

***LINEE GUIDA PER LA REALIZZAZIONE
DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI BASATI
SU INVERTER TRIFASE***



INDICE

1	SCOPO DEL DOCUMENTO	3
2	INSTALLAZIONE E POTENZA	3
2.1	Ventilazione locale tecnico	3
2.2	Scaricatori di tensione lato alternata.....	4
2.3	Linee guida per la stesura dei cavi potenza.....	5
2.4	Connessione in MT: linee guida per la scelta del trasformatore MT. .	6
2.5	Connessione in MT: Calcolo della potenza di cortocircuito su MT	8
2.5.1	Requisiti sulla potenza di cortocircuito minima in MT	9
2.5.2	Calcolo della potenza massima di cortocircuito	12
2.6	Connessione in MT: calcolo della potenza di cortocircuito su MT del Soleil PS1000.....	14
2.6.1	Requisiti sulla potenza di cortocircuito minima in MT	14
2.6.2	Calcolo della potenza massima di cortocircuito	15
2.7	Connessione in BT: linee guida	15
2.8	Uso di moduli con messa a terra di un polo	17
3	COMUNICAZIONI SERIALI	18
3.1	Tipologia cavi da impiegare.....	18
3.1.1	Connessione dello schermo della seriale Modbus.....	18
3.1.2	Connessione dello schermo della seriale SAC BUS.....	18
3.2	Regole per la stesura e tipologia dei cavi della seriale RS485	18
4	IMPIANTI ausiliari e speciali	19
4.1	Alimentazione	20
4.2	Tipologia cavi di segnale da impiegare	20
4.3	Stesura dei cavi di segnale elettrico.....	21
4.4	Optoisolamento segnali elettrici	21
4.5	Uso di filtri su segnali video.....	21
	Appendice	22
	Riferimenti	25

1 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo di questo documento è quello di fornire un supporto tecnico alla realizzazione di un impianto fotovoltaico di generazione in rete che impiega inverter trifase della serie Soleil.

Il documento contiene un insieme di suggerimenti e raccomandazioni per l'implementazione di alcune parti dell'impianto di generazione che, se rispettate, contribuiscono a garantire il funzionamento ottimizzato del sistema dal punto di vista dell'efficienza energetica e della compatibilità elettromagnetica.

In nessun modo esso pretende di fornire regole di progettazione di tipo impiantistico, per le quali si rimanda invece alle specifiche contenute nel documento di riferimento 'Guida per le connessioni alla rete Enel' (in particolare al capitolo 'G.2 STANDARD TECNICI E SPECIFICHE DI PROGETTO ESSENZIALI PER LA REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE IN MT') e alle guide in esso richiamate e disponibili all'indirizzo internet:

http://www.acquisti.enel.it/acquisti/it/html/servizi_lineeguida.asp.

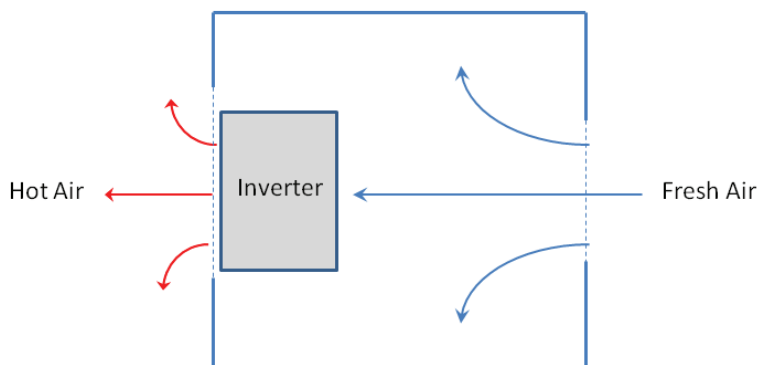
2 INSTALLAZIONE E POTENZA

2.1 Ventilazione locale tecnico

Gli inverter della serie Soleil sono dimensionati per funzionare con una temperatura ambiente massima di 40°C.

La ventilazione del locale può essere:

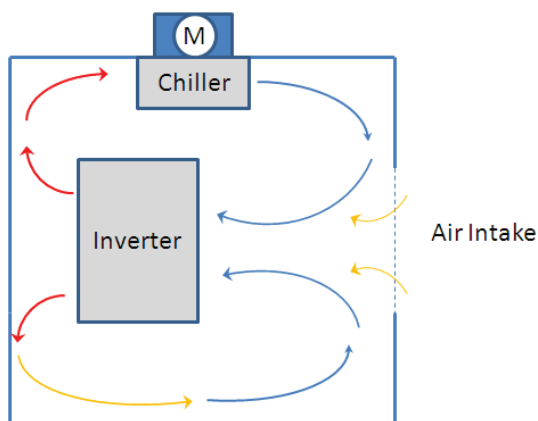
- **In architettura aperta**: l'aria viene immessa direttamente dall'esterno del locale tecnico, aspirata dall'inverter e scaricata all'esterno del locale. In questa configurazione è importante che:
 - Vengano previste griglie di aspirazione e scarico dell'aria di dimensioni tali da rispettare le portate specificate nel manuale 'IV302 Manuale di Istruzione Soleil DSP'.
 - Il percorso dell'aria in uscita dall'inverter verso l'esterno del locale tecnico avvenga senza resistenze, quindi predisponendo, ove occorra, canalizzazioni dedicate, estrattori, o semplicemente mantenendo minima la distanza tra la griglia di espulsione dell'aria dell'inverter e la griglia di estrazione del locale.



Informazione Tecnica

L'adozione di un condizionatore all'interno del locale tecnico non è strettamente indispensabile al funzionamento dell'inverter. Occorre tuttavia considerare che, in luoghi di installazione ove la temperatura esterna raggiunga i 40°C, la temperatura interna al locale può raggiungere e superare i 50°C, in funzione anche dell'esposizione al sole, al vento e della coibentazione del locale. In queste condizioni non è garantito il funzionamento dell'inverter a piena potenza.

- **In architettura chiusa:** l'inverter aspira aria fresca dal locale e scarica aria calda nel locale. Un sistema di condizionamento processa l'aria del locale mantenendola a temperatura prefissata. In questa configurazione è importante che:
 - Vengano rispettate tassativamente le distanze tra l'inverter e le pareti circostanti, in particolare dal lato di espulsione dell'aria.
 - Il sistema di condizionamento sia dimensionato in modo da rispettare i vincoli di portata d'aria in aspirazione all'inverter e la potenza termica dissipata nell'ambiente dall'inverter stesso (consultare 'IV302 D Manuale di Istruzione Soleil DSP').



L'architettura chiusa è raccomandata in installazioni in cui l'atmosfera circostante è particolarmente ricca di polveri sospese, in quanto questa soluzione consente di mantenere in pressione l'atmosfera interna al locale tecnico ed evitare l'ingresso di particolato che potrebbe danneggiare l'inverter.

2.2 Scaricatori di tensione lato alternata

Per limitare gli effetti delle sovratensioni sul lato del campo fotovoltaico, è raccomandato l'uso dei dispositivi denominati SPD (Surge Protective Device) o anche detti "scaricatori" o "soppressori di tensione".

Tutti gli inverter della serie Soleil montano degli scaricatori sul lato in continua, tuttavia è opportuno installare soppressori di sovratensioni anche sul lato in alternata, essendo l'inverter collegato alla rete pubblica B.T. o M.T., che può essere soggetta a perturbazioni di origine atmosferica o causate da dispositivi di manovra o attività industriali.

Per la scelta di tali dispositivi ed il loro coordinamento si rimanda alle normative nazionali, in particolare alla norma CEI EN 62305-4 "Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture".

