema di controllo della produzione**

Le caratteristiche costruttive della centrale e dei sistemi di gestione della potenza, devono essere tali da garantire una immissione di potenza attiva controllabile. Il Gestore potrà richiedere ai centri di telecomando del Titolare, la variazione della potenza immessa in rete che dovrà essere attuata compatibilmente alle caratteristiche dichiarate dal Titolare.

A tal fine il Gestore prescriverà, presso i punti di controllo fisico delle centrali eoliche (centri di telecomando del Titolare), l'installazione di apparati in grado di ricevere per via telematica gli ordini di dispacciamento anche a garanzia del tracciamento degli ordini di dispacciamento.

#### **8.1.2. Sistema di distacco automatico a distanza**

Il Gestore nell'ambito dei piani d'automazione del controllo prescriverà l'installazione di apparati in grado di modificare la potenza immessa in rete dalla centrale eolica a seguito di un telesegnale inviato da un centro remoto del Gestore, generato automaticamente e/o manualmente, su evento.

Il sistema, la cui installazione ed il mantenimento in perfetta efficienza sono a cura del Titolare, deve essere in grado di interfacciarsi con i sistemi del Gestore e pertanto deve appartenere alla classe delle Unità Periferiche di Difesa e Monitoraggio (UPDM) descritta nel documento [A.52]<sup>5</sup>.

Affinché possa modificare la potenza immessa in rete, come richiesto, la centrale eolica deve essere dotata di un sistema in grado di attuare, a seguito del ricevimento del telesegnale, il distacco parziale degli aerogeneratori in misura compresa tra lo 0 ed il 100% della potenza efficiente. E' ammessa la riduzione scaglionata in 4 blocchi, ognuno pari a circa il 25% della potenza efficiente della centrale eolica.

Il distacco resterà attivo sino al ricevimento di appositi comandi di revoca impartiti attraverso lo stesso mezzo.

## 8.2. Insensibilità agli abbassamenti della tensione

Durante un corto circuito nella rete è inevitabile una generale riduzione delle tensioni in tutti i nodi elettrici. In caso di guasto esterno alla centrale la stessa deve essere in grado di mantenere la connessione con la rete. E' richiesto che le centrali eoliche mantengano il proprio stato di funzionamento e che gli aerogeneratori rimangano connessi alla rete qualora i valori della durata e della riduzione della tensione, tipici dei guasti in rete, misurati nel punto di connessione della centrale, si mantengano nella zona superiore alla curva di Figura 1. Si osservi che l'area al di sotto della linea spezzata indica le coppie di valori di tensione e di tempo in cui la disconnessione non è richiesta, ma è solo ammessa.

