

REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE SICILIANA

Ente di Sviluppo Agricolo

Comune di Barcellona P.G.

Progetto definitivo per la realizzazione di un Polo Florovivaistico
nella sede dell'ESA in c/da S.Andrea - Comune di Barcellona P.G.



6 - IMPIANTI TECNOLOGICI

Relazione e dimensionamento
Impianto elettrico e fotovoltaico

TAV. 6.2

Data

Dr. Agr. Antonino Bufalino

I PROGETTISTI

Ing. Stefano Mazzeo

Dr. Agr. Leonardo Gambino

Ing. Giovanni Pennavaria

Dr. Agr. Giuseppe Greco

Ing. Luigi Vilardo

Dr. Agr. Nicolò Grizzanti

Dott. Alfredo Rao - C.S.P.

ENTE SVILUPPO AGRICOLO
Il Legale Rappresentante

IL R.U.P.
Ing. Gaetano Schirò



ENTE DI SVILUPPO AGRICOLO

COMUNE DI BARCELLONA POZZO DI GOTTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN POLO FLORO-VIVAISTICO NELLA SEDE DELLA MECCANIZZAZIONE AGRICOLA DELL'ESA IN C/DA S.ANDREA NEL COMUNE DI BARCELLONA P.G.

6.2 - RELAZIONE E DIMENSIONAMENTO IMPIANTO ELETTRICO E FOTOVOLTAICO

1-PREMESSA

Il presente documento ha per oggetto la descrizione e il dimensionamento degli impianti elettrici relativi all'intervento progettuale per la realizzazione di un Polo Florovivaistico nella sede della Meccanizzazione Agricola dell'ESA in c/da S.Andrea nel comune di Barcellona P.G.

Per la realizzazione del Polo Florovivaistico verranno ristrutturati completamente ed adattati alle nuove esigenze i seguenti edifici presenti nell'area:

1. Capannone;
2. Palazzina Laboratorio e Uffici;
3. Portineria;
4. Mensa;
5. Deposito.

Verranno realizzate anche tre serre che però verranno fornite complete di impiantistica interna, per cui se ne prevede solo l'alimentazione al quadro.

Il Capannone verrà adattato a Centro Espositivo, contenente 82 stands fieristici standard a "struttura Americana" con tralicci quadrati in lega di alluminio, una sala conferenze, i servizi igienici e nove celle refrigerate per la conservazioni delle piante e dei fiori.

La palazzina Uffici verrà predisposta per ospitare un laboratorio di analisi dei terreni a piano terra e gli uffici amministrativi a piano primo.

Di queste attività le seguenti sono soggette al controllo dei VV.F. ai sensi del D.P.R. 151/2011

le seguenti:

Sala Conferenze: Attività 65 - Locali di spettacolo e di trattenimento in genere, impianti e centri sportivi, palestre, sia a carattere pubblico che privato, con capienza superiore a 100 persone, ovvero di superficie lorda in pianta al chiuso superiore a 200 m².

Centro espositivo: Attività 69 - Locali adibiti ad esposizione e/o vendita all'ingrosso o al dettaglio, fiere e quartieri fieristici, con superficie lorda superiore a 400 m² comprensiva dei servizi e depositi;

E' presente una terza attività soggetta, **Attività 49**, costituita dal gruppo elettrogeno da 40 kVA nominali previsto per alimentare le U.T.A. delle celle refrigerate e l'illuminazione generale del capannone e della sala conferenze in caso di mancanza dell'energia di rete.

Nel seguito verranno riportate le norme ed i criteri seguiti per la progettazione dell'impianto elettrico utilizzatore in bassa tensione e della cabina di trasformazione MT-bt, in modo da assicurare, con riferimento alla Norma CEI 64-8, art. 132.1, che gli impianti elettrici garantiscano:

- la protezione delle persone e dei beni;
- il corretto funzionamento in conformità all'uso previsto.

Quanto sopra viene assolto mediante una attenta progettazione ed una corretta installazione che prevede, tra l'altro, l'impiego di prodotti di qualità e pienamente rispondenti alle relative norme e/o certificazioni.

2.- NORME DI RIFERIMENTO

2.1.- Disposizioni legislative nel settore elettrico

I principali provvedimenti legislativi che riguardano la sicurezza per la prevenzione infortuni, inerenti il settore elettrico, sono:

- Legge n. 186 del 01/03/1968 “Disposizioni concernenti materiali e impianti elettrici”
- Legge n. 791 del 18/10/1977 “Attuazione della direttiva del Consiglio delle Comunità Europee (n. 72/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione”
- DM del 15/12/1978 “Designazione del Comitato Elettrotecnico Italiano di normalizzazione Elettrotecnica ed Elettronica”
- DM del 5/10/1984 “Attuazione della direttiva (CEE) n. 47 del 16/1/1984 che adegua al progresso tecnico la precedente direttiva (CEE) n. 196 del 6/2/1979 concernente il materiale elettrico destinato ad essere impiegato in atmosfera esplosiva già recepito con il Decreto del Presidente della Repubblica 21/7/1982 n. 675”
- Legge n. 818 del 7/12/1984 “Nulla osta provvisorio per le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi, modifica agli Articoli 2 e 3 della Legge 4/3/1982 n. 66 e norme integrative all’ordinamento del corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco”
- DM dell’8/3/1985 “Direttive sulle misure più urgenti ed essenziali di prevenzione incendio ai fini del rilascio del Nulla osta provvisorio di cui alla Legge 7/12/1984 n. 818”
- DM del 27/3/1985 “Modificazioni al decreto Ministeriale 16/2/1982, contenente l’elenco dei depositi e industrie pericolosi, soggetti alle visite e controlli di prevenzione incendi”
- Legge n. 46 del 5/3/1990 “Norme per la sicurezza degli impianti”
- Direttiva 06/95/CEE del 12-12-2006 “Riguardante la marcatura CE del materiale elettrico”
- DPR 392 del 18-4-94 “Emendamenti alla legge 46/90 e al DPR 447”\nDPR n. 459 24/07/1996 “Regolamento per l’attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti di riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relativi alle macchine”
- D.Lgs. n. 615 12/11/1996 “Attuazione della direttiva 89/336/CEE del Consiglio del 3 maggio 1989 in materia di riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica, modificata e integrata dalle direttive 92/ 31/ CEE, 93/ 68/ CEE, 93/97/ CEE”
- D.Lgs. n. 626 25/11/1996 “Attuazione della direttiva 93/68/CEE (che notifica la direttiva 73/23/CEE) in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato all’essere utilizzato entro taluni limiti di tensione”

- D.Lgs. n. 277 del 31/07/1997 “Modificazioni del decreto legislativo 25 novembre 1996, n. 626 recante attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione”
- DPR n. 126 del 23/03/1998 “Regolamento recante norme per l’attuazione della direttiva 94/9/CE in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera esplosiva”
- D.Lgs. n. 79 del 16/03/1999 “Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell’energia elettrica”
- Legge n. 36 del 22/02/2001 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”
- DPR n. 462 del 22/10/2001 “Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi”
- DM n. 37 del 22/01/2008 “Regolamento concernente l’attuazione dell’art. 11 – quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all’interno degli edifici”
- D.Lgs. n. 81 del 9/04/2008 e s.m.i. “Testo unico sulla sicurezza”.
- DPR n. 151 del 01/08/2011 “Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell’articolo 49, comma 4 - quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122”.

