



Raccomandazione del settore per il mercato svizzero dell'elettricità

Raccomandazione per l'allacciamento alla rete di impianti di produzione d'energia

Requisiti tecnici per l'allacciamento e l'esercizio in parallelo nei livelli di rete da LR3 a LR7

AR IPE – CH 2014

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Association des entreprises électriques suisses
Associazione delle aziende elettriche svizzere

Telefono +41 62 825 25 25, Fax +41 62 825 25 26, info@strom.ch, www.strom.ch



Impressum e contatti

Editore

Associazione delle aziende elettriche svizzere, AES
Hintere Bahnhofstr. 10, Postfach
CH – 5001 Aarau
Telefono +41 62 825 25 25
Fax +41 62 825 25 26
info@strom.ch
www.strom.ch

Autori della prima edizione 2014 (pubblicazione 2014)

Nome, Cognome	Azienda	Funzione
Baer Monika	EBM, 4142 Münchenstein 1	membro GL
Bleuel Walter	IWB, 4002 Basilea	membro GL
Bürge Florian	Aare Energie AG, 4601 Olten	membro GL
Canepa Nicola	AET, 6500 Bellinzona	membro GL
Decorvet Fabrice	SIG, 1211 Ginevra	membro GL
Emmenegger Martin	EKZ, 8472 Seuzach	membro GL
Etter Thomas	St. Galler Stadtwerke	membro GL
Dietrich Matthias	BKW Energie SA, 3072 Ostermundigen	membro GL
Degen Andreas	AES, 5000 Aarau	membro GL
Iseli Manuel	LKW, FL-9494 Schaan	membro GL
Krüger Giacum	Repower AG, 7502 Bever	membro GL
Papaemmanouil Antonios	Swissgrid SA, 5080 Laufenburg	membro GL
Rohs Arian	AEW Energie AG, 5001 Aarau	responsabile GL
Schumacher Erich	CKW, 6003 Lucerna	membro GL
Wartmann Bruno	ewz, 8050 Zurigo	membro GL
Widmer Patrick	SAK, 9001 San Gallo	membro GL



Cronologia

Data	Breve descrizione
17 novembre 2012	Assegnazione dell'incarico da parte della Commissione Tecnica di rete
14 marzo 2013	Accettazione del lavoro da parte del Gruppo di lavoro (GL)
Estate 2014	Procedura di consultazione (settore e consumatori finali in conformità con l'art. 27 cpv. 4 OAEI)
3 dicembre 2014	Approvazione da parte del Comitato AES

Il documento viene elaborato con la partecipazione e l'aiuto dell'AES e dei rappresentanti del settore.

Il presente documento è un documento del settore per il mercato elettrico (direttiva ai sensi dell'art. 27, cpv. 4, OAEI).

Stampato n. 1032i, edizione 2014

Copyright

© Associazione delle aziende elettriche svizzere, VSE/AES

Tutti i diritti riservati. L'uso della documentazione per fini commerciali è consentito esclusivamente con il consenso del VSE/AES e dietro compenso. Ad eccezione dell'uso personale, sono vietati l'eventuale copia, distribuzione o qualsiasi altro uso del presente documento da parte di persone diverse da quelle a cui è espressamente destinato. L'AES e gli autori non si assumono alcuna responsabilità per eventuali errori presenti nel documento e si riservano il diritto di apportare modifiche allo stesso in qualsiasi momento senza preavviso.



Indice

Premessa	8
1. Introduzione.....	9
1.1 In generale	9
1.2 Scopo e intenzione della raccomandazione del settore	9
1.3 Documenti del settore disponibili	9
2. Termini e definizioni	10
3. Ambito di validità e applicazione	12
3.1 Classificazione degli impianti di produzione di energia (IPE)	14
3.1.1 Classificazione dei livelli di rete	14
3.1.2 Classificazione in base alla potenza.....	15
3.1.3 Caratteristica delle unità di produzione	15
3.1.4 Combinazione potenza e caratteristica	15
4. Effetti tecnici e raccomandazioni sulla rete	16
4.1 Rete ad alta tensione	16
4.1.1 Pianificazione della rete e struttura della rete.....	16
4.1.2 Tecnica primaria	16
4.1.3 Tecnica secondaria.....	16
4.1.4 Protezione della rete	17
4.2 Rete a media tensione	17
4.2.1 Pianificazione della rete e struttura della rete.....	17
4.2.2 Tecnica primaria	18
4.2.3 Tecnica secondaria.....	18
4.2.4 Protezione della rete	18
4.3 Rete a bassa tensione	19
4.3.1 Pianificazione della rete e struttura della rete.....	19
4.3.2 Punto di allacciamento.....	19
4.3.3 Controllo e regolazione.....	19
4.3.4 Protezione della rete	19
5. Requisiti dell'allacciamento alla rete ad alta tensione LR3	20
5.1 In generale	20
5.2 Tecnica primaria sul punto di allacciamento	21
5.3 Tecnica secondaria	22
5.3.1 Controllo, regolazione e misurazione	22
5.3.2 Protezione.....	24
5.3.3 Alimentazione servizi ausiliaria.....	26
5.4 Comportamento dell'IPE sulla rete.....	26
5.4.1 Esercizio normale	26
5.4.2 Comportamento in caso di guasti nell'IPE	28
5.4.3 Comportamento in caso di guasti nella rete	28
5.4.3.1 In generale	28
5.4.3.2 Andamento tensione/tempo (curva caratteristica $u(t)$).....	28
5.4.3.3 Protezione sottotensione potenza reattiva (protezione Q-U)	31
5.4.3.4 Reinsediamento dell'impianto di produzione dopo i guasti	32
5.4.3.5 Comportamento in base alla frequenza	32



5.4.3.6	Mantenimento della tensione con immissione di corrente reattiva in caso di guasti in rete	35
5.5	Contatto con gestore della rete di distribuzione	36
5.6	Punto di misurazione.....	36
5.7	Richiesta e valutazione di allacciamento	37
5.7.1	Richiesta di allacciamento	37
5.7.2	Valutazione tecnica.....	37
5.7.3	Approvazione dell'allacciamento	37
5.8	Perturbazioni della rete / qualità della tensione	37
5.9	Documentazione e scambio di dati	38
5.10	Prove e collaudo	38
6.	Requisiti dell'allacciamento alla rete ad alta tensione LR5.....	38
6.1	In generale	38
6.2	Tecnica primaria sul punto di allacciamento	39
6.3	Tecnica secondaria	41
6.3.1	Controllo, regolazione e misurazione	41
6.3.2	Protezione.....	42
6.3.3	Alimentazione servizi ausiliari.....	46
6.4	Comportamento dell'IPE sulla rete.....	46
6.4.1	Esercizio normale	46
6.4.2	Comportamento in caso di guasti nell'IPE	48
6.4.3	Comportamento in caso di guasti nella rete	48
6.4.3.1	In generale.....	48
6.4.3.2	Andamento tensione / tempo (curva caratteristica u(t)).....	48
6.4.3.3	Protezione sottotensione potenza reattiva (protezione Q-U)	52
6.4.3.4	Reinserimento dell'impianto di produzione in seguito a guasti.....	53
6.4.3.5	Comportamento in base alla frequenza.....	53
6.4.3.6	Mantenimento della tensione con immissione di corrente reattiva in caso di guasti in rete	56
6.5	Contatto con gestore della rete di distribuzione	57
6.6	Posto di misurazione	57
6.7	Richiesta e valutazione di allacciamento	58
6.7.1	Richiesta di allacciamento	58
6.7.2	Valutazione tecnica.....	58
6.7.3	Approvazione dell'allacciamento	58
6.8	Perturbazioni della rete / qualità della tensione	58
6.9	Sistemi di comunicazione.....	59
6.10	Documentazione e scambio di dati	59
6.11	Prove e collaudo	59
7.	Requisiti dell'allacciamento alla rete ad alta tensione LR7.....	60
7.1	In generale	60
7.2	Tecnica primaria sul punto di allacciamento	61
7.3	Tecnica secondaria	62
7.3.1	Controllo, regolazione e misurazione	62
7.3.2	Protezione / protezione apertura interruttore	63
7.3.3	Alimentazione servizi ausiliari.....	64
7.4	Comportamento dell'IPE sulla rete.....	64



7.4.1	Esercizio normale	64
7.4.2	Comportamento in caso di guasti nell'IPE.....	66
7.4.3	Comportamento in caso di guasti nella rete	66
	7.4.3.1 In generale	66
	7.4.3.2 Andamento tensione/tempo (curva caratteristica $u(t)$)	67
	7.4.3.3 Reinserimento di un impianto di produzione in seguito a guasti	68
	7.4.3.4 Comportamento in base alla frequenza.....	68
7.5	Contatto con gestore della rete di distribuzione	71
7.6	Stazione di misurazione	71
7.7	Richiesta e valutazione di allacciamento	71
	7.7.1 Richiesta di allacciamento	71
	7.7.2 Valutazione tecnica.....	72
	7.7.3 Approvazione dell'allacciamento	72
7.8	Perturbazioni della rete / qualità della tensione	72
7.9	Sistemi di comunicazione.....	73
7.10	Documentazione e scambio di dati	73
7.11	Prove e collaudo	73
Appendice A Esempi per l'allacciamento alla media e bassa tensione con valori d'impostazione proposti.....		75
Appendice B1 Contributo degli IPE alla corrente di cortocircuito.....		79
Appendice B2: Tipi di esercizio di generatori e loro comportamento.....		80
Indice fonti		81

Indice delle figure

Figura 1: Varianti di allacciamento con diversi tipi di macchina nella rete ad alta tensione	21
Figura 2: Esempio allacciamento IPE al LR3.	25
Figura 3: Esempio: curva caratteristica $\cos \varphi(P)$ alta tensione	27
Figura 4: Curva caratteristica $U(t)$ tipo B1 e C1 in alta tensione	29
Figura 5: Curva caratteristica $U(t)$ tipo B2 e C2 in alta tensione	30
Figura 6: Esempio protezione Q-U	31
Figura 7: Riduzione della potenza in caso di sovrافrequenza nell'alta tensione (TC-CH 2013)	33
Figura 8: Panoramica delle riduzioni di potenza dipendenti dalla frequenza	34
Figura 9: Bande di frequenza ad alta tensione (base TC-CH 2013)	35
Figura 10: Principio del mantenimento della tensione in caso di guasti in rete [VDN TC 2007]	36
Figura 11: Varianti di allacciamento con diversi tipi di macchina nella rete a media tensione	39
Figura 12: Esempio allacciamento IPE tipo A al LR5	43
Figura 13: Esempio allacciamento IPE tipo A al LR5	45
Figura 14: Esempi curva caratteristica $\cos \varphi$ e curva caratteristica $Q(U)$ nella media tensione	47
Figura 15: Curva caratteristica di sgancio tipo A in media tensione	49
Figura 16: Curva caratteristica $U(t)$ tipo B1 nella media tensione	50
Figura 17: Curva caratteristica $U(t)$ tipo B2 nella media tensione	51
Figura 18: Esempio protezione Q-U	52



Figura 19: Riduzione della potenza in caso di sovrافrequenza nella media tensione (TC-CH 2013)	54
Figura 20: Panoramica delle riduzioni di potenza dipendenti dalla frequenza	55
Figura 21: Bande di frequenza nella media tensione (base TC-CH 2013)	56
Figura 22: Principio del rinforzo della tensione in caso di errori di rete [VDN TC 2007]	57
Figura 23: Varianti di allacciamento con diversi tipi di macchina nella rete a bassa tensione	61
Figura 24: Protezione DR	64
Figura 25: Esempio curva caratteristica $\cos \varphi(P)$ (PVA) nella bassa tensione	66
Figura 26: Curva caratteristica di distacco tipo A in bassa tensione	67
Figura 27 Riduzione della potenza in caso di sovrافrequenza nella bassa tensione (TC-CH 2013)	69
Figura 28: Panoramica delle riduzioni di potenza dipendenti dalla frequenza	70
Figura 29 Bande di frequenza nella bassa tensione (base TC-CH 2013)	71

Indice delle tabelle

Tabella 1: Classificazione degli IPE in base alla potenza	15
Tabella 2: Funzioni di protezione sul punto di allacciamento LR3	25
Tabella 3: Funzioni di protezione presso l'UPE per la rete LR3	26
Tabella 4: Raccomandazioni d'impostazione per relè di protezione degli IPE di tipo B1, C1 sul punto di allacciamento	29
Tabella 5: Raccomandazioni d'impostazione per relè di protezione degli IPE di tipo B2, C2 sul punto di allacciamento	30
Tabella 6: Raccomandazioni d'impostazione protezione Q-U	32
Tabella 7: Protezione sul punto di allacciamento LR5 (tipo A)	43
Tabella 8: Funzioni di protezione UPE (per FV tipicamente nel convertitore) per LR5 (tipo A)	44
Tabella 9: Protezione sul punto di allacciamento LR5 (tipo B)	45
Tabella 10: Funzioni di protezione UPE (per FV tipicamente nel convertitore) per LR5 (tipo B)	46
Tabella 11: Raccomandazioni di impostazioni per relè di protezione media tensione tipo A	49
Tabella 12: Raccomandazioni d'impostazione per relè di protezione degli IPE di tipo B1 sul punto di allacciamento	50
Tabella 13: Raccomandazioni d'impostazione per relè di protezione degli IPE di tipo B2 sul punto di allacciamento	51
Tabella 14: Raccomandazioni d'impostazione protezione Q-U	53
Tabella 15: Raccomandazioni d'impostazione per la protezione di disaccoppiamento sul punto di allacciamento.	67



Premessa

La Legge sull'approvvigionamento elettrico (LAEI) del 23 luglio 2012 e l'Ordinanza sull'approvvigionamento elettrico (OAEI) del 14 marzo 2008 (stato 1° luglio 2013) hanno aperto il mercato svizzero dell'elettricità ai clienti finali con un consumo annuale pari o superiore a 100 MWh per ogni centro di consumo. Cinque anni dopo l'entrata in vigore di questa legge un decreto federale deve sancire che anche i consumatori finali con un consumo annuale inferiore ai 100 MWh per ogni centro di consumo devono poter utilizzare un accesso alla rete privo di discriminazioni. Questa decisione è soggetta a referendum facoltativo.

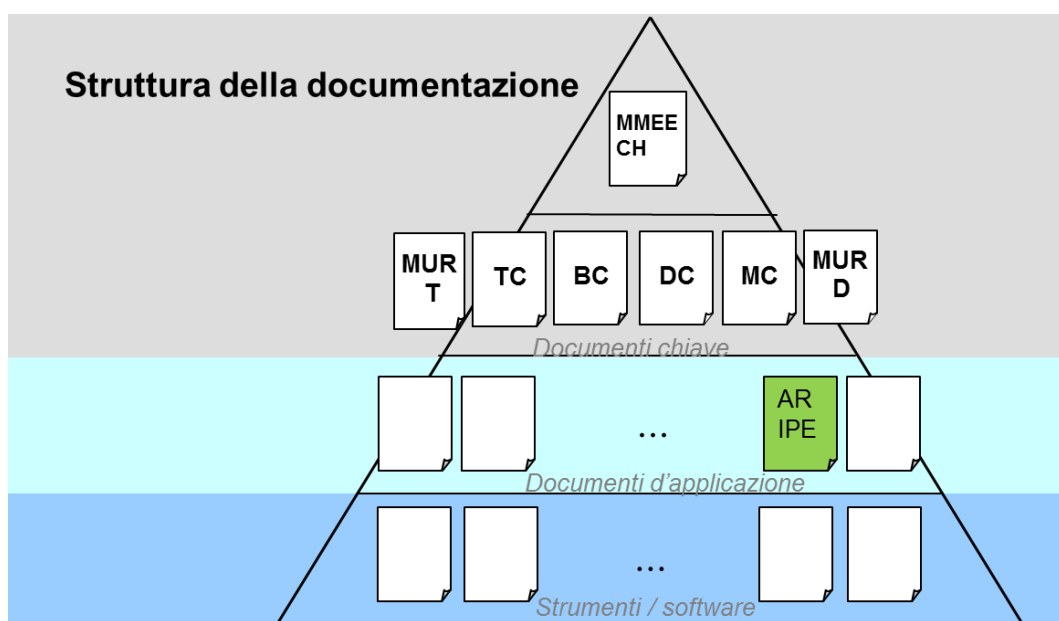
Nell'ottica del principio di sussidiarietà (cfr. art. 3, cpv. 1 LAEI), nell'ambito del progetto Merkur Access II, è stata elaborata da parte degli specialisti del settore una regolamentazione completa concernente l'approvvigionamento elettrico nel mercato liberalizzato dell'elettricità. Con questa regolamentazione le aziende elettriche dispongono di una raccomandazione riconosciuta da tutto il settore per l'utilizzo delle reti elettriche e l'organizzazione dell'economia elettrica.

LAEI e OAEI richiedono al settore l'elaborazione di direttive inerenti diverse situazioni. Tale compito viene assolto nell'ambito dei documenti del settore. Le sezioni corrispondenti dei vari documenti sono riportate nel capitolo 7 del "Modello di mercato per l'energia elettrica – Svizzera" (MMEE – CH).

Il Modello di utilizzazione per la rete di distribuzione svizzera (MURD – CH), il Modello di utilizzazione per la rete di trasmissione svizzera (MURT – CH), il Transmission Code (TC-CH), il Balancing Concept (BC-CH), il Metering Code (MC-CH) e il Distribution Code (DC-CH) sono documenti chiave fra i documenti del settore.

Sulla base di questi documenti chiave il settore ha elaborato i documenti di attuazione e gli "strumenti" necessari.

Il presente documento "Raccomandazione per l'allacciamento alla rete di impianti di produzione d'energia" è un documento di attuazione.



1. Introduzione

1.1 In generale

Il fabbisogno di nuove energie rinnovabili e l'ambiente politico producono un forte cambiamento nella produzione di energia. Da poche grandi centrali si sviluppa la tendenza a molti impianti di produzione di energia [IPE] più piccoli e distribuiti. In futuro il numero di piccoli impianti di produzione di energia decentralizzati crescerà molto. In tal modo aumenterà la percentuale di potenza di tali impianti rispetto alla potenza totale generata. Le piccole centrali diventeranno un importante pilastro del nostro sistema di approvvigionamento elettrico. Ciò comporta che non solo le grandi centrali, ma anche gli impianti di produzione di energia piccoli e medi devono soddisfare relativi requisiti tecnici.

Tali cambiamenti del principio di produzione di energia hanno effetti sulla rete, in particolare su quella di distribuzione. Le tecniche primaria e secondaria della rete si devono adeguare a tale situazione modificata.

1.2 Scopo e intenzione della raccomandazione del settore

La raccomandazione AR IPE-CH regola i requisiti tecnici per l'allacciamento di IPE alla rete di distribuzione e concretizza le regole riconosciute della tecnica relative ad allacciamento e esercizio in parallelo di IPE.

La raccomandazione non tratta potenziamenti della rete eventualmente necessari. Questi devono essere previsti in conformità a dati/direttive della EICom.

1.3 Documenti del settore disponibili

Il contenuto del presente documento è coordinato e allineato con il DC-CH 2014.

La raccomandazione AR IPE-CH copre la parte tecnica, mentre la NA/RR regola la parte economica.



2. Termini e definizioni

Nel presente documento vengono impiegati i termini sotto elencati.

Cortocircuito	Nelle reti con un punto neutro messo a terra con resistenza fissa o bassa: contatto di una fase con la terra o contatto di due/tre fasi con o senza contatto di terra. In reti con un punto neutro isolato o compensazione della corrente di dispersione verso terra: contatto di due/tre fasi con o senza contatto di terra.
Cortocircuito verso terra	Contatto di una fase verso terra in una rete compensata, in una rete parzialmente compensata o in una rete con punto neutro isolato.
DRSF	Distacco rapido del carico per sottofrequenza
Gestore dell'IPE	Responsabile per il funzionamento di un impianto di produzione.
Gestore della rete di distribuzione [GRD]	Gestore della rete elettrica alla quale viene allacciato un impianto di produzione.
Impianto di allacciamento	Totalità di tutti i mezzi operativi necessari per l'allacciamento di un'unità di produzione o di un impianto di produzione alla rete di un gestore della rete di distribuzione.
Impianto di produzione di energia elettrica [IPE]	Impianto nel quale si trovano una o più unità di produzione di energia elettrica (incluso impianto di allacciamento) e tutti i dispositivi elettrici necessari al funzionamento.
Protezione DR	Protezione disconnessione dalla rete
Punto di allacciamento	Luogo del collegamento fisico dell'allacciamento alla rete del GRD (D-A-CH-CZ: punto di collegamento)
Reinserimento automatico [RA]	Reinserimento controllato da un dispositivo automatico dopo lo sgan- cio da parte della protezione selettiva.
Rete a bassa tensione [BT]	Ai sensi della presente direttiva è una rete di distribuzione con tensio- ne nominale inferiore a 1000 V (LR7).
Rete a media tensione [MT]	Ai sensi della presente direttiva è una rete con tensione nominale da 1 kV fino a < 36 kV (LR5).
Rete ad alta tensione [AT]	Ai sensi della presente direttiva è una rete con tensione nominale da 36 kV fino a < 220 kV (LR3).
Rete ad altissima tensione [AAT]	Ai sensi della presente direttiva è una rete con tensione nominale ≥ 220 kV (LR1).
Rete in isola	La rete in isola è una porzione di rete definita che viene separata temporaneamente dalla rete del GRD (per es. in seguito a disturbi) e che mantiene il proprio approvvigionamento elettrico tramite IPE.
Sottostazione	Una sottostazione è una stazione che contiene impianti di distribu- zione e trasformatori che possono essere assegnati al livello di rete 4 o a un livello di rete superiore.
Stazione di trasformazione	Una stazione di trasformazione è una stazione che contiene impianti di distribuzione e trasformatori dei livelli di rete 5 e 6, non però impian- ti di livelli di rete superiori.
U_c	Tensione di approvvigionamento concordata fra gestore della rete di



	distribuzione e utilizzatore della rete.
U_n	Tensione per la quale una rete di approvvigionamento viene definita o identificata e alla quale si riferiscono determinate caratteristiche d'esercizio.
Unità di produzione di energia elettrica [UPE]	Singola unità per la generazione di energia elettrica.

Abbreviazioni

DC-CH	Distribution Code Svizzera
EICom	Commissione dell'energia elettrica
ESTI	Ispettorato federale degli impianti a corrente forte
GRD	Gestore della rete di distribuzione
LAEI	Legge sull'approvvigionamento elettrico (RS 734.7)
MC-CH	Metering Code Svizzera
NA/RR	Raccomandazione allacciamento alla rete (per tutti gli utilizzatori allacciati alla rete di distribuzione)
OAEI	Ordinanza sull'approvvigionamento elettrico (RS 734.71)
TC-CH	Transmission Code
WV-CH(d)	Werkvorschriften Deutschschweiz (Prescrizioni delle aziende elettriche della Svizzera tedesca)



3. Ambito di validità e applicazione

Con il presente documento vengono descritti i requisiti tecnici per l'allacciamento e l'esercizio di impianti di produzione sulla rete di bassa, media e alta tensione del GRD (livello di rete da 3 a 7).

Con la presente raccomandazione il GRD prescrive i requisiti tecnici validi per i gestori di IPE. Nella progettazione, nella costruzione e nell'esercizio degli impianti di produzione devono essere inoltre rispettati le leggi, le norme e i requisiti relativi allo stato della tecnica.

Le prescrizioni della presente raccomandazione non devono essere ancora attuate per impianti già autorizzati dal GRD. Per tutti gli IPE non ancora autorizzati dal GRD vale da subito l'attuazione delle prescrizioni. 12 mesi dopo l'entrata in vigore della presente raccomandazione tutti i nuovi impianti devono soddisfare tali prescrizioni.

La presente raccomandazione vale nel caso in cui non siano stati conclusi altri accordi fra il gestore di IPE e il GRD.

Tipi di impianti di produzione ai sensi della presente raccomandazione sono per esempio:

- impianti idroelettrici
- impianti eolici
- impianti fotovoltaici
- impianti di produzione termoelettrici e chimici (compresi accumulatori a batteria).

L'immissione di energia elettrica può avvenire per esempio tramite:

- generatori di corrente trifase direttamente in rete
- generatori di corrente trifase con convertitore di frequenza indirettamente in rete
- impianti di produzione tramite convertitore o combinazione di queste varianti con trasformatori.

La presente raccomandazione vale sia per nuovi impianti/unità di produzione che per impianti/unità di produzioni esistenti sui quali devono essere eseguite modifiche sostanziali. Modifiche sostanziali possono essere per esempio: rinnovamento del dispositivo di produzione, sostituzione dell'IPE.

In caso di gruppi elettrogeni d'emergenza ha senso discostarsi dalle richieste della presente raccomandazione (es.: non occorre rispettare i requisiti concernenti le prestazioni di servizio relative al sistema, non occorre rispettare i requisiti concernenti la protezione della rete (errori nella rete a bassa e media tensione)). Tali esclusioni devono essere concordate e sottoscritte fra gestore dell'IPE e GRD per ogni specifico progetto e impianto.

Il GRD può richiedere modifiche e completamenti a un impianto da costruire o esistente, nella misura in cui ciò è necessario a motivo dell'approvvigionamento sicuro e senza disturbi.



Di norma devono essere soddisfatte le seguenti leggi, norme, direttive e raccomandazioni (vedi indice fonti):

- i principi di legge con le loro ordinanze di esecuzione, es.: Legge sugli impianti elettrici, Ordinanza sulla corrente forte, LAEI, OAEI, OIBT
- Transmission Code della Svizzera, Distribution Code della Svizzera
- norme tecniche vigenti in materia
- condizioni di allacciamento tecniche e prescrizioni dei relativi GRD
- regole tecniche per la valutazione delle ripercussioni sulla rete D-A-CH-CZ con documento addizionale Valutazione di impianti per l'allacciamento alle reti di distribuzione ad alta tensione
- VDE-Schutzleitfaden (linee guida di protezione elettrotecnica VDE) con allegato AES per la Svizzera
- altre raccomandazioni e regole riconosciute della tecnica delle associazioni specializzate svizzere e internazionali.



3.1 Classificazione degli impianti di produzione di energia (IPE)

Gli IPE vengono classificati in base ai seguenti criteri:

- potenza complessiva
- livello di tensione nel quale avviene l'immissione
- tipo dell'impianto di produzione (tipo di generatore).

In base a tale classificazione si evincono diversi requisiti richiesti per l'esercizio normale, in presenza di disturbi e per l'allacciamento alla rete.

Tipo 1: sincrono				
Tipo 2: asincrono, convertitore + altri				
A Da 800VA a < 1 MVA	B Da 1 MVA a < 50 MVA	C Da 50 MVA a < 75 MVA	D ≥ 75 MVA ...	D

Classificazione di impianti di produzione/classificazione dei tipi

3.1.1 Classificazione dei livelli di rete

Nel presente documento vengono trattati gli allacciamenti e il funzionamento degli IPE che hanno un punto di allacciamento sui livelli di rete 3, 5 e 7.

- Livello di rete 3: alta tensione da 36 kV fino a < 220 kV
- Livello di rete 5: media tensione da 1 kV fino a < 36 kV
- Livello di rete 7: bassa tensione < 1 kV



3.1.2 Classificazione in base alla potenza

Le unità di produzione vengono classificate, a seconda della loro potenza d'immissione complessiva nel punto di allacciamento, in quattro classi di potenza da A a D. Impianti allacciati a 110 kV o più valgono come impianti di tipo D.

Tabella1: Classificazione degli IPE in base alla potenza

Classe di potenza	Potenza complessiva
Tipo A	da 800 VA
Tipo B	massima da 1 MVA
Tipo C	massima da 50 MVA
Tipo D	massima da 75 MVA

3.1.3 Caratteristica delle unità di produzione

Gli IPE vengono classificati come segue, in base alla caratteristica delle loro unità di produzione:

- Tipo 1 unità di produzione sincrone
- Tipo 2 unità di produzione asincrone e altre (inclusi convertitori)

3.1.4 Combinazione potenza e caratteristica

Le classi di potenza da A a D, classificate in base alla loro potenza totale, possono essere combinate a piacere con la caratteristica del tipo 1 o 2. La combinazione rappresenta l'indicazione del tipo, come per esempio

- Tipo A1 potenza da 800 VA a < 1 MVA, sincrone
- Tipo A2 potenza da 800 VA a < 1 MVA, asincrono e altro
- Tipo B1 potenza da 1 MVA a < 50 MVA, sincrone
- Tipo B2 potenza da 1 VA a < 50 MVA, asincrono e altri
- ecc.



4. Effetti tecnici e raccomandazioni sulla rete

L'impiego di impianti di produzione di energia decentralizzati influisce sulla rete di distribuzione con differenti effetti sui singoli livelli di rete.

