

Quaderno applicazione – Inverter di stringa per impianti fotovoltaici Moduli cristallini



Indice

1. Introduzione.....	2
2. Scelta della configurazione ideale per un impianto fotovoltaico.....	3
2.1 Campi fotovoltaici di forma quadrata.....	3
2.2 Campi fotovoltaici di forma diversa.....	4
2.3 Stazione di trasformazione compatta	4
2.4 Disposizione dei moduli	5
2.5 Connessione dati.....	5
3. Riparazione/affidabilità.....	6
4. Appendice A – Schemi di cablaggio.....	7
4.1 Cablaggio impianto da 665 kWp	8
4.2 Cablaggio impianto da 10 MWp.....	9
4.3 Configurazione della distribuzione per la bassa tensione.....	10

Questo documento presenta alcune idee innovative sull'utilizzo degli inverter di stringa in impianti fotovoltaici di grandi dimensioni.

Come noto, esiste una precisa relazione tra la taglia dell'inverter e il costo specifico in €/kW. Di conseguenza, quando si progetta un moderno impianto fotovoltaico da molti MW, si è soliti utilizzare inverter della taglia più grande possibile in modo da ridurre il costo complessivo dell'impianto. Attualmente, sono disponibili inverter centralizzati con potenze anche fino a 1 o 2 MW. Tuttavia, la tendenza verso lo sviluppo di inverter sempre più grandi tende a far aumentare anche i costi accessori.

Poiché l'impianto fotovoltaico è sempre costituito da un certo numero di moduli (il più grande dei quali, attualmente, non supera i 500 W di potenza), lo stesso, di qualsiasi dimensione sia, sarà comunque modulare. Questo significa che conviene pensare a soluzioni alternative per la progettazione degli impianti fotovoltaici.

Utilizzando inverter di stringa come elementi modulari di un impianto, le funzionalità integrate negli stessi rendono superflue molte di quelle aggiuntive richieste nelle soluzioni con inverter centralizzati.

I nuovi inverter di stringa offrono gli stessi punti di forza degli inverter centralizzati, come un ampio range di tensione continua di sistema e l'uscita trifase, pur riuscendo a mantenere un'ottima efficienza. Questo permette di ridurre le perdite sui cablaggi, sia lato CA che CC, offrendo quindi una resa maggiore. Un numero elevato di inseguitori del punto di massima potenza (MPPT) garantisce poi una maggiore potenza in uscita dai pannelli. Inoltre, non essendo necessari i box stringa e il monitoraggio esterno delle stringhe stesse, il cablaggio è notevolmente semplificato.

Utilizzare stazioni di trasformazione compatte per collegare gli inverter di stringa alla rete a Media Tensione significa che sia le stazioni che gli inverter possono essere posizionati in mezzo alle sottostrutture dei

moduli FV, senza che questo influenzi il risultato finale. Inoltre, i quadri di trasformazione compatti e gli inverter di stringa sono di facile installazione e reperibilità, essendo componenti di uso comune.

Per installare, effettuare manutenzione o eventualmente sostituire gli inverter di stringa, non è necessario avere speciali competenze o una formazione specifica, così come non serve sottoscrivere i contratti di assistenza e manutenzione previsti per gli inverter centralizzati. Eliminando i quadri di derivazione, anche la manutenzione sul lato CC non è più necessaria.

In questo documento verrà descritto come negli impianti fotovoltaici gli inverter di stringa siano un'alternativa vincente rispetto agli inverter centralizzati. Verrà citato a titolo di esempio un impianto da 10 MWp localizzato in Europa Centrale che comprende 15 campi fotovoltaici identici di forma quadrata, 15 stazioni di trasformazione singole da 630 kVA e 15x42 inverter TripleLynx