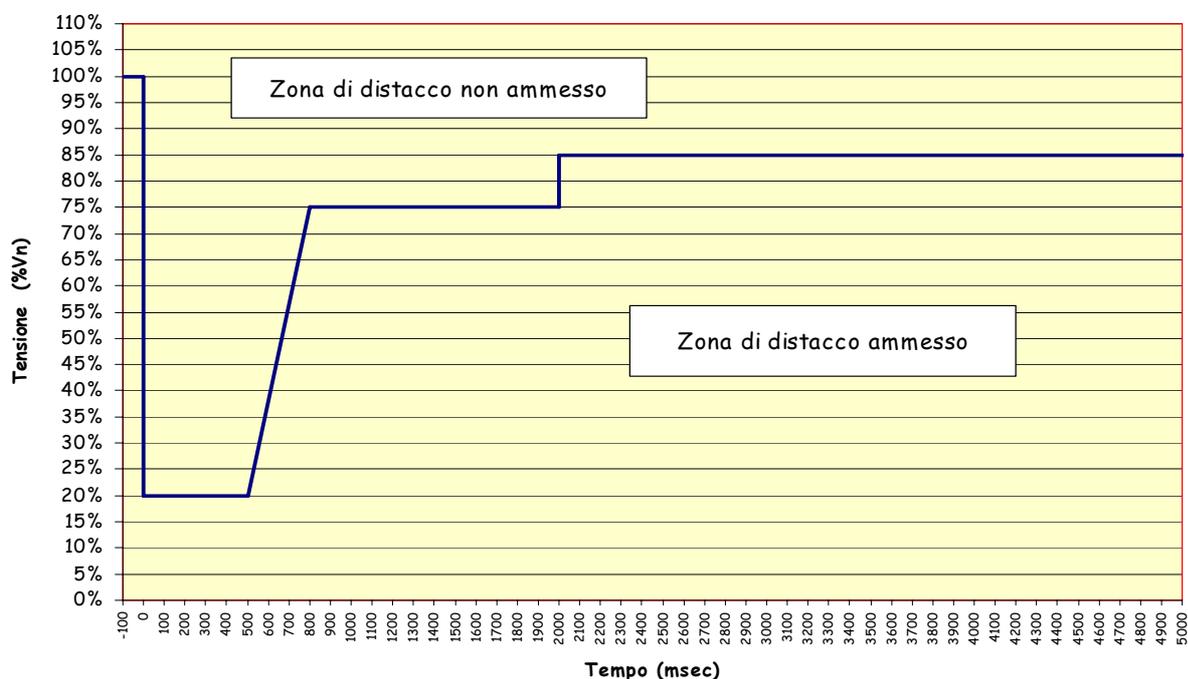


Figura 1: Valori della tensione a cui, in seguito ad un guasto in rete, la centrale eolica deve mantenere la connessione.

<sup>5</sup> Sarà a cura del Titolare anche la predisposizione di un canale di comunicazione per la trasmissione dati tra l'apparato UPDM e i sistemi di controllo del Gestore.

E' ammessa una riduzione transitoria della potenza immessa in rete durante il transitorio di guasto sino a quando la tensione ha nuovamente assunto il valore nominale. Tuttavia al ristabilirsi delle normali condizioni di funzionamento, la potenza immessa in rete dovrà tornare ad un valore prossimo a quello precedente il guasto, compatibilmente con le condizioni di vento del momento.

### 8.3. Regolazione della potenza attiva

Ai fini del controllo della frequenza del SEN la centrale eolica deve essere in grado almeno di non ridurre la potenza immessa in caso di sottofrequenza nei limiti previsti e di ridurla tempestivamente ed automaticamente in caso di sovralfrequenza, senza disconnettersi dalla rete.

A tali fini è prescritto che le centrali eoliche siano dotate di un sistema di Regolazione automatica della potenza immessa in rete, compatibilmente con le potenzialità correnti della fonte primaria, in funzione del valore della frequenza con una caratteristica potenza-frequenza riportata in Figura 2. In particolare il sistema centrale-regolatore deve:

- consentire l'immissione continua della potenza efficiente istantanea della centrale eolica, a frequenze comprese tra 47.5 e 50.3 Hz;
- consentire la riduzione della potenza immessa in rete in funzione dell'entità di errore di frequenza positivo, con uno statismo compreso tra il 2% ed il 5% per frequenze superiori a 50.3 Hz e fino al valore massimo ammesso di 51.5 Hz. Di norma lo statismo richiesto sarà pari al 2.4%;
- garantire tempi di risposta che consentano la riduzione di metà della potenza disponibile in regolazione entro un tempo massimo di 15 s e dell'intera riserva di potenza entro 30 s dal manifestarsi della variazione di frequenza. Inoltre il regolatore dovrà prevedere una banda morta tarabile tra 0 mHz e 200mHz.