2.2.- La normativa tecnica

L’Ente normatore nazionale per il settore elettrico ed elettronico è il CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano). Esso ha lo scopo di stabilire:

- i requisiti che devono avere i materiali, le macchine, le apparecchiature e gli impianti elettrici affinché corrispondano alla regola di buona elettrotecnica;
- il livello minimo di sicurezza per impianti e apparecchi per la loro conformità giuridica alla regola d’arte;
- i criteri con i quali detti requisiti debbono essere provati e controllati.

Si riportano le norme CEI applicabili nel nostro caso:

- Norma CEI 0-2 “Guida alla documentazione di progetto degli impianti elettrici”
- Norma CEI 0-16 “Regole Tecniche di Connessione (RTC) per Utenti attivi ed Utenti passivi

alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica”

- Norma CEI 11-1 “Impianti elettrici con tensione superiore ad 1 kV in corrente alternata”
- Norma CEI 11-35 “Guida all’esecuzione delle cabine elettriche d’utente”
- Norma CEI 11-37 “Guida all’esecuzione degli impianti di terra”
- Norma CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua”
- Norma CEI EN 50086 2-4 “Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati”
- Norma CEI 64-9 (fasc. 1020): “Impianti elettrici negli edifici civili”;
- Norma CEI 64-50: “Guida CEI edilizia residenziale”;
- Norma CEI 64-51: “Criteri particolari per Centri Commerciali”;
- Norma CEI 64-54: “Criteri particolari per locali di pubblico spettacolo”;
- Norma CEI 64-12: “Guida per l’esecuzione dell’impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario”;
- Norma CEI EN 62305-1/4:” Norme per la protezione contro i fulmini”;
- Norma CEI UNI EN 12464-1: “Illuminazione di interni con luce artificiale”;
- Norma UNI EN 1838: “Illuminazione di emergenza”;
- Norma UNI 9795: “Sistemi fissi automatici di rivelazione, di segnalazione manuale e di allarme incendio”;

2.3.- Marcatura CE e marchi di conformità

Tutti i materiali utilizzati per la realizzazione degli impianti dovranno essere conformi alle norme CEI di prodotto ed essere dotati di marchio CE ed IMQ ove applicabile.

Il Decreto Legislativo 25 novembre 1996, n. 626 relativo all’attuazione della direttiva 93/68/CEE ha introdotto anche in Italia l’obbligo della marcatura CE del materiale elettrico destinato a essere utilizzato entro taluni limiti di tensione, generando talvolta confusione tra marcatura e marchiatura. La marcatura CE è obbligatoria e indica espressamente la rispondenza di quel prodotto ai requisiti essenziali di tutte le direttive europee che lo riguardano e che costituiscono l’unico vincolo tecnico obbligatorio.

3.- ILLUMINAZIONE INTERNA

3.1 Illuminazione Generale

Il progetto interessa i componenti e i materiali collocati tra il contatore (o il trasformatore) ed i carichi e quindi parte dalla conoscenza del numero e del tipo di utilizzatori installati e della loro collocazione nella struttura.

Parte importante di questi carichi è costituita dagli apparecchi di illuminazione, il cui numero e disposizione deve essere accuratamente calcolato in modo da soddisfare le seguenti esigenze:

- Il livello di illuminazione, in termini di illuminamento e luminanza, e la sua uniformità;
- La limitazione dell'abbagliamento;
- Il fattore di resa del contrasto;
- La resa cromatica;
- Il colore della luce;
- L'efficienza dell'illuminazione;
- L'integrazione della luce artificiale con quella naturale;
- L'economia dell'impianto.

Il numero dei corpi illuminanti da installare in ogni singolo ambiente è stato calcolato con la formula:

$$N = \frac{E \cdot A}{N_l \cdot \phi \cdot km \cdot kf}$$

dove é :

- E illuminamento medio di esercizio richiesto in lux;
- A superficie del locale in m²;
- N_l il numero di lampade per corpo illuminante;
- ϕ flusso luminoso, emesso da una lampada, in lumen;
- km fattore di mantenimento, che tiene conto del deprezzamento luminoso della lampada per depositi di polvere, del rendimento dell'apparecchio illuminante,
- kf coefficiente di utilizzazione, che tiene conto della geometria del locale e della riflessioni delle pareti, calcolato secondo il metodo descritto nei rapporti CIE C40 e C52.

Tenuto conto che nell'area espositiva l'illuminazione principale verrà fornita dai corpi illuminanti installati nei singoli stand dagli espositori si sono scelti i seguenti livelli di illuminamento:

- Area espositiva : 200 lux
- Sala Conferenze: 300 lux
- Passaggi, Servizi Igienici: 100 lux
- Uffici: 500 lux
- Laboratori: 500 lux

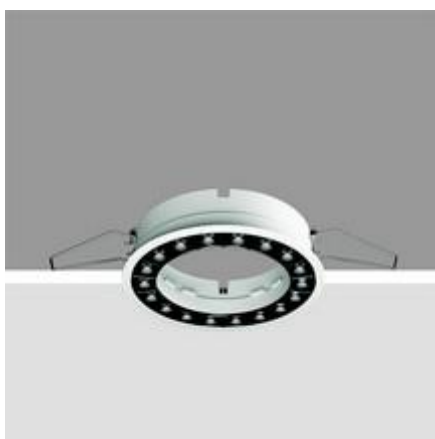
Le verifiche illuminotecniche sono state effettuate ipotizzando l'uso dei seguenti corpi illuminanti

Area Espositiva Illuminazione Generale:



N° 147 Plafoniere a LED installate a sospensione
Rendimento luminoso: 105,6 lm/W
Flusso luminoso apparecchio: 7.499 lm
Flusso luminoso installato: 1.102.353 lm
Potenza Unitaria: 71,0 W
Potenza totale installata: 10.437 W