4.1 Rete ad alta tensione

4.1.1 Pianificazione della rete e struttura della rete

L'allacciamento di impianti di produzione in rete ha influenza sui carichi, sulle tensioni e sulla potenza di cortocircuito nella rete. Qui sono decisivi non solo gli impianti allacciati direttamente alla rete AT, ma la totalità di tutti gli impianti di produzione (inclusi LR5 e LR7) che agiscono sulla rete AT. Occorre analizzare gli effetti di seguito elencati.

Carico

L'immissione di impianti di produzione può avere come conseguenza che occorre aumentare la capacità di impianti (per es. trasformatori o linee). Un sovraccarico della rete si può evitare limitando la potenza d'immissione degli IPE.

Qualità della tensione

L'immissione di impianti di produzione influenza la qualità della tensione. Occorre pertanto verificare se siano necessarie misure a motivo dell'immissione di IPE e dei relativi effetti sulla qualità della tensione.

Potenza di cortocircuito

Immissioni addizionali influenzano la potenza di cortocircuito della rete. Nella pianificazione della rete occorre stabilire fino a quale potenza di cortocircuito (corrente di cortocircuito) è ancora consentito far funzionare la rete, in modo che tutti gli errori pericolosi possano essere ancora riconosciuti e disinserti in modo corretto dalla protezione di rete.

4.1.2 Tecnica primaria

Sulla base dei parametri di rete variati (carico e potenza di cortocircuito) occorre verificare se la tecnica primaria (per es. trasformatori di corrente e interruttori) corrisponde ancora ai requisiti richiesti o deve essere adeguata.

4.1.3 Tecnica secondaria

Nell'allacciamento di impianti di produzione occorre chiarire se la tecnica secondaria disponibile (tecnica di protezione, controllo di campo, tecnica di controllo stazione, tecnica di controllo rete) soddisfa i requisiti obbligatori. Tramite impianti tecnici secondari e/o una connessione di comunicazione dell'IPE con il centro di gestione della rete, il GRD può influire sull'immissione di potenza attiva e reattiva.



4.1.4 Protezione della rete

Se gli impianti di produzione vengono allacciati direttamente a un impianto di distribuzione ad alta tensione occorre verificare una protezione delle sbarre collettrici e una protezione contro la mancata apertura interruttore.

Con la variazione della potenza di cortocircuito e della distribuzione della corrente di cortocircuito occorre verificare ed eventualmente adattare i valori d'impostazione dei relè di protezione.

Funzionamento in isola della rete

Non è ammesso funzionamento di reti in isola. Il funzionamento in isola è solo ammesso se è presente una separazione galvanica della rete in isola dalla rete del GRD. Il gestore di una rete in isola è responsabile della sua sicurezza, qualità della tensione e frequenza.

4.2 Rete a media tensione

4.2.1 Pianificazione della rete e struttura della rete

La rete MT è stata pianificata e realizzata per la distribuzione di energia elettrica e solo in rari casi per il trasporto dell'energia generata (alimentazione di ritorno).

L'allacciamento di impianti di produzione in rete ha influenza sui carichi, sulle tensioni e sulla potenza di cortocircuito nella rete. Qui sono decisivi non solo gli impianti allacciati direttamente alla rete MT, ma la totalità di tutti gli impianti di produzione (inclusi LR7) che hanno effetto sulla rete MT. Occorre analizzare gli effetti di seguito elencati.

Carico

L'immissione di impianti di produzione può avere come conseguenza che occorre aumentare la capacità di impianti (per es. trasformatori o linee). Un sovraccarico della rete (per es. in caso di carico ridotto) si può evitare limitando la potenza d'immissione degli IPE.

Qualità della tensione

L'immissione di impianti di produzione influenza la qualità della tensione. Occorre pertanto verificare se siano necessarie misure a motivo dell'immissione di IPE e dei relativi effetti sulla qualità della tensione.

Potenza di cortocircuito

L'allacciamento di impianti di produzione produce nella rete a media tensione nuovi punti di immissione con potenze di cortocircuito spesso basse.

Nella pianificazione della rete occorre stabilire fino a quale potenza di cortocircuito (corrente di cortocircuito) minima è ancora consentito far funzionare la rete, in modo che tutti gli errori pericolosi possano essere ancora riconosciuti e disinseriti in modo corretto dalla protezione di rete.



4.2.2 Tecnica primaria

Sulla base dei parametri di rete che variano (carico e potenza di cortocircuito) occorre verificare se la tecnica primaria (per es. trasformatori di corrente e interruttori) corrisponde ancora ai requisiti richiesti o deve essere adeguata.

4.2.3 Tecnica secondaria

Nell'allacciamento di impianti di produzione occorre chiarire se la tecnica secondaria disponibile (tecnica di protezione, controllo di campo, tecnica di controllo stazione, tecnica di controllo rete) soddisfa i requisiti obbligatori.

Tramite impianti tecnici secondari e/o una connessione di comunicazione dell'IPE con il centro di gestione della rete, il GRD può influire sull'immissione di potenza attiva e reattiva.

4.2.4 Protezione della rete

Tramite l'allacciamento di impianti di produzione nella rete di media e bassa tensione sono presenti nella rete MT nuove fonti di energia elettrica che potrebbero alimentare guasti in rete. In caso di un guasto nella rete a media tensione tutte le possibili fonti di energia della stessa partenza in sottostazione che producono una corrente di cortocircuito devono essere separate automaticamente dalla rete. Con la variazione della potenza di cortocircuito e della distribuzione della corrente di cortocircuito occorre verificare ed eventualmente adattare i valori d'impostazione dei relè di protezione.

IPE > 1 MVA (tipo B) con un allacciamento diretto alla rete MT forniscono un contributo alla stabilità dinamica della rete. Ciò significa che in caso di cadute di tensione di breve durata, provocate dalla rete AT a monte o da reti MT distanti (guasti su altre partenze della sottostazione), gli impianti devono rimanere allacciati per sostenere la rete.

Se gli impianti di produzione vengono allacciati direttamente a un impianto di distribuzione a media tensione della sottostazione occorre verificare l'impiego di una protezione delle sbarre collettrici e contro la mancata apertura interruttore. In tal caso è necessario tenere presente che la corrente di cortocircuito che forniscono gli impianti di produzione in alcune circostanze è inferiore alla corrente nominale di un'uscita.

Funzionamento in isola della rete

Non è ammesso il funzionamento di reti in isola. Il funzionamento in isola è solo ammesso se è presente una separazione galvanica della rete in isola dalla rete del GRD. Il gestore di una rete in isola è responsabile della sua sicurezza, qualità della tensione e frequenza.



4.3 Rete a bassa tensione

4.3.1 Pianificazione della rete e struttura della rete

La rete BT è stata pianificata e realizzata per la distribuzione di energia elettrica e solo in rari casi per il trasporto dell'energia generata (alimentazione di ritorno).

L'allacciamento di impianti di produzione in rete ha influenza sui carichi, sulle tensioni e sulla potenza di cortocircuito nella rete. Occorre analizzare gli effetti di seguito elencati.

Carico

L'immissione di impianti di produzione può avere come conseguenza che occorre aumentare la capacità di impianti (per es. trasformatori o linee). Un sovraccarico della rete si può evitare limitando la potenza d'immissione dell'IPE.

Qualità della tensione

L'immissione di impianti di produzione influenza la qualità della tensione. Occorre pertanto verificare se siano necessarie provvedimenti per l'immissione di IPE e dei relativi effetti sulla qualità della tensione.

Potenza di cortocircuito

L'allacciamento di impianti di produzione produce nella rete a bassa tensione nuovi punti di immissione con potenze di cortocircuito spesso basse.

4.3.2 Punto di allacciamento

Sulla base dei parametri di rete che variano (carico e potenza di cortocircuito) occorre verificare se il punto di allacciamento corrisponde ancora ai requisiti richiesti o deve essere adeguato.

4.3.3 Controllo e regolazione

Tramite impianti tecnici secondari e/o una connessione di comunicazione dell'IPE con il centro di gestione della rete, il GRD può influire sull'immissione di potenza attiva e reattiva.

4.3.4 Protezione della rete

Tramite l'allacciamento di impianti di produzione nella rete di bassa tensione sono presenti nella rete BT nuove fonti di energia elettrica che potrebbero alimentare guasti in rete. In caso di guasto nella rete a bassa tensione tutte le possibili fonti che forniscono pericolose correnti di cortocircuito fra fasi o verso terra devono essere separate automaticamente dalla rete.

Funzionamento in isola della rete

Non è ammesso il funzionamento di reti in isola. Il funzionamento in isola è solo ammesso se è presente una separazione galvanica della rete in isola dalla rete del GRD. Il gestore di una rete in isola è responsabile della sua sicurezza, qualità della tensione e frequenza.



5. Requisiti dell'allacciamento alla rete ad alta tensione LR3

5.1 In generale

Il presente capitolo definisce i requisiti tecnici necessari degli IPE con un punto di allacciamento alla rete ad alta tensione.

Il posto necessario per i dispositivi del GRD per l'allacciamento dell'IPE (per es. tecnica secondaria e misurazione di conteggio con connessione di comunicazione) viene messa a disposizione gratuitamente da parte dell'utilizzatore allacciato.

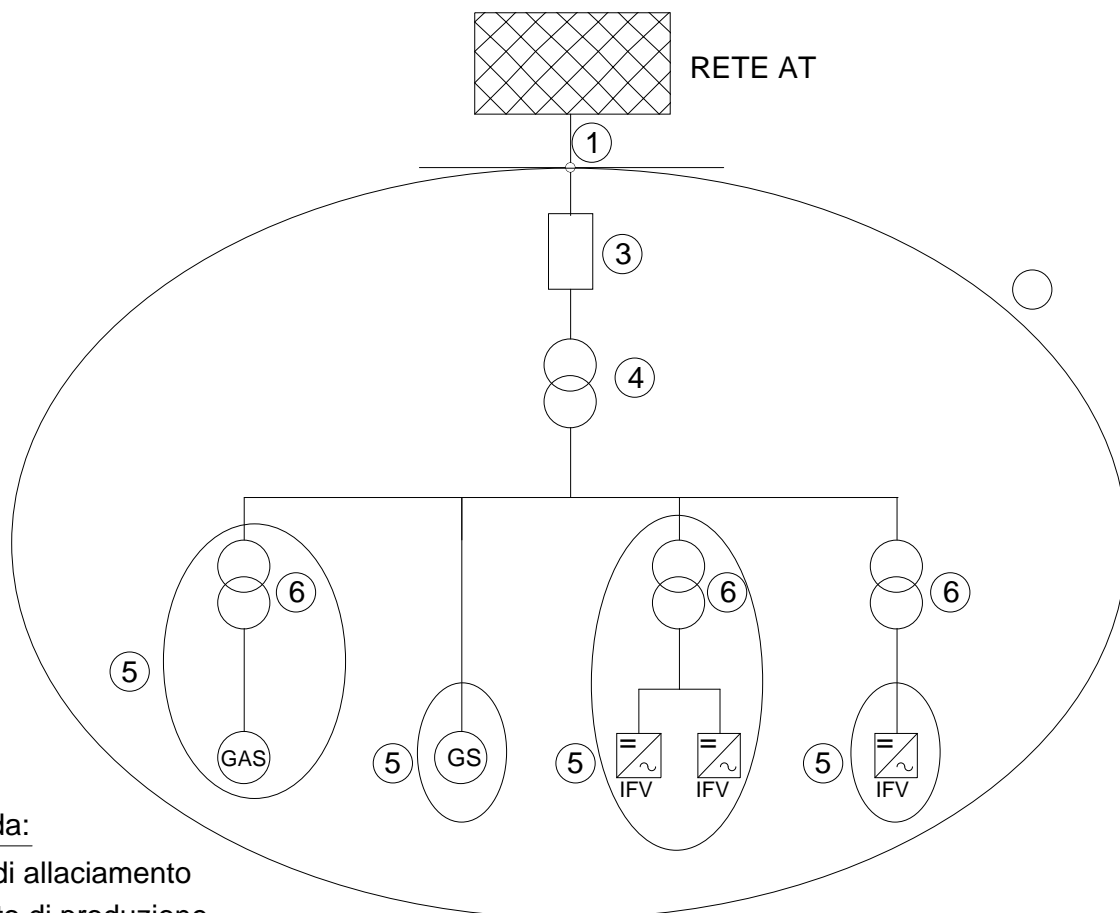
Gli impianti di produzione devono essere segnalati al GRD per la valutazione dell'allacciamento per mezzo di richiesta di allacciamento, inclusa la relativa documentazione. I dettagli sui punti di allacciamento tecnicamente possibili vengono comunicati al gestore dell'IPE per iscritto.

La potenza massima d'immissione consentita per un determinato punto della rete ad alta tensione dipende dalle condizioni della rete e dal tipo e dal modo di funzionamento dell'impianto di produzione. Non è possibile un'indicazione generale della potenza. Ciò può avvenire nei singoli casi solo per mezzo di un calcolo di rete.

Per l'immissione in una rete ad alta tensione vengono presi di norma in considerazione, per quanto riguarda la potenza, IPE di tipo B, C o D. Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche è possibile impiegare generatori sincroni e asincroni, nonché convertitori.

È sulla base della potenza d'immissione nel punto di allacciamento che avviene la classificazione di un'IPE, che per tutti e due i tipi di macchina può consistere di una o più unità di produzione. In caso di impianti di produzione misti (tipo 1 e 2) decide il GRD, in accordo con il gestore dell'IPE, come trattare gli impianti.





Legenda:

- ① Punto di allacciamento
 - ② Impianto di produzione
 - ③ Campo di allacciamento
 - ④ Trasformatore
 - ⑤ Unità di produzione
 - ⑥ Trasformazione macchina
- | |
|-----------------------------|
| GAS – Generatore asincrono |
| GS - Generatore sincrono |
| IFV – Impianto fotovoltaico |

Figura 1: Varianti di allacciamento con diversi tipi di macchina nella rete ad alta tensione

5.2 Tecnica primaria sul punto di allacciamento

L'allacciamento di un impianto di produzione avviene tramite un'installazione di allacciamento. Le particolarità di tale impianto vengono regolate fra il GRD e il gestore dell'IPE. Il gestore dell'IPE deve realizzare a tal scopo uno schema monopolare. L'intero impianto di allacciamento deve essere eseguito in conformità con le norme vigenti in materia e con lo stato della tecnica.

Poiché l'impianto di produzione deve prendere parte al sostegno dinamico della rete tramite l'immissione di una potenza reattiva, l'utilizzatore allacciato deve prevedere relativi dispositivi di protezione e trasformatori. Nel punto di allacciamento devono essere presenti i trasformatori di corrente e di tensione necessari per una protezione a distanza. Il dispositivo di protezione a distanza deve quindi agire sull'interruttore di potenza sul punto di allacciamento oppure sull'interruttore di potenza dal lato del generatore.



Un campo di allacciamento può includere i seguenti componenti primari e deve essere coordinato insieme con il GRD. La configurazione e il progetto, in particolare l'utilizzazione comune dei trasformatori devono essere accordati fra i contraenti.

- Sezionatori delle sbarre collettrici e interruttori di potenza
- Sezionatori di terra o punti fissi di terra
- 3 trasformatori di tensione con almeno un avvolgimento per dispositivi di protezione, di controllo, di misura e di conteggio. In una rete con punto neutro isolato o messo a terra in risonanza occorre un secondo avvolgimento per cablaggio contro la ferrorisonanza.
- Da 2 a 4 nuclei di trasformatori di tensione per ogni fase per dispositivi di protezione, di comando, di misura e di conteggio.
- 1 riduttore di corrente omopolare per la protezione di reti con punto neutro isolato o messo a terra in risonanza è da valutare.
- Connessione della guaina di protezione del cavo in caso linee in cavo
- Scaricatore di sovratensione

Le componenti primarie devono essere fra l'altro dimensionate in funzione delle seguenti grandezze:

- tensione nominale
- frequenza nominale
- trattamento punto neutro della rete
- tensione d'esercizio (U_c) con relativa tolleranza
- massima corrente d'esercizio
- massime correnti di dispersione di terra e di cortocircuito
- massima tensione per mezzi operativi (U_m)

Il GRD prescrive i parametri necessari per il dimensionamento dell'impianto di allacciamento IPE/UPE.

L'impianto di messa a terra deve essere dimensionato e realizzato per mezzo delle correnti di cortocircuito e di dispersione verso terra prescritte.

5.3 Tecnica secondaria

5.3.1 Controllo, regolazione e misurazione

Il gestore dell'IPE è responsabile del controllo e della sincronizzazione del proprio impianto.

Per quanto riguarda la sincronizzazione occorre ricordare che il GRD non verifica la sincronizzazione di un ordine di inserimento dal controllo dell'unità di produzione o dell'impianto di produzione. Il GRD può mettere a disposizione del gestore dell'IPE o la tensione del trasformatore di tensione delle sbarre collettrici oppure quella dell'immagine della tensione delle sbarre collettrici della sottostazione (generata da trasformatori di tensione di uscita).

La gerarchia di comando nel punto di allacciamento deve essere regolata fra GRD e gestore dell'IPE prima della messa in esercizio dell'IPE.

L'IPE deve presentare o mettere a disposizione per controllo, regolazione e misurazione le interfacce sotto indicate. Tali interfacce possono essere realizzate tramite un bus o con ingressi/uscite analogici e binari.



Ingresso analogico per la regolazione della potenza reattiva

Il controllo dell'IPE deve avere almeno un ingresso analogico, tramite il quale il GRD può controllare la potenza reattiva (per es. $\cos \varphi$) sul punto di allacciamento. Quando e in quale intervallo la potenza reattiva deve essere regolata e come l'interfaccia viene realizzata dal punto di vista tecnico deve essere definito specificamente per ogni progetto e regolato per contratto.

Controllo della potenza attiva in base un valore di consegna

Il controllo dell'IPE deve presentare almeno i seguenti ingressi binari, tramite i quali il GRD in caso di emergenza (per es. per evitare un blackout della rete) può disinserire l'impianto di produzione o ridurre la potenza immessa.

- Un ingresso binario per il 60% della potenza nominale
- Un ingresso binario per il 30% della potenza nominale
- Un ingresso binario per lo 0% della potenza nominale

Inoltre gli impianti di produzione devono essere in grado di ridurre la propria potenza attiva a gradini di almeno il 10% della potenza attiva massima. La riduzione della potenza attiva al valore nominale prescritto dal GRD deve essere possibile in ogni stato di esercizio e da ogni punto di esercizio.

Se sono solo disponibili ingressi analogici e sono adatti, possono essere utilizzati anche questi.

Consenso esterno per l'inserimento in rete

Il GRD può richiedere un ingresso binario con il quale può acconsentire l'inserimento sulla rete (accoppiamento alla rete) del generatore.

Contatto privo di potenziale per retrosegnalazione al GRD

Il gestore dell'IPE mette a disposizione del GRD le seguenti retrosegnalazione, compresi gli annunci di guasto, sotto forma di segnali binari convenzionali (come contatti privi di tensione):

- posizioni di tutti gli apparecchi elettrici del campo di allacciamento
- messaggio di guasto generale sgancio protezione

Valori di misura

Tramite un'opportuna interfaccia occorre mettere a disposizione del GRD i valori di misura richiesti, per es. corrente, tensione, potenza attiva e reattiva ecc.



5.3.2 Protezione

La protezione è d'importanza fondamentale per un esercizio sicuro e affidabile. Il gestore dell'IPE è responsabile di assicurare l'autoprotezione del proprio impianto. Pertanto l'utilizzatore allacciato dell'impianto di produzione deve eventualmente estendere le funzioni di protezione descritte nella presente direttiva. L'autoprotezione deve però soddisfare obbligatoriamente tutti i requisiti descritti nel presente documento.

I dispositivi di protezione devono riconoscere e disinserire i guasti (per es. cortocircuiti o dispersioni verso terra) dal lato dell'IPE. Inoltre occorre riconoscere i guasti nella vicina rete (per es. stesso livello di tensione), in modo che l'IPE dopo un tempo definito si separi dalla rete. Il gestore dell'IPE deve installare a tal scopo dispositivi di protezione in misura sufficiente. Per impianti in grado di funzionare in isola tali misure di protezione devono essere anche garantite nel funzionamento in isola.

Il principio di protezione e le impostazioni di protezione all'interfaccia fra il GRD e il gestore dell'IPE devono essere concordate specificamente fra i due partner per ogni progetto nella fase di progettazione. Sul punto di allacciamento vengono previsti dispositivi di protezione sia per la protezione della rete che per la protezione dell'impianto del gestore dell'IPE. I valori d'impostazione della protezione che influenzano la rete di distribuzione vengono prescritti dal GRD. Le impostazioni di protezione che riguardano sia la rete di distribuzione che l'autoprotezione di IPE/UPE vengono concordate fra GRD e gestore dell'IPE. Se necessario il GRD può anche richiedere a posteriori, d'intesa con il gestore dell'IPE, altre impostazioni di protezione.

Se l'interruttore della sottostazione è anche l'interruttore del generatore occorre realizzare una protezione contro la mancata apertura interruttore. Bisogna concordare fra le parti quali segnali attivano tale protezione e quali rilasci valgono per la protezione.

Le funzioni di corrente e tensione devono essere in genere eseguite su tre fasi.

In Figura 2, Tabella 2: e Tabella 3: è rappresentata una panoramica con le funzioni di protezione richieste.



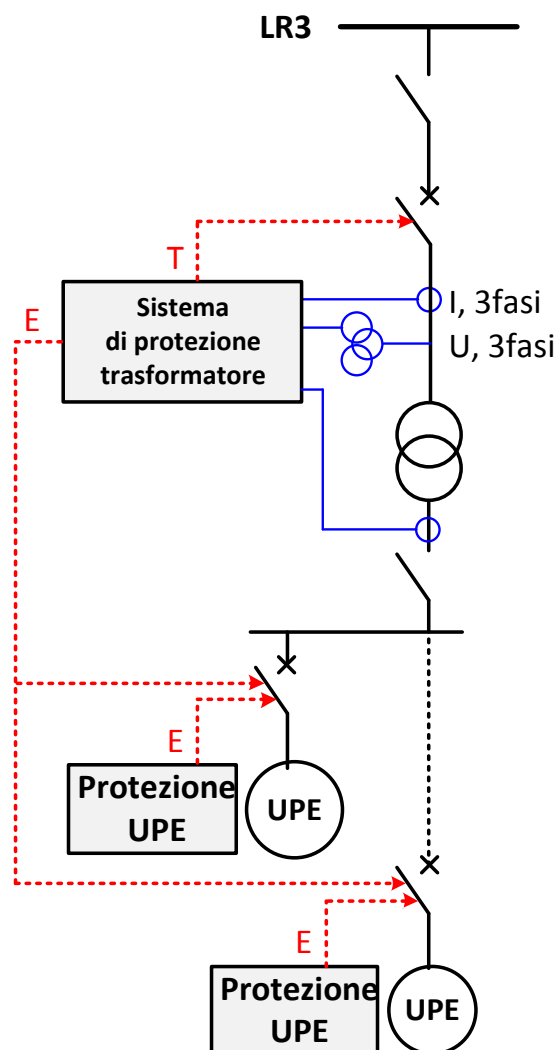


Figura 2: Esempio allacciamento IPE al LR3.

Tabella 2: Funzioni di protezione sul punto di allacciamento LR3

Sistema di protezione		Descrizione
<i>Funzione di protezione</i>		
$I >, I >>$ (50/51)	T & E	Protezione cortocircuito trasformatore
$I_0 >$ (51N)	T & E*	Protezione cortocircuito verso terra trasformatore
$U_0 >$ (59N)	T*	Protezione cortocircuito verso terra rete
ΔI (87T)	T & E	Protezione differenziale trasformatore
$Z <$ protezione a distanza (21)	T & E	Protezione cortocircuito rete e trasformatore



Tabella 3: Funzioni di protezione presso l'UPE per la rete LR3

Protezione UPE		Descrizione
<i>Funzione di protezione</i>		
U<, U<< (27)	E	Protezione sottotensione
U>, U>> (59)	E	Protezione sovratensione
f<, f> (81)	E	Protezione frequenza
Rete in isola	E	Riconoscimento rete in isola
Riduzione 50,2 Hz	E	Riduzione di potenza in caso di sovralfrequenza
Protezione Q-U	E**	Protezione sovratensione direzione potenza reattiva
I>/U<	E	Protezione sovracorrente dipendente dalla tensione

Fra parentesi sono riportati i numeri da ANSI/IEEE C37.2.

T = scatto dell'interruttore di potenza trasformatore

E = scatto dell'interruttore di potenza UPE

*se richiesto dal GRD (in dipendenza del principio di protezione e del trattamento del punto neutro)

**può anche essere realizzato nel relè di protezione del trasformatore (vedi paragrafo 5.4.3.3)

Per l'autoprotezione dell'UPE devono essere previste altre funzioni di protezione dal gestore dell'impianto.

I valori proposti per le impostazioni di protezione sono riportati nel paragrafo 5.4.3 Comportamento in caso di guasti nella rete.

5.3.3 Alimentazione servizi ausiliaria

L'impianto di allacciamento deve disporre di un'alimentazione per il fabbisogno proprio. Se il funzionamento dei dispositivi di protezione o lo sgancio degli apparecchi elettrici richiedono una tensione ausiliaria deve essere presente additionally un'alimentazione ausiliaria indipendente dalla rete (per es. batteria, condensatori, energia elettrica di trasformatori). L'approvvigionamento del fabbisogno proprio dell'impianto di allacciamento (incl. alimentazione ausiliaria) spetta al gestore dell'IPE. In caso di comando remoto, questo deve essere realizzato anche con un'alimentazione ausiliaria indipendente dalla rete. Se è necessaria un'alimentazione ausiliaria di una certa durata occorre misurarne la capacità in modo tale che l'impianto di allacciamento in caso di tensione di rete mancante possa funzionare con tutti i dispositivi di protezione, secondari e di esercizio di emergenza per almeno otto ore.

5.4 Comportamento dell'IPE sulla rete

5.4.1 Esercizio normale

Messa in servizio, nonché inserimenti e disinserimenti degli impianti alla/dalla rete devono essere concordati con il relativo GRD.

L'IPE deve poter funzionare con potenza ridotta. Il GRD è autorizzato a richiedere una limitazione temporanea della potenza immessa o a effettuare un disinserimento dell'impianto. Su richiesta del GRD il gestore dell'IPE è obbligato a disinserire il proprio impianto e a distaccarlo dalla rete.



Se, in caso di impianti di produzione inseriti in rete per mezzo di dispositivi di sincronizzazione e regolazione automatica della tensione, nel processo di sincronizzazione si verificano variazioni non ammissibili della tensione in rete occorre prevedere relative ottimizzazioni sui dispositivi di regolazione della tensione e di sincronizzazione oppure misure di limitazione della corrente.

Se il GRD desidera una prescrizione della tensione dall'impianto di produzione, ciò deve essere oggetto del contratto di allacciamento alla rete con cui definire anche l'equipaggiamento tecnico a ciò necessario.

Regolazione della potenza reattiva (supporto statico della rete)

In normali condizioni di esercizio gli impianti di produzione di energia devono essere in grado di erogare o assorbire potenza reattiva induttiva o capacitiva negli intervalli del fattore di potenza sotto indicati.

$$\cos\varphi = 0,9_{\text{sottoeccitato}} \text{ fino a } \cos\varphi = 0,9_{\text{sovrareccitato}}$$

Valori divergenti da questi (per es. per macchine sincrone) devono essere regolati per contratto.

Qui il GRD stabilisce uno dei seguenti tipi di regolazione o controllo:

- a) fattore di sfasamento $\cos \varphi$ fisso
- b) fattore di sfasamento $\cos\varphi(P)$ (dipendente dalla potenza attiva immessa)
- c) potenza reattiva costante Q
- d) curva caratteristica potenza reattiva/tensione Q(U)

Se il GRD prescrive una curva caratteristica $\cos \varphi(P)$, ogni valore nominale risultante dalla curva caratteristica deve impostarsi automaticamente entro 10 secondi.

La figura 3 mostra un esempio per una curva caratteristica $\cos \varphi(P)$.