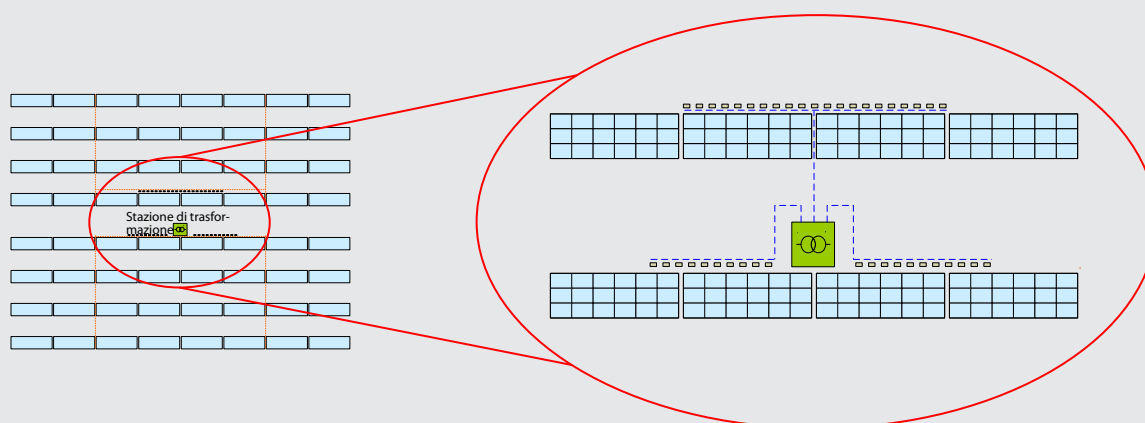


Figura 1: Schema dell'impianto FV realizzato con moduli cristallini

In questo esempio viene considerata una disposizione su 14 file, ognuna con 12 sottostrutture (dimensioni approssimative 125 m x 125 m). Ogni sottostruttura è dotata di 18 moduli disposti in orizzontale (landscape), su tre file.

Scegliere la configurazione migliore per un campo fotovoltaico

Quando si progetta un impianto FV, l'obiettivo è ottenere un congruo ritorno dell'investimento. Da un lato, questo richiede l'impiego di inverter e trasformatori in media tensione con efficienze ottimali, la capacità di limitare le perdite dei cavi e la possibilità di evitare perdite da ombreggiamenti, oltre che un monitoraggio costante dell'impianto.

Dall'altro lato, invece, è necessario comunque ridurre il più possibile i costi di progetto, materiali e installazione.

Campi FV quadrati

Utilizzando stazioni di trasformazione compatte posizionate al centro di un campo fotovoltaico quadrato, si riducono al minimo le perdite dei cavi sul lato CC e su quello CA in bassa tensione, grazie alle lunghezze ridotte dei cavi tra moduli, inverter e quadro di trasformazione. A tal proposito si veda la Figura 1 con lo schema del campo.

Utilizzando inverter in grado di gestire in ingresso fino a 1000 V, è possibile evitare di installare box stringa nonché un certo numero di combinatori. I cavi in CC collegano direttamente le stringhe all'inverter.

Una stazione trasformatore da 630 kVA può avere 42 inverter collegati direttamente e ospitare anche interruttori e sezionatori insieme

alla distribuzione in bassa tensione, situata nell'area a Bassa Tensione della stazione.

Inoltre, i campi da 665 kWp a struttura modulare possono essere replicati utilizzando la medesima struttura.

Si veda l'appendice A per un esempio di possibile cablaggio. In seguito verranno descritti in dettaglio i vantaggi di questa soluzione.

2.1.1 Vantaggi sul lato CC

L'elevata tensione massima e la ridotta tensione minima supportate dagli inverter di stringa, permettono di gestire una potenza di stringa da 5,28 kWp (utilizzando moduli da 220 Wp e 60 celle per modulo). Il fatto che il numero di stringhe sia ridotto, a parità di potenza, significa avere minori cablaggi e quindi minori spese d'installazione.

La tensione di stringa in corrispondenza del NOCT è superiore a 6000 VCC, il che permette di avere un'elevata efficienza, evitando inoltre le perdite causate dai cavi in CC.

La disponibilità di un sistema d'inseguimento del Punto di Massima Potenza (MPP) per ogni stringa (o gruppo di stringhe, se si utilizzano moduli con una corrente MPP inferiore) è uno dei principali vantaggi offerti dagli inverter di stringa e consente di ottenere la massima resa in termini di potenza.

Se poi ognuna delle tre file di moduli di ogni sottostruttura FV è collegata ad un proprio inseguitore MPP, il rischio di perdite dell'impianto dovute all'ombreggiamento è notevolmente ridotto. Infatti, ogni stringa o gruppo di stringhe ha un inseguitore MPP indipendente in grado di controllare e ottimizzare l'uscita. Se una stringa viene scollegata a causa di un livello insufficiente di radiazione solare o di un guasto, le altre continuano a generare potenza garantendo sempre la massima resa energetica possibile.

2.1.2 Vantaggi sul lato CA

Gli inverter di stringa con involucro IP54 sono adatti per le installazioni all'esterno e non richiedono ulteriori protezioni se montati sotto la struttura portante dei moduli.