Sala Conferenze Illuminazione Generale:



N° 40 Proiettori anulari a LED da incasso
Rendimento luminoso: 67,7 lm/W
Flusso luminoso apparecchio: 2.646 lm
Flusso luminoso installato: 105.840 lm
Potenza Unitaria: 39,1 W
Potenza totale installata: 1.564 W

Sala Conferenze Illuminazione d'accento cattedra

Sala Conferenze Illuminazione d'accento banco accoglienza

Capannone Illuminazione d'accento bancone Bar:



N° 3x5 Proiettori orientabili a LED su binario
Rendimento luminoso: 77,9 lm/W
Flusso luminoso apparecchio: 1.658 lm
Flusso luminoso installato: 3 x 8.290 lm
Potenza Unitaria: 21,3 W
Potenza totale installata: 3 x 106,5 W

Uffici e Laboratori



Pannelli LED 30x120 (n° e disposizione come in planimetria)
Flusso luminoso apparecchio: 4.500 lm
Potenza Unitaria: 48 W



Plafoniera in policarbonato bianco (n° e disposizione come in planimetria)
Flusso luminoso apparecchio: 4.500 lm
Potenza Unitaria: 37 W
Grado di protezione IP66

3.2 Illuminazione di sicurezza e di emergenza

E' prevista l'installazione di un sistema di illuminazione di sicurezza con lampade e segnaletica luminosa autoalimentate, con autonomia 3h, oltre ad una alimentazione di emergenza, assicurata da un gruppo elettrogeno da 40 kVA che alimenterà l'illuminazione generale del capannone e le U.T.A delle celle refrigerate.

In caso di pericolo è necessario garantire che si possa abbandonare l'edificio in sicurezza e che siano presenti misure di salvataggio. Per l'illuminazione di emergenza, le norme europee UNI EN 1838 stabiliscono i seguenti requisiti minimi:

- 1) L'illuminazione di emergenza deve fornire una luminosità pari ad almeno il doppio di quella della luna in una notte serena (vedi grafico).
- 2) L'illuminazione di sicurezza deve segnalare le vie di esodo in modo che siano facilmente identificabili e possano essere agevolmente seguite fino al „luogo sicuro“. Per l'illuminazione di sicurezza va tenuto in conto un fattore di manutenzione pari a 0,8. Tale fattore è ricavato da una pubblicazione IEC del 1997 che così lo motiva: “Si utilizzano apparecchi d'illuminazione chiusi, dotati di lampade fluorescenti, che in base alle normative richiedono una manutenzione annua”.

Obiettivi dell'illuminazione di sicurezza sono:

- Abbandonare la zona problematica senza pericolo quando venga a mancare la corrente generale;
- Assicurare orientamento e condizioni visive sufficienti nelle vie di fuga e nelle zone di pericolo;
- Trovare facilmente i dispositivi di sicurezza e di estinzione degli incendi

L'illuminazione di sicurezza per vie di fuga deve soddisfare i seguenti requisiti:

- Illuminamento $E_{\text{minimo}} = 5 \text{ lx}$ (illuminamento orizzontale minimo sul pavimento ai sensi del D.M. 19/08/96 ad 1 m di altezza nelle vie di esodo e almeno 2 lx negli ambienti accessibili al pubblico)
- Uniformità $E_{\text{massimo}} : E_{\text{minimo}} \leq 40 : 1 \text{ lx}$
- Distanza tra le lampade $d < 4h$ installazione

l'autonomia nominale nelle vie di fuga deve essere non inferiore a 1 ora (UNI EN 1838 art. 4.2.5 e art. 4.3.5) e la velocità di accensione (UNI EN 1838 art. 4.2.6 e art. 4.3.6) entro 5 secondi al 50 %, entro 60 secondi al 100 % dell'illuminamento previsto.

Gli apparecchi per illuminazione di sicurezza o segnaletici per vie di fuga saranno installati

- ad ogni cambio di direzione
- ad ogni incrocio di vie di fuga
- su ogni porta (uscita di emergenza)
- vicino alle scale (entro 2 m)
- in prossimità di ogni punto di pronto soccorso e di ogni dispositivo antincendio o di segnalazione
- nel luogo sicuro dove le persone confluiscono, dove si deve raggiungere un illuminamento pari a quello della corrispondente via di esodo (UNI EN 50172 art. 5.4.1)

4.- DISTRIBUZIONE

I carichi presenti nel Polo Florovivaistico, dettagliatamente elencati nell'allegato "Analisi dei Carichi" e riportati nelle planimetrie, costituiti essenzialmente da:

- Illuminazione, come dettagliato nel capitolo 2.
- Alimentazione degli Stands: poiché l'allestimento degli stands sarà effettuato dai singoli espositori, secondo le loro esigenze, si prevede l'installazione, per ogni stand, di una presa interbloccata compatta 2P+T, 16A protetta da un interruttore magnetotermico differenziale, cui potranno essere collegati i quadretti di distribuzione volanti degli espositori, per una potenza massima prelevabile di 3.520 VA per ogni stand.
Le prese saranno contenute a due a due entro unità a scomparsa con coperchio basculante in acciaio inox AISI304 resistente a carichi fino a 12 tonnellate, predisposto per cavi per consentire l'utilizzo con spina inserita max. 16A. Movimentazione semiautomatica con doppia molla a gas. Struttura realizzata in acciaio inox AISI 304 con spessore 5mm. Serratura a baionetta con impronta quadrata. Ogni unità a scomparsa sarà alimentata da un quadro elettrico, posto nelle vicinanze sulla parete del capannone, contenente un interruttore generale 2 x 32A e due interruttori 2x16 A, uno per ogni presa contenuta nell'unità a scomparsa. Visto l'elevato numero di stands, le potenze e le lunghezze di linea in gioco, i quadretti saranno suddivisi in due gruppi, rispettivamente sulla parete est e su quella ovest del capannone, che verranno alimentati tramite blindosbarre In=250A.
- Prese CEE di servizio nel Capannone e nei locali tecnici;
- Prese 2P+T, anche raggruppate in gruppi protetti da interruttore magnetotermico, nella Sala Conferenze, uffici e laboratori;
- U.T.A. delle celle refrigerate per lo stoccaggio di piante e fiori;
- U.T.A. per la climatizzazione del Capannone;
- U.T.A. per la climatizzazione della palazzina Uffici e Laboratori;
- Pompe dell'impianto antincendio, dell'irrigazione e dell'acqua potabile;

- Impianti delle Serre.

La potenza totale necessaria verrà ripartita su due trasformatori MT/BT isolati in resina da 630 kVA ciascuno, uno dei quali dedicato alla climatizzazione del Capannone. I due trasformatori potranno essere utilizzati come riserva uno dell'altro ma non in parallelo.