Informazione Tecnica

Normalmente gli scaricatori si dividono in tre classi di prova; I, II e III. Per una scelta corretta di tali dispositivi, occorre tenere presente che:

- Gli SPD di classe I, vengono scelti per essere installati nei punti di linea più esposti alle fulminazioni dirette, ad esempio all'ingresso di fabbricati già protetti da sistemi di parafulmini.
- Gli SPD di classe II e III, vengono scelti per essere installati all'interno dei quadri di distribuzione e apparati, come gli inverter.

La prima scelta è legata al valore di tensione continuativa che l'SPD è in grado di sopportare permanentemente. Un esempio può essere la tensione di linea 230Vac o 400Vac.

Il livello di protezione del dispositivo è indicato con la sigla U_p , che indica la tensione massima residua che il dispositivo presenta ai suoi morsetti a seguito di una sovratensione in ingresso. Ad esempio, un valore tipico è 1,25 kV, a fronte di una sovratensione di 4kV o 6kV. Questo valore va coordinato con i livelli di tenuta all'impulso dei componenti o delle apparecchiature che si vogliono proteggere.

2.3 Linee guida per la stesura dei cavi potenza

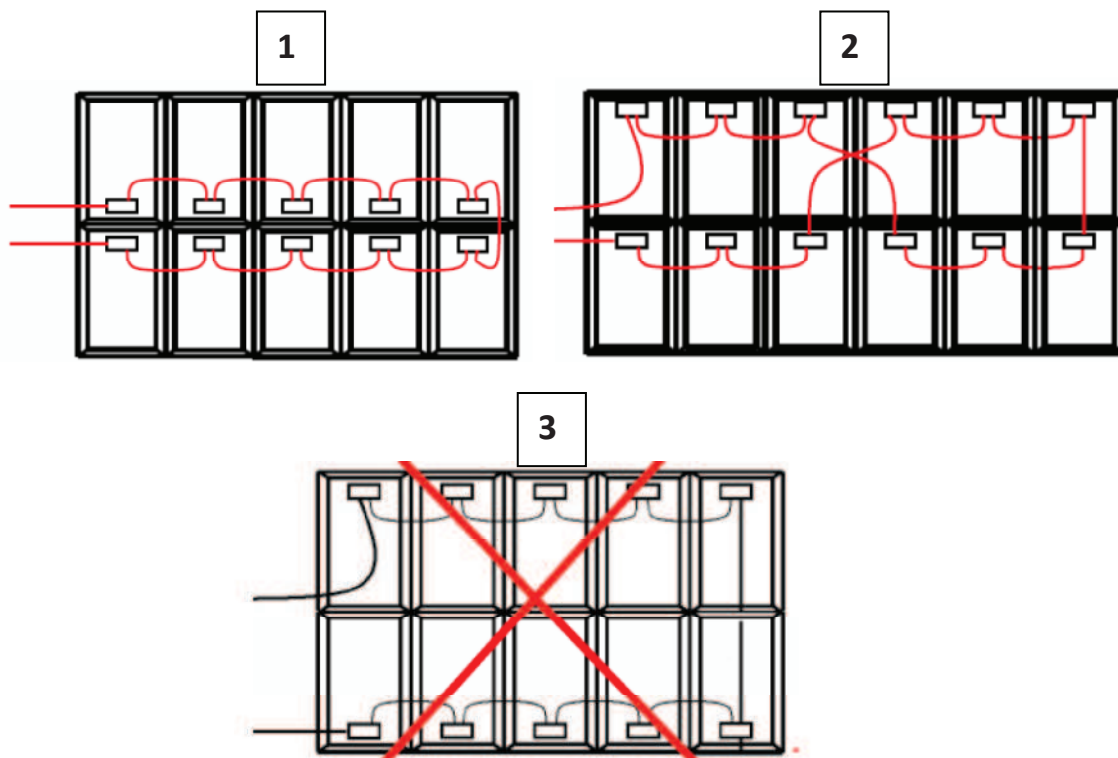
Norma di riferimento: Guida CEI 82-25:2008-12.

I cavi di potenza posati nell'impianto vanno dimensionati in modo da limitare le cadute di tensione al massimo entro il 2%. La loro sezione è determinata anche in modo da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolanti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente per periodi prolungati ed in condizioni ordinarie di esercizio.

Un'ulteriore nota riguarda l'attenzione nella stesura dei cavi al fine di limitare le possibili interferenze prodotte dagli inverter. Le commutazioni dell'inverter, infatti, causano dei disturbi che si propagano in modo condotto o irradiato, come verrà più diffusamente spiegato nel Cap. 4. Queste frequenze, se pur attenuate con opportuni filtri, per non superare determinati limiti nel rispetto delle norme vigenti, possono essere causa di interferenze con altre apparecchiature particolarmente sensibili.

Per ridurle al minimo occorre seguire alcune regole precauzionali quali:

- Porre attenzione all'impianto di terra cercando di mantenerlo il più distanziato possibile dai cavi di potenza del campo fotovoltaico, per evitare accoppiamenti di disturbi che possono essere captati dalle apparecchiature attraverso l'impianto di terra.
- Evitare che l'impianto di terra formi una spira di grande dimensione che possa essere sede di correnti di disturbo indotte, che potrebbero richiudersi attraverso i circuiti delle apparecchiature sensibili (antifurti, allarmi, etc., come spiegato nel Cap. 4)
- Si raccomanda di realizzare il cablaggio dei moduli che compongono ciascuna stringa in modo da formare due anelli nei quali la corrente circola in senso opposto, oppure realizzare l'area minore possibile. Questo serve sia per limitare le sovratensioni che i possibili disturbi indotti alle apparecchiature. Nella figura sottostante sono riportate 3 configurazioni. La prima configurazione rappresenta la soluzione ottima, la terza è sconsigliata.



2.4 Connessione in MT: linee guida per la scelta del trasformatore MT.

- **Numero massimo di moduli inverter connessi ad un avvolgimento:** al fine di garantire il buon funzionamento degli inverter dal punto di vista del contenuto armonico di corrente (I_{THD}) e per evitare possibili disturbi di tipo EMI alle apparecchiature, si raccomanda di non collegare più di n. 3 moduli inverter allo stesso avvolgimento di bassa tensione del trasformatore.

Se il numero dei moduli inverter da collegare allo stesso trasformatore è maggiore di 3, occorre realizzare un trasformatore con più avvolgimenti di bassa tensione, su ciascuno dei quali va rispettato il vincolo precedentemente menzionato.

Si ricorda che un modello di inverter, può contenere più moduli inverter. Quindi occorre prestare attenzione alla scelta del modello di inverter e al numero di moduli inverter in esso contenuti, al fine di determinare correttamente il numero minimo di avvolgimenti secondari del trasformatore MT necessario a garantire il buon funzionamento del sistema.

Nella tabella riportata nel seguito, sono elencate le configurazioni del trasformatore di Media Tensione raccomandate, in funzione del modello di inverter e del numero di inverter da connettere al trasformatore MT.