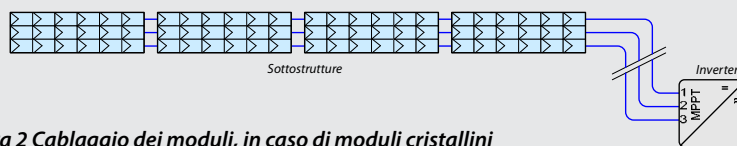


Figura 2 Cablaggio dei moduli, in caso di moduli cristallini
Ogni fila di moduli è collegata direttamente al proprio inseguitore MPP.

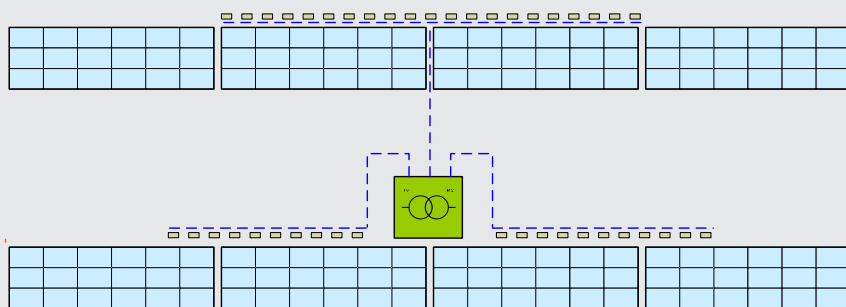


Figura 3 Posizione dell'inverter

Gli inverter sono montati sul retro della sottostruttura dei moduli, vicino alla stazione di trasformazione

La distribuzione in bassa tensione per tutti gli inverter collegati è realizzata nella zona BT della stazione di trasformazione e può essere già preassemblata nella stazione al momento della fornitura.

Vedere Appendice A 4.3.

Il peso contenuto e le dimensioni ridotte degli inverter di stringa consentono di posizionare con facilità le unità nello spazio disponibile. Se l'installazione degli inverter è nelle vicinanze del trasformatore, il costo del cablaggio CA in bassa tensione viene notevolmente ridotto, così come le perdite dovute ai cavi che vanno al trasformatore stesso.

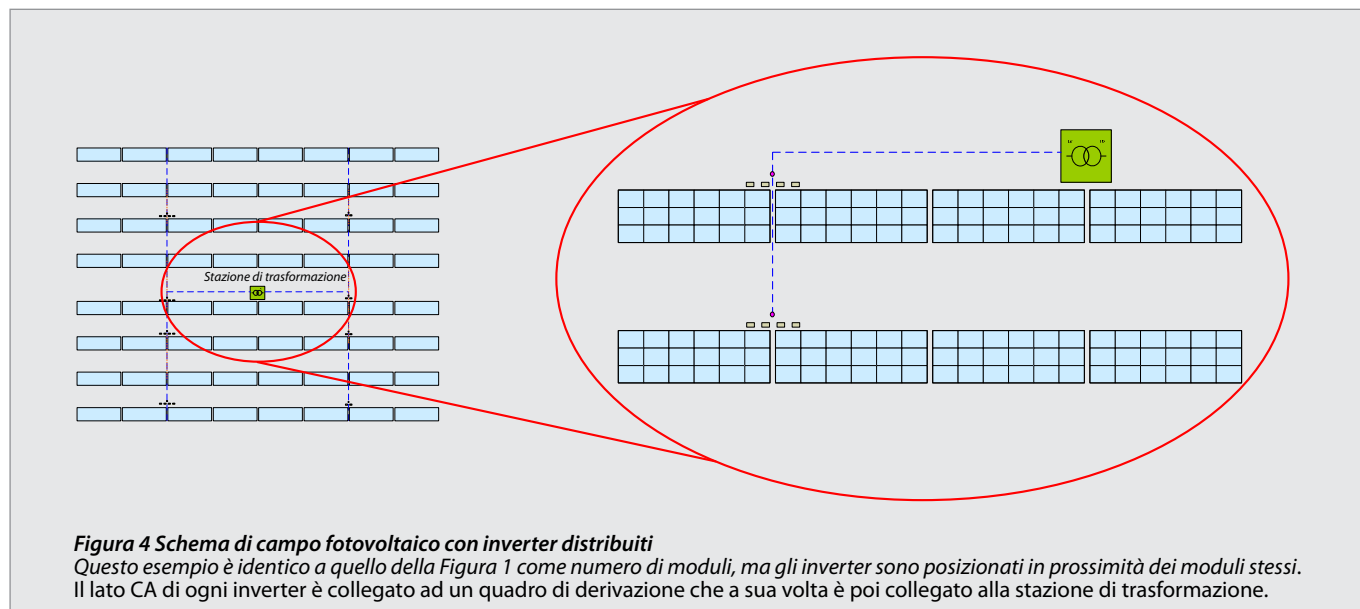
2.2 Campi fotovoltaici di altre forme

Nell'esempio precedente si era considerato un campo fotovoltaico di forma quadrata, con inverter posti all'interno dell'area stessa. Considerazioni simili, che conducono comunque agli stessi risultati, possono