La distribuzione sarà di tipo radiale, consistente nell'alimentazione di ogni singola utenza con una linea specifica e dedicata, per le utenze costituite dai quadri elettrici generali di ogni edificio e degli altri utilizzatori di grande potenza e con funzionamento continuo perché in tali condizioni viene esattamente dimensionata la linea in relazione al carico, conseguendo un ottimo livello di affidabilità e selettività.

All'interno dei singoli edifici si ricorrerà alla distribuzione di tipo dorsale: Sulle singole linee vanno a confluire tutte le correnti degli utilizzatori senza alcun ordine o sequenza prestabiliti.

Non c'è selettività né controllo particolare sulle singole linee e il calcolo delle correnti di impiego è assai delicato e necessariamente probabilistico.

Per contro il costo è contenuto per il limitato impiego di rame e la presenza di un solo interruttore generale. Le tipiche utenze allacciate su dorsali sono quelle a basso contenuto di potenza o con funzionamento discontinuo o addirittura saltuario quali le prese e le lampade.

4.1- Dimensionamento Cavi

Decisa l'architettura dell'impianto, si passa allo studio delle singole linee calcolandone la variabile elettrica fondamentale: la corrente di impiego I_b , la quantità di corrente (in ampere) che la linea è destinata a trasportare, per soddisfare la necessità dei carichi alimentati.

Nel calcolo della I_b , il massimo impegno è richiesto nel caso delle grosse e lunghe dorsali, dove l'aleatorietà delle situazioni, le urgenze improvvise, l'aumento imprevisto e a volte permanente degli utilizzatori, possono determinare correnti I_b notevoli e per lungo tempo.

Non è disponibile a tutt'oggi alcuna formula di validità generale per quantificare esattamente la I_b e la norma CEI 64-8 non fornisce direttive o consigli per il calcolo della I_b ; i coefficienti di contemporaneità e/o di utilizzazione (in passato tabellati nelle norme I 1-1 I e 64-3) sono lasciati al giudizio del progettista.

Stabilita la I_b la sezione dei cavi è determinata tenendo conto di:

- Corrente di impiego I_b
- Corrente nominale del dispositivo di protezione I_n .
- Corrente massima ammissibile del cavo in funzione delle condizioni di impiego, di posa e del tipo di cavo, I_z .
- Corrente convenzionale di funzionamento del dispositivo di protezione I_f .
- Massima caduta di tensione ammessa pari al 3% per i circuiti luce ed al 4% per gli altri circuiti.

La protezione contro i sovraccarichi e' ottenuta tramite interruttori magnetotermici tarati in modo da soddisfare le relazioni :

$$4.1.1 \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$4.1.2 \quad I_f \leq 1.45 \times I_z$$

Questa seconda relazione e' soddisfatta automaticamente con l'uso di interruttori magnetotermici a norme CEI 23.3 o CEI 17.5 .

La protezione dai cortocircuiti e' garantita se l'energia specifica, lasciata passare dall'interruttore durante il suo intervento, non supera quella sopportabile dal cavo .

Deve quindi essere soddisfatta la relazione:

$$4.1.3. \quad (I^2 \times t) \leq K^2 \times S^2$$

dove é:

- ($I^2 \times t$) Energia specifica lasciata passare dall'interruttore durante il cortocircuito;
- K Coefficiente dipendente dal tipo di conduttore e dal suo isolamento;
- S Sezione del conduttore da proteggere, in mmq;
- t Tempo di intervento del dispositivo di protezione che si assume 5 secondi .

Per una durata del cortocircuito 5 secondi, si ha :

K = 115 per cavi in Cu isolati in PVC,

K = 135 per cavi in Cu isolati in gomma butilica,

K = 146 per cavi in Cu isolati in gomma etilenpropilenica .

La 4.1.3. deve essere soddisfatta qualunque sia il punto della conduttura interessato al cortocircuito .
In pratica e' sufficiente la verifica immediatamente a valle degli organi di protezione, dove si ha la corrente di cortocircuito massima e nel punto terminale del circuito dove si ha la corrente di cortocircuito minima.

Questa seconda verifica e' necessaria per verificare che la lunghezza del conduttore permetta, in caso di guasto, lo stabilirsi di una corrente di cortocircuito sufficiente a fare intervenire lo sganciatore elettromagnetico dell'interruttore .

Tale corrente di cortocircuito minima e' calcolabile mediante la formula semplificata:

$$I_{cc} = \frac{0,8 \cdot V \cdot S}{2 \cdot \rho \cdot L}$$

Ponendo I_{cc} eguale al valore di taratura I_m dello sganciatore magnetico e ricavando L si ottiene la lunghezza massima di cavo protetta dall'interruttore scelto :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \cdot V \cdot S}{2 \cdot \rho \cdot I_m}$$

dove é:

- V tensione nominale in Volt
- 0,8 fattore che tiene conto dell'abbassamento di V durante il corto circuito
- S sezione del conduttore in mmq
- ρ resistività del conduttore alla temperatura media del cortocircuito, assunta pari a 0.027 W/mm²
- 2 fattore che tiene conto che la corrente di cortocircuito interessa un conduttore di lunghezza 2L.
- I_m corrente di cortocircuito minima che provoca l'apertura dell'interruttore entro 5 s

Le norme prevedono una tolleranza del 20 % sul valore reale di I_m .

Risultando i conduttori protetti dal sovraccarico in base alla 4.1.2, ed essendo previsto l'uso di interruttori a norme CEI 23.3 o CEI 17.5, con curva caratteristica " C " e dotati di soglia di intervento degli sganciatori magnetici inferiore a 10 I_n , é sufficiente la verifica della massima corrente di corto circuito, calcolata ai morsetti dell'interruttore.

La corrente di cortocircuito massima nell'impianto, immediatamente a valle dei trasformatori da 630 kVA con $U_{cc\%}=6\%$, è pari a 15,2kA.

La sezione dei cavi è stata determinata con il Software Tisystem: essendo questo un software del produttore dei dispositivi di protezione, in fase di realizzazione si dovrà verificare che l'energia specifica passante degli interruttori del costruttore scelto verifichi la protezione al corto circuito dei cavi.