Modello Inverter	Tensione uscita inverter (V)	Numero Moduli inverter effettivamente presenti nel Modello	Numero di modello inverter da collegare al trafo	Minimo Numero avvolgimenti secondari trasformatore MT
DSPX 330 TLH	380	1	Fino a 3	1
DSPX 380 TLH			Da 4 a 6	2
DSPX 400 TLH			Da 7 a 9	3
DSPX 416 TLH				
DSPX 660M TLH				
DSPX 760M TLH				
DSPX 833M TLH				
DSPX 220 TLH	280	1	Fino a 3	1
DSPX 250 TLH			Da 4 a 6	2
DSPX 330 TLH			Da 7 a 9	3
DSPX 440M TLH				
DSPX 500M TLH				
DSPX 660M TLH				
DSPX 660 TLH	380	2	1	1
DSPX 760 TLH			2, 3	2
DSPX 833 TLH			>3	Scelta sconsigliata, cambiare modello di inverter
DSPX 400 TLH	280	2	1	1
DSPX 440 TLH			2, 3	2
DSPX 500 TLH			>3	Scelta sconsigliata, cambiare modello di inverter
DSPX 660 TLH				

- **Dimensionamento in potenza del trasformatore:**

Dette:

- An = potenza apparente nominale (in kVA) del trasformatore,
- $vcc\%$ = tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore,
- P_{totinv} = potenza nominale totale degli inverter connessi sull'avvolgimento di bassa tensione(in kW),

il dimensionamento del trasformatore può essere effettuato secondo le due opzioni di seguito elencate:

- $An = 1,25 \times P_{totinv}$ **se $vcc\% = 6\%$ oppure:**
- $An = 1 \times P_{totinv}$ **se $vcc\% = 4\%$**

- **Altre caratteristiche tecniche del trasformatore raccomandate:**

- Schermo di isolamento tra avvolgimento primario e secondari(o) con messa a terra alla scatola trasformatore. Questo accorgimento consente di limitare le emissioni di correnti condotte di modo comune.
- Collegamenti avvolgimenti: primario a triangolo, secondari(o) a stella, con neutro connesso a terra. Un gruppo vettoriale compatibile è Dyn11.
- Classe ambientale, climatica e comportamento al fuoco: E2-C2-F1 o superiori
- Classi di isolamento (primarie e secondarie): F/F
- Sovratemperatura avvolgimenti (primari-secondari): 100-100 °K
- Temperatura ambiente massima: 40°C
- Campo di regolazione tensione maggiore: $\pm 2.5\%$

2.5 Connessione in MT: Calcolo della potenza di cortocircuito su MT

La potenza di cortocircuito di un impianto è un importante parametro progettuale che deve essere comunicato, prima di realizzare un impianto, al progettista dall'ente di distribuzione.

Occorre distinguere due tipi di calcolo della potenza di cortocircuito:

- **Massima:** viene raggiunta quando le fonti di energia sono tutte presenti nella loro piena efficienza. Il calcolo della potenza massima di cortocircuito va effettuato nei punti a tensione differente di un impianto e deve tenere conto dei contributi dei generatori (inverter). **Dal valore di potenza di cortocircuito massima in un punto dell'impianto dipende il dimensionamento dei cavi e delle apparecchiature (quadri, interruttori, sbarre).**

Informazione Tecnica

- **Minima:** si ottiene dalla precedente, ipotizzando la mancanza di una o più fonti di energia. Il calcolo della potenza minima di cortocircuito va effettuato nei punti a tensione differente di un impianto, senza tenere conto dei contributi di generazione interni all'impianto (inverter). **Dal valore di potenza di cortocircuito minima in un punto dell'impianto, dipende la distorsione di tensione in quel punto e quindi, la distorsione di corrente generata dagli inverter.**

Dalle due definizioni, emergono due requisiti contrastanti. Il progettista deve scegliere le tensioni di cortocircuito dei trasformatori in modo da:

- A. disporre di potenze di cortocircuito minime non troppo basse per evitare valori elevati della distorsione di tensione di rete (e di conseguenza di corrente iniettata in rete dagli inverter).
- B. contenere i valori delle potenze di cortocircuito massime per evitare quadri e apparecchiature di costo eccessivo.

2.5.1 Requisiti sulla potenza di cortocircuito minima in MT

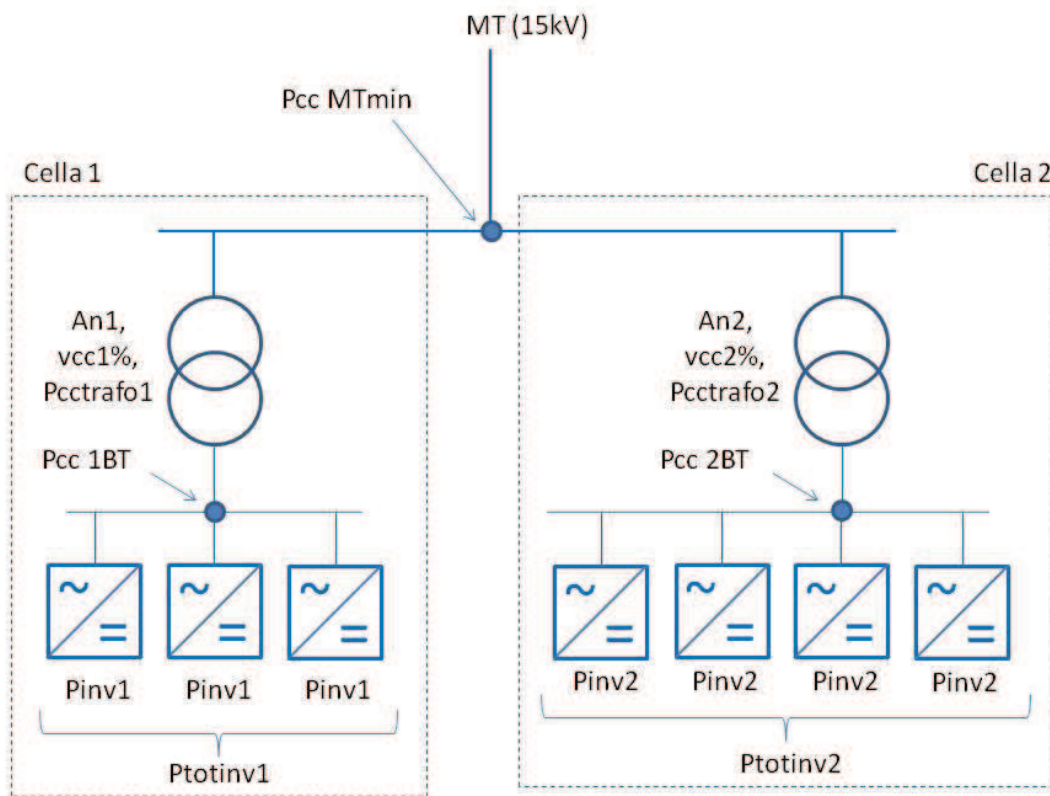
In questo paragrafo vengono fornite delle informazioni utili al fine di soddisfare il requisito (A) sulla potenza di cortocircuito minima, che in prima analisi dipende da:

- Valore di potenza di cortocircuito dei trasformatori di Media Tensione, per la scelta del quale sono state fornite le linee guida nel paragrafo precedente.
- Valore di potenza di cortocircuito della rete nel punto di consegna in Media Tensione. Nel seguito di questo paragrafo viene illustrato come calcolare il valore minimo che deve essere garantito dal distributore prima di realizzare un impianto.

NOTA

Nel calcoli riportati nel seguito di questo paragrafo, viene volutamente omissa il contributo delle connessioni (cavi e barre) al calcolo dell'impedenza di cortocircuito minima, perché, se dimensionati secondo i dettami della buona progettazione impiantistica (Guida CEI 82-25), tali componenti contribuiscono in modo trascurabile a tale calcolo.