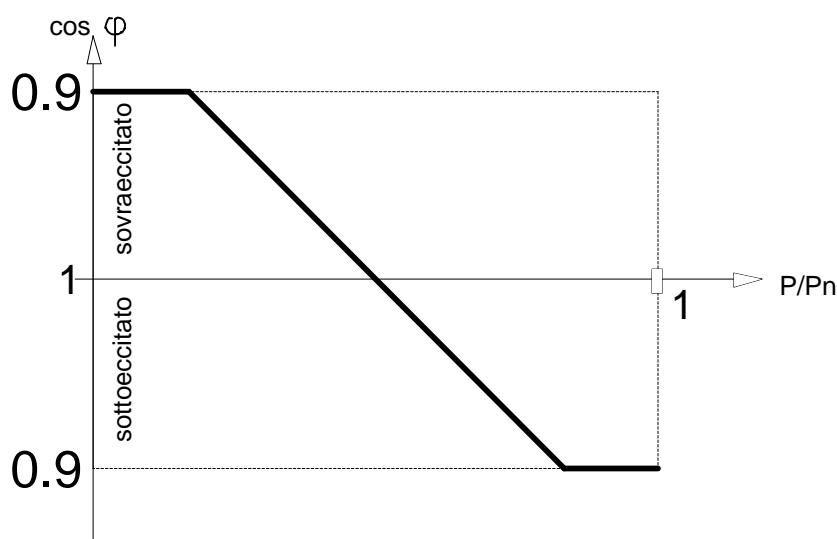


Figura 3: Esempio: curva caratteristica $\cos \varphi(P)$ alta tensione



Per evitare salti di tensione in caso di immissione di potenza attiva oscillante occorre scegliere una curva caratteristica con andamento continuo e pendenza limitata. Sia la procedura selezionata che i valori nominali vengono stabiliti in modo individuale dal GRD per ogni impianto di produzione e registrati per mezzo di accordi.

5.4.2 Comportamento in caso di guasti nell'IPE

L'IPE, nel caso in cui presentino guasti (nell'unità di produzione stessa o nella sua porzione di rete) con possibili effetti negativi sulla rete, deve essere separato immediatamente dalla rete. Cortocircuiti fra fasi e verso terra nell'IPE devono essere riconosciuti e disinseriti da parte della protezione dell'IPE (tipico ritardo impostato $\leq 0,1$ s). Altri errori vanno trattati conformemente allo stato della tecnica e a seconda del tipo di IPE.

5.4.3 Comportamento in caso di guasti nella rete

5.4.3.1 In generale

Il GRD è autorizzato, in caso di pericolo o di guasti, a distaccare subito l'IPE dalla rete. Ciò vale in particolare in caso d'emergenza e senza previa comunicazione al gestore dell'IPE.

È assolutamente necessario coordinare le impostazioni di protezione con il GRD. Tipici tempi finali di protezione nelle reti di distribuzione sono compresi fra 1 e 3 s.

Cortocircuiti fra fasi e verso terra nella rete

La procedura per il riconoscimento e il disinserimento dei cortocircuiti verso terra dipende dal trattamento del punto neutro della rete ad alta tensione e dalla filosofia aziendale del GRD.

I cortocircuiti nell'impianto di distribuzione della sottostazione devono essere riconosciuti e disinseriti rapidamente. La rilevazione dei cortocircuito verso terra avviene secondo prescrizione del GRD. Con il GRD devono essere preventivamente concordati e realizzati il principio di protezione e le interfacce.

La protezione dell'IPE rispettivamente dell'UPE deve anche poter coprire i cortocircuiti fra fasi e verso terra nella rete.

5.4.3.2 Andamento tensione/tempo (curva caratteristica $u(t)$)

Riguardo alle cadute di tensione gli IPE devono presentare un andamento conforme alle seguenti figure.

Nella rete ad alta tensione sono possibili tempi di disinserimento fino a massimo 3 s. Durante questa durata del guasto ci si devono aspettare cadute di tensione superiori.

Occorre rispettare le curve caratteristiche $u(t)$ nel punto di allacciamento. Le seguenti percentuali relative alla tensione si riferiscono alla tensione concatenata. Le relative tabelle mostrano alcune raccomandazioni relative alle funzioni di protezione e ai loro valori d'impostazione. Sul punto di allacciamento occorre rispettare i valori di protezione riportati. Lo sgancio o il distacco dalla rete avvengono preferibilmente sull'IPE.

IPE di tipo D

Per il comportamento in caso di cadute della tensione per impianti di tipo D consultare il Transmission Code-Svizzera (TC – CH 2013).



IPE di tipo B1 e C1 (generatori sincroni)

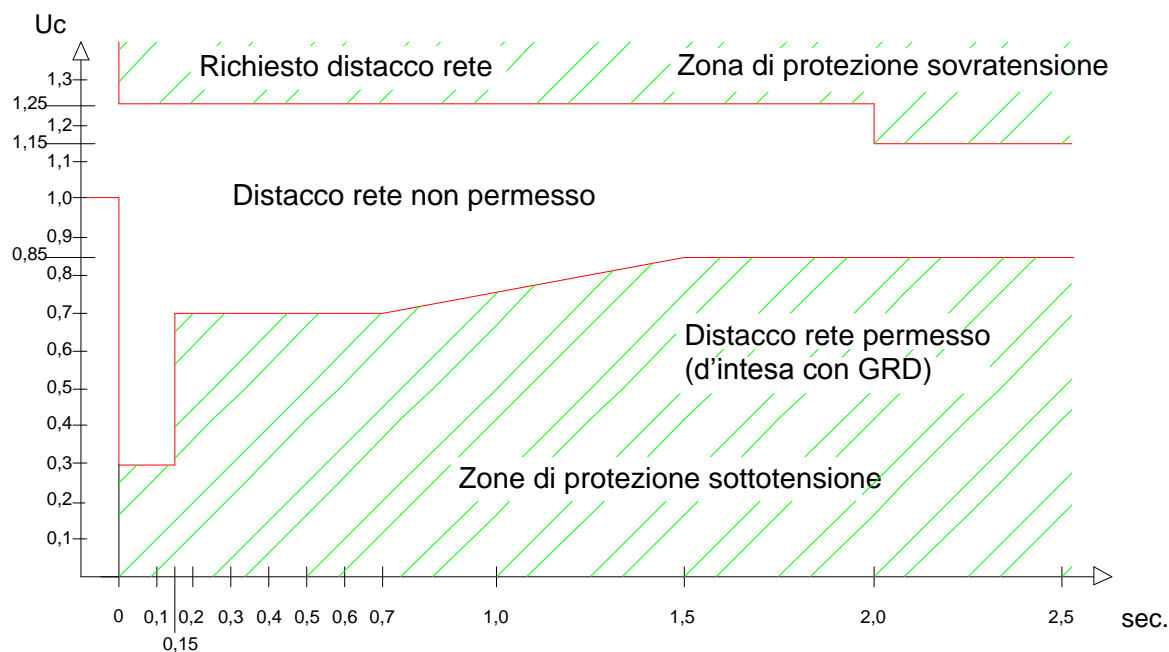


Figura 4: Curva caratteristica U(t) tipo B1 e C1 in alta tensione

Tabella 4: Raccomandazioni d'impostazione per relè di protezione degli IPE di tipo B1, C1 sul punto di allacciamento

Funzione	Intervallo impostazione relè di protezione	Valori d'impostazione della protezione consigliati	
Protezione da sovratens. $U >$ (valore medio 10 min)*		$1,10 U_c$	istantanea
Protezione da sovratens. $U >$	$1,0 \dots 1,4 U_n$	$1,15 U_c$	2 s
Protezione da sovratens. $U >>$	$1,0 \dots 1,4 U_n$	$1,25 U_c$	100 ms
Protezione da sottotens. $U <$	$0,1 \dots 1,0 U_n$	$0,85 U_c$	1,5 s
Protezione da sottotens. $U <<$	$0,1 \dots 1,0 U_n$	$0,30 - 0,70 U_c$	150 - 700 ms
Protezione da sovralfrequ. $f >$	50...53 Hz	51,5 Hz ($U >$ $70\% U_c$)	200 ms
Protezione da sottofrequ. $f <$	47...50 Hz	47,5 Hz ($U >$ $70\% U_c$)	200 ms

U_c : tensione di alimentazione concordata
 U_n : tensione nominale (valore nominale)
 istantanea = 50...150 ms (per evitare sovrapposizione di funzione)
 *se disponibile
 Nota: fare attenzione alla ricaduta (isteresi) dei relè riguardo a sovrapposizione di funzione/reinserimento.



IPE di tipo B2 e C2 (generatori asincroni/altri)

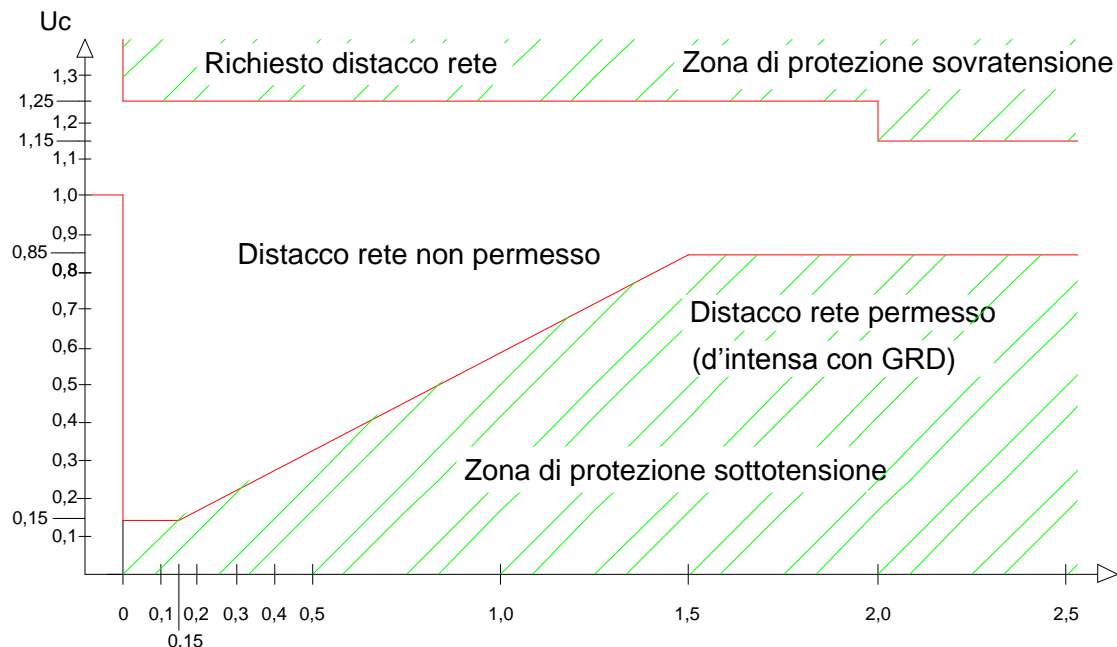


Figura 5: Curva caratteristica U(t) tipo B2 e C2 in alta tensione

Tabella 5: Raccomandazioni d'impostazione per relè di protezione degli IPE di tipo B2, C2 sul punto di allacciamento

Funzione	Intervallo d'impostazione relè di protezione	Valori d'impostazione raccomandati dei relè di protezione	
Protezione da sovratens. $U >$ (valore medio 10 min)*		$1,10 U_c$	istantaneo
Protezione da sovratens. $U >$	$1,0 \dots 1,4 U_n$	$1,15 U_c$	2 s
Protezione da sovratens. $U >>$	$1,0 \dots 1,4 U_n$	$1,25 U_c$	100 ms
Protezione da sottotens. $U <$	$0,1 \dots 1,0 U_n$	$0,85 U_c$	1,5 s
Protezione da sottotens. $U <<$	$0,1 \dots 1,0 U_n$	$0,15 U_c$	150 ms
Protezione da sovr frequ. $f >$	50...53 Hz	51,5 Hz ($U > 70\% U_c$)	200 ms
Protezione da sotto frequ. $f <$	47...50 Hz	47,5 Hz ($U > 70\% U_c$)	200 ms

U_c : tensione di approvvigionamento concordata
 U_n : tensione nominale (valore nominale)
 istantanea = 50...150 ms (per evitare sovrapposizione di funzione)
 *I convertitori sono di norma da impostare così
 Nota: Fare attenzione alla ricaduta (isteresi) dei relè riguardo a sovrapposizione di funzione/reinserimento.



5.4.3.3 Protezione sottotensione potenza reattiva (protezione Q-U)

La protezione sottotensione potenza reattiva ($Q \rightarrow$ & $U <$), di seguito denominata protezione Q-U, controlla il comportamento adatto al sistema dell'impianto di produzione dopo un guasto di rete. Impianti di produzione che disturbano il ripristino della tensione di rete con l'assorbimento di potenza reattiva induttiva dalla rete vengono distaccati dalla rete.

A tal scopo la protezione Q-U distacca dalla rete l'impianto di produzione in un tempo da 0,5...1,5 s (inferiore al tempo finale di protezione della rete) se tutte e tre le tensioni concatenate al punto di allacciamento sono inferiori a $0,85 U_c$ (operatore AND logico) e allo stesso tempo l'impianto di produzione assorbe dalla rete del GRD potenza reattiva induttiva ($> 5\%$ della potenza nominale concordata). Allo stesso tempo deve essere presente un corrispondente flusso di carico per impedire una sovrapposizione di funzione del riconoscimento della potenza reattiva. La corrente immessa deve essere allora pari almeno al 10% della corrente nominale. Se sono soddisfatte tutte queste condizioni è presente un intervento della protezione Q-U (tempo di sgancio 0,5 - 1,5 s, inferiore al tempo finale di protezione della rete).

In caso di generatori asincroni e generatori eccitati permanentemente la protezione Q-U sul punto di allacciamento è assolutamente necessaria.

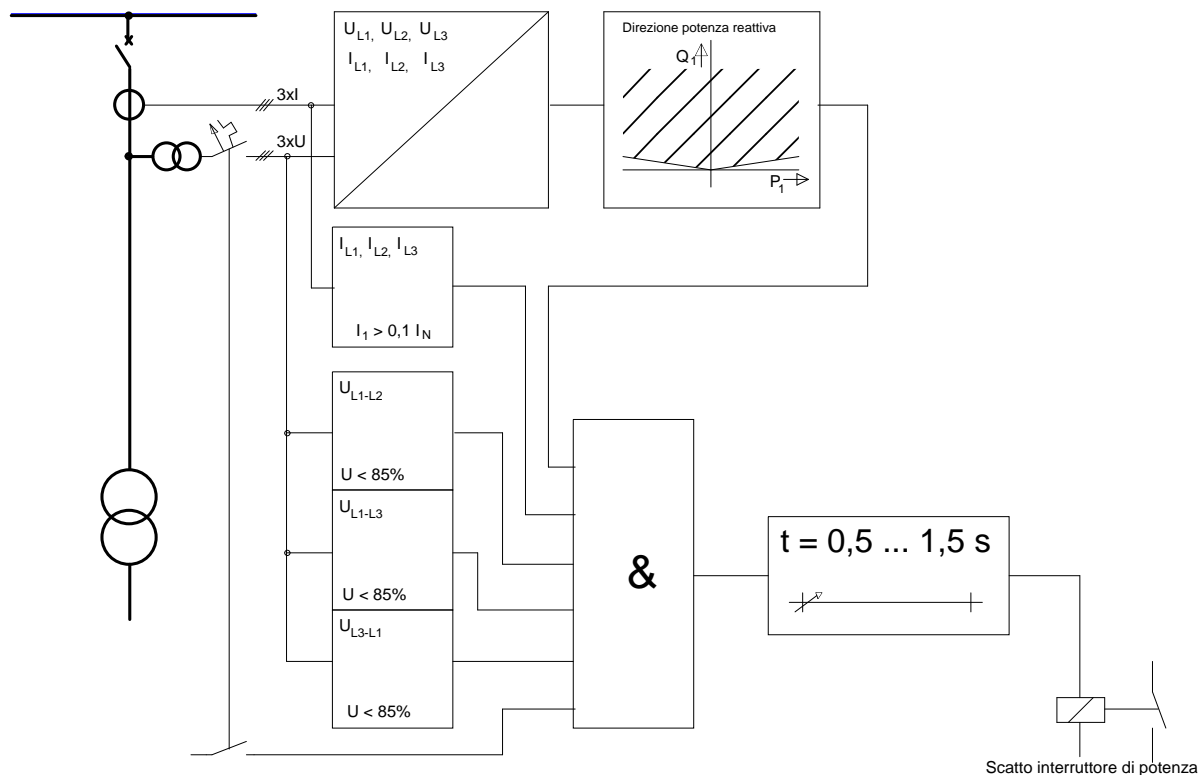


Figura 6: Esempio protezione Q-U



Per l'impostazione della protezione Q-U vengono raccomandati i seguenti valori:

Tabella 6: Raccomandazioni d'impostazione protezione Q-U

Funzione	Intervallo d'impostazione	Valori d'impostazione raccomandati	
Protezione Q-U	$0,7 \dots 1,0 U_n$	$0,85 U_c$	$t = 0,5 - 1,5 \text{ s}$

Nota: Fare attenzione alle ricadute (isteresi)

Perché la protezione Q-U funzioni l'impianto deve generare almeno il 10% della corrente nominale (trasformatore del dispositivo di protezione).

5.4.3.4 Reinserimento dell'impianto di produzione dopo i guasti

Il gestore dell'IPE è responsabile del reinserimento o del disinserimento dell'impianto e del processo di sincronizzazione.

Il gestore dell'IPE deve occuparsi da solo di misure preventive per evitare che manovre di collegamento od oscillazioni della tensione nella rete del GRD provochino danni nel suo impianto e che in tal caso il suo IPE provochi danni a impianti di terzi.

Dopo il disinserimento in seguito ad un guasto nella rete di distribuzione o in caso di uno o più reinserimenti automatici o manuali successivi il gestore dell'IPE deve occuparsi da solo di misure preventive tali che il suo IPE sia stato distaccato precedentemente in automatico dalla rete di distribuzione. Per il reinserimento dell'IPE nella rete di distribuzione è obbligatorio un dispositivo di sincronizzazione. Il reinserimento deve essere concordato preventivamente con il GRD.

Una sincronizzazione dell'IPE con la rete deve essere possibile fra 49,0 e 51,0 Hz. Nel frattempo la tensione deve essere nell'intervallo 90...110% U_c .

5.4.3.5 Comportamento in base alla frequenza

Per frequenze fra 47,5 Hz e 51,5 Hz non è consentito un distacco automatico dalla rete a causa della deviazione della frequenza.

Al di sotto di 47,5 Hz o al di sopra di 51,5 Hz deve avvenire entro 1 s un distacco automatico dalla rete. Il GRD può stabilire valori inferiori differenti se un'unità di produzione si trova in una zona di distacco rapido del carico. Limitazioni della banda di frequenza legate al sistema devono essere documentate e registrate.

Nel paragrafo 5.4.3.2 sono elencate raccomandazioni relative alle funzioni di protezione e ai loro valori d'impostazione.

Comportamento in caso di sovrافrequenza

In caso di frequenza di rete di 50,2 Hz o superiore gli IPE devono ridurre la loro potenza in conformità a Figura 7.



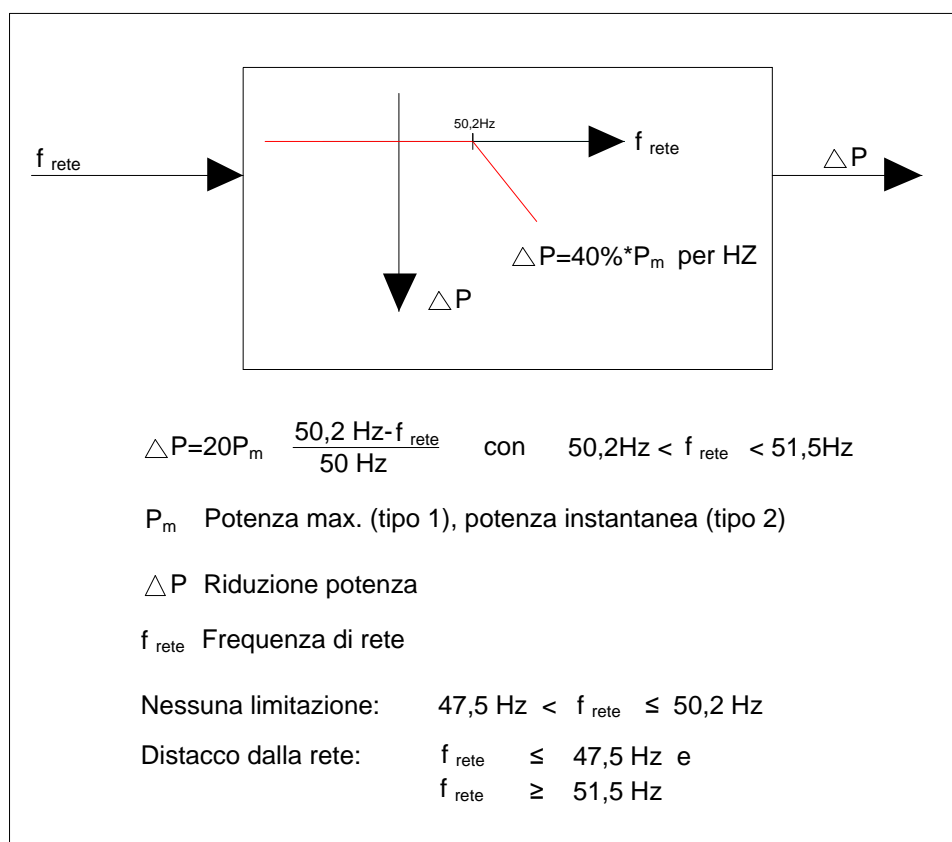


Figura 7: Riduzione della potenza in caso di sovrافrequenza nell'alta tensione (TC-CH 2013)

Nell'intervallo di frequenza da 50,2 a 51,5 Hz gli impianti di produzione di tipo 1 devono ridurre la **potenza attiva massima** P_m con un gradiente di $40\% * P_m$ per Hertz. In caso di potenze inferiori alla potenza attiva nominale l'impianto di produzione si può continuare a far funzionare fino alla linea di confine sul valore attuale. Quando questa viene raggiunta la potenza deve essere ridotta conformemente alla figura sopra.

Nell'intervallo di frequenza fra 50,2 Hz e 51,5 Hz gli impianti di produzione di tipo 2 devono ridurre la **potenza attiva istantanea** P_m (congelamento del valore al momento del superamento della frequenza di rete di 50,2 Hz) con un gradiente del $40\% * P_m$ per Hertz.

Comportamento in caso di sottofrequenza

In caso di riduzione della frequenza dovuta alla rete è consentita una riduzione della potenza dell'impianto di produzione se ciò è necessario per l'esercizio dell'impianto.



Nei seguenti casi il GRD è autorizzato a pretendere o effettuare una limitazione temporanea di potenza attiva o un disinserimento dell'impianto oppure gli impianti di produzione devono effettuare la regolazione in modo automatico:

- potenziale pericolo per l'esercizio sicuro del sistema
- colli di bottiglia o pericoli di sovraccarichi nella rete del GRD
- pericolo di formazione di una rete in isola
- minaccia alla stabilità di rete statica o dinamica
- aumento di frequenza pericoloso per il sistema
- risincronizzazione di porzioni di rete
- nell'ambito della gestione della sicurezza di rete

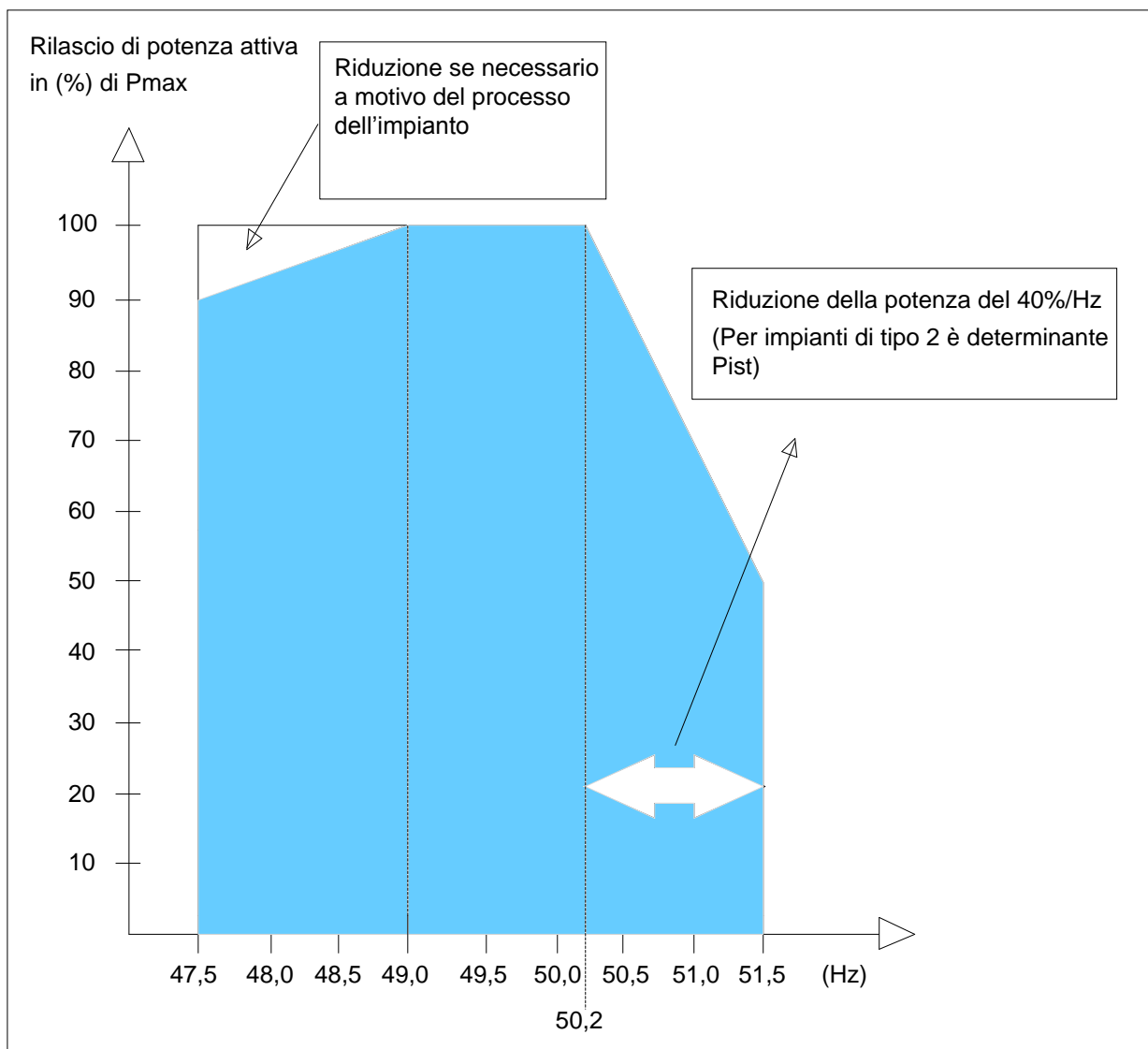


Figura 8: Panoramica delle riduzioni di potenza dipendenti dalla frequenza



Bande di frequenza

In caso di oscillazioni di frequenza l'impianto deve poter essere fatto funzionare in conformità alla Figura 9. Qui è rappresentato il tempo minimo per il quale un impianto deve rimanere in rete in dipendenza della frequenza.

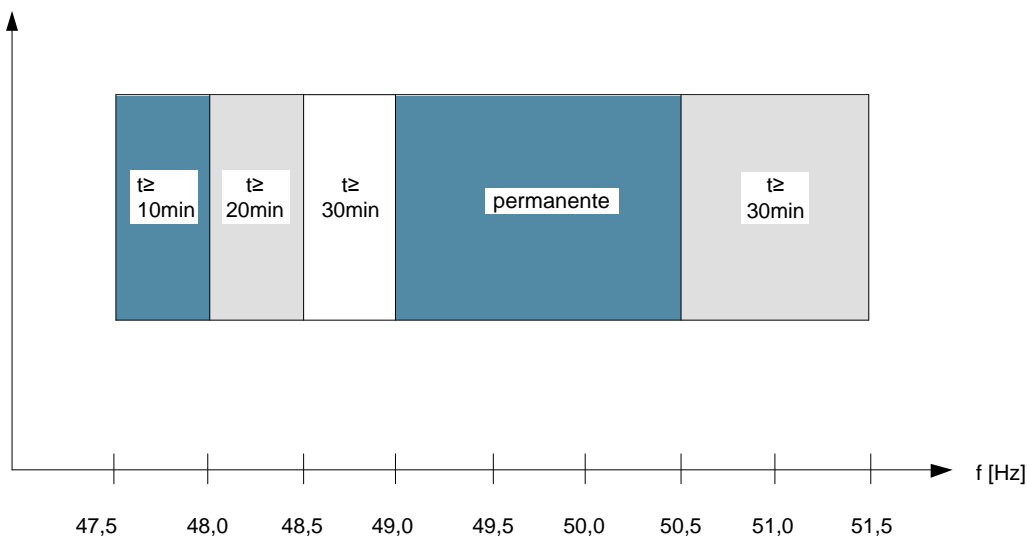


Figura 9: Bande di frequenza ad alta tensione (base TC-CH 2013)

5.4.3.6 Mantenimento della tensione con immissione di corrente reattiva in caso di guasti in rete

Per il sostegno dinamico alla rete gli IPE devono immettere in rete una corrente reattiva per mantenere la tensione. Gli impianti di tipo 1 (macchine sincrone) hanno già questo comportamento per ragioni fisiche, per cui non occorre effettuare alcuna impostazione speciale. Gli impianti di tipo 2 (asincroni e altri) devono mantenere la tensione con corrente reattiva, come di seguito descritto.