essere fatte anche per campi fotovoltaici con disposizione rettangolare, ad esempio di 21 file con 8 sottostrutture per ogni fila.

Analogamente è possibile progettare anche schemi in cui gli inverter non sono in posizione centrale. La solu-

zione ottimale si ricava confrontando i costi di materiale e d'installazione per i cablaggi sul lato CC e sul lato CA, inclusi i quadri di derivazione che servono a isolare e proteggere i cavi CA, con le possibili perdite dovute agli stessi cavi CC e CA.



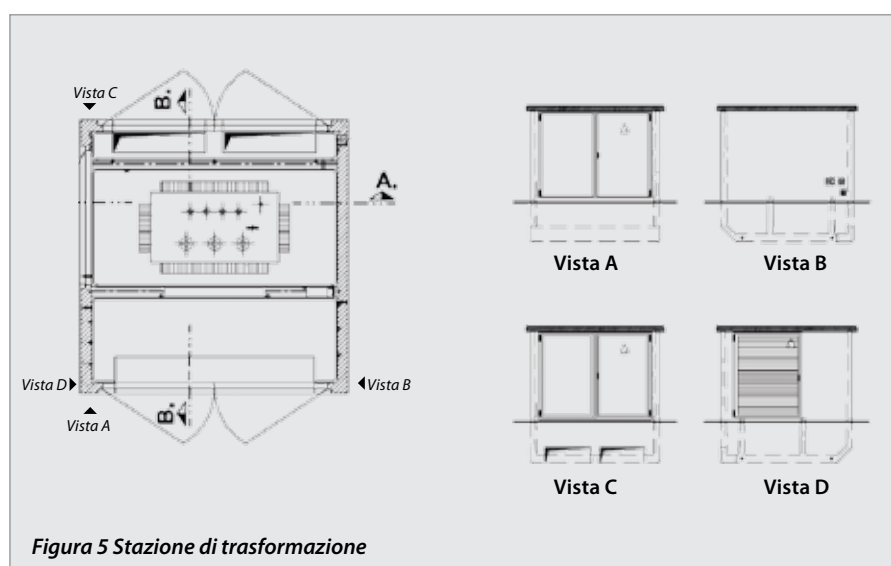
2.3 Stazione di trasformazione compatta

La stazione di trasformazione da 630 kVA è fra quelle più largamente utilizzate e prevede tempi di consegna molto brevi. La struttura compatta e il peso ridotto permettono di trasportare due stazioni con un'unica spedizione e in fase di montaggio richiedono solo l'uso di piccole gru montate su camion. L'altezza limitata, solo 187 cm da terra, permette inoltre di montarle dietro ai moduli. L'eventuale ombreggiamento sulla fila successiva è molto limitato, anche senza variare la distanza tra le sottostrutture.

L'utilizzo di un trasformatore a basse perdite riduce il consumo di corrente nelle ore notturne al di sotto dello 0,4% della produzione annuale. Di conseguenza, le perdite da cortocircuito nel trasformatore hanno un

impatto minimo sulla resa complessiva. Nell'area di media tensione dei trasformatori di queste dimensioni, i pannelli di alimentazione in uscita con fusibili HH possono essere inseriti

al posto dei più costosi interruttori di potenza. Tutta la tensione sui cablaggi più lunghi viene convertita in media tensione, con minori perdite complessive.



2.4 Disposizione dei moduli

Per illustrare i vantaggi citati in precedenza, viene qui di seguito presentato un esempio di possibile disposizione dei moduli.

Per ridurre le perdite causate dall'ombreggiamento, si consiglia di montare tre file di moduli in orizzontale per ogni sottostruttura collegandoli in modo tale che i moduli di ogni fila formino un'unica stringa. Queste tre stringhe verranno poi collegate singolarmente agli ingressi dell'inverter.