Con riferimento alla figura sottostante, in cui si considera un impianto costituito da 2 celle di Media Tensione (1 e 2), ciascuna composta da un trasformatore e da un certo numero di inverter ad esso connessi (nell'esempio :3 per la cella 1 e 4 per la cella 2):



Dati noti:

- ✓ **An1, An2:** valori di potenza nominale dei trasformatori delle celle 1 e 2
- ✓ **vcc1%, vcc2%:** valori di tensione di cortocircuito percentuale dei trasformatori delle celle 1 e 2
- ✓ **Pinv1, Pinv2:** potenza nominale (in alternata) di ciascuno degli inverter connessi alle celle 1 e 2
- ✓ **Ptotinv1, Ptotinv2:** potenza totale degli inverter connessi alle celle 1 e 2

Grandezze da calcolare:

- ✓ **Pcctrafo1, Pcctrafo2:** valori di potenza di cortocircuito dei trasformatori 1 e 2
- ✓ **Pcc1BT, Pcc2BT:** valori di potenza di cortocircuito in bassa tensione delle celle 1 e 2
- ✓ **PccMT:** valore della potenza di cortocircuito in Media Tensione del sistema

Formule:

$$Pcctrafo1 = (An1/vcc1\%) \times 100,$$

$$Pcctrafo2 = (An2/vcc2\%) \times 100$$

$$Pcc1BT = 1 / ((1/Pcctrafo1) + (1/PccMT)),$$

$$Pcc2BT = 1 / ((1/Pcctrafo2) + (1/PccMT))$$

Se il trasformatore è scelto secondo il criterio fornito nel paragrafo precedente, la sua potenza di cortocircuito è calcolata per essere circa 25 volte la potenza totale (somma delle potenze) degli inverter ad esso connessi, cioè:

$$Pcctrafo1 = 25 \times P_{totinv1},$$

$$Pcctrafo2 = 25 \times P_{totinv2}$$

Condizione necessaria per garantire che la tensione di rete nel punto di connessione degli inverter abbia distorsione contenuta (<3 %) è che la potenza di cortocircuito in bassa tensione sia almeno pari a 15 volte il valore della potenza totale degli inverter, cioè che sia soddisfatte entrambe le due condizioni seguenti:

$$Pcc1BT > 15 \times P_{totinv1},$$

$$Pcc2BT > 15 \times P_{totinv2}$$

Per fare in modo che queste due condizioni siano soddisfatte, è sufficiente garantire che la potenza di cortocircuito in Media Tensione sia almeno pari al doppio della somma delle potenze di cortocircuito delle due celle di MT:

$$PccMTmin > 2 \times (Pcctrafo1 + Pcctrafo2),$$

cioè riportando tutto alla potenza totale degli inverter:

$$PccMTmin > 50 \times (P_{totinv1} + P_{totinv2})$$

Se le celle di MT sono 'N', la relazione si traduce in:

$$PccMTmin > 50 \times (P_{totinv1} + P_{totinv2} + \dots P_{totinvN})$$

Esempio numerico:

$$N1 = 3, N2 = 4$$

$$P_{inv1} = 250kW, P_{inv2} = 250kW$$

$$P_{totinv1} = 750kW, P_{totinv2} = 1MW$$

$$An1 = 750kVA, An2 = 1MVA$$

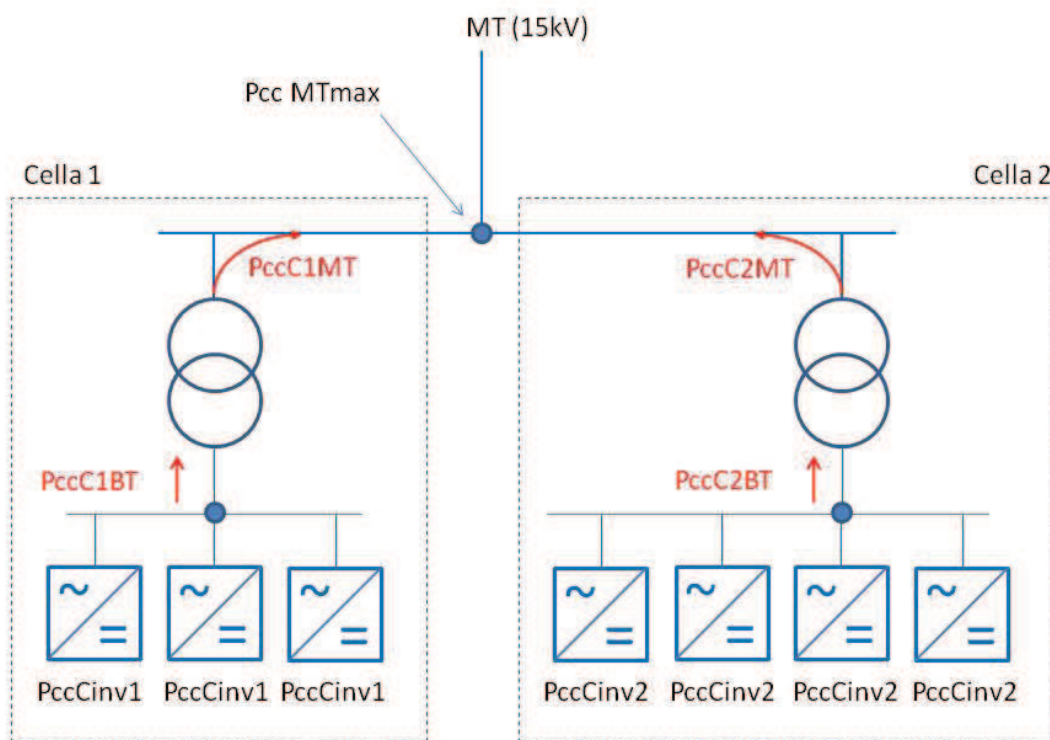
$$Pcctrafo1 = 18,75MVA, Pcctrafo2 = 25MVA$$

Calcolo della Potenza minima di cortocircuito:

$$PccMT > 50 \times (750kW + 1MW) = 87.5MW$$

2.5.2 Calcolo della potenza massima di cortocircuito

Il calcolo della potenza massima di cortocircuito è effettuato a partire dal calcolo di cui al punto precedente, aggiungendo il contributo alla potenza di cortocircuito degli inverter.



Dati Noti:

- ✓ **N1, N2** = numero di inverter connessi alle celle 1 e 2
- ✓ **PccCinv1, PccCinv2**: contributo alla potenza di cortocircuito di ciascuno degli inverter connessi alle celle 1 e 2.

Grandezze da calcolare:

- ✓ **PccC1BT, PccC2BT**: contributo alla potenza di cortocircuito in bassa tensione degli inverter connessi alla cella 1 e alla cella 2.
- ✓ **PccC1MT, PccC2MT**: contributo alla potenza di cortocircuito in Media tensione degli inverter connessi alla cella 1 e alla cella 2.
- ✓ **PccMTmax**: potenza di cortocircuito massima in MT

Il contributo alla potenza di cortocircuito di un inverter è pari a 1.5 volte la sua potenza nominale, cioè, in BT:

$$PccCinv1 = 1.5 \times P_{inv1},$$

$$PccCinv2 = 1.5 \times P_{inv2}$$

$$PccC1BT = N1 \times PccCinv1,$$

$$PccC2BT = N2 \times PccCinv2$$

Informazione Tecnica

Per riportare il contributo alla potenza di cortocircuito in MT, occorre considerare i trasformatori:

$$P_{ccC1MT} = 1 / ((1/ P_{ccC1BT}) + (1/P_{cctrafo1})), \quad P_{ccC2MT} = 1 / ((1/ P_{ccC2BT}) + (1/P_{cctrafo2}))$$

La corrente massima di cortocircuito in MT, si calcola come somma della corrente minima di cortocircuito (determinata nel par. precedente), con i due contributi delle 2 celle.