Gli impianti di produzione devono mantenere la tensione di rete durante una caduta di tensione con corrente reattiva addizionale. A tal scopo occorre attivare una regolazione della tensione in conformità a Figura 10 in caso di caduta di tensione superiore al 10% del valore effettivo della tensione del generatore. Tale regolazione della tensione deve assicurare la messa a disposizione di una corrente reattiva dal lato della sottotensione del trasformatore della macchina, con un contributo minimo del 2% della corrente nominale per ogni punto percentuale della caduta di tensione. L'impianto deve essere in grado di immettere in rete la corrente reattiva desiderata entro 20 ms. In caso di necessità deve essere possibile una cessione di corrente reattiva pari almeno al 100% della corrente nominale. Al ritorno della tensione nella zona della banda neutra la regolazione della tensione deve essere mantenuta almeno per 500 ms in conformità alla caratteristica prescritta.

Il fattore K da impostare a tal scopo viene prescritto dal GRD.



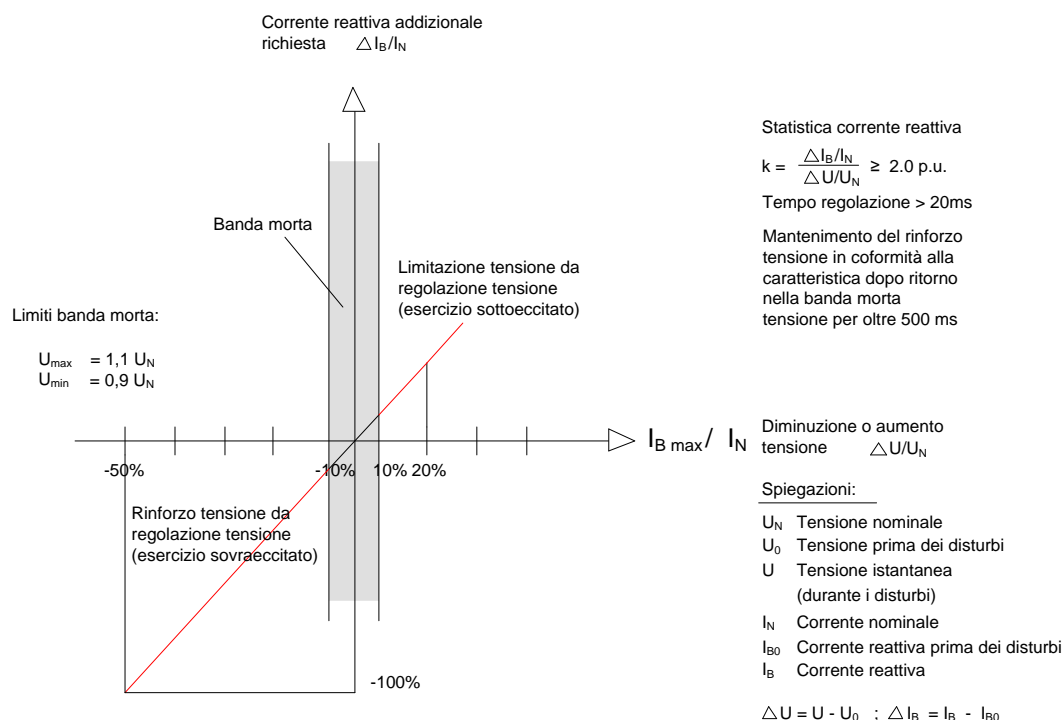


Figura 10: Principio del mantenimento della tensione in caso di guasti in rete [VDN TC 2007]

5.5 Contatto con gestore della rete di distribuzione

Il gestore dell'IPE deve essere raggiungibile da parte del GRD, in modo che in caso di disturbi possa essere informato o richiesto l'intervento.

In caso di disturbi è estremamente importante che il ripristino della rete si svolga in modo coordinato. Perciò il gestore dell'IPE in caso di disturbi deve procurarsi il rilascio per la ripresa della produzione da parte del GRD. La cosa migliore è lasciare un indirizzo e-mail al quale possano essere inviati per informazione gli ordini di manovra.

5.6 Punto di misurazione

I dispositivi di misurazione devono essere equipaggiati in conformità alle prescrizioni legali e ai requisiti stabiliti dal GRD. Devono essere anche rispettati sia il Metering Code Svizzera (raccomandazione del settore) rispettivamente vigente che i documenti d'applicazione di AES, UFE e swissgrid.



5.7 Richiesta e valutazione di allacciamento

5.7.1 Richiesta di allacciamento

È obbligatorio coinvolgere il GRD già nella fase di pianificazione, rispettando anche le procedure di notifica vigenti presso il GRD.

Prima dell'allacciamento di un IPE alla rete di distribuzione occorre presentare al GRD una richiesta di allacciamento, utilizzando il modulo ufficiale dell'AES (scheda tecnica per la valutazione delle perturbazioni della rete). Diversi GRD hanno però proprie richieste di allacciamento, in caso di dubbio occorre pertanto consultare il GRD.

Dalla richiesta di allacciamento devono risultare per il GRD tra l'altro:

- potenza immessa
- tipo di produzione di energia (per es. convertitore, generatore asincrono, generatore sincrono)
- controllo della potenza (per es. convertitore)
- produttore e tipo dell'IPE, incl. scheda tecnica
- nuovo impianto o estensione di un impianto esistente
- schema elettrico
- andamento della corrente in caso di macchina trifase senza convertitore

5.7.2 Valutazione tecnica

Per mezzo dei dati sulla richiesta di allacciamento e dei dati di rete presenti sul punto di allacciamento, il GRD valuta, con l'aiuto delle "Regole tecniche per la valutazione delle perturbazioni della rete D-A-CH-CZ", se l'allacciamento dell'impianto può essere approvato così o quali misure occorre adottare. La decisione viene comunicata per iscritto al richiedente.

Su richiesta il GRD comunica la potenza di cortocircuito della rete (S_{KV} in conformità a D-A-CH-CZ) sul punto di allacciamento. Questa vale come base per il calcolo delle perturbazioni della rete in conformità a D-A-CH-CZ.

5.7.3 Approvazione dell'allacciamento

Senza approvazione dell'allacciamento non è consentito allacciare l'impianto in rete. Per l'allacciamento dell'IPE alla rete di distribuzione è necessario un contratto di allacciamento alla rete tra GRD e utilizzatore allacciato alla rete.

5.8 Perturbazioni della rete / qualità della tensione

Per l'allacciamento di IPE alla rete ad alta tensione sono determinanti le "Regole tecniche per la valutazione delle perturbazioni della rete D-A-CH-CZ" (documento addizionale). La responsabilità del rispetto dei valori limite è del gestore dell'IPE. Il GRD ha la possibilità di montare una misurazione di qualità della tensione sul punto di allacciamento.

Sulla rete di distribuzione ad alta tensione sono consentiti di regola solo allacciamenti trifase.



5.9 Documentazione e scambio di dati

Il gestore e il proprietario di impianti di produzione sono tenuti a documentare i loro impianti in conformità alle prescrizioni legali e allo stato della tecnica. Il gestore di un IPE fornisce su richiesta al GRD i dati tecnici richiesti (per es. dati tecnici di impianti primari, dati di potenza di macchina e turbine, impostazioni di controllo e protezione).

5.10 Prove e collaudo

Il gestore dell'IPE deve documentare al GRD e all'ESTI la funzionalità dei dispositivi di protezione richiesti in occasione di una prova di collaudo. Per una prima messa in servizio occorre l'autorizzazione del GRD. Questo deve essere invitato almeno quattro settimane prima per il collaudo.

L'IPE può essere messo in servizio solo quando:

- a) la prova di collaudo e il protocollo di collaudo sono stati presentati al GRD,
- b) tutti i potenziamenti della rete eventualmente necessari sono stati terminati.

Una messa in servizio temporanea per la prova dell'IPE può avvenire preventivamente in accordo con il GRD.

Il gestore dell'IPE è responsabile dell'osservanza dei requisiti obbligatori e prefissati. Egli esegue le necessarie prove e verifiche in modo autonomo. È responsabile dell'organizzazione e dell'esecuzione delle manutenzioni necessarie (incl. prove periodiche).

Il GRD può richiedere o eseguire da solo test, prove di protezione e misurazioni aggiuntive (per es. per la prova della qualità della tensione) che confermino i requisiti riportati nel presente documento.

Il gestore dell'IPE informa su richiesta il GRD su prove e test eseguiti.

6. Requisiti dell'allacciamento alla rete ad alta tensione LR5

6.1 In generale

Il presente capitolo definisce i requisiti tecnici necessari degli IPE con un punto di allacciamento alla rete di distribuzione a media tensione.

Il posto necessario per i dispositivi del GRD per l'allacciamento dell'IPE (per es. tecnica secondaria) viene messa a disposizione gratuitamente da parte dell'utilizzatore allacciato. Per il GRD deve essere garantito in ogni momento l'accesso al punto di allacciamento (punto di sezionamento).

Gli impianti di produzione devono essere segnalati al GRD per la valutazione dell'allacciamento per mezzo di richiesta di allacciamento, inclusa la relativa documentazione. I dettagli sui punti di allacciamento tecnicamente possibili vengono comunicati al gestore dell'IPE per iscritto.



La potenza massima d'immissione consentita per un determinato punto della rete a media tensione dipende dalle condizioni della rete e dal tipo e dal modo di funzionamento dell'impianto di produzione. Non è possibile un'indicazione generale della potenza. Ciò può avvenire nei singoli casi solo per mezzo di un calcolo di rete.

Per l'immissione in una rete a media tensione vanno considerati, per quanto riguarda la potenza, di norma IPE di tipo A o B. Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche è possibile impiegare generatori sincroni e asincroni, nonché convertitori.

È sulla base della potenza d'immissione nel punto di allacciamento che avviene la classificazione di un'IPE, che per tutti e due i tipi di macchina può consistere di una o più unità di produzione. In caso di impianti di produzione misti (tipo 1 e 2) decide il GRD, in accordo con il gestore dell'IPE, come trattare gli impianti.

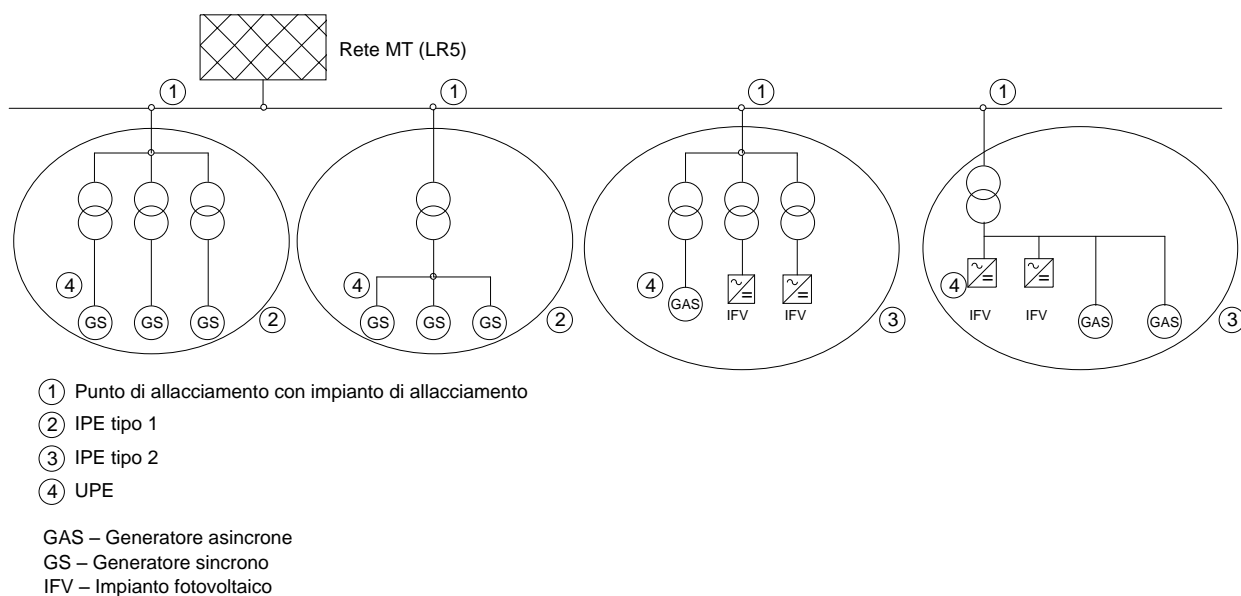


Figura 11: Varianti di allacciamento con diversi tipi di macchina nella rete a media tensione

6.2 Tecnica primaria sul punto di allacciamento

L'allacciamento di un impianto di produzione avviene tramite un impianto di allacciamento. Le particolarità di tale impianto vengono regolate fra il GRD e il gestore dell'IPE. Il gestore dell'IPE deve realizzare a tal scopo uno schema monopolare. L'intero impianto di allacciamento deve essere eseguito in conformità con le norme vigenti in materia e con lo stato della tecnica.

L'allacciamento di IPE deve avvenire in base alle prescrizioni del GRD.

Un campo di allacciamento può consistere dei seguenti componenti primari e deve essere coordinato insieme con il GRD. La configurazione e il progetto, in particolare l'utilizzazione comune dei trasformatori devono essere accordati fra i contraenti.



- Sezionatore di sbarre collettrici e interruttore di potenza o interruttore di carico con fusibili
- Sezionatori di terra o punti fissi di messa a terra
- 3 trasformatori di tensione con almeno un avvolgimento per dispositivi di protezione, di controllo, di misura e di conteggio. In una rete con punto neutro isolato o messo a terra in risonanza occorre un secondo avvolgimento per cablaggio contro la ferrorisonanza.
- Da 2 a 4 nuclei di trasformatori di tensione per ogni fase per dispositivi di protezione, di controllo, di misura e di conteggio.
- 1 riduttore di corrente omopolare per la protezione di reti con punto neutro isolato o messo a terra in risonanza è da valutare.
- Trattamento della guaina di protezione del cavo in caso di impianti via cavo
- Scaricatore di sovratensione

Per il caso che l'impianto di produzione debba prendere parte al sostegno dinamico della rete tramite l'immissione di una potenza reattiva ($IPE > 1$ MVA) l'utilizzatore allacciato deve prevedere relativi dispositivi di protezione e trasformatori. Nel punto di allacciamento devono essere presenti i trasformatori di corrente e di tensione necessari per una protezione a distanza. Il dispositivo di protezione a distanza deve quindi agire sull'interruttore di potenza sul punto di allacciamento oppure, nel caso di una combinazione interruttore di carico/fusibile, sull'interruttore di potenza dal lato del generatore.

Le componenti primarie devono essere fra l'altro dimensionate per mezzo delle seguenti grandezze:

- tensione nominale
- frequenza nominale
- trattamento punto neutro della rete
- tensione d'esercizio (U_c) con tolleranza della tensione
- massima corrente d'esercizio
- massime correnti di dispersione di terra e di cortocircuito
- massima tensione per mezzi operativi (U_m)

Il GRD prescrive i parametri necessari per il dimensionamento dell'impianto di allacciamento IPE/UPE.

L'impianto di messa a terra deve essere dimensionato e realizzato per mezzo delle correnti di cortocircuito e di dispersione verso terra prescritte.



6.3 Tecnica secondaria

6.3.1 Controllo, regolazione e misurazione

Il gestore dell'IPE è responsabile del controllo e della sincronizzazione del proprio impianto.

Per quanto riguarda la sincronizzazione occorre ricordare che il GRD non verifica la sincronizzazione di un ordine di inserimento dal controllo dell'unità di produzione o dell'impianto di produzione. Il GRD può mettere a disposizione del gestore dell'IPE o la tensione del trasformatore di tensione delle sbarre collettrici oppure quella dell'immagine della tensione delle sbarre collettrici della sottostazione (generata da trasformatori di tensione di uscita).

Se il punto di allacciamento si trova in una sottostazione del GRD, la gerarchia di comando degli elementi di manovra del campo di passaggio nella sottostazione del GRD deve essere regolata fra GRD e gestore dell'IPE.

L'IPE deve presentare o mettere a disposizione per controllo, regolazione e misurazione le interfacce sotto indicate. Tali interfacce possono essere realizzate tramite un bus o con ingressi/uscite analogici o binari.

Ingresso analogico per la regolazione della potenza reattiva

Il controllo dell'IPE deve avere almeno un ingresso analogico, tramite il quale il GRD può controllare la potenza reattiva (per es. $\cos \varphi$) sul punto di allacciamento. Quando e in quale intervallo la potenza reattiva deve essere regolata e come l'interfaccia viene realizzata dal punto di vista tecnico deve essere definito specificamente per ogni progetto e regolato per contratto.

Controllo della potenza attiva in base al valore nominale

Il controllo dell'IPE deve presentare almeno i seguenti ingressi binari, tramite i quali il GRD in caso di emergenza (per es. per evitare un blackout della rete) può disinserire l'impianto di produzione o ridurre la potenza immessa.

- Un ingresso binario per il 60% della potenza nominale
- Un ingresso binario per il 30% della potenza nominale
- Un ingresso binario per lo 0% della potenza nominale

Inoltre gli impianti di produzione devono essere in grado di ridurre la propria potenza attiva in gradini di almeno il 10% della potenza attiva massima. La riduzione della potenza attiva al valore nominale prescritto dal GRD deve essere possibile in ogni stato di esercizio e da ogni punto di esercizio.

Rilascio esterno per l'inserimento sulla rete

Il GRD può richiedere un ingresso binario con il quale può rilasciare l'inserimento sulla rete (accoppiamento alla rete) del generatore.



Contatto privo di potenziale per feedback al GRD

Il gestore dell'IPE mette a disposizione del GRD i seguenti feedback, comprese le segnalazioni di errore, sotto forma di segnali binari convenzionali (come contatti privi di tensione):

- posizioni di tutti gli apparecchi elettrici del campo di allacciamento
- messaggio di errore collettivo sgancio di protezione

Valori di misura

Tramite un'opportuna interfaccia occorre mettere a disposizione del GRD i valori di misura richiesti, per es. corrente, tensione, potenza attiva e reattiva ecc.

6.3.2 Protezione

La protezione è d'importanza fondamentale per un esercizio sicuro e affidabile. Il gestore dell'IPE è responsabile di assicurare l'autoprotezione del proprio impianto. Pertanto l'utilizzatore allacciato dell'impianto di produzione deve eventualmente estendere le funzioni di protezione descritte nella presente direttiva. L'autoprotezione deve però soddisfare obbligatoriamente tutti i requisiti descritti nel presente documento.

I dispositivi di protezione devono riconoscere e disinserire guasti (per es. cortocircuiti fra fasi o verso terra) dal lato dell'IPE. Addizionalmente occorre riconoscere errori nella vicina rete (per es. stesso livello di tensione), in modo che l'IPE dopo un tempo definito si separi dalla rete. Il gestore dell'IPE deve installare a tal scopo dispositivi di protezione in misura sufficiente. Per impianti in grado di funzionare in isola tali misure di protezione devono essere anche garantite nel funzionamento in isola.

Il principio di protezione e le impostazioni di protezione all'interfaccia fra il GRD e il gestore dell'IPE devono essere concordate specificamente fra i due partner per ogni progetto nella fase di progettazione. Sul punto di allacciamento vengono previsti dispositivi di protezione sia per la protezione della rete che per la protezione dell'impianto del gestore dell'IPE. I valori d'impostazione della protezione che influenzano la rete di distribuzione vengono prescritti dal GRD. Le impostazioni di protezione che riguardano sia la rete di distribuzione che l'autoprotezione di IPE/UPE vengono concordate fra GRD e gestore dell'IPE. Se necessario il GRD può anche richiedere a posteriori, d'intesa con il gestore dell'IPE, altre impostazioni di protezione.

Se l'interruttore della sottostazione è anche l'interruttore del generatore occorre realizzare una protezione contro la mancata apertura interruttore. Bisogna concordare fra le parti quali segnali attivano tale protezione e quali rilasci valgono per la protezione.

Le funzioni di corrente e tensione devono essere in genere eseguite su tre fasi.

Di seguito è rappresentata una panoramica con le funzioni di protezione richieste. L'impianto di allacciamento al LR5 può avvenire, in seguito ad accordi con il GRD, anche senza interruttore di potenza dal lato primario. Il disinserimento avviene in tal caso su un interruttore di potenza lato bassa tensione o direttamente sull'UPE.



IPE tipo A
($< 1 \text{ MVA}$)

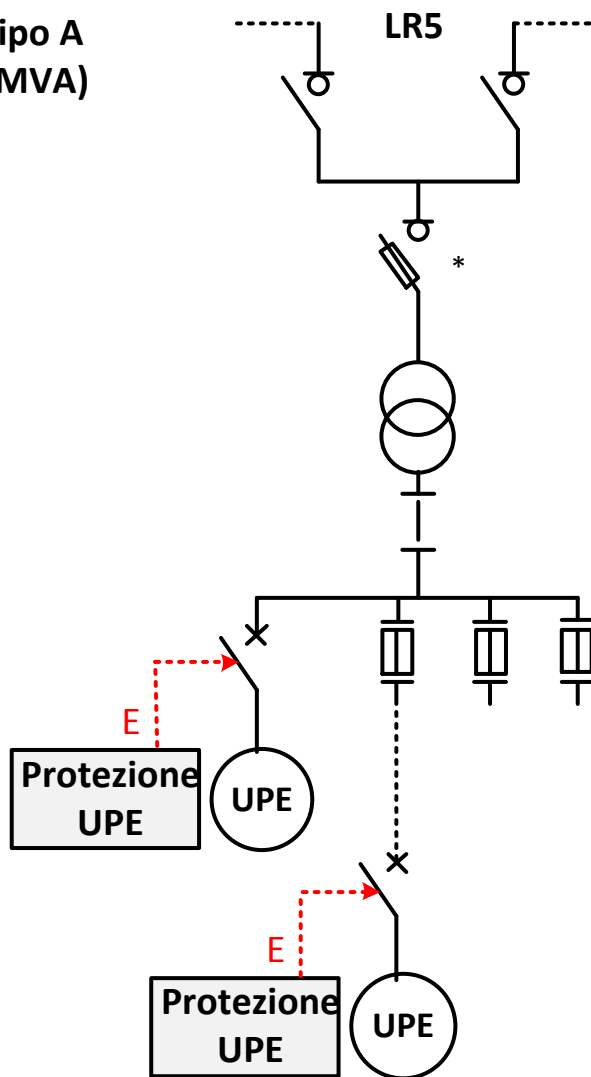


Figura 12: Esempio allacciamento IPE tipo A al LR5

Tabella 7: Protezione sul punto di allacciamento LR5 (tipo A)

Protezione trasformatore	IPE tipo A	Descrizione
<i>Funzione di protezione</i>		
Fusibile o $I>$, $I>>$ (50/51)	T	Protezione cortocircuito trasformatore
$I_{o>}$ (51N)	T*	Protezione dispersione verso terra trasformatore
$U_{o>}$ (59N)	T*/E*	Protezione dispersione verso terra rete



Tabella 8: Funzioni di protezione UPE (per FV tipicamente nel convertitore) per LR5 (tipo A)

Protezione UPE		Descrizione
<i>Funzione di protezione</i>		
U< (27)	E	Protezione sottotensione
U>, U>> (59)	E	Protezione sovratensione
U> 10 min (se presente)	E	Protezione sovratensione, valore medio 10 min
f<, f> (81)	E	Protezione frequenza
Rete in isola (per es. controllo tramite variazione frequenza)	E	Riconoscimento rete in isola
Riduzione 50,2 Hz	-	Riduzione di potenza in caso di sovralfrequenza

Fra parentesi sono riportati i numeri da ANSI/IEEE C37.2.

T = scatto dell'interruttore di potenza trasformatore

E = scatto dell'interruttore di potenza UPE

T/E = scatto interruttore di potenza trasformatore o UPE

*Relè di protezione con interruttore di potenza per protezione di trasformatore e rete, se richiesto dal GRD (in dipendenza dal principio di protezione e dal trattamento del punto neutro)



IPE tipo B
(da 1 MVA)

Interdipendenza (se nessuna protezione a distanza)

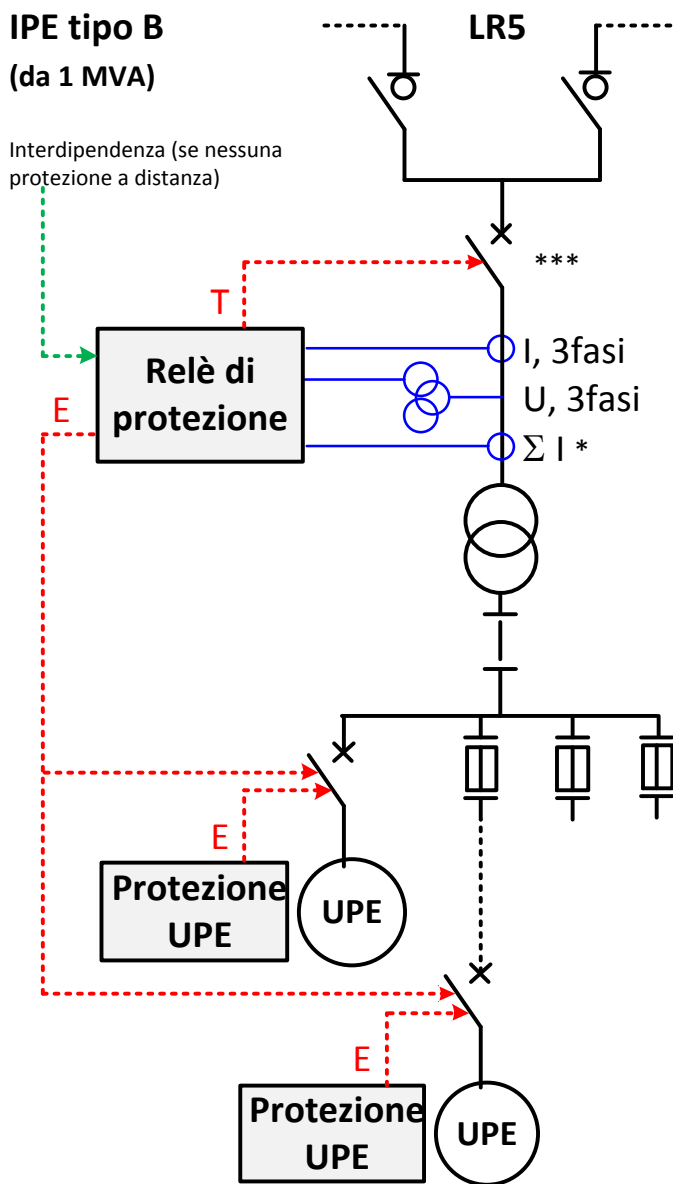


Figura 13: Esempio allacciamento IPE tipo A al LR5

Tabella 9: Protezione sul punto di allacciamento LR5 (tipo B)

Relè di protezione		Descrizione
<i>Funzione di protezione</i>		
$I >$, $I >>$ (50/51) o fusibile	T	Protezione cortocircuito trasformatore
$I_0 >$ (51N)	T*	Protezione dispersione verso terra trasformatore
$U_0 >$ (59N)	T*/E*	Protezione dispersione verso terra rete
$Z <$ (21) o scatto interdipendente (85)	T/E	Protezione cortocircuito rete e trasformatore



Tabella 10: Funzioni di protezione UPE (per FV tipicamente nel convertitore) per LR5 (tipo B)

Protezione UPE		Descrizione
<i>Funzione di protezione</i>		
U<, U<< (27)	E	Protezione sottotensione
U>, U>> (59)	E	Protezione sovratensione
U > 10 min (se presente)	E	Protezione sovratensione, valore medio 10 min
f<, f> (81)	E	Protezione frequenza
Rete in isola (per es. controllo tramite variazione frequenza)	E	Riconoscimento rete in isola
Riduzione 50,2 Hz	-	Riduzione di potenza in caso di sovralfrequenza
Protezione Q-U	E**	Protezione sovratensione direzione potenza reattiva
I> / U<	E	Protezione sovracorrente dipendente dalla tensione

Fra parentesi sono riportati i numeri da ANSI/IEEE C37.2.

T = scatto dell'interruttore di potenza trasformatore

E = scatto dell'interruttore di potenza UPE

T/E = scatto interruttore di potenza trasformatore o UPE

*se richiesto dal GRD (in dipendenza del principio di protezione e del trattamento del punto neutro)

**può anche essere realizzato nel relè di protezione del trasformatore (vedi paragrafo 6.4.3.3)

***se ammesso dal GRD può essere anche impiegato un interruttore di carico con fusibile

I valori proposti per le impostazioni di protezione sono riportati nel paragrafo 6.4.3 Comportamento in caso di guasti nella rete.