Questo tipo di configurazione offre un vantaggio ulteriore nei periodi invernali, quando i moduli più in basso sono spesso in ombra. Un vantaggio analogo si ottiene anche nel periodo estivo, nei giorni con elevato

irraggiamento solare e in assenza di vento, perché i moduli della fila più in alto sono ad una temperatura leggermente superiore e quindi ad una tensione MPP inferiore.

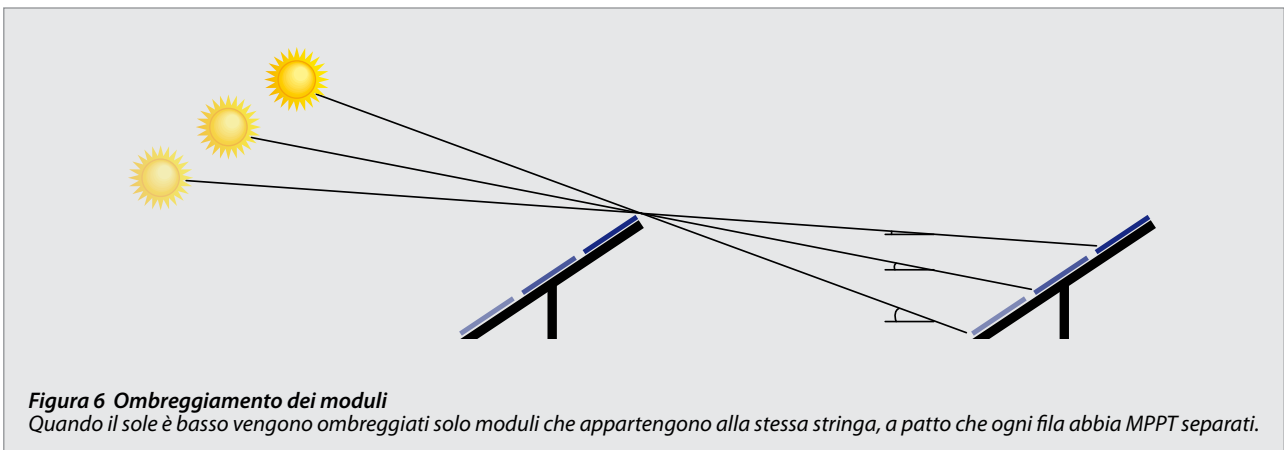
I tre inseguitori MPP ottimizzano quindi le singole file anziché lavorare sulla media combinata delle stesse, come avverrebbe se le stringhe fossero collegate in parallelo. La configurazione con 5,28 kWp per stringa, ovvero con 15,9 kWp in totale, fornisce un indice di efficienza del layout pari a $P^{\text{solar}}/P^{\text{inverter}} = 1,06$ che corrisponde ai valori suggeriti dal Dr Bruno Burger¹ per un impianto localizzato nell'Europa Centrale. Sono stati considerati anche l'elevata efficienza dell'inverter e la ridotta temperatura rilevata sui moduli posti più in basso perché montati vicino al suolo.

La configurazione del layout può essere diversa ma è necessario sfruttare comunque la tensione a circuito aperto di 1000 V.

Per i moduli monocristallini o policristallini con celle da 156 x 156 mm sono disponibili due opzioni, a seconda del numero di celle per modulo:

- 1 stringa da 24 moduli (220 W con 60 celle) per ognuno dei 3 ingressi
- 1 stringa da 30 moduli (175 W con 48 celle) per ognuno dei 3 ingressi

Per le installazioni nell'Europa Meridionale, dove è consigliato utilizzare un coefficiente di sovradimensionamento più basso, la potenza può essere facilmente ridotta collegando meno moduli a ogni stringa qualora si utilizzino moduli policristallini.



2.5 Connessione dati

I dati per il monitoraggio dell'impianto possono essere trasmessi ad un server di archiviazione mediante Weblogger, il quale è situato in prossimità di ogni stazione di trasformazione. L'energia per il Weblogger ed il relativo modem può essere ricavata dal lato BT del trasformatore, poiché si tratta di una quantità minima di potenza (<20 W).

Se occorre un accesso diretto ai dati online si consiglia di collegare ogni Weblogger direttamente ad una connessione Ethernet anziché ad un modem.

Se la stazione di trasformazione viene scollegata e il Weblogger non è più

alimentato, i dati dell'inverter possono essere prelevati dal Datalogger integrato nell'inverter stesso quando l'alimentazione viene ripristinata. Il Datalogger integrato conserva il registro dati dell'inverter degli ultimi 3 giorni in una memoria dedicata.