$$P_{ccMTmax} = P_{ccMTmin} + P_{ccC1MT} + P_{ccC2MT}$$

Generalizzando al caso di N celle:

$$P_{ccMTmax} = P_{ccMTmin} + P_{ccC1MT} + P_{ccC1MT} + \dots P_{ccCNMT}$$

Per ricavare la corrente di cortocircuito massima:

$$I_{ccMTmax} = P_{ccMTmax} / (U \times \sqrt{3})$$

Esempio numerico:

$$U = 15kV$$

$$N1 = 3, N2 = 4$$

$$P_{totinv1} = 250kW, \quad P_{totinv2} = 250kW,$$

$$P_{ccCinv1} = 375kW, \quad P_{ccCinv2} = 375kW$$

$$P_{ccC1BT} = 1,125MW, \quad P_{ccC2BT} = 1,5MW$$

$$P_{cctrafo1} = 18,75MVA, \quad P_{cctrafo2} = 25MVA$$

Calcolo del contributo alla Potenza di cortocircuito massima degli inverter:

$$P_{ccC1MT} = 1,061MW \quad P_{ccC2MT} = 1,41MW$$

Calcolo della potenza massima di cortocircuito in MT

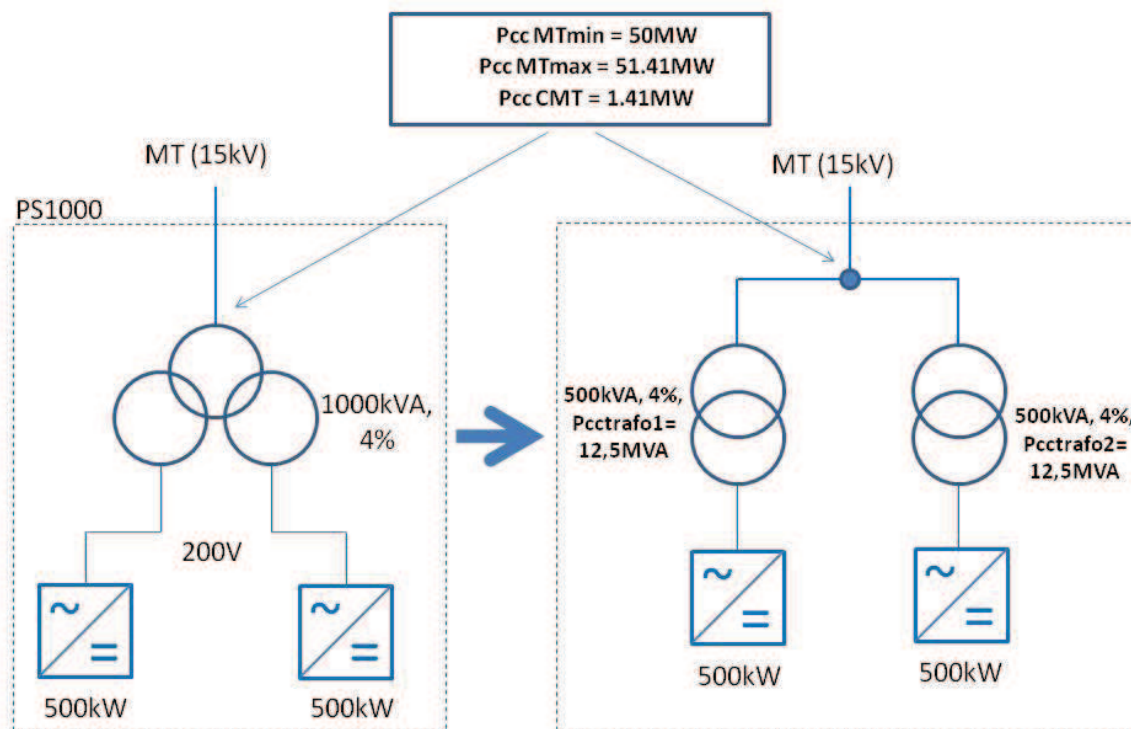
$$P_{ccMTMax} = 87,5MW + 1,061MW + 1,41MW = 89,971 MW \quad [potenza di cortocircuito massima]$$

Calcolo della corrente massima di cortocircuito

$$I_{ccMTMax} = 3467A \quad [corrente di cortocircuito massima]$$

2.6 Connessione in MT: calcolo della potenza di cortocircuito su MT del Soleil PS1000

Dal punto di vista del calcolo in questione, il trasformatore a doppio avvolgimento presente nel PS1000 (schema a sinistra della figura), può essere assimilato a 2 trasformatori indipendenti, come evidenziato nello schema a destra della figura:



2.6.1 Requisiti sulla potenza di cortocircuito minima in MT

Dati Noti:

- ✓ **An1, An2:** valori di potenza nominale dei trasformatori = **500kVA**
- ✓ **vcc1%, vcc2%:** valori di tensione di cortocircuito percentuale dei trasformatori = **4%**
- ✓ **Pinv1, Pinv2:** potenza nominale (in alternata) di ciascuno degli inverter = **500kW**
- ✓ **Ptotinv1, Ptotinv2:** potenza totale degli inverter connessi = **500kW**

La potenza di cortocircuito minima richiesta in MT per installare un PS1000 è:

$$P_{ccMTmin} > 50 \times (P_{totinv1} + P_{totinv2}) \rightarrow P_{ccMTmin} > 50MW$$

Informazione Tecnica

2.6.2 Calcolo della potenza massima di cortocircuito

Dati Noti:

- ✓ U = 15kV
- ✓ N1,N2 = 1
- ✓ Pinv1, Pinv2 = 500kW
- ✓ PccCinv1, PccCinv2: contributo alla potenza di cortocircuito degli inverter= 750kW
- ✓ Pcctrafo1, Pcctrafo2: valori di potenza di cortocircuito dei trasformatori =12,5MVA

Il contributo di ciascun inverter alla potenza di cortocircuito in bassa Tensione è:

$$PccC1BT = 750kW, PccC2BT = 750kW$$

Il contributo di ciascun inverter alla potenza di cortocircuito in Media Tensione è:

$$PccC1MT = 707,55KW, PccC2MT = 707,55KW$$

Il contributo totale alla potenza di cortocircuito è:

$$PccCMT = PccC1MT + PccC2MT = 1,415MW$$

Il contributo totale alla corrente di cortocircuito è :

$$\text{Con } U = 10kV: IccCMT = 81,8A$$

$$\text{Con } U = 15kV: IccCMT = 54,5A$$

$$\text{Con } U = 20kV: IccCMT = 40,9A$$

La potenza di cortocircuito massima in MT è (supponendo sia verificato il vincolo sulla potenza minima di cortocircuito):

$$PccMTMax = 50MW + 707,55kW + 707,55kW = 51,41MW$$

2.7 Connessione in BT: linee guida

La normativa EN 61000-3-12 (limiti per correnti armoniche prodotte da apparati con corrente >16A) , mette in evidenza un nesso, già citato nei paragrafi 2.3 e 2.4, tra la potenza di cortocircuito della rete in BT, la potenza dell'inverter (o la somma delle potenze degli inverter) e la distorsione di corrente iniettata in rete.

In particolare, viene definito un parametro Rsce (rapporto di cortocircuito) come rapporto tra la potenza di cortocircuito disponibile al punto di accoppiamento comune e la potenza apparente (coincidente con la potenza attiva) dell'inverter.