6.3.3 Alimentazione servizi ausiliari

L'impianto di allacciamento deve disporre di un'alimentazione per il fabbisogno proprio. Se il funzionamento dei dispositivi di protezione o lo sgancio degli apparecchi elettrici richiedono una tensione ausiliaria deve essere presente addizionalmente un'alimentazione ausiliaria indipendente dalla rete (per es. batteria, condensatori, energia elettrica di trasformatori). L'approvvigionamento del fabbisogno proprio dell'impianto di allacciamento (incl. alimentazione ausiliaria) spetta al gestore dell'IPE. In caso di comando remoto, questo deve essere realizzato anche con un'alimentazione ausiliaria indipendente dalla rete. Se è necessaria un'alimentazione di energia ausiliaria di una certa durata occorre misurarne la capacità in modo tale che l'impianto di allacciamento in caso di tensione di rete mancante possa funzionare con tutti i dispositivi di protezione, secondari e di esercizio di emergenza per almeno otto ore.

6.4 Comportamento dell'IPE sulla rete

6.4.1 Esercizio normale

Le messe in funzione degli impianti devono essere concordate rispettivamente con il GRD.

L'IPE deve poter funzionare con potenza ridotta. Il GRD è autorizzato a richiedere una limitazione temporanea della potenza immessa o a effettuare un disinserimento dell'impianto. Su richiesta del GRD il gestore dell'IPE è obbligato a disinserire il proprio impianto e a distaccarlo dalla rete.



Se, in caso di impianti di produzione inseriti in rete per mezzo di dispositivi di sincronizzazione e regolazione automatica della tensione, nel processo di sincronizzazione si verificano variazioni non ammissibili della tensione in rete occorre prevedere relative ottimizzazioni sui dispositivi di regolazione della tensione e di sincronizzazione oppure misure di limitazione della corrente.

Se il GRD richiede un valore della tensione d'esercizio de all'impianto di produzione, ciò deve essere oggetto del contratto di allacciamento alla rete con cui definire anche l'equipaggiamento tecnico a ciò necessario.

Regolazione della potenza reattiva (supporto statico della rete)

In normali condizioni di esercizio gli impianti di produzione di energia devono essere in grado di erogare o assorbire potenza reattiva induttiva o capacitiva negli intervalli del fattore di potenza sotto indicati.

$$\cos\varphi = 0,9_{\text{sottoeccitato}} \text{ fino a } \cos\varphi = 0,9_{\text{sovraeccitato}}$$

Valori divergenti da questi (per es. per macchine sincrone) devono essere regolati per contratto.

Qui il GRD stabilisce uno dei seguenti tipi di regolazione o controllo:

- fattore di sfasamento $\cos \varphi$ fisso
- fattore di sfasamento $\cos \varphi(P)$ (dipendente dalla potenza attiva immessa)
- potenza reattiva costante Q
- curva caratteristica potenza reattiva/tensione $Q(U)$

Se il GRD prescrive una curva caratteristica $\cos \varphi(P)$, ogni valore nominale risultante dalla curva caratteristica deve impostarsi automaticamente entro 10 secondi.

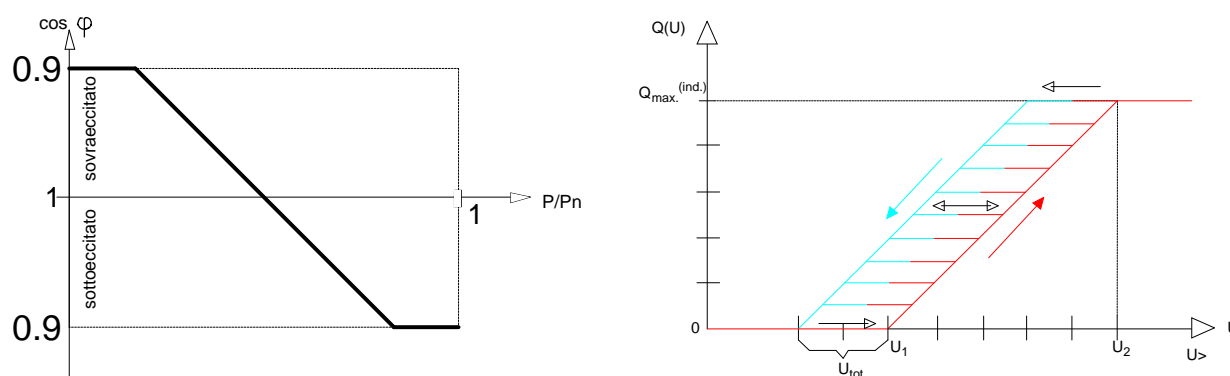


Figura 14: Esempi curva caratteristica $\cos \varphi$ e curva caratteristica $Q(U)$ nella media tensione

Per evitare salti di tensione in caso di immissione di potenza attiva oscillante occorre scegliere una curva caratteristica con andamento continuo e pendenza limitata. Sia la procedura selezionata che i valori nominali vengono stabiliti in modo individuale dal GRD per ogni impianto di produzione e registrati per mezzo di accordi.



6.4.2 Comportamento in caso di guasti nell'IPE

L'IPE, nel caso in cui presenti disturbi (nell'unità di produzione stessa o nella sua porzione di rete) con possibili effetti negativi sulla rete, deve essere separato immediatamente dalla rete. Cortocircuiti fra fasi e verso terra nell'IPE devono essere riconosciuti e disinseriti da parte della protezione dell'IPE (tipico ritardo impostato $\leq 0,1$ s). Altri guasti vanno trattati conformemente allo stato della tecnica e a seconda del tipo di IPE.

6.4.3 Comportamento in caso di guasti nella rete

6.4.3.1 In generale

Il GRD è autorizzato, in caso di pericolo o di guasti, a distaccare subito l'IPE dalla rete. Ciò vale in particolare in caso d'emergenza e senza previa comunicazione al gestore dell'IPE.

È assolutamente necessario coordinare le impostazioni di protezione con il GRD. Tipici tempi finali di protezione nelle reti di distribuzione sono compresi fra 1 e 2 s.

Cortocircuiti fra fasi e verso terra nella rete

La procedura per il riconoscimento e il disinserimento dei cortocircuiti verso terra dipende dal trattamento del punto neutro della rete a media tensione e dalla filosofia aziendale del GRD.

IPE che immettono direttamente in una sottostazione

I cortocircuiti nell'impianto di distribuzione della sottostazione devono essere riconosciuti e disinseriti rapidamente. Il riconoscimento dei cortocircuiti verso terra avviene secondo prescrizione del GRD. Con il GRD devono essere preventivamente concordati e realizzati il principio di protezione e le interfacce.

La protezione dell'IPE rispettivamente dell'UPE deve anche poter coprire i cortocircuiti fra fase e verso terra nella rete.

IPE che immettono in stazioni di manovra o di trasformazione

La protezione dell'IPE deve disporre di funzioni di protezioni di rete per riconoscere guasti sulla linea fra IPE e sottostazione e impedire isole di reti indesiderate in caso di uno scatto di interruttori nella sottostazione. A volte questi obiettivi di protezione si possono ottenere con funzioni di tensione e di frequenza. Come ulteriore possibilità è possibile realizzare uno scatto interdipendente di un interruttore dalla sottostazione tramite una comunicazione adeguata o una protezione a distanza dal lato della media tensione dell'IPE.

6.4.3.2 Andamento tensione / tempo (curva caratteristica $u(t)$)

Riguardo alle cadute di tensione gli IPE devono presentare un andamento conforme alle seguenti figure.

Nella rete a media tensione per la protezione principale delle componenti di rete sono usuali ritardi da 0,1 s fino a 1,5 s. Durante questa durata del guasto ci si devono aspettare cadute di tensione superiori. A seconda della durata del guasto e dell'impostazione della protezione della tensione ci si devono aspettare sganci non selettivi.

Occorre rispettare le curve caratteristiche $u(t)$ nel punto di allacciamento. Le seguenti percentuali relative alla tensione si riferiscono alla tensione concatenata. Le relative tabelle mostrano alcune raccomandazioni relative alle funzioni di protezione e ai loro valori d'impostazione. Sul punto di allacciamento occorre rispettare i valori di protezione riportati. Lo sgancio o il distacco dalla rete avvengono preferibilmente sull'IPE.



IPE di tipo A1 e A2 (sincroni o asincroni/altri fino a 1 MVA)

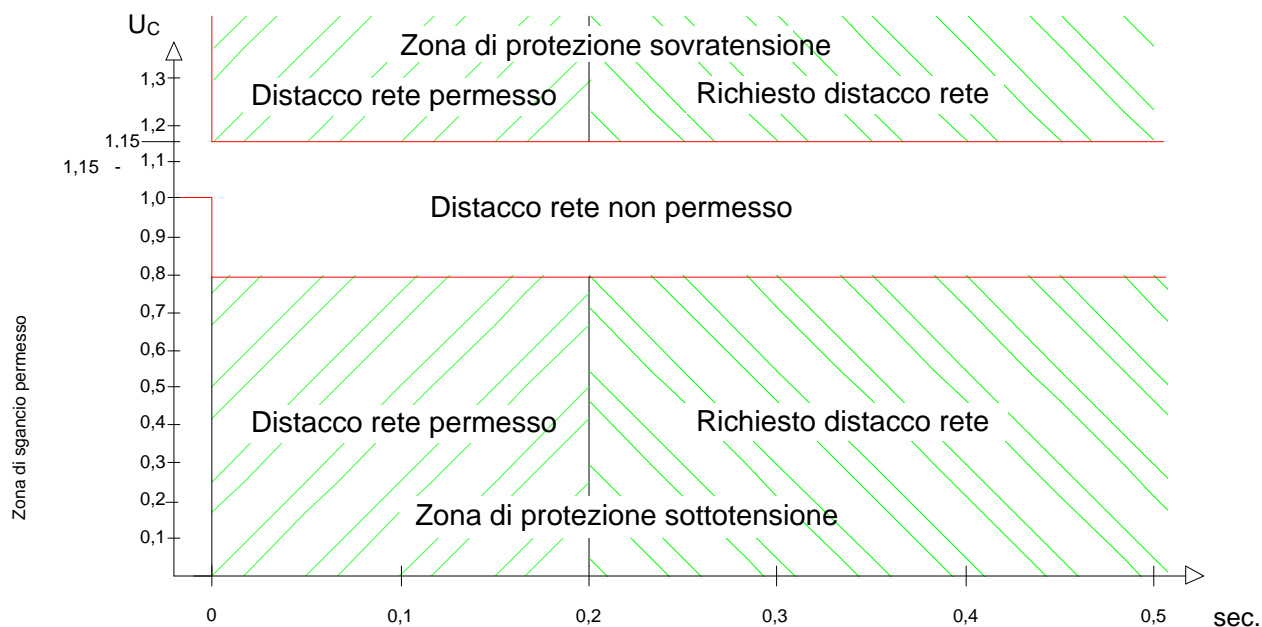


Figura 15: Curva caratteristica di sgancio tipo A in media tensione

Tabella 11: Raccomandazioni di impostazioni per relè di protezione media tensione tipo A

Funzione	Valori d'impostazione raccomandati dei relè di protezione	
Protezione dalla sovratensione $U >$ (valore medio 10 min)*	$1,10 U_c$	istantanea
Protezione dalla sovratensione $U >>$	$1,15 U_c$	istantanea
Protezione dalla sottotensione $U <$	$0,80 U_c$	istantanea
Protezione dalla sovrافrequenza $f >$	$51,5 \text{ Hz (} U > 70\% U_c \text{)}$	istantanea
Protezione dalla sottofrequenza $f <$	$47,5 \text{ Hz (} U > 70\% U_c \text{)}$	istantanea
Riconoscimento rete in isola (per es. controllo tramite variazione frequenza nel convertitore)		Disinserimento entro 5 s dopo separazione della rete

U_c : tensione di approvvigionamento concordata
 istantanea = 50...200 ms (per evitare sovrapposizione di funzioni)
 *può essere realizzato sul convertitore
 Nota: fare attenzione alla ricaduta (isteresi) dei relè riguardo a sovrapposizione di funzioni/reinserimento.



IPE di tipo B1 (generatori sincroni superiori a 1 MVA)

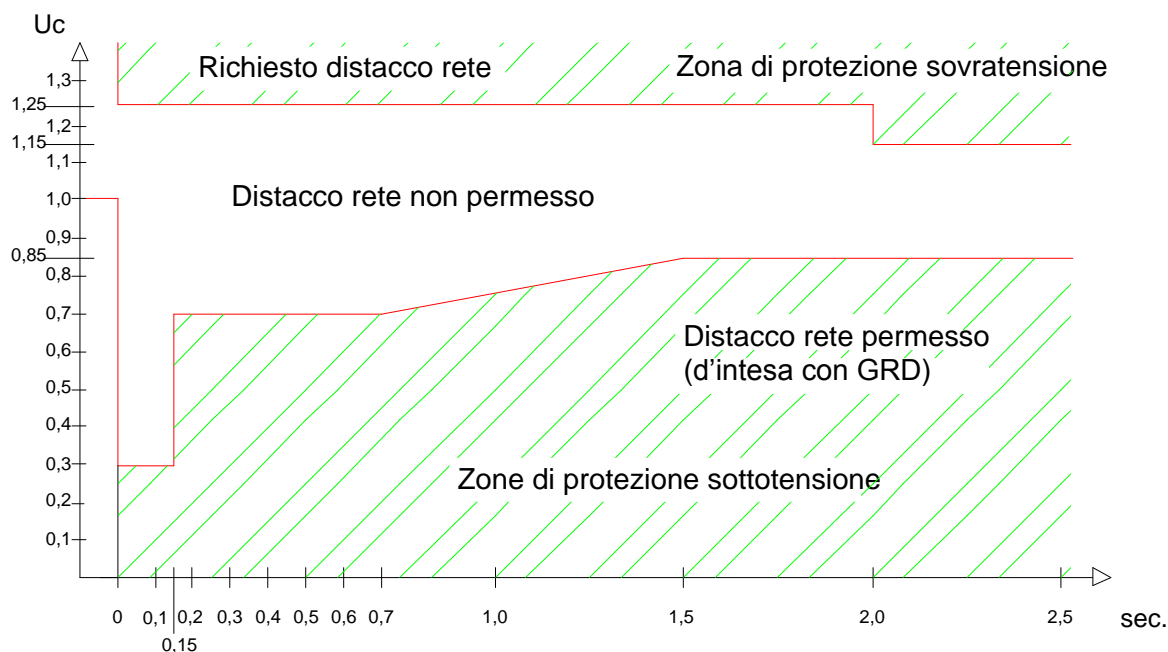


Figura 16: Curva caratteristica $U(t)$ tipo B1 nella media tensione

Tabella 12: Raccomandazioni d'impostazione per relè di protezione degli IPE di tipo B1 sul punto di allacciamento

Funzione	Intervallo impostazione relè protezione	Valori d'impostazione della protezione consigliati	
Protezione da sovratens. $U >$ (valore medio 10 min)*		$1,10 U_c$	istantanea
Protezione da sovratens. $U >$	$1,0 \dots 1,4 U_n$	$1,15 U_c$	2 s
Protezione da sovratens. $U >>$	$1,0 \dots 1,4 U_n$	$1,25 U_c$	100 ms
Protezione da sottotens. $U <$	$0,1 \dots 1,0 U_n$	$0,85 U_c$	1,5 s
Protezione da sottotens. $U <<$	$0,1 \dots 1,0 U_n$	$0,30 - 0,70 U_c$	150 - 700 ms
Protezione da sovr frequ. $f >$	50...53 Hz	51,5 Hz ($U > 70\% U_c$)	200 ms
Protezione da sottofrequ. $f <$	47...50 Hz	47,5 Hz ($U > 70\% U_c$)	200 ms

U_c : tensione di alimentazione concordata
 U_n : tensione nominale (valore teorico)
 istantanea = 50...150 ms (per evitare sovrapposizione di funzioni)
 *se disponibile
 Nota: fare attenzione alla ricaduta (isteresi) dei relè riguardo a sovrapposizione di funzioni/reinserimento.



IPE di tipo B2 (generatore asincrono / altro tipo superiore a 1 MVA)

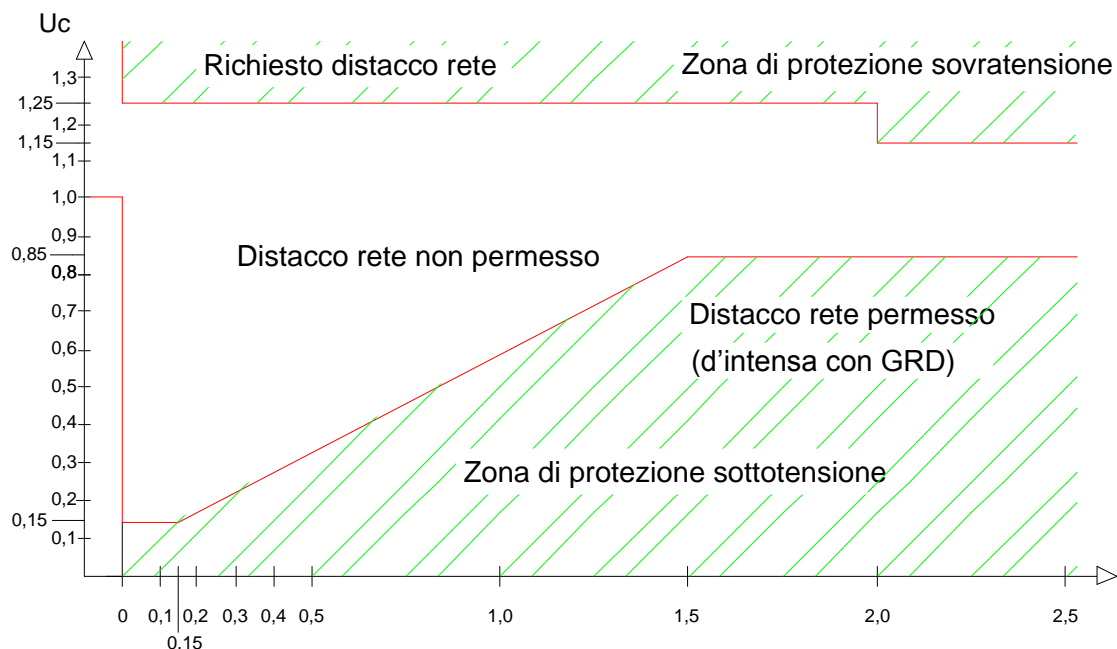


Figura 17: Curva caratteristica U(t) tipo B2 nella media tensione

Tabella 13: Raccomandazioni d'impostazione per relè di protezione degli IPE di tipo B2 sul punto di allacciamento

Funzione	Intervallo impostazione relè protezione	Valori d'impostazione raccomandati dei relè di protezione	
Protezione da sovratens. $U >$ (valore medio 10 min)*		$1,10 U_c$	istantanea*
Protezione da sovratens. $U >$	$1,0 \dots 1,4 U_n$	$1,15 U_c$	2 s
Protezione da sovratens. $U >>$	$1,0 \dots 1,4 U_n$	$1,25 U_c$	100 ms
Protezione da sottotens. $U <$	$0,1 \dots 1,0 U_n$	$0,85 U_c$	1,5 s
Protezione da sottotens. $U <<$	$0,1 \dots 1,0 U_n$	$0,15 U_c$	150 ms
Protezione da sovr frequ. $f >$	50...53 Hz	51,5 Hz ($U > 70\% U_c$)	200 ms
Protezione da sottofrequ. $f <$	47...50 Hz	47,5 Hz ($U > 70\% U_c$)	200 ms

U_c : tensione di approvvigionamento concordata
 U_n : tensione nominale (valore nominale)
 istantanea = 50...150 ms (per evitare sovrapposizione di funzioni)
 *I convertitori sono di norma da impostare così
 Nota: fare attenzione alla ricaduta (isteresi) dei relè riguardo a sovrapposizione di funzioni/reinserimento.



6.4.3.3 Protezione sottotensione potenza reattiva (protezione Q-U)

La protezione sottotensione potenza reattiva ($Q \rightarrow$ & $U <$), di seguito denominata protezione Q-U, controlla il comportamento adatto al sistema dell'impianto di produzione dopo un guasto in rete. Impianti di produzione che disturbano il ripristino della tensione di rete con l'assorbimento di potenza reattiva induttiva dalla rete vengono distaccati dalla rete.

A tal scopo la protezione Q-U distacca dalla rete l'impianto di produzione in un tempo da 0,5...1,5 s (inferiore al tempo finale di protezione della rete) se tutte e tre le tensioni concatenate al punto di allacciamento sono inferiori a $0,85 U_c$ (operatore logico AND) e allo stesso tempo l'impianto di produzione assorbe dalla rete del GRD potenza reattiva induttiva ($> 5\%$ della potenza nominale concordata). Allo stesso tempo deve essere presente un corrispondente flusso di carico per impedire una sovrapposizione di funzioni del riconoscimento della potenza reattiva. La corrente immessa deve essere allora pari almeno al 10% della corrente nominale. Se sono soddisfatte tutte queste condizioni si attua un intervento della protezione Q-U (tempo di scatto 0,5 - 1,5 s, inferiore al tempo finale di protezione della rete).

In caso di generatori asincroni e generatori eccitati permanentemente la protezione Q-U sul punto di allacciamento è assolutamente necessaria (solo per impianti di tipo B).

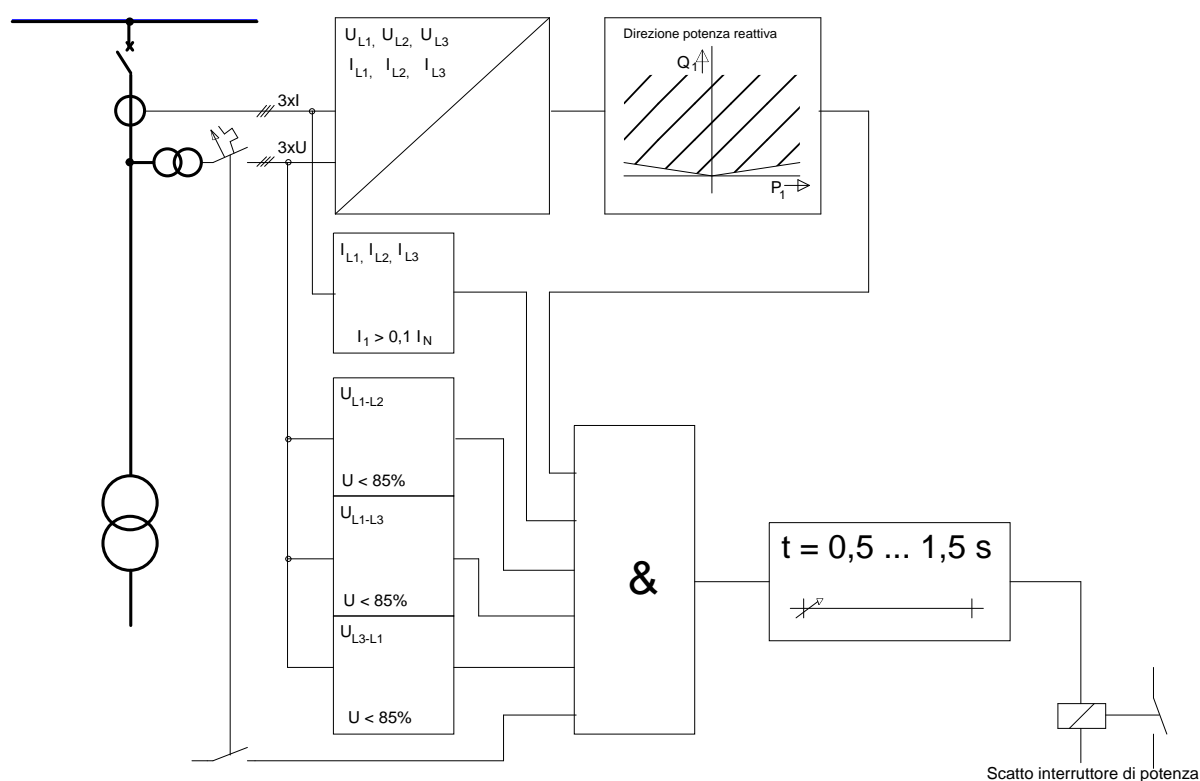


Figura 18: Esempio protezione Q-U



Per l'impostazione della protezione Q-U vengono raccomandati i seguenti valori:

Tabella 14: Raccomandazioni d'impostazione protezione Q-U

Funzione	Intervallo d'impostazione	Valori d'impostazione raccomandati	
Protezione Q-U	$0,7 \dots 1,0 U_n$	$0,85 U_c$	$t = 0,5 - 1,5 \text{ s}$

Nota: fare attenzione alle ricadute (isteresi)

Perché la protezione Q-U funzioni l'impianto deve generare almeno il 10% della corrente nominale (trasformatore del dispositivo di protezione).

6.4.3.4 Reinserimento dell'impianto di produzione in seguito a guasti

Il gestore dell'IPE è responsabile del reinserimento o del disinserimento dell'impianto e del processo di sincronizzazione.

Il gestore dell'IPE deve occuparsi da solo di misure preventive per evitare che manovre di collegamento od oscillazioni della tensione nella rete del GRD provochino danni nel suo impianto e che in tal caso il suo IPE provochi danni a impianti di terzi.

Dopo il disinserimento di un guasto nella rete di distribuzione o in caso di uno o più reinserimenti automatici o manuali successivi il gestore dell'IPE deve occuparsi da solo di misure preventive tali che il suo IPE sia stato distaccato precedentemente in automatico dalla rete di distribuzione. Per il reinserimento dell'IPE nella rete di distribuzione è obbligatorio un dispositivo di sincronizzazione. Il reinserimento deve essere definito nell'ambito di un accordo d'esercizio.

Una sincronizzazione dell'IPE con la rete deve essere possibile fra 49,0 e 51,0 Hz. Nel frattempo la tensione deve essere nell'intervallo $90 \dots 110\% U_n$.

In caso di convertitori (per es. impianti FV) avviene un reinserimento automatico di un'unità di produzione se la tensione del punto di allacciamento è compresa fra il 90% e il 110% della tensione nominale (valore inferiore delle tensioni concatenate) e la frequenza fra 47,5 e 50,05 Hz.

Il tempo di ritardo per il reinserimento è compreso di norma fra 2 e 30 min. e deve essere concordato con il GRD. Per diversi sganci di protezione i tempi di ritardo possono essere differenti.

6.4.3.5 Comportamento in base alla frequenza

Per frequenze fra 47,5 Hz e 51,5 Hz non è consentito un distacco automatico dalla rete a causa della deviazione della frequenza.

Al di sotto di 47,5 Hz o al di sopra di 51,5 Hz deve avvenire entro 1 s un distacco automatico dalla rete. Il GRD può stabilire valori inferiori differenti se un'unità di produzione si trova in una zona di distacco rapido del carico. Limitazioni della banda di frequenza legate al sistema devono essere documentate e registrate.

Nel paragrafo 6.4.3.2 sono elencate raccomandazioni relative alle funzioni di protezione e ai loro valori d'impostazione.



Comportamento in caso di sovralfrequenza

In caso di frequenza di rete di 50,2 Hz o superiore gli IPE devono ridurre la loro potenza in conformit  alla Figura 19.

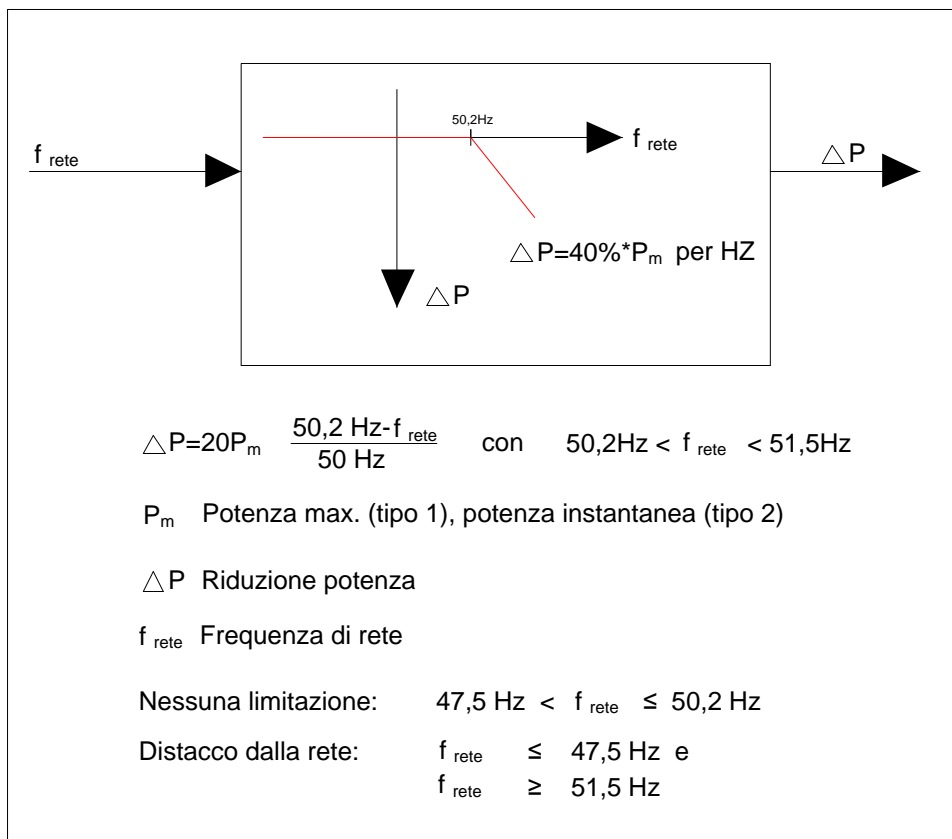


Figura 19: Riduzione della potenza in caso di sovralfrequenza nella media tensione (TC-CH 2013)

Nell'intervallo di frequenza da 50,2 a 51,5 Hz gli impianti di produzione di tipo 1 devono ridurre la **potenza attiva massima** P_m con un gradiente di $40\% * P_m$ per Hertz. In caso di potenze inferiori alla potenza attiva nominale l'impianto di produzione pu  continuare a far funzionare fino alla linea di confine sul valore attuale. Quando questa viene raggiunta la potenza deve essere ridotta conformemente alla figura sopra.