Con gli inverter posizionati centralmente e nelle immediate vicinanze della stazione di trasformazione, anche eseguire il cablaggio per la trasmissione dati è molto semplice. Gli inverter possono essere collegati in serie mediante un cavo Cat 5 standard. Il cavo può essere collegato direttamente all'inverter mediante morsetti a vite o cavi prefabbricati

con connettori RJ45.

Per tutti gli ingressi degli inverter è possibile monitorare singolarmente la corrente e la tensione MPP. Ciò significa che anche con 7 stringhe di moduli CdTe è possibile rilevare un errore in una singola stringa (720 Wp) fino all'ingresso dell'inverter interessato (5 kWp) senza bisogno di apparecchiature ausiliarie, come evidenziato in Figura 2.

I dati vengono registrati a intervalli di 10 minuti e vengono trasmessi di norma ad un servizio di archiviazione con frequenza giornaliera.

Il cablaggio dei dati è illustrato nell'Appendice A 4.1.

¹ Dimensionamento degli inverter per impianti FV collegati alla rete di distribuzione, Dott. Ing. Bruno Burger, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Heidenhofstraße 2, D-79110 Freiburg.
http://www.ise.fraunhofer.de/veroeffentlichungen/nach-jahrgaengen/2005/auslegung-und-dimensionierungvon-wechselrichtern-fur-netzgekoppelte-pv-anlagen/at_download/file

Riparazione/affidabilità

Gli inverter di stringa hanno il vantaggio di essere facilmente reperibili in commercio come componenti standard. Ciò significa che anche un installatore o il supervisore dell'impianto possono sostituire l'inverter, qualora sia necessario, anche se non sono in possesso di addestramento specifico sul componente. Pertanto, i contratti di assistenza tipici delle soluzioni con inverter centralizzati non servono nel caso degli inverter di stringa. È possibile inoltre prevedere uno stoccaggio locale di inverter di scorta per una rapida sostituzione.

Inoltre, in caso di guasto, sarà interessata solo una piccola parte dell'impianto. Ad esempio in un impianto di 10 MW, significa che si devono guastare più di 6 inverter per avere una diminuzione del rendimento dell'1%.

Con la stazione di trasformazione compatta descritta in precedenza, la manutenzione annuale sulla rete MT richiede un impegno leggermente superiore, in quanto il numero di stazioni è maggiore. Inoltre, si riduce drasticamente la manutenzione sul lato CC, in quanto vengono elimi-

nate totalmente le scatole di collegamento. Questo significa anche eliminare i problemi causati da fusibili CC guasti.

La garanzia prevista per gli inverter Danfoss è di 5 anni, estendibile fino a 10 anni.

Per supportare l'installatore o il supervisore dell'impianto nella ricerca guasti, ogni inverter è dotato di un display autonomo.