Poiché l'area espositiva e la sala conferenze sono classificati luoghi a maggior rischio in caso d'incendio si sono adottate le prescrizioni impiantistiche indicate dalla CEI 64-8 §751.04.2, la quale da le seguenti indicazioni:

- i componenti elettrici devono essere limitati a quelli necessari per l'uso degli ambienti stessi, fatta eccezione per le condutture, le quali possono anche transitare (ma non devono avere connessioni, o le connessioni devono essere effettuate in involucri che soddisfino la prova contro il fuoco, p.es. soddisfino le prescrizioni per scatole da parete in accordo con la Norma IEC60670)
- nel sistema di vie d'uscita non devono essere installati componenti elettrici contenenti fluidi infiammabili (esclusi condensatori ausiliari degli apparecchi)
- negli ambienti nei quali è consentito l'accesso e la presenza del pubblico, i dispositivi di manovra, controllo e protezione, fatta eccezione per quelli destinati a facilitare l'evacuazione, devono essere posti in luogo a disposizione del personale addetto o posti entro involucri apribili con chiave o attrezzo;
- i conduttori dei circuiti in c.a. devono essere disposti in modo da evitare pericolosi riscaldamento delle parti metalliche adiacenti per effetto induttivo, particolarmente quando si usano cavi unipolari

le condutture (comprese quelle che transitano soltanto) verranno realizzate in uno dei modi indicati qui di seguito:

- condutture di qualsiasi tipo incassate in strutture non combustibili;
- condutture realizzate mediante cavi in tubi protettivi metallici, o involucri metallici, con grado di protezione almeno IP4X;
- condutture realizzate con cavi unipolari o multipolari sprovvisti di conduttore di protezione, contenuti in tubi protettivi metallici o involucri metallici, senza particolare grado di protezione. In questo caso la funzione di PE può essere svolta dai tubi o involucri stessi o da un conduttore (nudo o isolato) contenuto in ciascuno. L'utilizzo di un PE nudo contenuto in ciascun tubo o involucro rappresenta una cautela aggiuntiva.
- condutture realizzate con cavi unipolari o multipolari sprovvisti di conduttore di protezione, contenuti in tubi protettivi o involucri, entrambi:
 - costituiti da materiali isolanti
 - installati in vista (non incassati)
 - con grado di protezione almeno IP4X.
- binari elettrificati e condotti sbarre con IP4X min.

Verranno utilizzati i seguenti tipi di condutture:

Cavo H07Z1-K Type2 CPR 450/750 V, in canali metallici ventilati e tubi protettivi isolanti con grado di protezione IP4X min.:

Conduttore: Rame rosso, formazione flessibile, classe 5.

Isolamento: Mescola LS0H (Low Smoke Zero Halogen) termoplastico di qualità T17 con prestazioni al fuoco incrementate.

Reazione al fuoco secondo il Regolamento 305/2011/UE:

Norma: EN 50575:2014+A1:2016

Classe: Cca – s1, d1, a1

Classificazione (CEI UNEL 35016): EN 13501-6

Emissione di calore e fumi durante lo sviluppo della fiamma: EN 50399

Propagazione della fiamma verticale: EN 60332-1-2

Gas corrosivi e alogenidrici: EN 60754-2

Idonei in ambienti ove sia fondamentale garantire la massima sicurezza alle persone quali: uffici, scuole, alberghi, supermercati, cinema, teatri, discoteche, metropolitane, edilizia residenziale, ecc.

Indicati per installazione fissa entro tubazioni e canali portacavi. Particolarmente consigliati per cablaggi interni di quadri elettrici, sia di distribuzione che di automazione, per la presenza di apparecchiature e sistemi particolarmente sensibili a fumi e a gas corrosivi.

FG16(o)R16 CPR 0,6/1kV, in canali metallici ventilati, passerelle, tubazioni, canalette, anche in posa interrata indiretta:

Conduttore: Rame rosso, formazione flessibile, classe 5.

Isolamento: Gomma, qualità G16.

Cordatura: I conduttori isolati sono cordati insieme

Riempitivo: Termoplastico LS0H (Low Smoke Zero Halogen), penetrante tra le anime (solo nei cavi multipolari).

Guaina esterna: termoplastico LS0H, qualità M16.

Reazione al fuoco secondo il Regolamento 305/2011/UE:

Norma: EN 50575:2014+A1:2016

Classe: Cca – s1, d1, a1

Classificazione (CEI UNEL 35016): EN 13501-6

Emissione di calore e fumi durante lo sviluppo della fiamma: EN 50399

Propagazione della fiamma verticale: EN 60332-1-2

Gas corrosivi e alogenidrici: EN 60754-2

Sono cavi adatti per alimentazione di energia impiegati in quei luoghi con elevato pericolo d'incendio e con elevata presenza di persone.

Possono essere installati su murature e strutture metalliche, su passerelle, tubazioni, canalette e sistemi simili, è ammessa la posa interrata diretta o indiretta.

Infine tutti i circuiti contenuti entro i luoghi a maggior rischio in caso di incendio, oltre alle protezioni generali del Cap 43 e della Sez. 473 della Norma CEI 64-8, saranno protetti con dispositivo a corrente differenziale avente corrente nominale d'intervento non superiore a 0,3A anche ad intervento ritardato.

5.- PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI

Si intende per contatto diretto il contatto con una parte attiva dell'impianto, compreso il conduttore di neutro.

La protezione contro i contatti diretti verrà ottenuta mediante le seguenti misure di protezione totale:

- Isolamento delle parti attive con materiale adeguato alla tensione nominale e verso terra e resistente alle sollecitazioni meccaniche, agli sforzi elettrodinamici e termici ed alle alterazioni chimiche cui può essere sottoposto durante l'esercizio .
- Adozione di involucri aventi grado minimo di protezione pari a IP 2X per le pareti verticali e non inferiore a IP 4X per le superfici orizzontali superiori, data la maggiore facilità per elementi esterni di entrare in contatto con le parti attive interne; L'isolamento può essere rimosso solo mediante distruzione dello stesso.

L'isolamento delle apparecchiature costruite in fabbrica deve soddisfare le relative norme.

Se si rendesse necessario, per ragioni di esercizio, aprire un involucro o rimuovere una barriera, dovrà essere rispettata almeno una delle seguenti prescrizioni:

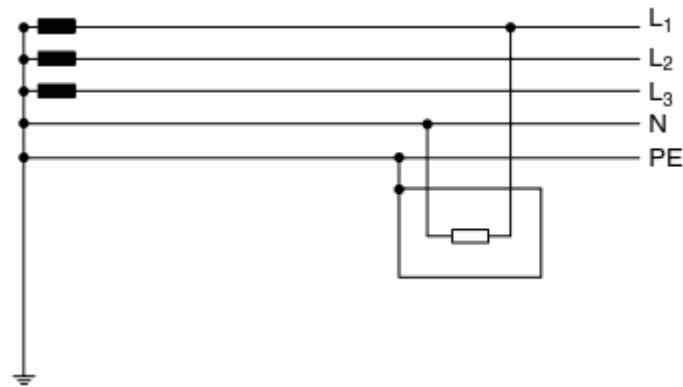
- Uso di chiave o attrezzo da parte di personale addestrato.
- Sezionamento delle parti attive con interblocco meccanico e/o elettrico.
- Interposizione di una barriera intermedia, che impedisca il contatto con le parti attive, con grado di protezione \geq IP2X rimovibile con chiave o attrezzo.