Nell'intervallo di frequenza fra 50,2 Hz e 51,5 Hz gli impianti di produzione di tipo 2 devono ridurre la **potenza attiva istantanea** P_m (congelamento del valore al momento del superamento della frequenza di rete di 50,2 Hz) con un gradiente del $40\% * P_m$ per Hertz.

Comportamento in caso di sottofrequenza

In caso di riduzione della frequenza provocata dall'esercizio di rete   permessa una riduzione di potenza dell'impianto di produzione.

Nei seguenti casi il GRD   autorizzato a pretendere o effettuare una limitazione temporanea della cessione di potenza attiva o un disinserimento dell'impianto oppure gli impianti di produzione devono effettuare la regolazione in modo automatico:



- potenziale pericolo per l'esercizio sicuro del sistema
- colli di bottiglia o pericoli di sovraccarichi nella rete del GRD
- pericolo di formazione di una rete in isola
- minaccia alla stabilità di rete statica o dinamica
- aumento di frequenza pericoloso per il sistema
- risincronizzazione di porzioni di rete
- nell'ambito della gestione della sicurezza di rete

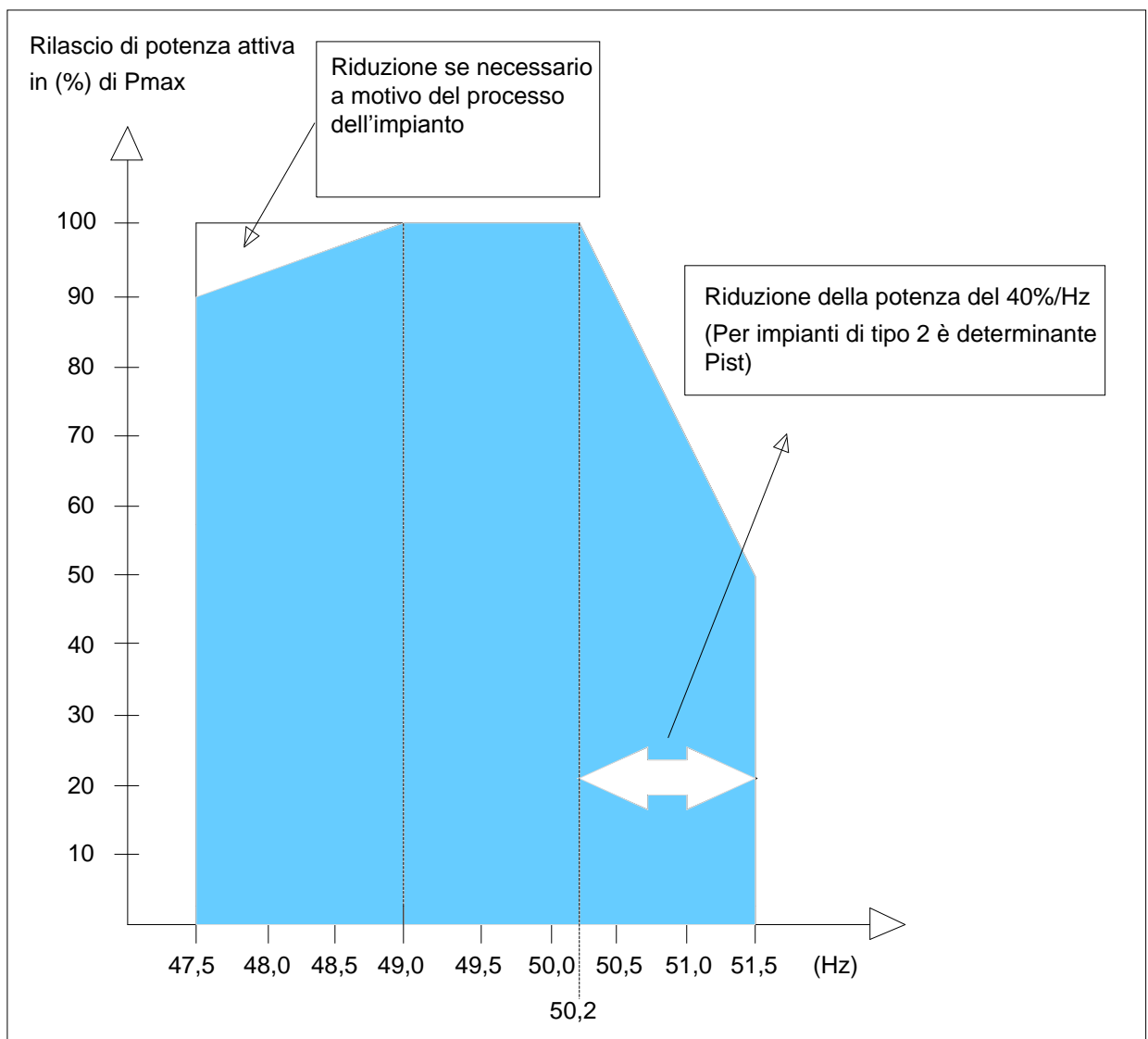


Figura 20: Panoramica delle riduzioni di potenza dipendenti dalla frequenza



Bande di frequenza

In caso di oscillazioni di frequenza l'impianto deve poter essere fatto funzionare in conformità alla Figura 21. Qui è rappresentato il tempo minimo per il quale un impianto deve rimanere in rete in dipendenza della frequenza.

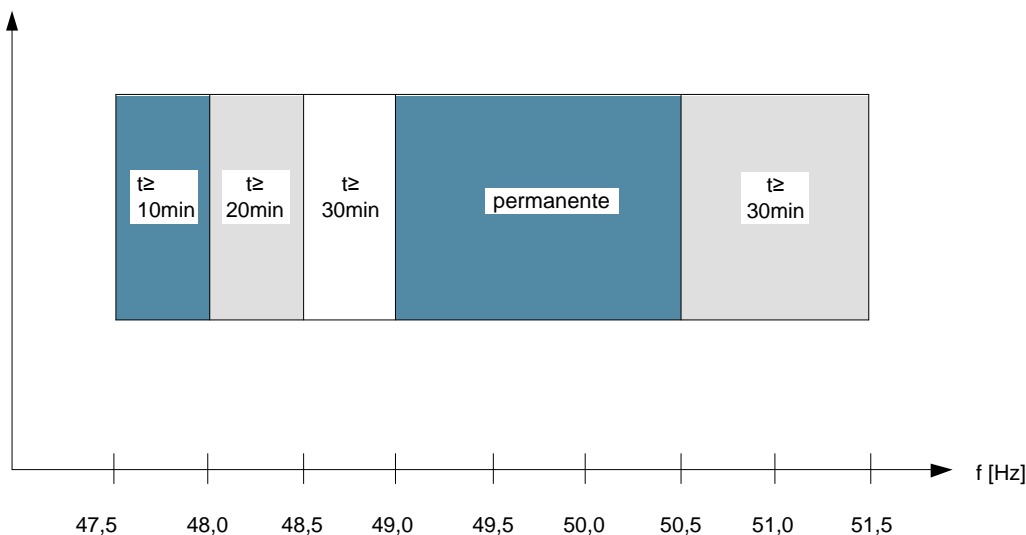


Figura 21: Bande di frequenza nella media tensione (base TC-CH 2013)

6.4.3.6 Mantenimento della tensione con immissione di corrente reattiva in caso di guasti in rete

Per il sostegno dinamico alla rete gli IPE superiori a 1 MVA devono immettere in rete una corrente reattiva per mantenere la tensione. Gli impianti di tipo 1 (macchine sincrone) hanno già questo comportamento per ragioni fisiche, per cui non occorre effettuare alcuna impostazione speciale. Gli impianti di tipo 2 (asincroni e altri) devono mantenere la tensione con corrente reattiva, come di seguito descritto.

Gli impianti di produzione devono supportare la tensione di rete durante una caduta di tensione con corrente reattiva addizionale. A tal scopo occorre attivare una regolazione della tensione in conformità a Figura 22: in caso di caduta della tensione superiore al 10% del valore effettivo della tensione del generatore. Tale regolazione della tensione deve assicurare la messa a disposizione di una corrente reattiva dal lato della sottotensione del trasformatore della macchina, con un contributo minimo del 2% della corrente nominale per ogni punto percentuale della caduta di tensione. L'impianto deve essere in grado di immettere in rete la corrente reattiva desiderata entro 20 ms. In caso di necessità deve essere possibile una cessione di corrente reattiva pari almeno al 100% della corrente nominale. Al ritorno della tensione nella zona della banda neutra la regolazione della tensione deve essere mantenuta almeno per 500 ms in conformità alla caratteristica prescritta.

Il fattore K da impostare a tal scopo viene prescritto dal GRD.



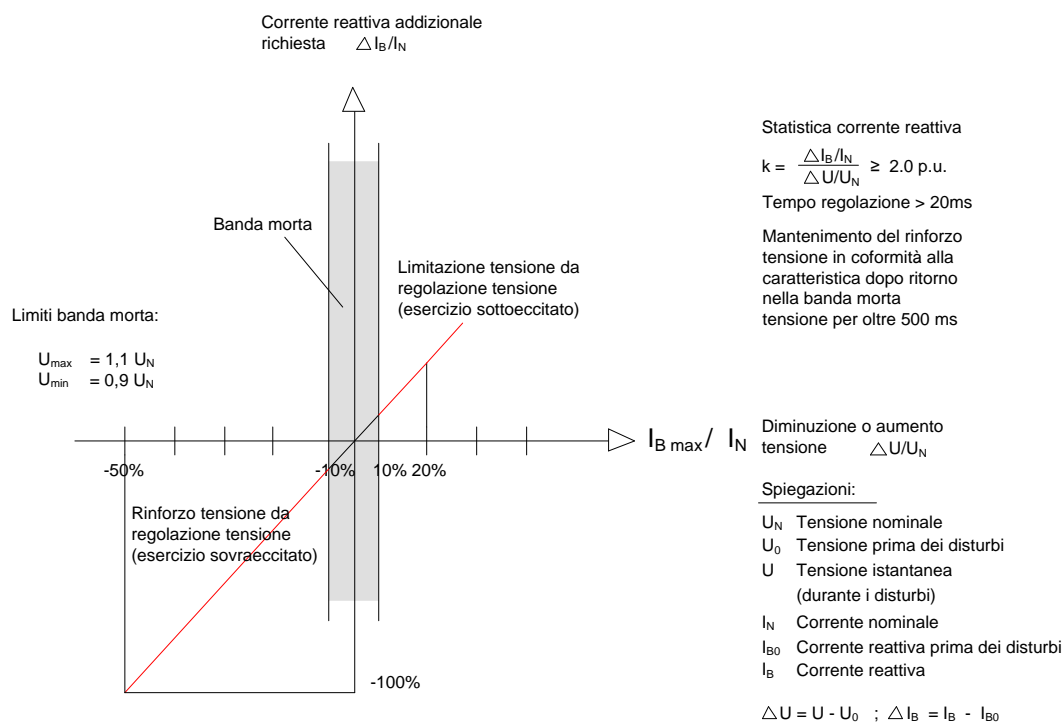


Figura 22: Principio del rinforzo della tensione in caso di errori di rete [VDN TC 2007]

6.5 Contatto con gestore della rete di distribuzione

Il gestore dell'IPE deve essere raggiungibile da parte del GRD, in modo che in caso di guasti possa essere informato o richiesto l'intervento.

In caso di guasti è estremamente importante che il ripristino della rete si svolga in modo coordinato. Perciò il gestore di IPE con una potenza nominale superiore a 5 MVA in caso di guasti deve richiedere il consenso al GRD per riprendere la produzione. La cosa migliore è lasciare un indirizzo e-mail al quale possano essere inviati per informazione gli ordini di manovra.

6.6 Posto di misurazione

I dispositivi di misurazione devono essere equipaggiati in conformità alle prescrizioni legali e ai requisiti stabiliti dal GRD. Devono essere anche rispettati sia il Metering Code Svizzera (raccomandazione del settore) rispettivamente vigente che i documenti d'applicazione di UFE o AES e swissgrid.



6.7 Richiesta e valutazione di allacciamento

6.7.1 Richiesta di allacciamento

In generale occorre coinvolgere il GRD già nella fase di pianificazione, rispettando anche le procedure di notifica vigenti presso il GRD.

Prima dell'allacciamento di un IPE alla rete di distribuzione occorre presentare al GRD una richiesta di allacciamento, utilizzando il modulo ufficiale dell'AES (scheda tecnica per la valutazione delle perturbazioni della rete). Diversi GRD hanno però proprie richieste di allacciamento, in caso di dubbio occorre pertanto consultare il GRD.

Dalla richiesta di allacciamento devono risultare per il GRD:

- potenza immessa
- tipo di produzione di energia (per es. convertitore, generatore asincrono, generatore sincrono)
- controllo della potenza (per es. convertitore)
- produttore e tipo dell'IPE, incl. scheda tecnica
- nuovo impianto o estensione di un impianto esistente
- schema elettrico
- per impianti fotovoltaici numero e configurazione dei convertitori
- andamento della corrente in caso di macchina trifase senza convertitore

Se necessario occorre presentare al GRD altri documenti (per es. inclinazione del tetto). La richiesta di approvazione del piano deve essere presentata direttamente alla ESTI.

6.7.2 Valutazione tecnica

Per mezzo dei dati sulla richiesta di allacciamento e dei dati di rete presenti sul punto di allacciamento, il GRD valuta, con l'aiuto delle "Regole tecniche per la valutazione delle perturbazioni della rete D-A-CH-CZ", se l'allacciamento dell'impianto può essere approvato così o quali misure occorre adottare. La decisione viene comunicata per iscritto al richiedente.

Su richiesta il GRD comunica la potenza di cortocircuito della rete (S_{kV} in conformità a D-A-CH-CZ) sul punto di allacciamento che vale come base per il calcolo delle perturbazioni della rete in conformità a D-A-CH-CZ.

6.7.3 Approvazione dell'allacciamento

Senza approvazione dell'allacciamento non è consentito allacciare l'impianto in rete. Per l'allacciamento dell'IPE alla rete di distribuzione è necessario un contratto di allacciamento alla rete tra GRD e utilizzatore allacciato alla rete.

6.8 Perturbazioni della rete / qualità della tensione

Per l'allacciamento di IPE alla rete a media tensione sono determinanti le "Regole tecniche per la valutazione delle perturbazioni della rete D-A-CH-CZ". La responsabilità del rispetto dei valori limite è del gestore dell'IPE. Il GRD ha la possibilità di montare una misurazione di qualità della tensione sul punto di allacciamento.



Sulla rete di distribuzione a media tensione sono consentiti di regola solo allacciamenti trifase.

6.9 Sistemi di comunicazione

Gli impianti di comando centralizzato ad audiofrequenza funzionano in genere con frequenze di circa 100 Hz e 1500 Hz. Occorre richiedere al GRD la frequenza di comando centralizzato utilizzata localmente. Nel caso in cui un impianto di produzione pregiudichi in modo non permesso il funzionamento degli impianti di comando centralizzato a radiofrequenza, il gestore dell'IPE deve adottare delle misure per risolvere il problema, anche nel caso in cui ciò si notasse solo in un momento successivo. Altri importanti criteri di allacciamento sono definiti nelle "Regole tecniche per la valutazione delle perturbazioni della rete D-A-CH-CZ."

Gli apparecchi di comunicazione con Power Line Communication (PLC, utilizzata da sistemi Smart Metering/Smart Grid) comunicano di regola nella banda CENELEC A (da 35 a 91 kHz). Nel caso in cui l'impianto di produzione comprometta in modo non ammissibile la comunicazione PLC, i gestori dell'IPE sono tenuti ad adottare misure per il superamento del problema.

6.10 Documentazione e scambio di dati

Il gestore e il proprietario di impianti di produzione sono tenuti a documentare i loro impianti in conformità alle prescrizioni legali e allo stato della tecnica. Il gestore dell'IPE fornisce su richiesta al GRD i dati tecnici richiesti (per es. dati tecnici di impianti primari, dati di potenza di macchina e turbine, impostazioni di controllo e protezione).

6.11 Prove e collaudo

Il gestore dell'IPE deve documentare al GRD e all'ESTI la funzionalità dei dispositivi di protezione richiesti in occasione di una prova di collaudo. Per una prima messa in servizio occorre l'autorizzazione del GRD. Questo deve essere invitato almeno quattro settimane prima per il collaudo.

L'IPE può essere messo in servizio solo quando:

- a) la prova di collaudo e il protocollo di collaudo sono stati presentati al GRD,
- b) tutti i potenziamenti della rete eventualmente necessari sono stati terminati.

Una messa in servizio temporanea per la prova dell'IPE può avvenire preventivamente in accordo con il GRD.

Il gestore dell'IPE è responsabile dell'osservanza dei requisiti obbligatori e prefissati. Egli esegue le necessarie prove e verifiche in modo autonomo. È responsabile dell'organizzazione e dell'esecuzione delle manutenzioni necessarie (incl. prove periodiche).

Il GRD può richiedere o eseguire da solo test, prove di protezione e misurazioni aggiuntive (per es. per la prova della qualità della tensione) che confermino i requisiti riportati nel presente documento.

Il gestore dell'IPE informa su richiesta il GRD su prove e test eseguiti.



7. Requisiti dell'allacciamento alla rete ad alta tensione LR7

7.1 In generale

Gli impianti di produzione devono essere segnalati al GRD per la valutazione dell'allacciamento per mezzo di richiesta di allacciamento, inclusa la relativa documentazione. I dettagli sui punti di allacciamento tecnicamente possibili vengono comunicati al gestore dell'IPE per iscritto.

Il presente capitolo definisce i requisiti tecnici necessari degli IPE > 800 VA con un punto di allacciamento alla rete a bassa tensione.

Il posto necessario per i dispositivi del GRD per l'allacciamento dell'IPE (per es. tecnica secondaria e misurazione di conteggio con dispositivi di comunicazione) viene messa a disposizione gratuitamente da parte dell'utilizzatore allacciato. Per il GRD deve essere garantito in ogni momento l'accesso al punto di allacciamento (punto di sezionamento).

La potenza massima d'immissione consentita per un determinato punto della rete a bassa tensione dipende dalle condizioni della rete e dal tipo e dal modo di funzionamento dell'impianto di produzione. Non è possibile un'indicazione generale della potenza. Ciò può avvenire nei singoli casi solo per mezzo di un calcolo di rete.

Per l'immissione in una rete a bassa tensione vanno considerati di norma solo IPE di tipo A.

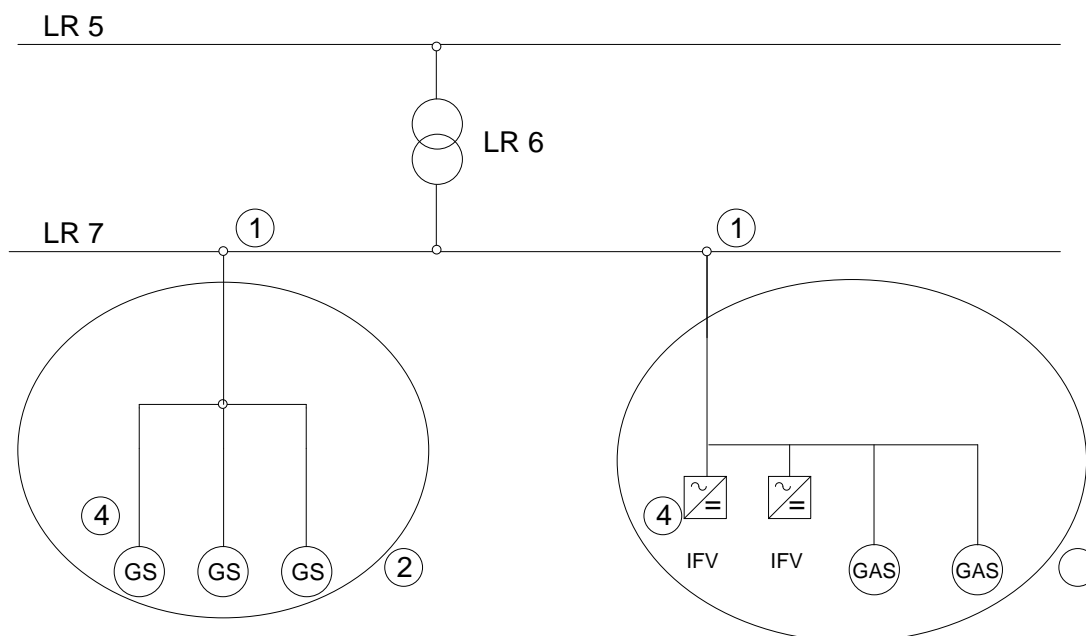
- Tipo A: da 800 VA a 1 MVA

Sulla base delle loro caratteristiche fisiche ed elettriche si possono distinguere i seguenti sottotipi:

- tipo 1: generatori sincroni
- tipo 2: generatori asincroni e convertitori.

È sulla base della potenza d'immissione nel punto di allacciamento che avviene la classificazione di un'IPE, che per tutti e due i tipi di macchina può consistere di una o più unità di produzione. In caso di impianti di produzione misti (tipo 1 e 2) decide il GRD, in accordo con il gestore dell'IPE, come trattare gli impianti.





- ① Punto di allacciamento con impianto di allacciamento
- ② IPE tipo 1
- ③ IPE tipo 2
- ④ UPE

GAS – generatore asincrono
 GS – generatore sincrono
 IFV – impianto fotovoltaico

Figura 23: Varianti di allacciamento con diversi tipi di macchina nella rete a bassa tensione

7.2 Tecnica primaria sul punto di allacciamento

Gli impianti di produzione per l'esercizio in parallelo con la rete di approvvigionamento elettrico devono essere dotati di un apposito punto di manovra e di sezionamento. Impianti che sono solo per breve tempo nell'esercizio in parallelo devono essere realizzati come impianti di produzione per l'esercizio in parallelo.

Un impianto di allacciamento consiste in ogni caso almeno delle seguenti componenti primarie:

- interruttore di sovracorrente di allacciamento o di utenti
- oppure
- interruttore di potenza o dispositivo di sezionamento equivalente con dispositivi di protezione.



Tutti i componenti primari devono essere dimensionati in base ai dati di esercizio e di guasto massimi. I dati di esercizio sono fra l'altro la tensione e la frequenza nominali di esercizio, la tensione massima d'esercizio e la corrente di esercizio. I dati di guasto sono fra l'altro la corrente termica di breve durata e la corrente a impulso di cortocircuito. Le correnti di cortocircuito in rete vengono indicate dal GRD.

7.3 Tecnica secondaria

7.3.1 Controllo, regolazione e misurazione

Il gestore dell'IPE è responsabile del controllo e della sincronizzazione del proprio impianto.

Il collegamento in parallelo di un impianto di produzione alla rete può avvenire solo se non è presente nessun criterio di scatto della protezione nel punto di allacciamento e la tensione di rete su tutte e tre le fasi si trova entro le tolleranze prescritte. Gli IPE possono reinserirsi, con un aumento della potenza a rampe, solo dopo più di 2 minuti dal ripristino dei normali rapporti di tensione e di frequenza. IPE regolabili devono aumentare con un gradiente del 10% della potenza attiva P_{max} al minuto. IPE non regolabili possono reinserirsi secondo il principio di casualità dopo circa 2-10 minuti.

In caso di un controllo necessario dell'IPE occorre regolare la gerarchia di comando fra gestore della rete di distribuzione e gestore dell'IPE.

L'IPE deve presentare o mettere a disposizione per controllo, regolazione e misurazione le seguenti interfacce.

Ingresso analogico per la regolazione della potenza reattiva per impianti > 100 kVA

Il controllo dell'IPE deve avere almeno un ingresso analogico, tramite il quale il GRD può controllare la potenza reattiva (per es. $\cos \varphi$) sul punto di allacciamento. Quando e in quale intervallo la potenza reattiva deve essere regolata e come l'interfaccia viene realizzata dal punto di vista tecnico deve essere definito specificamente per ogni progetto e regolato per contratto.

Ingresso binario per il disinserimento dell'IPE in caso di emergenza per IPE ≤ 30 kVA

Il controllo dell'IPE deve presentare un ingresso binario, tramite il quale il GRD in caso di emergenza (per es. per evitare un blackout della rete) può disinserire l'impianto di produzione (potenza immessa = 0 kVA).

Controllo della potenza attiva in base al valore nominale per IPE > 30 kVA

Impianti con una potenza installata > 30 kVA devono essere dotati di dispositivi tecnici con i quali il GRD può ridurre in qualsiasi momento la potenza immessa dell'IPE.

Il controllo dell'IPE deve presentare almeno i seguenti ingressi binari, tramite i quali il GRD in caso di emergenza (per es. per evitare un blackout della rete) può disinserire l'impianto di produzione o ridurre la potenza immessa.

- Un ingresso binario per il 60% della potenza nominale
- Un ingresso binario per il 30% della potenza nominale
- Un ingresso binario per lo 0% della potenza nominale



Inoltre gli impianti di produzione a partire da una potenza di 30 kVA devono essere in grado di ridurre la propria potenza attiva in gradini di almeno il 10% della potenza attiva massima. La riduzione della potenza attiva al valore nominale prescritto dal GRD deve essere possibile in ogni stato di esercizio e da ogni punto di esercizio.

Ingresso binario aggiuntivo per il consenso all'IPE

Il GRD può richiedere un ingresso binario aggiuntivo con il quale può acconsentire il reinserimento sulla rete (accoppiamento alla rete) del generatore.

7.3.2 Protezione / protezione apertura interruttore

La protezione è di grande importanza per un esercizio sicuro e affidabile delle reti, dell'impianto di allacciamento e dell'unità di produzione. L'utente allacciato è responsabile di assicurare l'autoprotezione del proprio impianto. Pertanto l'utente allacciato con l'impianto di produzione deve eventualmente estendere in modo corrispondente le funzioni di protezione dell'impianto di produzione descritte nella presente direttiva. L'autoprotezione deve però soddisfare obbligatoriamente tutti i requisiti descritti nella presente direttiva.

Per potenze dell'impianto > 30 kVA sull'allacciamento alla rete è necessaria una protezione per la disconnessione (protezione DR) con interruttore per ogni impianto di produzione misurato nella zona del punto di allacciamento. L'interruttore è composto di due dispositivi di manovra elettrici collegati in serie (per es. interruttore di potenza, relè o salvamotore). A partire da una potenza di 100 kVA sono solo consentiti salvamotore o interruttore di potenza. I dispositivi di manovra devono essere resistenti ai cortocircuiti e agire su tutti i poli (incluso conduttore di neutro). Il potere d'interruzione va valutato almeno a valle della zona d'intervento della protezione collegata a monte. L'installazione o l'attivazione deve essere concordata con il GRD nella fase di progetto.

La prova della protezione DR deve essere effettuata da parte del gestore dell'IPE e deve essere controllata come conforme all'Ordinanza sulla corrente forte ogni 5 anni da parte del gestore dell'IPE.

Sono necessarie le seguenti funzioni di protezione:

- Protezione dalla sottotensione U<
- Protezione dalla sovratensione U>
- Protezione dalla sovratensione U>>
- Protezione dalla sottofrequenza f<
- Protezione dalla sovralfrequenza f>

Per raccomandazioni relative alle funzioni di protezione e ai loro valori d'impostazione consultare la Tabella 15 nel paragrafo 7.4.3.2.

Occorre realizzare le funzioni di protezione in generale per ogni conduttore polare (3 x tensione fase/terra e 3 x tensione fase/fase). Tali sei valori di tensione devono essere confrontati con un operatore logico OR. Ciò significa che se uno dei sei valori di tensione raggiunge una soglia di sottotensione o di sovratensione, attiva la relativa funzione di protezione.



Le funzioni relative alla frequenza possono essere su una fase.