La normativa prende in considerazione soltanto valori di Rsce >33 e fornisce dei limiti sulle singole armoniche e sulla distorsione totale di corrente che l'apparecchiatura connessa a rete pubblica in BT deve rispettare, al variare del rapporto Rsce, come riassunto nella tabella sottostante:

Informazione Tecnica

R_{scc} minimo	Singola corrente armonica ammissibile I_n/I_1 (%)				Fattori di distorsione di corrente armonica ammissibili (%)	
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	THD	PFHD
33	10,7	7,2	3,1	2	13	22
66	14	9	5	3	16	25
120	19	12	7	4	22	28
250	31	20	12	7	37	38
≥350	40	25	15	10	46	46
I corrispondenti valori delle armoniche pari fino all'ordine 12 non devono superare il 16/n %. Le armoniche pari di ordine superiori a 12 sono presi in conto nei THD e nel PFHD nello stesso modo delle armoniche di ordine dispari. NOTA: È permessa l'interpolazione lineare tra valori successivi di R_{scc} . Vedi anche Allegato B.						
(a) I_1 = corrente fondamentale di riferimento; I_n = componente di corrente armonica.						

La normativa afferma inoltre che:

'Le apparecchiature conformi con i limiti di emissione di corrente armonica corrispondenti a $R_{scc} = 33$ sono idonee per il collegamento a ogni punto del sistema di alimentazione.'

Gli inverter della serie Soleil DSP sono conformi alla normativa EN 61000-3-12 relativa alle armoniche di corrente iniettate in rete e quindi possono essere connessi a qualsiasi tipo di rete.

Ciò significa che, se la relazione limite sul parametro R_{scc} è verificata, sicuramente la distorsione di corrente dell'inverter sarà inferiore al valore minimo riportato in tabella (13).

Nella pratica si verifica che, tanto maggiore è il valore di R_{scc} , tanto più piccolo è il valore di distorsione di corrente dell'inverter. Infatti, un rapporto di R_{scc} 'grande' (>33) rappresenta una condizione di 'rete forte' rispetto all'inverter. Di conseguenza, l'inverter 'perturba poco' la condizione di rete e di conseguenza, la distorsione di corrente rimane contenuta.

Normalmente, anche con valori di R_{scc} attorno a 15, il valore della distorsione di corrente al 100% della potenza, rimane al di sotto del 3%.

Valori di R_{scc} inferiori a 15 non sono raccomandabili, perché in questi casi viene a mancare la condizione di 'rete forte' rispetto all'inverter e la corrente iniettata in rete da parte dell'inverter può causare i seguenti fenomeni:

- Sopraelevazione di tensione al punto di connessione comune (dovuto alla caduta di tensione lungo i cavi della rete che vanno dal punto di connessione comune alla cabina di conversione più vicina).
- Distorsione elevata della tensione di linea (>5%).
- Distorsione elevata di corrente dell'inverter (>10%).
- Iniezione di componente reattiva di potenza in rete (power factor dell'inverter inferiore a 0.8)

In tutti i casi in cui, la condizione minima sul rapporto di cortocircuito non sia verificata o manchino i dati per poter calcolare questo parametro (per es. non è noto il valore potenza di cortocircuito della rete al PCC), non è garantito il funzionamento dell'inverter e prima di effettuare

Informazione Tecnica

una connessione, occorre effettuare tutti i rilievi possibili sulla rete in modo da stimare se vi sono le condizioni per l'allacciamento. In particolare occorre:

- Verificare le seguenti grandezze, mediante delle registrazioni nel tempo (1-2 settimane):
 - Andamento nel tempo del valore efficace della tensione di rete. Gli inverter della serie Soleil sono strutturati per funzionare a una tensione di rete (tra fase e fase) di **400V \pm 15%**. Se la rete a cui va connesso l'inverter, presenta un andamento della tensione con istanti in cui il valore rms della tensione esce al di fuori di questo intervallo, occorre considerare che l'inverter potrebbe disconnettersi frequentemente.
 - Andamento nel tempo della distorsione di tensione di rete. Normalmente il valor medio di questo parametro deve essere inferiore al 3%. La presenza di eventuali picchi di distorsione (ripetuti) oltre il 5%, è imputabile alla presenza di utenze non lineari (per es. macchine operatrici, come compressori o pompe). Durante il funzionamento di questi carichi, occorre considerare che l'inverter potrebbe effettuare delle disconnessioni frequenti a causa delle perturbazioni di rete e che il suo funzionamento potrebbe contribuire ad aumentare ulteriormente la distorsione della tensione.
- Considerare l'eventuale presenza di inverter già connessi alla stessa rete. In tal caso, ciascun inverter contribuisce a generare disturbi sulla rete, quindi nel calcolo del rapporto di cortocircuito va considerato, come valore della potenza dell'inverter, il totale dei contributi di tutti gli inverter connessi alla stessa rete.

2.8 Uso di moduli con messa a terra di un polo

Nel caso in cui i moduli fotovoltaici installati, necessitino della messa a terra di un polo (come per moduli a film sottile o moduli realizzati con celle a contatto posteriore), al fine di evitare l'effetto di polarizzazione, ogni inverter deve essere separato galvanicamente dagli altri. Questo si ottiene mediante una delle due opzioni:

- Utilizzare un trasformatore per ogni inverter da connettere, oppure:
- Utilizzare un trasformatore con più avvolgimenti di bassa tensione. In questo caso ogni inverter deve essere collegato su un avvolgimento differente.

SIEL esegue la messa a terra del polo mediante un kit, montato internamente all'inverter, che comprende:

- Fusibile di protezione
- Contatto di segnalazione al controllo dell'intervento fusibile
- Cablaggi relativi

3 COMUNICAZIONI SERIALI

3.1 Tipologia cavi da impiegare

Gli inverter della serie Soleil rendono disponibile come bus di campo una seriale RS485, con protocollo standard Modbus RTU.

Essi dispongono inoltre di una seriale RS485 (SAC BUS) dedicata alla raccolta dei dati delle cassette di parallelo stringa.

Sulla seriale Modbus vengono rese disponibili all'utente informazioni relative all'inverter e alle cassette di parallelo stringa.

Per entrambe le seriali si consiglia l'uso di un cavo bipolare/tetra polare schermato EIA RS-485, con impedenza caratteristica di 120 Ohm.

Gli schermi dei vari spezzoni di cavo vanno collegati fra loro. Come verifica di primo livello, nel caso la comunicazione sia instabile, occorre verificare la continuità tra i vari spezzoni di schermo.

Si prega di consultare il documento 'IT0066 Soleil DSP Schemi collegamenti elettrici comunicazioni' per dettagli relativi agli schemi di connessione delle comunicazioni in RS485 degli inverter Soleil.

3.1.1 Connessione dello schermo della seriale Modbus

Lo schermo dello spezzone di cavo che connette la seriale Modbus dell'inverter con il convertitore Modbus – TCP/IP (morsetto 30), va messo a terra dal lato del convertitore. Se con questo tipo di connessione la comunicazione è instabile, ciò può essere determinato dal fatto che la terra è 'rumorosa'. In tal caso, per 'messa a terra' degli schermi si intende collegare gli schermi al potenziale negativo dell'alimentazione del convertitore Modbus – TCP/IP.

3.1.2 Connessione dello schermo della seriale SAC BUS

Lo schermo del cavo RS485 che connette la seriale SAC BUS dell'inverter con le cassette di parallelo (morsetto 29), non va messo a terra dal lato delle cassette, perché è già messo a terra internamente all'inverter.

3.2 Regole per la stesura e tipologia dei cavi della seriale RS485

Si raccomanda di rispettare le seguenti regole per la stesura dei cavi seriali:

- La lunghezza massima della catena RS-485 non deve superare i 1200m.
- Per SAC BUS utilizzare cavo schermato con caratteristica di impedenza 120Hom (RS485) a quattro fili (nr2 per +Data e –Data RS485 ed Nr2 per il positivo/negativo 24Vdc alimentazione). In alternativa utilizzare cavo schermato bipolare 120Hom (RS485) per la trasmissione dati e cavo schermato bipolare per l'alimentazione 24Vdc. Utilizzare il medesimo percorso di cablaggio tra il cavo RS485 dati ed il cavo di alimentazione 24Vdc.
- Separare, per quanto possibile, i cavi di segnale da quelli di potenza (in particolare sul lato campo fotovoltaico), utilizzando canaline differenti.
- Mantenere una distanza di almeno 30 cm tra il cavo di segnale e il cavo di potenza.