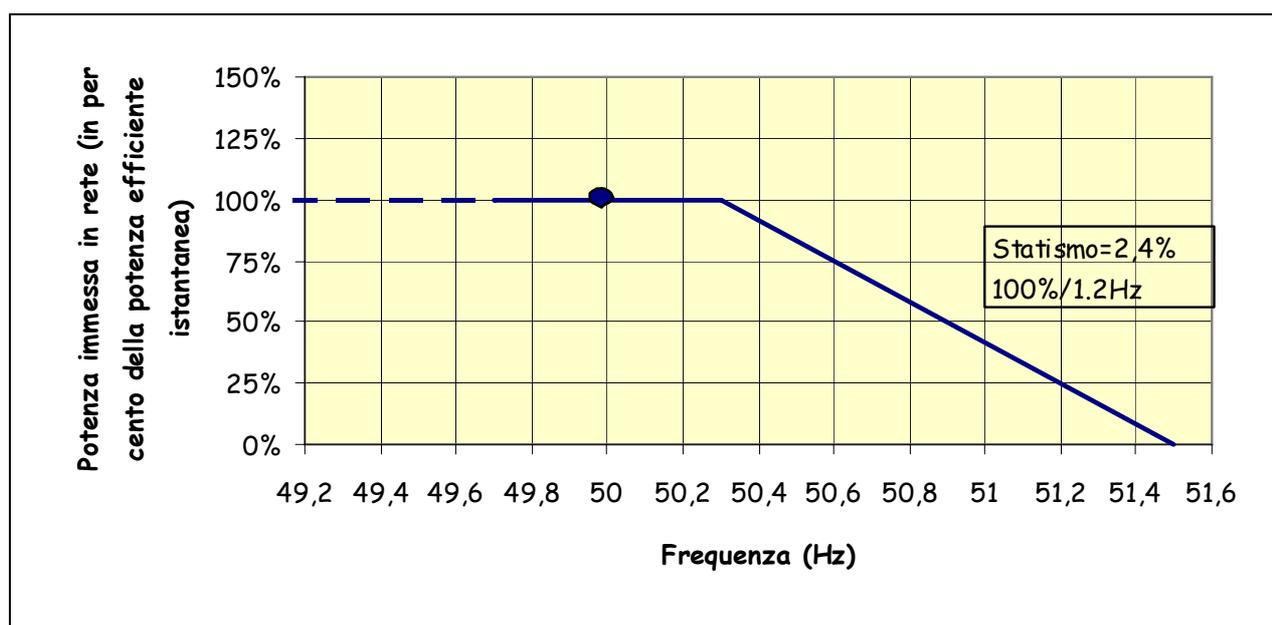


Figura 2: Condizioni di regolazione delle centrali eoliche, in funzione della frequenza del sistema elettrico all'interno del campo di funzionamento ammesso.

Per assicurare quanto definito al punto b) del presente paragrafo, le centrali eoliche che per giustificati motivi tecnici non dispongono dei sistemi di regolazione prescritti, debbono adottare almeno un sistema automatico che, all'aumentare della frequenza, distacchi in successione i vari aerogeneratori, singolarmente o a gruppi.

A titolo di esempio si riporta nella tabella seguente una possibile suddivisione delle soglie di intervento<sup>6</sup>:

Aerogeneratori	Taratura	
	Soglia	Ritardo
Potenza distaccata		
25% della Potenza efficiente	50.6 Hz	1.0 s
25% della Potenza efficiente	50.9 Hz	0.8 s
25% della Potenza efficiente	51.2 Hz	0.6 s
25% della Potenza efficiente	51.5 Hz	0.4 s

Al ripristino del normale regime di frequenza è attesa la riconnessione graduale degli aerogeneratori con l'immissione della potenza in rete in funzione della disponibilità delle fonte eolica.

#### **8.4. Regolazione della potenza reattiva**

Per adempiere alle prescrizioni per la regolazione della potenza reattiva ogni aerogeneratore deve poter regolare il fattore di potenza tra 0.95 in anticipo e 0.95 in ritardo, misurato ai morsetti del generatore.

Il fattore di potenza può essere mantenuto fisso ad un valore scelto in accordo tra il Gestore ed il Titolare.

Di norma è richiesto di garantire, sul punto di connessione della centrale con la rete, il fattore di potenza pari a 1.

#### **8.5. Inserimento graduale della potenza immessa in rete**

In presenza di condizioni meteo idonee la centrale deve effettuare il parallelo con la rete aumentando la potenza immessa in rete gradualmente.

Per garantire l'inserimento graduale della potenza immessa in rete, durante l'avviamento della centrale eolica, deve essere rispettato un gradiente positivo massimo pari al 20% della potenza efficiente al minuto ( $P_{ce}/1'$ ). Altri gradienti potranno essere concordati tra il Titolare e il Gestore.