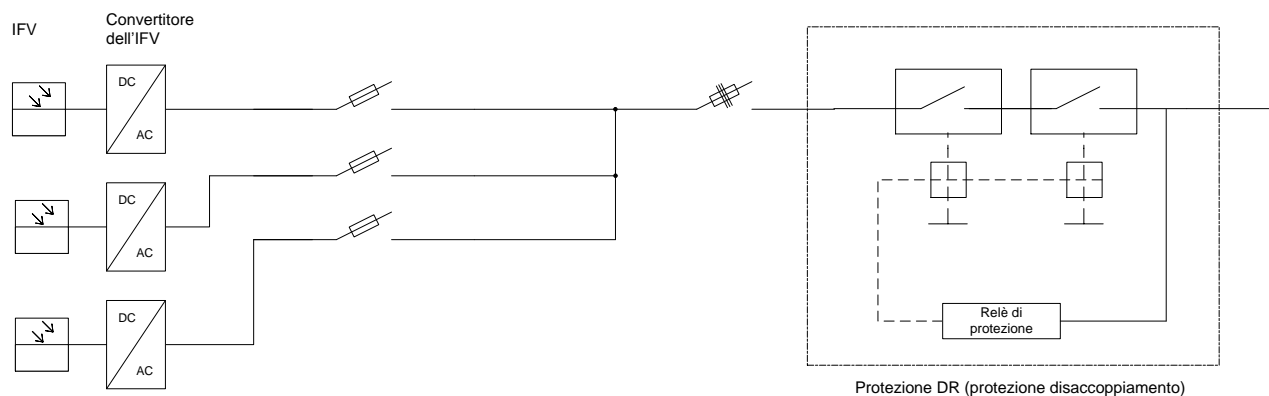


Figura 24: Protezione DR

7.3.3 Alimentazione servizi ausiliari

La capacità dell'alimentazione ausiliaria eventualmente necessaria deve essere calcolata in modo che il fabbisogno energetico dell'impianto di allacciamento possa essere coperto per un determinato tempo in modo autonomo con tutti i dispositivi di protezione, secondari e di esercizio d'emergenza in caso di tensione di rete mancante. L'alimentazione del fabbisogno proprio dell'impianto di allacciamento (incl. energia ausiliaria) spetta al gestore dell'IPE.

7.4 Comportamento dell'IPE sulla rete

7.4.1 Esercizio normale

La messa in servizio di ogni impianto di produzione deve essere concordata con il relativo GRD.

IPE con una potenza superiore a 30 kVA devono poter funzionare con potenza ridotta. Il GRD è autorizzato a richiedere una limitazione temporanea della potenza immessa o a effettuare un disinserimento dell'impianto. Su richiesta del GRD il gestore dell'IPE è obbligato a disinserire il proprio impianto e a distaccarlo dalla rete.

Non è consentito che impianti di produzione che vengono collegati alla rete per mezzo di dispositivi di sincronizzazione o regolazione automatica della tensione provochino variazioni di tensione non permesse. A tal scopo devono essere previste relative ottimizzazioni sui dispositivi di regolazione della tensione e sincronizzazione o misure di limitazione della corrente. Il reinserimento di generatori asincroni non autoeccitati è consentito esclusivamente nell'intervallo dal 95% al 105% del loro numero di giri sincroni. Macchine asincrone autoeccitate in grado di funzionare in isola che non possono essere messe fuori tensione devono rispettare le condizioni di reinserimento per macchine sincrone.



Se il GRD desidera una prescrizione della tensione dall'impianto di produzione, ciò deve essere oggetto del contratto di allacciamento alla rete con cui definire anche l'equipaggiamento tecnico a ciò necessario.

Regolazione della potenza reattiva (supporto statico della rete)

In normali condizioni di esercizio gli impianti di produzione di energia > 30 kVA devono essere in grado di erogare o assorbire potenza reattiva induttiva o capacitiva negli intervalli del fattore di potenza sotto indicati. Valori divergenti da questi (per es. per macchine sincrone) devono essere regolati per contratto.

$$800 \text{ VA} < \sum S_{E_{\max}} \leq 30 \text{ kVA} \quad \cos \varphi = 0,95_{\text{sottoeccitato}} \text{ fino a } \cos \varphi = 0,95_{\text{sovraccitato}}$$

Il valore d'impostazione o la curva caratteristica vengono determinate dal relativo GRD in considerazione del tipo d'impianto.

$$30 \text{ kVA} < \sum S_{E_{\max}} \leq 100 \text{ kVA} \quad \cos \varphi = 0,9_{\text{sottoeccitato}} \text{ fino a } \cos \varphi = 0,9_{\text{sovraccitato}}$$

Qui il GRD stabilisce uno dei seguenti tipi di regolazione o controllo:

- a) fattore di sfasamento $\cos \varphi$ fisso
- b) fattore di sfasamento $\cos \varphi(P)$
- c) potenza reattiva costante Q
- d) curva caratteristica potenza reattiva/tensione Q(U)

$$\sum S_{E_{\max}} > 100 \text{ kVA} \quad \cos \varphi = 0,9_{\text{sottoeccitato}} \text{ fino a } \cos \varphi = 0,9_{\text{sovraccitato}}$$

Può avvenire un allacciamento al centro di comando di rete del GRD, tramite il quale questo regola il $\cos \varphi$ a seconda della situazione di rete. Qui il GRD stabilisce uno dei seguenti tipi di regolazione o controllo:

- a) fattore di sfasamento $\cos \varphi$ fisso
- b) fattore di sfasamento $\cos \varphi(P)$
- c) potenza reattiva costante Q
- d) una curva caratteristica potenza reattiva/tensione Q(U)

Se il GRD prescrive una curva caratteristica $\cos \varphi(P)$, ogni valore nominale risultante dalla curva caratteristica deve impostarsi automaticamente entro 10 secondi.



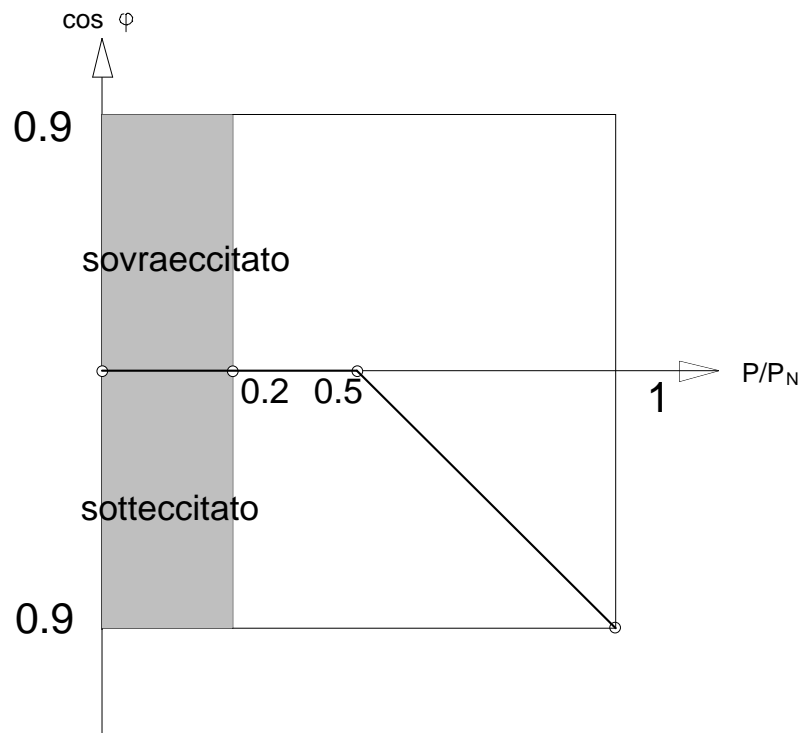


Figura 25: Esempio curva caratteristica $\cos \varphi(P)$ (PVA) nella bassa tensione

Per evitare salti di tensione in caso di immissione di potenza attiva oscillante occorre scegliere una curva caratteristica con andamento continuo e pendenza limitata. Sia la procedura selezionata che i valori nominali vengono stabiliti in modo individuale dal GRD per ogni impianto di produzione e registrati per mezzo di accordi.

7.4.2 Comportamento in caso di guasti nell'IPE

L'IPE, nel caso in cui presenti guasti (nell'unità di produzione stessa o nella sua porzione di rete), deve essere separato immediatamente dalla rete. Corti circuiti nell'IPE devono essere riconosciuti e disinseriti da parte della protezione dell'IPE (tipico ritardo $\leq 0,1$ s). Ciò vale per cortocircuiti in qualsiasi componente (inclusi impianti di distribuzione, sbarre collettrici, trasformatori e convertitori). Altri errori vanno trattati conformemente allo stato della tecnica e a seconda del tipo di IPE.

7.4.3 Comportamento in caso di guasti nella rete

In caso di interruzioni della tensione nella rete di distribuzione gli IPE ≤ 800 VA devono essere distaccati immediatamente dalla rete (tempo di sgancio ≤ 200 ms). Per IPE > 800 VA valgono le seguenti condizioni.

7.4.3.1 In generale

Il GRD è autorizzato, in caso di pericolo o di guasti, a distaccare subito l'IPE dalla rete. Ciò vale in particolare in caso d'emergenza e senza previa comunicazione al gestore dell'IPE.

È assolutamente necessario coordinare le impostazioni di protezione con il GRD.



7.4.3.2 Andamento tensione/tempo (curva caratteristica u(t))

In caso di cadute di tensione gli impianti di produzione devono presentare una curva caratteristica conforme a Figura 26. Occorre mantenere la curva caratteristica $u(t)$ nel punto di allacciamento. Le seguenti percentuali relative alla tensione si riferiscono alla tensione conduttore/terra.

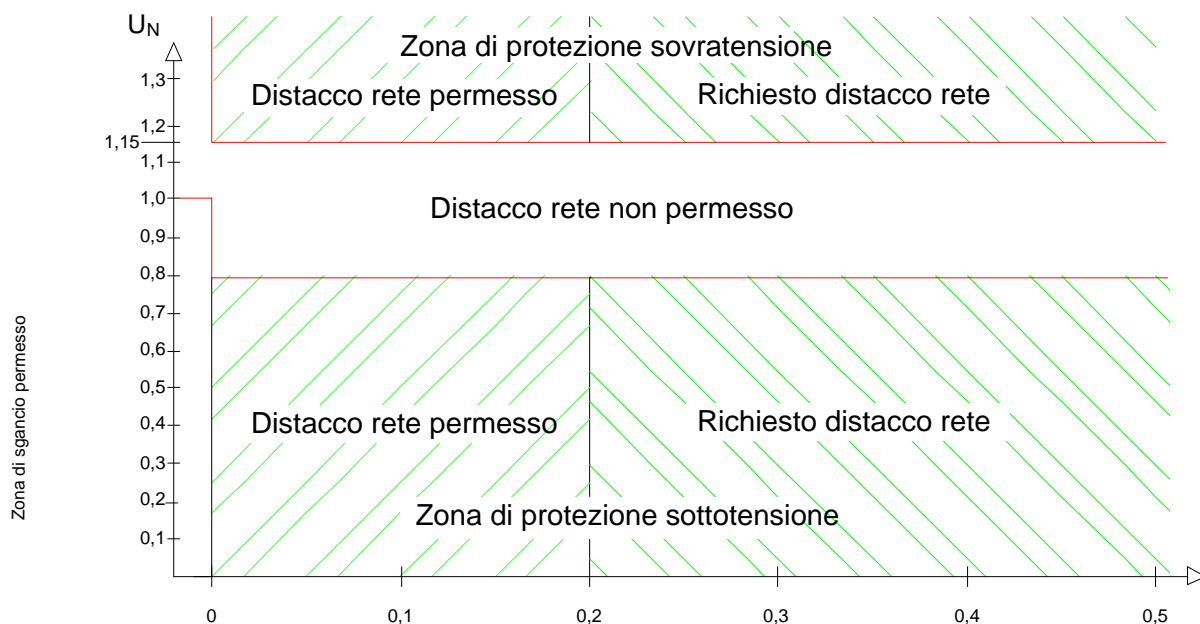


Figura 26: Curva caratteristica di distacco tipo A in bassa tensione

Alcune raccomandazioni d'impostazione

La Tabella 15 mostra raccomandazioni relative alle funzioni di protezione e ai loro valori d'impostazione.

Tabella 15: Raccomandazioni d'impostazione per la protezione di disaccoppiamento sul punto di allacciamento.

Funzione		Valori d'impostazione raccomandati dei relè di protezione	
Protezione dalla sovratensione	$U >$	$1,1 U_n$	istantanea
(valore medio 10 min)*			
Protezione dalla sovratensione	$U >>$	$1,15 U_n$	istantanea
Protezione dalla sottotensione	$U <$	$0,80 U_n$	istantanea
Protezione dalla sovralfrequenza	$f >$	$51,5 \text{ Hz } (U > 70\% U_n)$	istantanea
Protezione dalla sottofrequenza	$f <$	$47,5 \text{ Hz } (U > 70\% U_n)$	istantaneo
Riconoscimento rete in isola (per es. controllo tramite variazione frequenza nel convertitore)			Disinserimento entro 5 s dopo distacco dalla rete
U_n : tensione nominale (230 V) istantanea = 50...150 ms (per evitare sovrapposizione di funzioni) *può essere realizzato sul convertitore **se non è disponibile nessun valore medio su 10 minuti ($U >$), è $U >> 1,1 U_n$ Nota: Fare attenzione alla ricaduta (isteresi) dei relè riguardo a sovrapposizione di funzione / reinserimento.			



7.4.3.3 Reinserimento di un impianto di produzione in seguito a guasti

Nella rete di distribuzione possono avvenire, come conseguenza di corti circuiti fra fasi o verso terra, reinserimenti manuali o automatici. L'impianto di produzione deve autoprotettersi per quanto riguarda la sincronizzazione. Il gestore dell'IPE è responsabile del reinserimento o del disinserimento dell'impianto e del processo di sincronizzazione.

Dopo il disinserimento a seguito di un guasto nella rete del GRD o in caso di un reinserimento automatico o di reinserimenti manuali, il gestore dell'IPE deve prevedere che la tensione che ritorna sul punto di allacciamento possa essere asincrona rispetto alla tensione dell'impianto di produzione. Il gestore dell'IPE deve occuparsi da solo di misure preventive per evitare che manovre di collegamento, oscillazioni della tensione, reinserimenti automatici o altri processi nella rete del GRD provochino danni nel suo impianto e che in tal caso il suo IPE provochi danni a impianti di terzi. In caso di attivazioni e disattivazioni di IPE si verificano variazioni della tensione per i quali non è consentito superare i valori limite riportati nelle "Regole tecniche per la valutazione delle perturbazioni della rete D-A-CH-CZ".

Una sincronizzazione dell'IPE con la rete deve essere possibile fra 49,0 e 51,0 Hz. Nel frattempo la tensione deve essere nell'intervallo 90...110% U_n .

In caso di convertitori (per es. impianti FV) avviene un reinserimento automatico di un'unità di produzione se la tensione del punto di allacciamento è compresa fra il 90% e il 110% della tensione nominale (valore inferiore delle tensioni concatenate) e la frequenza fra 47,5 e 50,05 Hz.

Il tempo di ritardo per il reinserimento è compreso di norma fra 2 e 30 min. e deve essere concordato con il GRD. Per diversi sganci di protezione i tempi di ritardo possono essere differenti.

7.4.3.4 Comportamento in base alla frequenza

Per frequenze fra 47,5 e 51,5 Hz non è consentito un distacco automatico dalla rete a causa della deviazione della frequenza.

Al di sotto di 47,5 Hz o al di sopra di 51,5 Hz deve avvenire entro 1 s un distacco automatico dalla rete. Il GRD può stabilire valori inferiori differenti se un'unità di produzione si trova in una zona di distacco rapido del carico. Limitazioni della banda di frequenza dell'IPE legate al sistema devono essere documentate e registrate.

Per raccomandazioni relative alle funzioni di protezione e ai loro valori d'impostazione consultare la Tabella 15 nel paragrafo 7.4.3.2.

Comportamento in caso di sovrافrequenza

In caso di frequenza di rete di 50,2 Hz o superiore gli IPE devono ridurre la loro potenza in conformità a Figura 27.



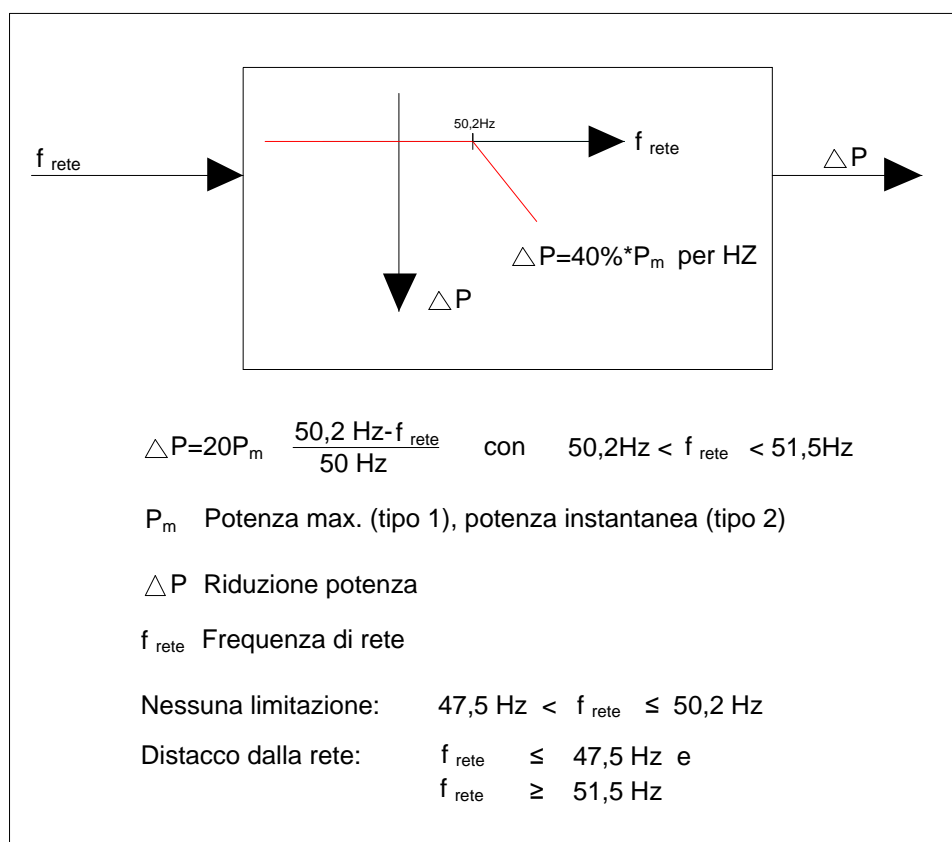


Figura 27 Riduzione della potenza in caso di sovralfrequenza nella bassa tensione (TC-CH 2013)

Nell'intervallo di frequenza da 50,2 a 51,5 Hz gli impianti di produzione di tipo 1 devono ridurre la **potenza attiva massima** P_m con un gradiente di $40\% \cdot P_m$ per Hertz. In caso di potenze inferiori alla potenza attiva nominale l'impianto di produzione si può continuare a far funzionare fino alla linea di confine sul valore attuale. Quando questa viene raggiunta la potenza deve essere ridotta conformemente alla figura sopra.

Nell'intervallo di frequenza fra 50,2 e 51,5 Hz gli impianti di produzione di tipo 2 devono ridurre la **potenza attiva istantanea** P_m (riferita al valore istantaneo nel momento del superamento della frequenza di rete di 50,2 Hz) con un gradiente del $40\% \cdot P_m$ per Hertz.

Comportamento in caso di sottofrequenza

In caso di riduzione della frequenza provocata dall'esercizio di rete è permessa una riduzione di potenza dell'impianto di produzione.



Nei seguenti casi il GRD è autorizzato a pretendere o effettuare una limitazione temporanea della cessione di potenza attiva o un disinserimento dell'impianto oppure gli impianti di produzione devono effettuare la regolazione in modo automatico:

- potenziale pericolo per l'esercizio sicuro del sistema
- colli di bottiglia o pericoli di sovraccarichi nella rete del GRD
- pericolo di formazione di una rete in isola
- minaccia alla stabilità di rete statica o dinamica
- aumento della frequenza che mette in pericolo il sistema
- risincronizzazione di porzioni di rete
- nell'ambito della gestione della sicurezza di rete

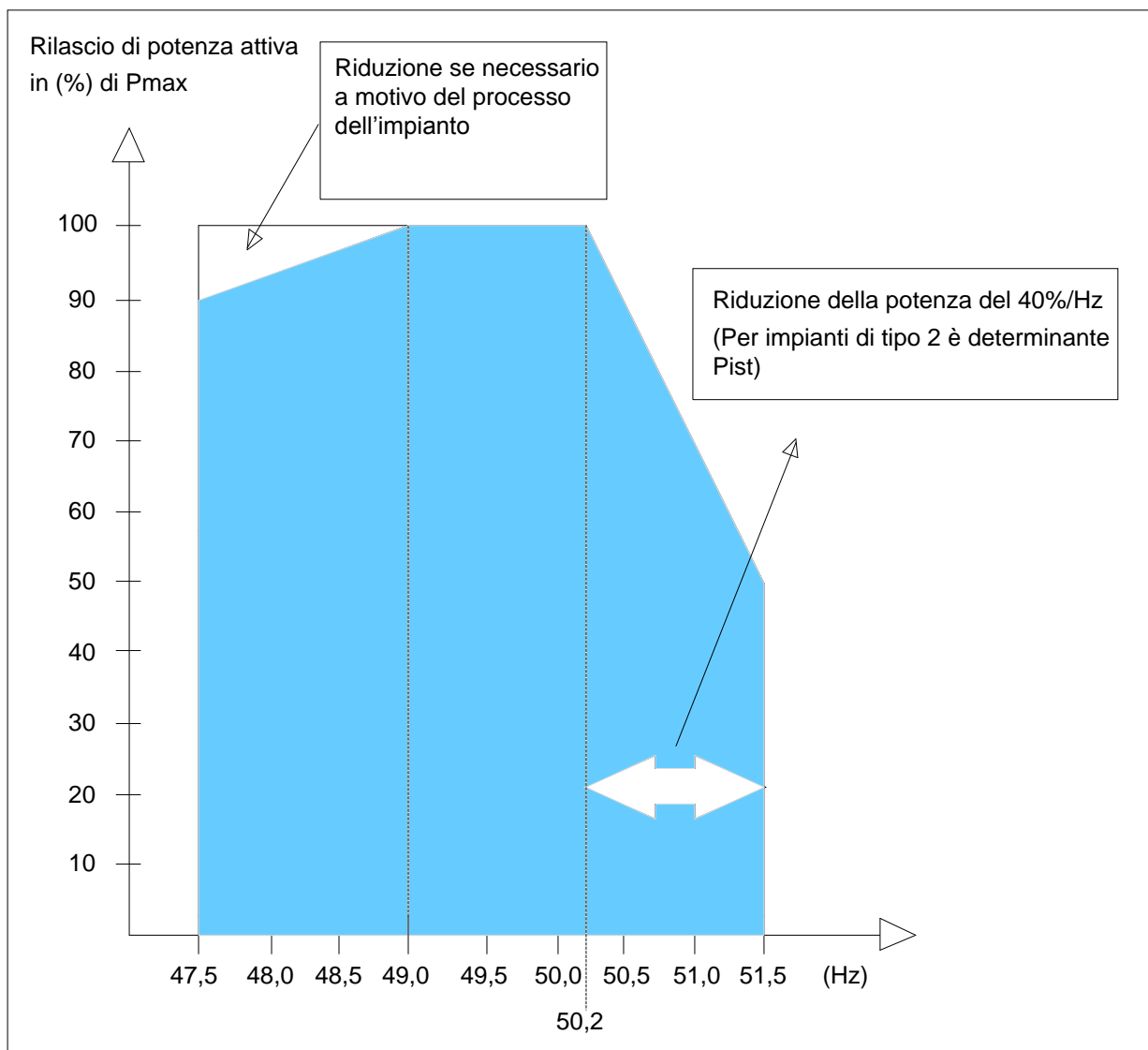


Figura 28: Panoramica delle riduzioni di potenza dipendenti dalla frequenza



Bande di frequenza

In caso di oscillazioni di frequenza l'impianto deve poter essere fatto funzionare in conformità a Figura 29. Qui è rappresentato il tempo minimo per il quale un impianto deve rimanere in rete in dipendenza della frequenza.

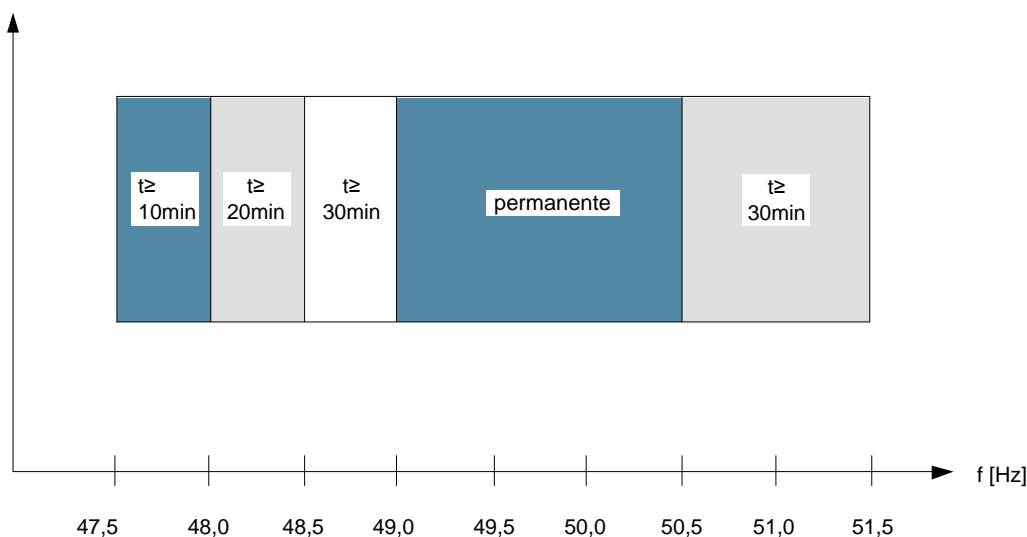


Figura 29 Bande di frequenza nella bassa tensione (base TC-CH 2013)

7.5 Contatto con gestore della rete di distribuzione

Il gestore dell'IPE deve essere raggiungibile da parte del GRD, in modo che in caso di necessità possa essere informato o mobilitato.

7.6 Stazione di misurazione

I dispositivi di misurazione devono essere equipaggiati in conformità alle prescrizioni legali e ai requisiti stabiliti dal GRD. Devono essere anche rispettati sia il Metering Code Svizzera (raccomandazione del settore) rispettivamente in vigore, che le prescrizioni del GRD, che i documenti d'applicazione di UFE o AES e swissgrid.

7.7 Richiesta e valutazione di allacciamento

7.7.1 Richiesta di allacciamento

In generale occorre coinvolgere il GRD già nella fase di pianificazione, rispettando anche le procedure di notifica vigenti presso il GRD.

Prima dell'allacciamento di un IPE alla rete di distribuzione occorre presentare al GRD una richiesta di allacciamento, utilizzando il modulo ufficiale dell'AES (scheda tecnica per la valutazione delle perturbazioni della rete). Diversi GRD hanno però proprie richieste di allacciamento, in caso di dubbio occorre pertanto consultare il GRD.



Dalla richiesta di allacciamento devono risultare per il GRD:

- potenza immessa
- tipo di produzione di energia (per es. convertitore, generatore asincrono, generatore sincrono)
- controllo della potenza (per es. convertitore)
- produttore e tipo dell'IPE, incl. scheda tecnica
- nuovo impianto o estensione di un impianto esistente
- schema elettrico
- per impianti fotovoltaici numero e configurazione dei convertitori
- andamento della corrente in caso di macchina trifase senza convertitore

Se necessario occorre presentare al GRD altri documenti (per es. inclinazione del tetto). La richiesta di approvazione del piano deve essere presentata direttamente alla ESTI.

7.7.2 Valutazione tecnica

Per mezzo dei dati sulla richiesta di allacciamento e dei dati di rete presenti sul punto di allacciamento, il GRD valuta, con l'aiuto delle "Regole tecniche per la valutazione delle perturbazioni della rete D-A-CH-CZ", se l'allacciamento dell'impianto può essere approvato così o quali misure occorre adottare. La decisione viene comunicata per iscritto al richiedente.

Su richiesta il GRD comunica la potenza di cortocircuito della rete (S_{kV} in conformità a D-A-CH-CZ) sul punto di allacciamento. Questa vale come base per il calcolo delle perturbazioni della rete in conformità a D-A-CH-CZ.

7.7.3 Approvazione dell'allacciamento

Senza approvazione dell'allacciamento non è consentito allacciare l'impianto in rete. Per l'autorizzazione all'allacciamento valgono inoltre le prescrizioni di lavoro e l'OIBT. Accordi particolari fra GRD e utilizzatore allacciato alla rete vengono stabilite in un contratto di allacciamento alla rete.