Appendice A – Schemi di cablaggio

4.1

Cablaggi campo fotovoltaico da 665 kWp

Disegni a cura di Gräper

4.2

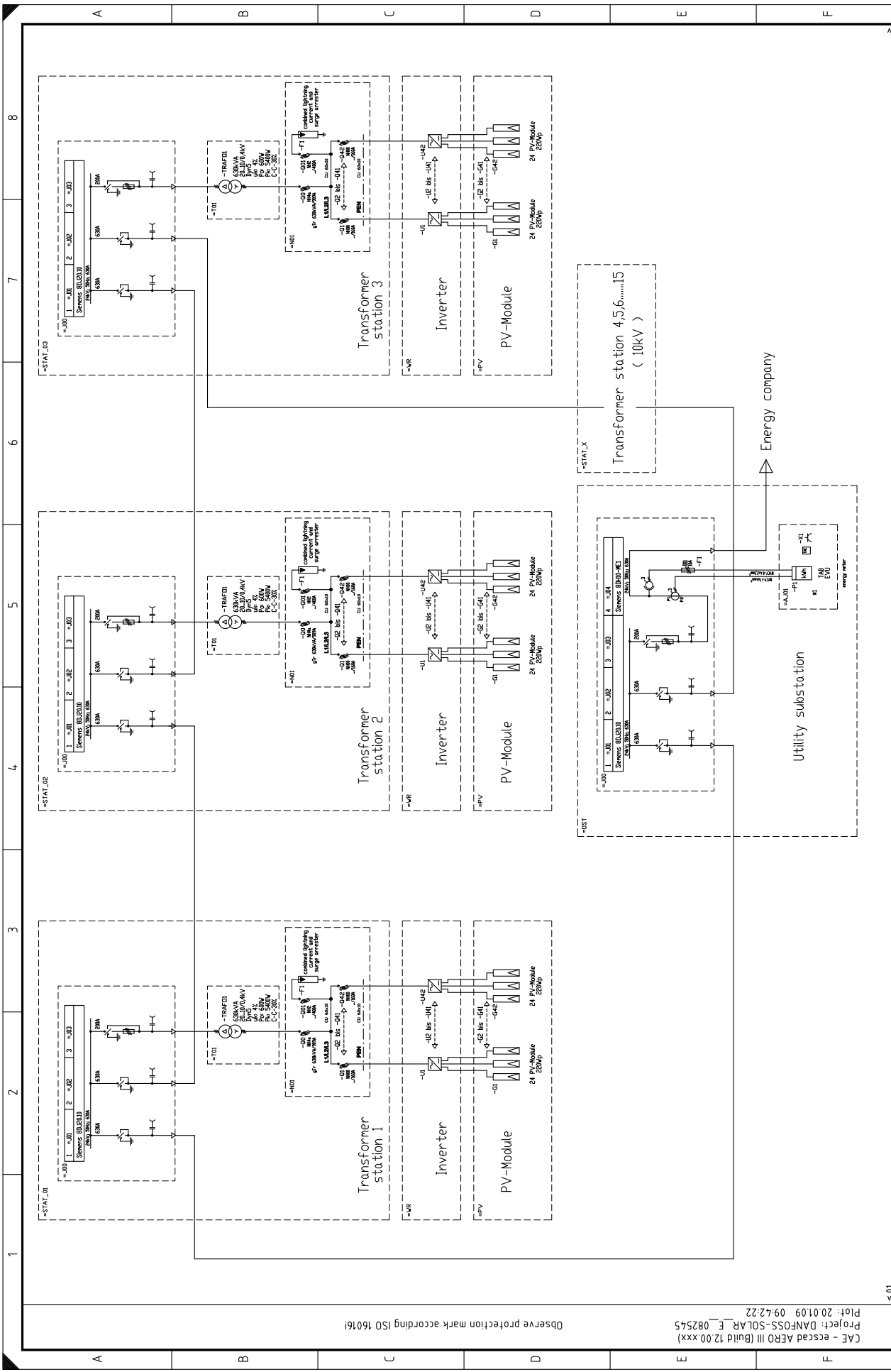
Cablaggi impianto da 10 MWp

Disegni a cura di Gräper

4.3

Configurazione del quadro di separazione in bassa tensione

Disegni a cura di Gräper



Status	Revision	Date	Name	Stand.	Source:

Date	19.01.09
Design	K. Freese
Check	M. Coldevey
Rep. f.	Rep. by:

GRÄPER
 Bayern- und Engineering
 Heinrich-Gräper-Umfurt & Co. KG
 Ida-Gräper-Weg
 76977 Großbottlingen - Althausen

Project description:
 Danloss Solar-Inverters A / S - "PV-Kraftwerk"
 Order No.:
 PP-082545