6.- PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

Si definisce contatto indiretto il contatto con una massa, o con una parete conduttrice connessa con la massa, durante un guasto di isolamento.

L'entità del guasto a terra e le conseguenze che derivano dal contatto con masse in tensione sono legate in modo determinante allo stato del neutro del sistema di alimentazione e alla modalità di connessione delle masse verso terra.

Per scegliere opportunamente il dispositivo di protezione contro i guasti a terra occorre quindi conoscere il sistema di distribuzione dell'impianto: nel nostro caso si è optato per un sistema TN-S in cui neutro è connesso direttamente a terra mentre le masse sono connesse allo stesso impianto di terra del neutro e il conduttore di neutro N e di protezione PE sono separati



Il sistema TN è il sistema con il quale viene distribuita l'energia alle utenze che dispongono di propria cabina di trasformazione; in questo caso è relativamente semplice garantire il conduttore di protezione. ed è usato nelle industrie e nei grossi impianti alimentati in media tensione.

La norma CEI 64-8 prescrive l'interruzione automatica dell'alimentazione ai fini della protezione contro i contatti indiretti.

Il dispositivo di protezione deve interrompere automaticamente l'alimentazione in modo che, in caso di guasto tra una parte attiva ed una massa o un conduttore di protezione, non possa persistere una tensione di contatto presunta superiore alla tensione di contatto limite convenzionale di 50V in c.a. (25V in ambienti speciali) per una durata sufficiente a causare un rischio di effetti fisiologici dannosi in una persona in contatto con parti simultaneamente accessibili.

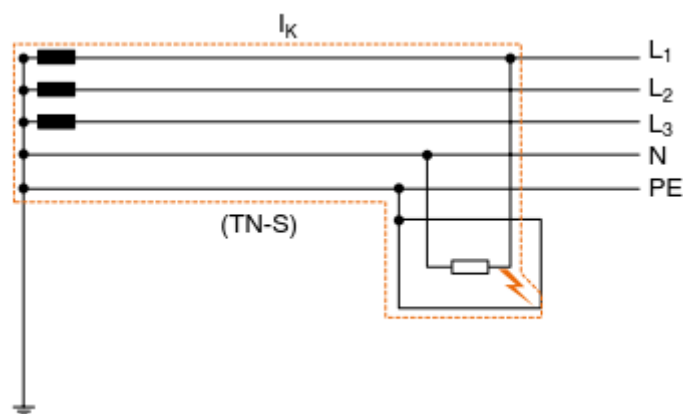
Questa misura di protezione richiede il coordinamento tra la modalità di collegamento a terra del sistema e le caratteristiche dei conduttori di protezione e dei dispositivi di protezione.

I dispositivi adatti alla disconnessione automatica dell'alimentazione capaci di rilevare le correnti di guasto a terra sono:

- interruttori automatici con sganciatore termomagnetico;
- interruttori automatici con sganciatore elettronico a microprocessore;
- interruttori automatici con sganciatore elettronico a microprocessore con protezione contro guasto a terra integrata (funzione G);
- interruttori automatici magnetotermici o elettronici con sganciatore differenziale integrato;
- interruttori differenziali puri;
- relè differenziali.

6.1- Protezione dai contatti indiretti nei sistemi TN

Nei sistemi TN la corrente di guasto a terra ritorna al nodo di alimentazione attraverso un collegamento metallico diretto (conduttore PE o PEN) senza praticamente interessare il dispersore di terra:



Per realizzare una corretta protezione contro i contatti indiretti in un sistema TN tramite la disconnessione automatica del circuito in accordo alla norma CEI 64-8/4, è necessario rispettare la seguente relazione:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il guasto e la sorgente (in ohm);

I_a è la corrente d'intervento in ampere del dispositivo di protezione entro il tempo definito nella tabella seguente (in funzione della tensione nominale U_0) per i circuiti terminali con correnti non superiori a 32A oppure entro 5 secondi per i circuiti di distribuzione e per i circuiti terminali con correnti superiori a 32A, se si usa un interruttore differenziale I_a è la corrente differenziale nominale d'intervento.

U_0 è la tensione nominale verso terra in c.a. o in c.c.

| | 50V < $\dot{U}_0 \leq 120V$ S | | 130V < $\dot{U}_0 \leq 230V$ S | | 230V < $\dot{U}_0 \leq 400V$ S | | $\dot{U}_0 > 400V$ S | |
|---------|----------------------------------|--------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|------|-------------------------|------|
| Sistema | c.a. | c.c. | c.a. | c.c. | c.a. | c.c. | c.a. | c.c. |
| TN | 0.8 | Nota 1 | 0.4 | 5 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.1 |

La scelta del dispositivo automatico ai fini della protezione contro i guasti fase-PE e i contatti indiretti è da effettuarsi coordinando opportunamente i tempi di intervento con il valore dell'impedenza dell'anello di guasto.

Nei sistemi TN un guasto franco fase-PE nel lato bassa tensione genera solitamente una corrente di entità simile a quella di un cortocircuito e la corrente di guasto che percorre il conduttore (o i conduttori) di fase e quello di protezione non interessa in alcun modo l'impianto di terra.

La relazione $Z_s \cdot I_a \leq U_0$ può essere scritta nel seguente modo:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s} = I_{kLPE}$$

dove I_{KLPE} è la corrente di guasto fase-PE. Si può quindi affermare che la protezione dai contatti indiretti è verificata se la corrente di intervento I_a del dispositivo di protezione (entro i tempi riportati nella tabella o entro 5s) è inferiore alla corrente di guasto fase-PE I_{KLPE} che si ha in corrispondenza della massa da proteggere.

Nei sistemi TN sono utilizzabili i seguenti dispositivi per la protezione dai contatti indiretti:

- interruttori con sganciatori termomagnetici;
- interruttori con sganciatori elettronici;
- dispositivi differenziali (solo TN-S).

Nel nostro caso verranno utilizzati tutti e tre i tipi di dispositivi e le condizioni per la protezione dai contatti indiretti è stata verificata con il Software Tisystem.