Informazione Tecnica

- Se il cavo di segnale e il cavo di potenza, sono costretti a stare più vicini fra loro della distanza minima, cercare per quanto possibile di minimizzare la lunghezza del tratto per cui essi corrono paralleli.

4 IMPIANTI AUSILIARI E SPECIALI

Gli inverter Soleil sono conformi alle seguenti normative EMC:

- EN 55011 (Misura di emissioni condotte per apparecchiature con correnti > 100A)
- EN 61000-3-12 (Armoniche di corrente)
- EN61000-3-11 (Flicker di tensione)

Ciononostante, in certe installazioni, la presenza di impianti cosiddetti ‘speciali’ (impianto antifurto, videosorveglianza, sistema anti-incendio), rende necessario utilizzare degli accorgimenti particolari per la realizzazione dei cablaggi e dei collegamenti di segnale di questi sistemi.

Spesso, infatti, si può verificare che, durante il funzionamento degli inverter, il conduttore di terra dell’impianto venga percorso da correnti di terra ad alta frequenza che, se da un lato non pongono problemi sulla sicurezza, tuttavia possono costituire una fonte di disturbo anche importante dal punto di vista delle emissioni condotte e irradiate.

Occorre distinguere a questo punto due possibili fenomeni di interferenza:

- Diafonia: i disturbi condotti dai cavi di potenza e dalla terra, possono accoppiarsi per effetto capacitivo dovuto alla vicinanza tra i conduttori.
- Ground loop: tra due punti di terra di un impianto esteso (per es. un impianto fotovoltaico di potenza superiore a 100kWp), si possono creare, durante il funzionamento degli inverter, differenze di potenziale nella gamma di frequenze che va da 150kHz a 30MHz. I sistemi ausiliari con alimentazione in Classe 1 (che richiedono la messa a terra) possono accoppiare direttamente disturbi dalla terra sull’alimentazione.

Alcuni esempi degli effetti che questi fenomeni causano sul funzionamento degli impianti speciali sono:

- Impianti video: degrado della qualità del segnale (righe orizzontali e immagine ‘sabbiosa’) o perdita totale del video.
- Impianti di anti-intrusione: le informazioni dei sensori, sono solitamente inviate a una centrale mediante seriale RS485, sulla quale si accoppiano disturbi di modo comune. Questo accoppiamento si traduce in malfunzionamenti dell’impianto dovuti ad errori di comunicazione tra i sensori in campo e la centrale di raccolta dati e/o tra la centrale e l’interfaccia utente (display e tastiera).
- Sistemi di illuminazione basati su alimentazione elettronica (per es. led): principio di accensione (involontaria) delle lampade durante il funzionamento dell’inverter. Le lampade tendono a mostrare una luminescenza che aumenta all’aumentare della potenza erogata dagli inverter.

4.1 Alimentazione

Per evitare loop di terra, è opportuno utilizzare nell'alimentazione degli impianti ausiliari, alimentatori in Classe 2.

Nel caso di impianti già esistenti, con alimentatori in Classe 1, in presenza di disturbi sui segnali (per esempio segnali video da telecamere), è opportuno aprire il loop di terra isolando metallicamente il dispositivo (per esempio la telecamera o la lampada) dal proprio supporto (palo di sostegno conficcato nel terreno), che costituisce la messa a terra.

Nel caso di impianti di antifurto basati su sensori a radiofrequenza posti in campo e centrale di raccolta, è opportuno che l'alimentazione dei sensori e l'alimentazione della centrale siano fisicamente la stessa alimentazione.

4.2 Tipologia cavi di segnale da impiegare

Per evitare fenomeni di diafonia, dovuti all'accoppiamento capacitivo tra i cavi di potenza (sia in AC che in DC) e i segnali da trasmettere a distanza, si raccomanda di attenersi alle seguenti regole, elencate in ordine decrescente di robustezza:

- Per quanto possibile, utilizzare link di comunicazione di tipo **wireless**, che consentono di evitare, per costruzione, accoppiamenti di tipo diafonico. La trasmissione radio dei segnali (seriali RS485/RS232 wi-fi, gateway Ethernet wi-fi,) è effettuata nella maggior parte dei casi mediante dispositivi basati sullo standard trasmissivo IEEE 802.11, che utilizza portanti a 2.4, 5 e 5.4GHz, dunque su una banda totalmente disaccoppiata rispetto alla banda dei disturbi condotti dagli inverter (fino a 30MHz).
- Utilizzare **fibre ottiche** per la trasmissione sia di segnali nativi di tipo analogico (come il segnale video), che per segnali di tipo digitale (linee di comunicazione seriale). Utilizzare in tal caso opportuni rigeneratori di segnale, posti a distanza opportuna (specificata dal costruttore della fibra in base alle caratteristiche di attenuazione del mezzo). La fibra, data la natura del segnale trasmesso (ottico e non elettrico), consente il disaccoppiamento tra i disturbi condotti dall'inverter e il segnale da trasmettere.

Nel caso non fosse applicabile nessuno dei due accorgimenti precedenti:

- Utilizzare **cavi coassiali a doppia schermatura**. Lo schermo più esterno va messo a terra ad entrambi i capi, lo schermo più interno va messo a terra solo sul lato del 'Master'. Occorre ricordare che il cavo coassiale è indicato per la trasmissione di segnali su tratte di lunghezza non superiore a 300m.

Se con questa tipologia di cavi il disturbo persiste, può essere determinato dal fatto che la terra è 'rumorosa'. In tal caso, per 'messa a terra' degli schermi si intende collegare gli schermi a un potenziale di riferimento stabile cioè:

- Utilizzare la massa (GND) del dispositivo anziché la terra.
- Utilizzare il potenziale negativo dell'alimentazione in DC del dispositivo.

4.3 Stesura dei cavi di segnale elettrico

Nel caso in cui non fosse possibile realizzare la comunicazione in fibra ottica (o wireless), i cavi di segnale, vanno stesi cercando di rispettare il più possibile le seguenti regole:

- Ove possibile, preferire cavi di tipo schermato o a doppia schermatura rispetto a cavi non schermati (tipo UTP). Seguire comunque le raccomandazioni del costruttore dell'apparato (video o anti-intrusione) sul tipo di cavo da utilizzare, anche in funzione delle lunghezze delle varie tratte.
- Separare, per quanto possibile, i cavi di segnale da quelli di potenza (in particolare sul lato campo fotovoltaico), utilizzando canaline differenti.
- Mantenere una distanza di almeno 30 cm tra il cavo di segnale e il cavo di potenza.
- Se il cavo di segnale e il cavo di potenza, sono costretti a stare più vicini fra loro della distanza minima, cercare per quanto possibile di minimizzare la lunghezza del tratto per cui essi corrono paralleli.

4.4 Optoisolamento segnali elettrici

Nel caso di link di comunicazione seriale (per es. RS485 in impianti di anti-intrusione), nonostante gli accorgimenti sin qui elencati il problema persiste, è opportuno considerare la possibilità di utilizzare un'interfaccia optoisolata sul lato del 'Master' della comunicazione. Esistono in commercio varie tipologie di ripetitori (RS485 to RS485) e convertitori (RS232 to RS485) optoisolati che consentono di rigenerare il segnale disturbato su tratte di collegamento anche molto lunghe (1000m). Un esempio di specifica di questi dispositivi è riportato nell'appendice di questo documento.