7.8 Perturbazioni della rete / qualità della tensione

Per l'allacciamento di un IPE alla rete a bassa tensione sono determinanti le "Regole tecniche per la valutazione delle perturbazioni della rete D-A-CH-CZ".

In generale l'allacciamento di un IPE dovrebbe essere trifase, per evitare asimmetrie della tensione.

L'allacciamento monofase di un IPE è di norma possibile, ammesso che

$$\sum S_{E_{\max}} \leq 3,6 \text{ kVA per ogni fase } (\sum S_{E_{\max}} = \text{max. potenza apparente di un'UPE})$$

In tal modo si ottiene una potenza massima dell'impianto di 10,8 kVA da impianti di produzione monofase non accoppiati in modo comunicativo. Impianti con più impianti di produzione monofase devono comportarsi nel funzionamento come impianti di produzione simmetrici a tre fasi. Ciò può essere assicurato con un accoppiamento comunicativo dei singoli impianti di produzione o con relè di controllo della tensione trifase.

In caso di un convertitore monofase il GRD può prescrivere a quale fase allacciare l'impianto.



In deroga al capoverso precedente il GRD, se dal punto di vista tecnico è possibile impiegare un convertitore trifase, può limitare o non consentire l'esercizio di convertitori monofase per evitare un carico asimmetrico della rete di distribuzione.

In caso di particolari condizioni tecniche (per es. tipo e modo di funzionamento della rete, potenza di cortocircuito nel punto di allacciamento) il GRD può prescrivere valori limite diversi da quelli riportati in D-A-CH-CZ. In particolare in caso di una riduzione del valore limite viene fornita all'utilizzatore allacciato interessato una prova della necessità dell'inasprimento (per es. dati di rete, calcoli). Deviazioni dei valori limite vengono concordati per iscritto con il produttore.

7.9 Sistemi di comunicazione

Gli impianti di comando centralizzato ad audiofrequenza funzionano in genere con frequenze di circa 100 Hz e 1500 Hz. Occorre richiedere al GRD la frequenza di comando centralizzato utilizzata localmente. Nel caso in cui un impianto di produzione pregiudichi in modo non permesso il funzionamento degli impianti di comando centralizzato a radiofrequenza, il gestore dell'IPE deve adottare delle misure per risolvere il problema, anche nel caso in cui ciò si notasse solo in un momento successivo. Altri importanti criteri di allacciamento sono definiti nelle "Regole tecniche per la valutazione delle perturbazioni della rete D-A-CH-CZ."

Gli apparecchi di comunicazione con Power Line Communication (PLC, utilizzata da sistemi Smart Metering/Smart Grid) comunicano di regola nella banda CENELEC A (da 35 a 91 kHz). Nel caso in cui l'impianto di produzione comprometta in modo non ammissibile la comunicazione PLC, i gestori dell'IPE sono tenuti ad adottare misure per il superamento del problema.

7.10 Documentazione e scambio di dati

Il gestore dell'IPE è tenuto a documentare i suoi impianti in conformità alle prescrizioni legali e allo stato della tecnica. Il gestore dell'IPE fornisce su richiesta al GRD i dati tecnici richiesti (per es. dati tecnici dell'impianto, impostazioni di controllo e protezione).

7.11 Prove e collaudo

Il gestore dell'IPE (> 800 VA) deve documentare al GRD e, in caso di obbligo di documentazione, all'ESTI la funzionalità dei dispositivi di protezione richiesti in occasione di una prova di collaudo. Per una prima messa in servizio occorre l'autorizzazione del GRD. Questo deve essere invitato almeno quattro settimane prima per il collaudo.

L'IPE può essere messo in servizio solo quando:

- a) la prova di collaudo e il protocollo di collaudo sono stati presentati al GRD,
- b) il controllo conclusivo e l'indicazione di completamento dell'installatore elettricista sono a disposizione del GRD,
- c) tutti i potenziamenti della rete eventualmente necessari sono stati terminati.

Una messa in servizio temporanea per la prova dell'IPE può avvenire preventivamente in accordo con il GRD.

Il gestore dell'IPE è responsabile dell'osservanza dei requisiti obbligatori e prefissati. Egli esegue le necessarie prove e verifiche in modo autonomo. È responsabile dell'organizzazione e dell'esecuzione delle manutenzioni necessarie (incl. prove periodiche).



Il GRD può richiedere o eseguire da solo test, prove di protezione e misurazioni aggiuntive (per es. per la prova della qualità della tensione) che confermino i requisiti riportati nel presente documento.

Il gestore dell'IPE informa su richiesta il GRD su prove e test eseguiti.

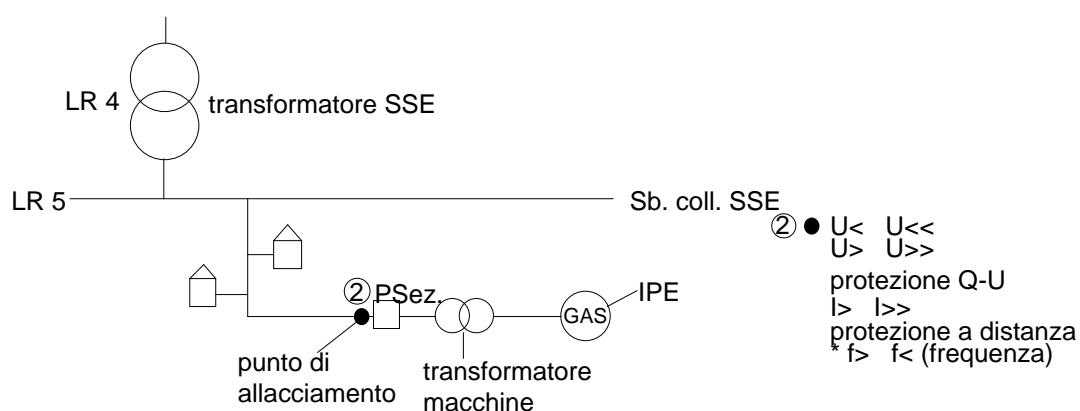


Appendice A Esempi per l'allacciamento alla media e bassa tensione con valori d'impostazione proposti

1. esempio Allacciamento di una macchina asincrona da 1,5 MVA (centrale sul deflusso di dotazione)

- L'impianto è di tipo B2
- Allacciamento dell'impianto avviene nella media tensione (capitolo 6)
- Una verifica preliminare permette un allacciamento alla rete MT in conformità al paragrafo 6.1

In tal modo è possibile effettuare un allacciamento come segue:



Valori d'impostazione proposti	
$U >$	$1,15 \times U_C$ (2 s)
$U >>$	$1,25 \times U_C$ (100 ms)
$U <$	$0,85 \times U_C$ (1,5 s)
$U <<$	$0,15 \times U_C$ (150 ms)
$f > *$	51,5 Hz (200 ms)
$f < *$	47,5 Hz (200 ms)
$I >$	$1,2 \times I_N$ (1 s)
$I >>$	$15 \times I_N$ (100 ms)
QU	$0,85 \times U_C$ (1 s)
$\cos \varphi **$	in conformità a prescrizioni GRD
controllo potenza attiva **	in conformità al par. 6.3
Sincronizzazione	49 Hz 51 Hz
Riduzione potenza (da 50,2 Hz) **	in conformità al par. 6.4.3.5

* Può essere realizzata sul generatore o sul punto di allacciamento.

** Deve essere realizzata sul generatore.

L'impostazione della protezione a distanza avviene secondo calcolo e in considerazione della rete a monte

di norma occorre concordare tutti i valori d'impostazione con il GRD. Con eccezione della funzione di corrente $I >>$ e $I >$ tutte le altre funzioni di protezione possono avere come conseguenza anche un disinserimento dal lato del generatore. La possibilità di regolazione del $\cos \varphi$ e della potenza fino al disinserimento in conformità al capitolo 6 deve essere attuata concordandola con il GRD.

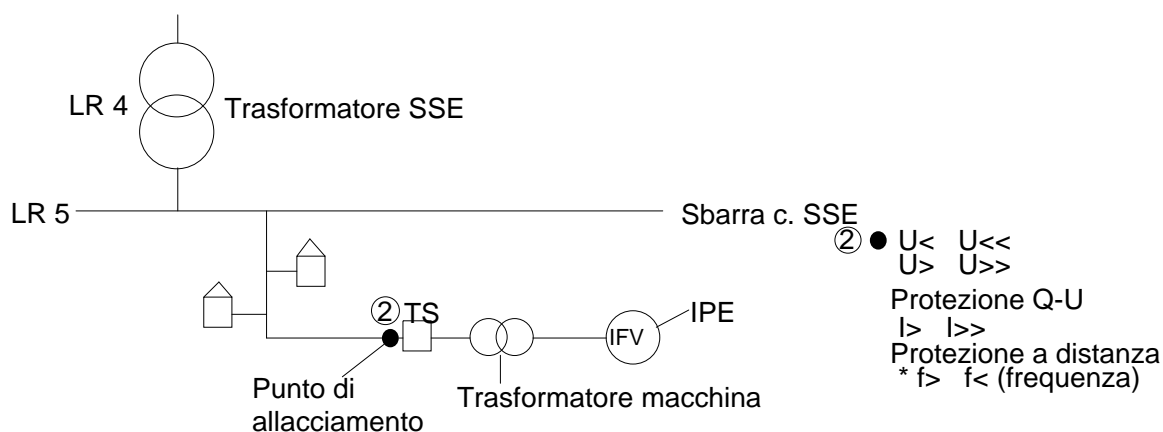
Nel caso in cui richieste dal GRD, devono essere previste delle funzioni di protezione aggiuntive per la rilevazione delle dispersioni verso terra nella rete e nel trasformatore.



2. esempio: Allacciamento di un impianto FV da 1,2 MVA

- L'impianto è di tipo B2
- Allacciamento dell'impianto avviene nella media tensione (capitolo 6)
- Una verifica preliminare permette un allacciamento alla rete MT in conformità al paragrafo 6.1

In tal modo è possibile effettuare un allacciamento come segue:



Valori d'impostazione proposti		
	Punto di allacciamento	Convertitore
U > (valore 10 min)	---	1,1 x U _C (100 ms)
U >	1,15 x U _C (2,5 s)	1,15 x U _C (2 s)
U >>	1,25 x U _C (300 ms)	1,25 x U _C (100 ms)
U <	0,85 x U _C (1,7 s)	0,85 x U _C (1,5 s)
U <<	0,15 x U _C (350 ms)	0,15 x U _C (150 ms)
f > *	51,5 Hz (300 ms)	51,5 Hz (100 ms)
f < *	47,5 Hz (300 ms)	47,5 Hz (100 ms)
I >	1,2 x I _N (1 s)	---
I >>	15 x I _N (100 ms)	---
QU	0,85 x U _C (1 s)	---
cos φ **	---	in conf. a prescrizioni GRD
Controllo potenza attiva **	---	in conf. al par. 6.3
Sincronizzazione	47,5 Hz 50,05 Hz	47,5 Hz 50.05 Hz
Riduzione potenza (ab 50,2Hz) **	---	in conf. al par. 6.4.3.5

L'impostazione della protezione a distanza avviene secondo calcolo e in considerazione delle reti a monte

* può essere realizzata sul convertitore o sul punto di allacciamento.

** deve essere realizzata sul convertitore.

di norma occorre concordare tutti i valori d'impostazione con il GRD. Con eccezione della funzione di corrente I>> e I> tutte le altre funzioni di protezione possono avere come conseguenza anche un disinserimento dal lato del generatore. La possibilità di regolazione del cos φ e della potenza fino al disinserimento in conformità al capitolo 6 deve essere attuata concordandola con il GRD.

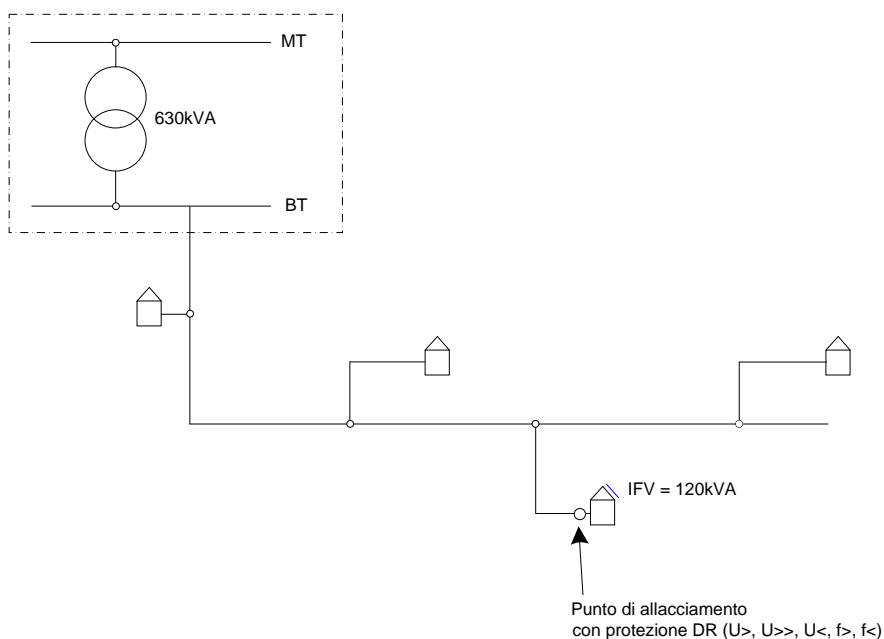
Nel caso in cui richieste dal GRD, devono essere previste delle funzioni di protezione aggiuntive per la rilevazione delle dispersioni verso terra nella rete e nel trasformatore.



3. esempio: Allacciamento di un impianto FV da 120 kVA

- L'impianto è di tipo A2
- Allacciamento dell'impianto avviene nella bassa tensione (capitolo 7)
- In base alla potenza (> 30 kVA) occorre impiegare una protezione DR (Protezione disconnessione dalla rete) nella zona del punto di allacciamento della rete a bassa tensione.

Stazione di trasformazione (LR6)



	Protezione DR	Convertitore
U> (valore 10 min)	1,1 x U _N (200ms)	1,1 x U _N (<100ms)
U>>	1,15 x U _N (200ms)	1,15 x U _N (<100ms)
U<	0,8 x U _N (200ms)	0,8 x U _N (<100ms)
f >	51,5 Hz (200ms)	51,5 Hz (<100ms)
f <	47,5 Hz (200ms)	47,5 Hz (<100ms)
Sincronizzazione	47,5 ... 50,05 Hz	47,5 ... 50,05 Hz
cos φ *	---	In conformità a prescrizioni GRD possibile da cos φ = 0,9 sottoeccitato fino as cos φ = 0,9 sovraeccitato
Controllo potenza attiva	---	se necessario vedere paragrafo 7.3 se non necessario creare i presupposti di cui al paragrafo 7.3
Riduzione potenza (da 50,2 Hz) *	---	In conformità al par. 7.4.3.4

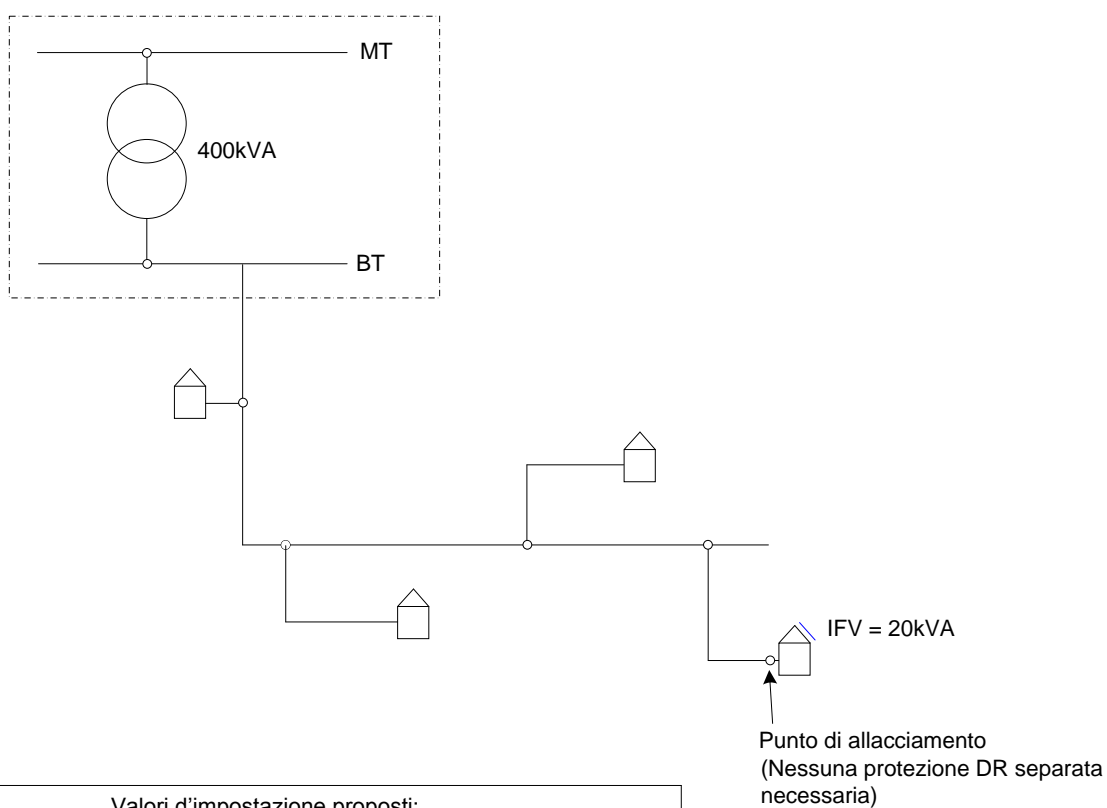
* deve essere realizzata sul convertitore.



4. esempio: Allacciamento di un impianto FV da 20 kVA

- L'impianto è di tipo A2
- Allacciamento dell'impianto avviene nella bassa tensione (capitolo 7)
- In base alla potenza (< 30 kVA) non occorre impiegare una protezione DR (Protezione disconnessione dalla rete) nella zona del punto di allacciamento della rete a bassa tensione.
- I parametri di protezione indicati vengono impostati sul convertitore.

Stazione di trasformazione (LR6)



Valori d'impostazione proposti:	
U> (valore 10 Min.)	1,1 x U _N (100ms)
U>>	1,15 x U _N (100ms)
U<	0,8 x U _N (100ms)
f >	51,5 Hz (100ms)
f <	47,5 Hz (100ms)
Sincronizzazione	47,5 ... 50,05 Hz
Riduzione potenza (da 50,2 Hz)	in conformità al par. 7.4.3.4
cos φ	Prescrizione del GRD possibile fra cos φ = 0,95 sottoeccitato fino as cos φ = 0,95 sovraeccitato
Nessun controllo della potenza attiva in caso di impianti < 30kVA	



Appendice B1 Contributo degli IPE alla corrente di cortocircuito

Con il funzionamento di impianti di produzione aumentano le correnti di cortocircuito in rete, in particolare nelle vicinanze del punto di allacciamento. Tali aumenti devono essere verificati ed eventualmente adeguati negli impianti primari.

	Corrente alternata di cortocircuito iniziale I_{kE}''	Corrente alternata di cortocircuito I_{kE}	Corrente a impulso di cortocircuito i_{pE}
	Valore efficace della componente a 50 Hz della corrente durante i primi 20 ms dopo il guasto	Valore efficace della corrente dopo 150 ms e alla fine del guasto	
Generatori sincroni	8x	5x	20x
Generatori asincroni	6x	5x	12x
Generatori asincroni a doppia alimentazione	3x	1x	8x
Convertitore totale	1x	1x	2x

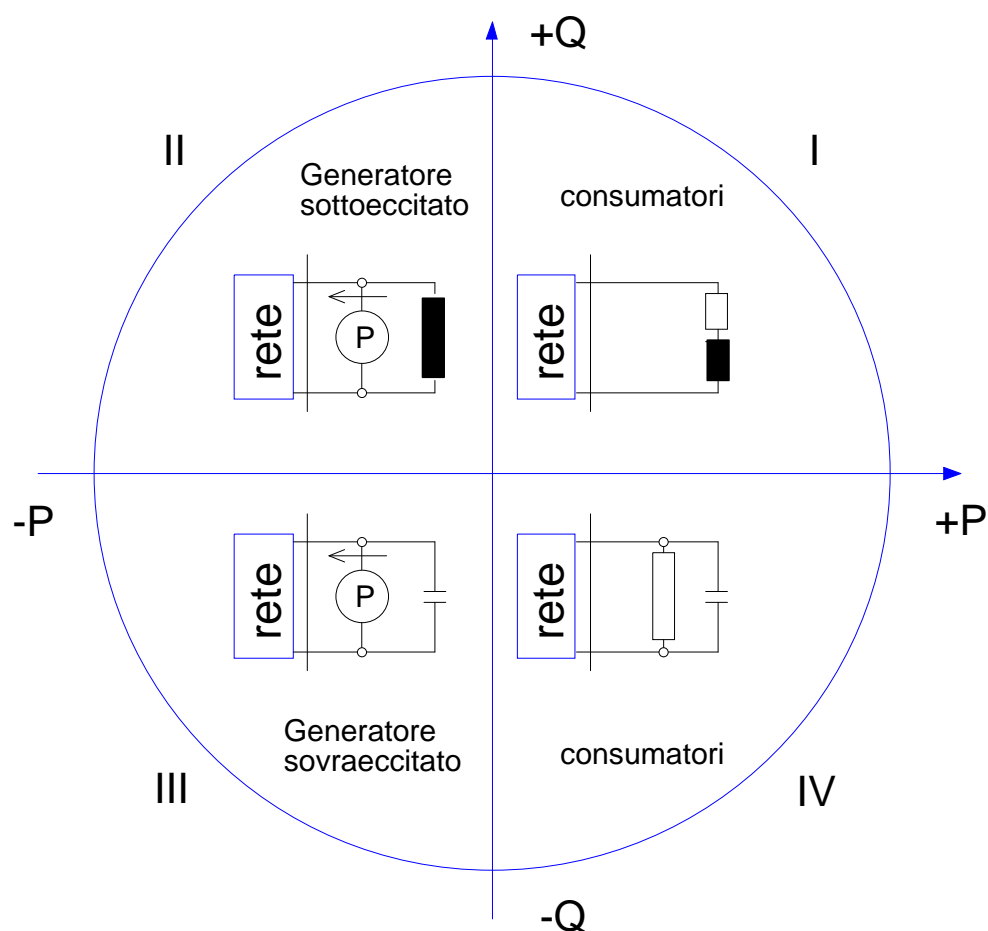
Valori indicativi (corrente nominale del generatore sui morsetti di collegamento), valori più precisi sono da ricavare dalle schede tecniche.



Appendice B2: Tipi di esercizio di generatori e loro comportamento

Di seguito vengono distinti i quattro stati di esercizio e rappresentati in un cerchio P/Q nella direzione della freccia del contatore dei consumi.

	sovraeccitato	sottoeccitato
Utenza	IV quadrante $P > 0$ $Q < 0$, l'utenza immette in rete potenza reattiva (comportamento capacitivo)	I quadrante $P > 0$ $Q > 0$, l'utenza immette in rete potenza reattiva (comportamento induttivo)
Generatore	III quadrante $P < 0$ $Q < 0$, il generatore immette in rete potenza reattiva (comportamento capacitivo)	II quadrante $P < 0$ $Q > 0$, il generatore immette in rete potenza reattiva (comportamento induttivo)



Rappresentazione nel cerchio P/Q



Indice fonti

Confederazione, Cantoni, legislazione

<http://www.admin.ch>

<http://www.elcom.admin.ch>

<http://www.est.admin.ch>, <http://www.electrosuisse.ch>

Ufficio federale dell'energia. (27.06. 2007). Ordinanza sull'approvvigionamento elettrico. **Rapporto esplicativo concernente** la revisione parziale del 26 marzo 2014 dell'ordinanza sulla pianificazione del territorio.

Consiglio federale (3.12. 2004). **Messaggio** concernente la modifica della legge sugli impianti elettrici e la **legge sull'approvvigionamento elettrico**. Oggetto 04.083.

Consiglio federale (14.03. 2008, stato 01/01/2009). **Ordinanza sull'approvvigionamento elettrico**. RS 734.71.

Ordinanza concernente gli impianti elettrici a bassa tensione (OIBT, stato 1. dicembre 2013)
www.admin.ch

Assemblea federale della Confederazione Svizzera. (24.06. 1902, stato 01/08/2008). Legge federale concernente gli **impianti elettrici a corrente forte e a corrente debole**. RS 734.0.

Assemblea federale della Confederazione Svizzera. (23.03. 2007, stato 01/01/2009). **Legge sull'approvvigionamento elettrico** RS 734.7.

Assemblea federale della Confederazione Svizzera. (2007) Relazione finale sul messaggio concernente la modifica della legge sugli impianti elettrici e la legge sull'approvvigionamento elettrico . **Oggetto 04.083**.
Online (15/02/2010).

DATEC/UFE Raccomandazioni e aiuto all'esecuzione per l'attuazione delle condizioni di allacciamento della produzione elettrica in conformità all'art. 6 LEn e art. 28.a LEn.

Commissione federale dell'Energia Elettrica ECom: Direttiva 4/2012 Potenzamenti della rete

Ispettorato federale degli impianti a corrente forte ESTI: Direttiva n. 233.0710d Sistemi fotovoltaici (FV) per l'approvvigionamento elettrico

Ispettorato federale degli impianti a corrente forte ESTI: Direttiva n. 219.0201d, Esercizio in parallelo alla rete a bassa tensione di impianti di produzione di energia (IPE)



Settore elettrico

VSE/AES, Associazione delle aziende elettriche svizzere
Raccomandazione del settore per il mercato svizzero dell'elettricità. **Modello di mercato per l'energia elettrica – Svizzera**. Documento di base per la regolamentazione degli aspetti centrali del mercato elettrico svizzero, edizione 2011.
<http://www.strom.ch>

VSE/AES, Associazione delle aziende elettriche svizzere
Raccomandazione del settore per il mercato svizzero dell'elettricità. **Modello di utilizzazione per la rete di distribuzione svizzera**. Basi per l'utilizzazione delle reti di distribuzione svizzere e il relativo indennizzo, edizione 2011.
<http://www.strom.ch>

VSE/AES, Associazione delle aziende elettriche svizzere
Raccomandazione del settore per il mercato svizzero dell'elettricità. **Distribution Code Svizzera**. Disposizioni tecniche per l'allacciamento, la gestione e l'utilizzo della rete di distribuzione, edizione 2014.
<http://www.strom.ch>

Transmission Code (CH), Raccomandazione del settore per il mercato svizzero dell'elettricità, edizione 2013
<http://www.swissgrid.ch>

VSE/AES, Associazione delle aziende elettriche svizzere
Raccomandazione del settore per il mercato svizzero dell'elettricità
Metering Code Svizzera, Raccomandazioni del settore per il mercato elettrico svizzero, edizione 2015
<http://www.strom.ch>

VSE/AES, Associazione delle aziende elettriche svizzere
Raccomandazione del settore per il mercato svizzero dell'elettricità. **Empfehlung Netzanschluss für Endkunden NE3 bis NE7/Recommandation Raccordement au réseau pour clients finals NR 3 à NR 7**, edizione 2012
Aiuto all'attuazione dell'allacciamento alla rete per clienti finali dal LR3 al LR7, edizione 2012
<http://www.strom.ch>

Associazione delle aziende elettriche svizzere
Raccomandazione del gruppo di lavoro della Svizzera tedesca. **Werkvorschriften/Prescriptions de distributeurs d'électricité**. Condizioni tecniche d'allacciamento dei gestori della rete di distribuzione alla rete di distribuzione a bassa tensione, edizione 2009
<http://www.strom.ch>

AES, swissgrid (2010, V1.0). **Glossario per le regole del mercato elettrico svizzero Online (01/02/2010)**.
<http://www.swissgrid.ch>

D-A-CH-CZ. **Regole tecniche per la valutazione delle perturbazioni della rete**. Edizione 2007 per bassa tensione e media tensione; edizione 2012 per alta tensione.
<http://www.strom.ch>



SNEN 50160: **Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen / Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution**, edizione 2010
<http://www.electrosuisse.ch>

SN EN 50065 -1 **Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen im Frequenzbereich 3 kHz bis 148,5 kHz / Transmission de signaux sur les réseaux électriques basse tension dans la bande de fréquences de 3 kHz à 148,5 kHz.** – Parte 1: Edizione 2011, General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances
<http://www.electrosuisse.ch>

SN EN 50438: **Anforderungen für den Anschluss von Kleinst-Generatoren an das öffentliche Niederspannungsnetz / Prescriptions pour le raccordement de micro-générateurs en parallèle avec les réseaux publics de distribution à basse tension**, edizione 2013
<http://www.electrosuisse.ch>

VSE/AES, Associazione delle aziende elettriche svizzere
Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen; Allegato per la Svizzera (edizione novembre 2011)
<http://www.strom.ch>