L'entrata in servizio della centrale eolica con immissione di potenza è condizionata ad una frequenza di rete non superiore a 50.3 Hz (vedi anche par. 8.3). A ciò deve conformarsi il sistema di controllo della centrale, o degli aerogeneratori, durante le operazioni di parallelo con la rete.

### **9. MONITORAGGIO**

Per il monitoraggio delle centrali di potenza efficiente maggiore o uguale a 50 MW è richiesto un sistema di registrazione oscillografica a livello d'impianto d'utenza, realizzato in conformità al documento [A.7].

<sup>6</sup> Se gli aerogeneratori hanno taglia diversa potrà essere adottato il criterio di ripartire la potenza distaccabile uniformemente tra le 4 soglie di frequenza. Si noti che una centrale eolica dotata del sistema di regolazione descritto al punto b) del presente paragrafo regola la propria potenza efficiente in funzione della frequenza nel seguente modo: 75% della  $P_{ce}$  a 50.6 Hz, 50% della  $P_{ce}$  a 50.9 Hz, 25% della  $P_{ce}$  a 51.2 Hz e  $P_{ce}=0.0$  per 51.5 Hz.

L'installazione è consigliata anche per centrali di potenza efficiente minore, anche ai fini di una migliore tracciabilità degli effetti degli eventi elettrici che hanno comportato la disconnessione dell'impianto eolico.

In particolare, è prescritta la registrazione delle tensioni e delle correnti più prossime al punto di connessione e l'acquisizione dei segnali relativi alle protezioni per guasti interni ed esterni all'impianto di Utente.

## **10. TELEINFORMAZIONI**

Ogni centrale, connessa alla rete rilevante, deve essere rappresentata nel sistema di controllo del Gestore e le misure e i segnali da essa derivanti devono poter essere acquisiti dallo stesso, secondo quanto indicato nel Codice di Rete e nei documenti di riferimento [A.6] e [A.13].

## **11. GESTIONE DELL'IMPIANTO**

Ogni centrale connessa alla rete rilevante deve sempre assicurare:

- (i) l'osservabilità in remoto dell'impianto tramite telemisure e telesegnali;
- (ii) l'efficienza degli organi di manovra e d'interruzione, degli automatismi, degli interblocchi e delle protezioni;
- (iii) la conduzione dell'impianto senza interruzione e con tempi di esecuzione adeguati;
- (iv) il pronto intervento e la messa in sicurezza degli impianti.

**APPENDICE A**

In considerazione delle caratteristiche costruttive delle centrali eoliche esistenti e di futura attivazione, di seguito si riportano criteri di applicazione della presente prescrizione. Tali indicazioni sono state elaborate da Terna, in conformità alla delibera n. 330/07 dell'AEEG, per garantire adeguati margini di sicurezza nell'esercizio delle diverse aree della rete elettrica italiana.

**PRESCRIZIONI PER GLI IMPIANTI IN ESERCIZIO**
**Tabella A**

<i>Tipologia dei requisiti richiesti</i>		<i>Aree di rete coinvolte nell'adeguamento degli impianti</i>	<i>Centrali da adeguare per singola area</i>
Riduzione della potenza immessa in rete o distacco di generazione	Sistema di controllo della produzione	Tutte le aree	Tutte le centrali
	Sistema di distacco automatico a distanza	Sicilia Sardegna  Centro Sud	Tutte le centrali Tutte le centrali  Centrali eoliche inserite nelle dorsali di: - Benevento Città – Contursi - Foggia-Lucera-Melfi Fiat  Centrali eoliche la cui produzione afferisce agli impianti del Gestore di: - Foiano - Montefalcone
Insensibilità agli abbassamenti di tensione		Sicilia Sardegna	Circa 90 MW (**) circa 100 MW
Regolazione della potenza attiva		Sicilia Sardegna	Tutte le centrali
Regolazione della potenza reattiva		Tutte le aree	Tutte le centrali
Inserimento graduale della potenza immessa in rete		Nessuna	

(\*) il mancato adeguamento delle centrali esistenti comporterà un aumento dei rischi di riduzioni preventive del livello di generazione eolica.

(\*\*) l'adeguamento di soli 90 MW potrà comportare il ricorso a riduzioni di produzione eolica durante i periodi di indisponibilità del collegamento Sorgente-Rizziconi. Per evitare tali riduzioni è necessario adeguare circa 200 MW.