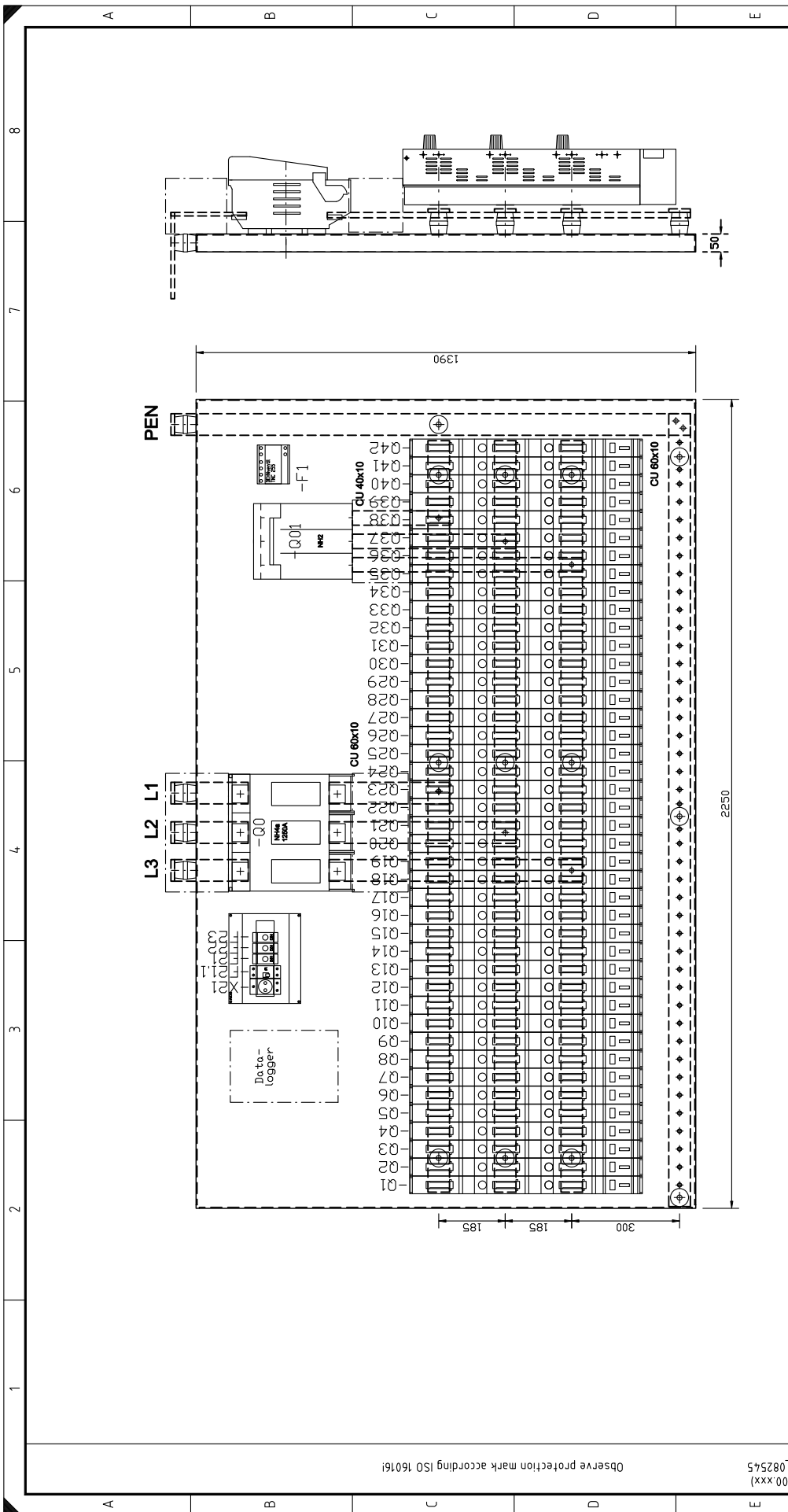
Page
 Of

Page
 Of

CAE - escad AERO III (Build 12.00.xxx)
 Project: DANFOSS-SOLAR_E_082545
 Plot: 20.01.09 09:42:22

Observe protection mark according ISO 16016!

< 01



low voltage switch gear

Typ	busbar system		
G-SL TL 1250-AL21	material	construction	current rating
400230V, 3~PEN/60Hz, 4 pole	Kupfer	Flach	970A
form	busbar dimension	bus bar distance	
LV-sheet 2250x1390	60x10mm (L/1L2L3/PEN)	185/185Z/5mm	
degree of protection	supply	cable tail	other
IP20	up / back	under	-/-
	Normen		
	VDE 0660 Teil 500		

measuring

Energy company	wire	counter cabinet	board	fuse	wire for voltage	wire for current
-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-

Technical Informationen

Installation diagram
low voltage switch gear
Scale 1:10 (DN-A3)

Project description:
Danloss Solar-Inverters A / S. - "PV-Kraftwerk"

Date	19.01.09	Rep. by:	
Design	K. Freese	Source:	
Check	M. Coldewey		
Name	Stand.		
Date			
Revision			
Status			

Danfoss

**Danfoss S.r.l.
Solar Inverters**

Corso Tazzoli 221
I-10137 Torino
Italia
Telefono: +39 011 3000.511
Fax: +39 011 3000.572
www.danfoss.it/solar

La Danfoss non si assume alcuna responsabilità circa eventuali errori nei cataloghi, pubblicazioni o altri documenti scritti. La Danfoss si riserva il diritto di modificare i suoi prodotti senza previo avviso, anche per i prodotti già in ordine sempre che tali modifiche si possano fare senza la necessità di cambiamenti nelle specifiche che sono già state concordate. Tutti i marchi di fabbrica citati sono di proprietà delle rispettive società. Il nome Danfoss e il logotipo Danfoss sono marchi depositati della Danfoss A/S. Tutti i diritti riservati.