4.5 Uso di filtri su segnali video

E' possibile ottenere sensibili miglioramenti sulla qualità del video impiegando, laddove il cavo utilizzato sia di tipo coassiale, un filtro di isolamento per loop di terra, di cui, in appendice a questo documento è riportato un esempio di specifica. Spesso è sufficiente impiegare questo tipo di filtro solo in uscita alla telecamera. Il massimo risultato si ottiene impiegando due filtri, di cui uno in uscita alla telecamera e l'altro in ingresso al ricevitore video.

Appendice

Esempio di specifica filtro per segnale video



Model NV-214A-M
Video Transceiver



Features:

- Full-motion CCTV video at distances up to 750ft (225m) when used with any passive NVT transceiver or hub
- Up to 3,000ft (1km) with an NVT active receiver or hub
- Mini-coax pigtail supports in-camera mounting in most dome cameras
- Reliable screwless UTP terminal connection
- No power required
- Exceptional interference rejection
- Built-in transient protection
- Supports "up-the-coax" type control signal up to 750ft (225m)
- Limited lifetime warranty

The NVT Model NV-214A-M Video Transceiver is a passive (non-amplified) device that allows the transmission of real-time monochrome or color video over Unshielded Twisted-Pair (UTP) telephone wire. Baseband (composite) signals of any type are supported.

This product is an improvement over NVT's popular NV-213A video transceiver. The passive NV-214A-M has a 9" mini-coax pigtail lead which allows in-camera enclosure mounting in most dome cameras and a greater number of mounting options in general at both ends of the system. It is capable of delivering a fully equalized signal to the DVR when used with any Active NVT Receiver, yet is compatible with all of NVT's passive products for applications under 750ft (225m). The NV-214A-M Video Transceiver also incorporates improved transient protection that eliminates the need for a ground screw.

The unparalleled interference rejection and low emissions of the NV-214A-M allow video signals to co-exist in the same wire bundle as telephone, datacom, or low-voltage power circuits. This allows the use of a shared or existing cable plant.

Model NV-214A-M Video Transceiver

Technical Specifications

VIDEO

Frequency response	DC to 5 MHz
Attenuation	0.5 dB typ
Common-mode / Differential-mode rejection	60 dB typ
Impedance	
Coax, male BNC	75 ohms
UTP, Screwless terminal block	100 ohms

POWER

No external power required

ENVIRONMENTAL

Ambient ambient temperature	-22 to +167 °F (-30 to +75 °C)
Humidity (non-condensing)	0 to 95%
Transient Immunity	per ANSI / IEEE 587 C62.41

WIRE TYPE

Network Wiring	One Unshielded Twisted Pair
	24-16 AWG (0.5-1.31mm)
Category Type	2 or better
Impedance	100 ± 20 ohms
DC Loop Resistance	52 ohms per 1,000ft
	(18 ohms per 100m)
Differential Capacitance	19 pF/ft max
	(62 pF/m max)

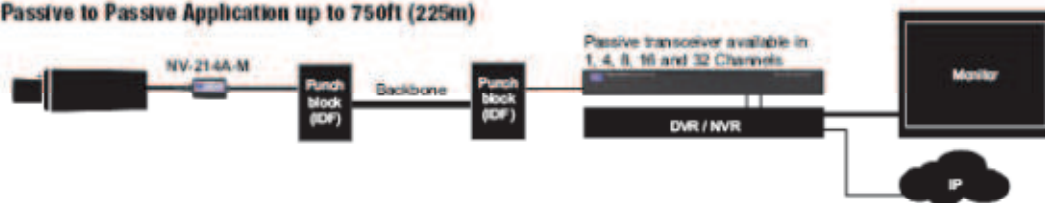
MECHANICAL

Body Length	1.8in (45mm)
Body Height	1.0in (25mm)
Body Width	9in (228mm)
Weight	2.0oz (60g)

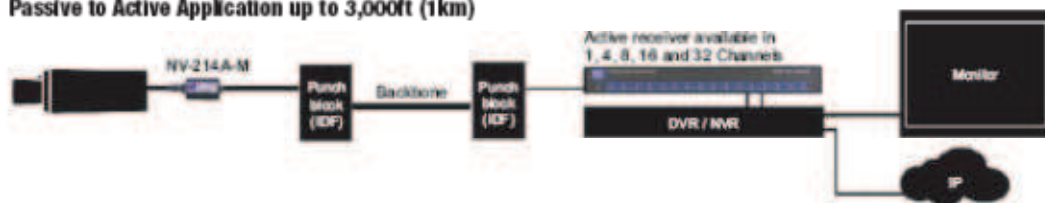
Specifications subject to change without notice

Typical Applications

Passive to Passive Application up to 750ft (225m)



Passive to Active Application up to 3,000ft (1km)



Esempio di specifica di convertitore RS485-RS485 optoisolato**RIPETITORE RS485/RS485 OPTOISOLATO**

IL dispositivo RS485I e' un ripetitore di linea RS 485 da guida DIN alimentato a 12 / 24V dc completamente optoisolato.

Avvalendosi della tecnologia a microprocessore e' completamente trasparente a qualsiasi protocollo di comunicazione e non necessita di segnali di abilitazione per il cambio di direzione del flusso dei dati (da A verso B e viceversa) , basta settare la velocita' di trasmissione e la lunghezza dei BYTE trasmessi tramite dip switch interni.

Sul frontale sono visibili due led di segnalazione per la verifica dello stato della comunicazione (TXA , TXB) piu' un led di segnalazione (POWER).

Le sue caratteristiche di compattezza e alto grado di isolamento ne consentono l'utilizzo in qualsiasi applicazione dove sia necessario separare galvanicamente i dispositivi collegati ad una linea di trasmissione dati in RS 485.

Inoltre permette di espandere la capacita' della linea bilanciata dando la possibilita' di collegare altri 32 dispositivi oltre a quelli gia' esistenti .

Non utilizzando segnali aggiuntivi , per determinare il senso del flusso di dati , puo' essere inserito agevolmente in impianti gia' esistenti senza pesanti modifiche.

CARATTERISTICHE TECNICHE

- Alimentazione 12 V ac/dc 24V dc Con AUTOPOLARITA'
- Collegamento tipo HALF DUPLEX (2 fili) + GND (opzionale)
- Ingresso / uscita RS 485 A optoisolata con GND isolato (RTXA+, RTXA-, GND A)
- Ingresso / uscita RS 485 B optoisolata con GND isolato (RTXB+, RTXB-, GND B)
- Settaggio BAUD RATE e lunghezza BYTE tramite Dip Switch interni.
- Velocita' di utilizzo da 1200 Bps a 115200 Bps
- Lunghezza Byte da 7 bit a 14 bit.
- Assorbimento 300 mA a 12V ac
- Dimensioni : H 11 cm , L 9 cm , P. 1,7 cm

Riferimenti

- 'Guida per le connessioni alla rete Enel' ed. 1.1 Dicembre 2009
- Guida CEI 82-25:2008-12
- CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica – Luglio 2008
- CEI EN 62305-4 "Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture"
- CEI EN 60076-1 REV03 "Trasformatori di potenza"
- EN 55011 (Misura di emissioni condotte per apparecchiature con correnti > 100A)
- EN 61000-3-12 (Armoniche di corrente)
- EN61000-3-11 (Flicker di tensione)
- IV302 Manuale di Istruzione Soleil DSP (ITA)
- IT0066 AN Soleil DSP - Schemi collegamenti elettrici comunicazioni
- Elementi di Progettazione Elettrica, P. Vezzani, Ed. TNE