**PRESCRIZIONI PER GLI IMPIANTI FUTURI (\*)**
**Tabella B**

<i>Tipologia dei requisiti richiesti</i>		<i>Aree di rete coinvolte nell'adeguamento degli impianti</i>	<i>Centrali da adeguare per singola area</i>
Riduzione della potenza immessa in rete o distacco di generazione	Sistema di controllo della produzione	Tutte le aree	Tutte le centrali
	Sistema di distacco automatico a distanza	Sicilia Sardegna  Centro Sud	Tutte le centrali Tutte le centrali  Centrali eoliche inserite nelle dorsali di: - Benevento Città – Contursi - Foggia-Lucera-Melfi Fiat  Centrali eoliche la cui produzione afferisce agli impianti del Gestore di: - Foiano - Montefalcone
Insensibilità agli abbassamenti di tensione		Sicilia Sardegna Centro Sud	Tutte le centrali
Regolazione della potenza attiva		Sicilia Sardegna Centro Sud	Tutte le centrali
Regolazione della potenza reattiva		Tutte le aree	Tutte le centrali
Inserimento graduale della potenza immessa in rete		Sicilia Sardegna Centro Sud	Tutte le centrali

(\*) Ai sensi della delibera dell'Autorità ARG/elt 98/08 si considerano tali gli impianti eolici che alla data di entrata in vigore del provvedimento (25 luglio 2008) non sono ancora entrati in esercizio e per i quali non sia stata ancora accettata la soluzione tecnica minima di dettaglio (STMD) di cui alla deliberazione n. 281/05

**APPENDICE B****TARATURE DI RIFERIMENTO DELLE PROTEZIONI**

Fermo restando la facoltà del Gestore di definire le tarature delle protezioni al fine di assicurare la dovuta tempestività e selettività nell'eliminazione dei guasti, la presente appendice riporta le tarature di riferimento delle protezioni degli impianti di generazione da fonte eolica.

**1. Protezioni dell'impianto di utente AT/MT contro i guasti esterni**

Nel seguito sono riportate le tarature normali da impostare per le tipiche situazioni di connessione alla rete rilevante della centrale eolica.

**Centrale eolica connessa alla rete con schema entra-esce.**

Protezione	Taratura Normale	
	Soglia	Ritardo
Massima Tensione	1.2 V <sub>n</sub>	1.0 s
Minima Tensione	0.85 V <sub>n</sub>	2.0 s
Massima Frequenza	51.5 Hz	1.0 s
Minima Frequenza (soglia 1)	47.5 Hz	4.0 s
Minima Frequenza (soglia 2)	46.5 Hz	0.1 s
Massima Tensione Omopolare (soglia 1)	0.1 V <sub>omax</sub>	2.0 s
Massima Tensione Omopolare (soglia 2)	0.7 V <sub>omax</sub>	0.1 s

**Centrale eolica connessa alla rete con linea in antenna oppure in derivazione rigida a T.**

Protezione	Taratura Normale	
	Soglia	Ritardo
Massima Tensione	1.2 V <sub>n</sub>	1.0 s
Minima Tensione	0.85 V <sub>n</sub>	0.6 s
Massima Frequenza	51.5 Hz	1.0 s
Minima Frequenza (soglia 1)	47.5 Hz	4.0 s
Minima Frequenza (soglia 2)	46.5 Hz	0.1 s
Massima Tensione Omopolare (soglia 1)	0.1 V <sub>omax</sub>	1.2 ÷ 1.6 s
Massima Tensione Omopolare (soglia 2)	0.7 V <sub>omax</sub>	0.1 s

**2. Protezioni degli aerogeneratori contro i guasti esterni**

La tabella seguente riporta le tarature normali da impostare sulle protezioni degli aerogeneratori:

Protezione	Taratura Normale	
	Soglia	Ritardo
Massima Tensione	1.2 Vn	1.5 s
Minima Tensione	0.85 Vn	2.5 s
Massima Frequenza	51.5 Hz	1.5 s
Minima Frequenza	47.5 Hz	4.5 s

~~~~~