L'impiego degli interruttori differenziali, come illustrato nel cap. 4; migliora ulteriormente le condizioni di protezione; in particolare, quando il guasto non è franco o per un guasto alla fine di una linea molto lunga in cui è presente una notevole impedenza che limita la corrente di cortocircuito, questa può permanere per tempi sufficientemente lunghi con conseguenti innalzamenti di temperatura e conseguente pericolo di incendio.

In questo caso l'interruttore differenziale consente di rilevare la corrente di guasto e intervenire in tempi rapidi rispettando quanto prescritto dalla norma.

7.- CABINA DI TRASFORMAZIONE MT/BT E IMPIANTO DI TERRA

Come visto nel cap. 3 la potenza totale necessaria verrà ripartita su due trasformatori MT/BT isolati in resina da 630 kVA ciascuno, uno dei quali dedicato alla climatizzazione del Capannone. I due trasformatori potranno essere utilizzati come riserva uno dell'altro ma non in parallelo.

La cabina sarà alimentata da un cavo interrato e l'estensione della rete MT interna è inferiore a 400m

Le caratteristiche dell'impianto sono le seguenti:

Rete di distribuzione:

- tensione nominale $U_{nQ}=20kV$
- corrente di cortocircuito $I''_{kQ}=12,5kA$

Trasformatori di cabina 20/0,4 kV con i seguenti dati:

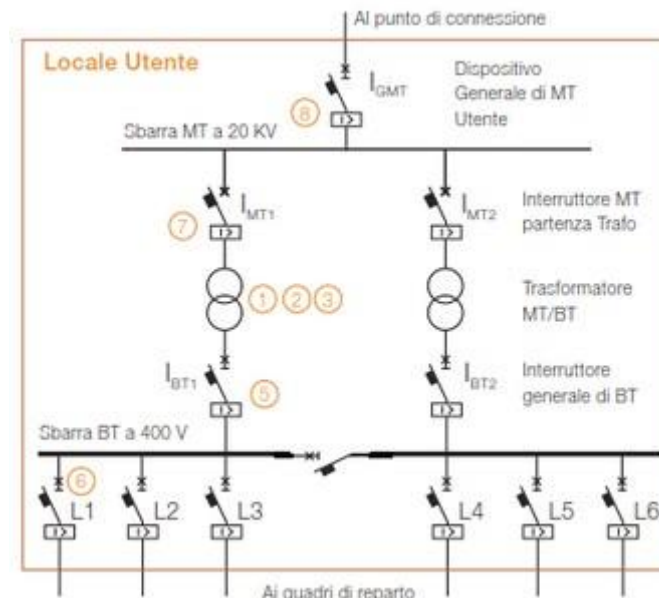
- potenza nominale: $S_{rT}=630$ kVA
- tensione di cortocircuito: $u_{kr}\% = 6\%$
- corrente nominale primaria: $I_{rT1} = 18,2$ A
- corrente nominale secondaria: $I_{rT2} = 910$ A
- corrente di inserzione: $I_i = 12 I_{rT1} = 218,4$ A
- costante di tempo inserzione $T_i = 0,25$ s

Corrente di corto circuito lato sbarre BT:

- Tensione nominale: $U_{rLV} = 400 \text{ V}$
- Corrente di corto circuito a valle di uno dei due trasformatori
 $I''_{kLV} = I_{rT2} / u_{kr} \cong 15 \text{ kA}$, corrispondenti a $I''_{kMV} = 300 \text{ A}$

Al quadro di bassa tensione sono collegati i quadri di reparto con cavi di diversa lunghezza.

Lo schema unifilare semplificato dell'impianto in analisi è qui illustrato.



L'impianto lato MT è costituito da un arrivo linea con unità interruttore e due partenze trasformatore dotate di interruttori.

Le caratteristiche e la taratura dei relé di protezione dovranno essere stabilite in fase di realizzazione sulla base delle caratteristiche effettive del trasformatore scelto, date dal costruttore e in particolare la curva di inserzione del trasformatore da 630 kVA, la sua corrente nominale e la corrente di corto circuito simmetrica lato BT riferita al primario per 2 s) necessaria per la protezione termica del trasformatore ($I''_{kMV} \times 2s$).

Per quanto riguarda la bassa tensione le caratteristiche degli interruttori generali di BT devono essere scelte in modo da essere selettive con i relè degli interruttori dei sotto-quadri ma, al tempo stesso, proteggere il trasformatore contro il sovraccarico, ricordando che la corrente secondaria $I_{rT2} = 910 \text{ A}$.

Tenendo conto delle tolleranze previste dalla Norma CEI EN 60947-1, si può considerare il sicuro intervento ad un valore superiore a 1,2 volte il valore regolato (ed il sicuro non intervento ad un valore inferiore a 1,05 il valore regolato).

Il quadro di media tensione verrà realizzato con unità modulari di tipo ampliabile ed affiancabili, di tipo standard con protezione arco interno sul fronte e sui lati, e sarà costituito da:

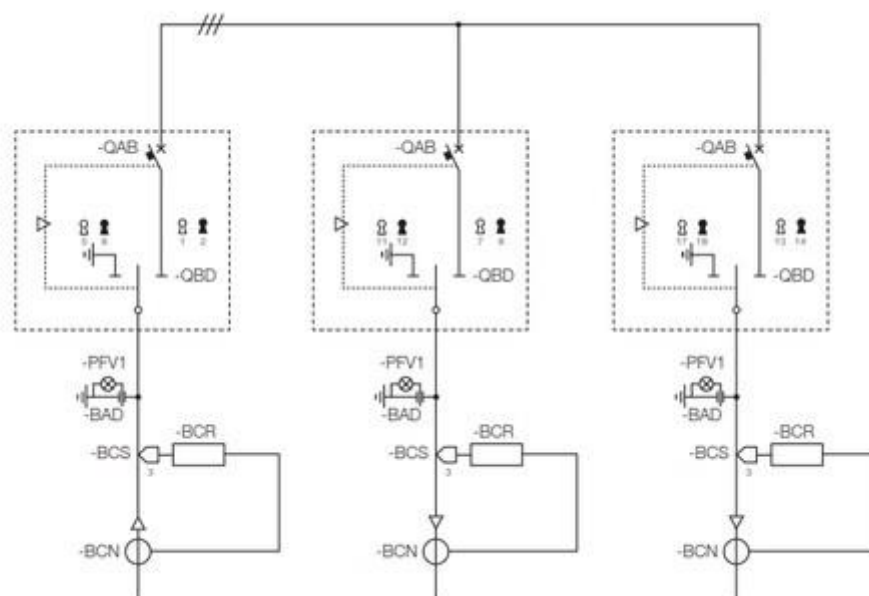
N° 1 Unità Arrivo contenente le seguenti apparecchiature:

- Presenza tensione lato cavi.
- Apparecchio multifunzione composto da:
 - Interruttore in vuoto senza motorizzazione con sganciatore di apertura, sganciatore di chiusura, contamanovre, contatti ausiliari 6NA + 6NC;
 - Sezionatore in SF₆ con: 1 chiave rimovibile con sezionatore di linea in posizione di chiuso e 1 chiave rimovibile in posizione di aperto; 1 chiave rimovibile con sezionatore di terra in posizione di chiuso e 1 chiave rimovibile in posizione di aperto.
 - Sezionatore di terra lato distributore con chiave di responsabilità del distributore, in accordo alla Norma CEI 0-16.
 - Relè di protezione con Data Logger, comunicazione Modbus e uscita seriale RS 485 (51, I_>; 51, I_{>>}; 50, I_{>>>}; 51N, I_{O>}; 50N, I_{O>>}, 68) con 3 sensori di corrente e toroide per guasto a terra, conformi alla Norma CEI 0-16.

N° 2 Unità partenza trasformatore contenenti le seguenti apparecchiature:

- Presenza tensione lato cavi.
- Apparecchio multifunzione composto da:
 - Interruttore in vuoto senza motorizzazione con sganciatore di apertura, sganciatore di chiusura, contatti ausiliari 6NA + 6NC e contamanovre;
 - Sezionatore in SF₆ con: 1 chiave rimovibile con sezionatore di linea in posizione di chiuso e 1 chiave rimovibile in posizione di aperto; 1 chiave rimovibile con sezionatore di terra in posizione di chiuso e 1 chiave rimovibile in posizione di aperto.
- Relè di protezione REF 601 senza comunicazione (51, I_>; 51, I_{>>}; 50, I_{>>>}; 51N, I_{O>}; 50N, I_{O>>}, 68) con 3 sensori di corrente e toroide per guasto a terra, conformi alla Norma IEC.

Di seguito lo schema elettrico del quadro.



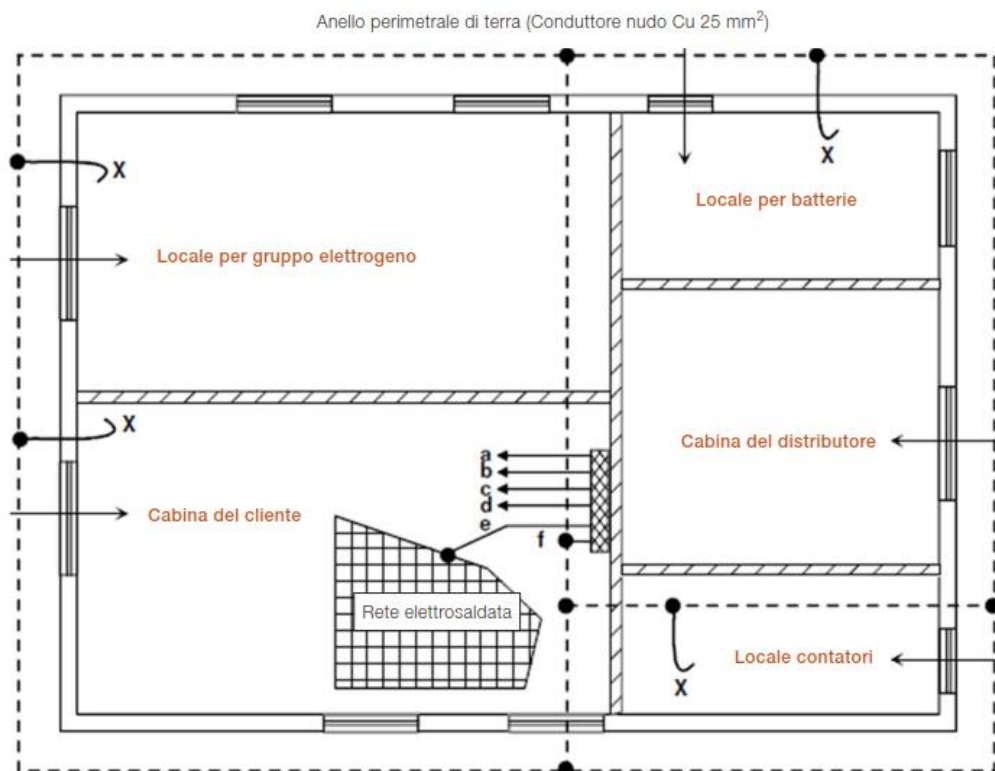
7.1- Impianto di terra

Una particolare attenzione va posta alla progettazione e realizzazione dell'impianto di terra di cabina. L'impianto di terra non viene trattato direttamente dalla CEI 99-4 che rimanda per i dettagli alle norme CEI EN 50522 per i sistemi MT e CEI 64-8 limitatamente ai sistemi BT pertinenti.

Nella figura alla pagina seguente, tratta dalla Norma CEI 99-4, sono illustrate, a solo titolo di esempio, alcune particolarità dell'impianto di terra al fine di richiamare l'attenzione sugli elementi componenti l'impianto di terra.

Considereremo la cabina, appoggiata alla parete sud del capannone, come compresa nella volumetria dell'edificio:

- Il dispersore farà parte del dispersore generale dell'edificio, (considerato magliato o ad anello o equivalente) e sarà costituito da elementi di fatto, utilizzando i ferri delle fondazioni, eventualmente integrati da dispersore intenzionale.
- Tutti gli elementi che concorrono alla formazione del dispersore sono collegati al collettore generale di terra dell'edificio, che non necessariamente è collocato nel locale cabina.
- Il collettore di cabina è comunque collegato al collettore generale.



C

abina e nelle sue immediate vicinanze, dovranno essere presi provvedimenti per realizzare l'equalizzazione del potenziale. Inoltre, dovranno essere valutati i provvedimenti per

limitare i potenziali dovuti a guasto a terra.

7.2- Elementi del dispersore

- Il dispersore potrà essere realizzato ad anello con corda di rame o tondo di acciaio secondo la Norma CEI EN 50522 e Guida CEI 11-37.
- Se necessario, l'anello potrà essere integrato con degli sbracci o con un secondo anello più esterno a profondità maggiore, eventualmente integrato, ad esempio, con picchetti in acciaio ramato di lunghezza 1,50 m completi di collare per il fissaggio della corda di rame.
- Per la tipologia ed utilizzo degli elementi di fatto si farà riferimento alla Guida CEI 64-12 o CEI 11-37.
- Vanno presi tutti i provvedimenti per limitare gli effetti della corrosione con particolare attenzione agli accoppiamenti di metalli diversi (vedi norme UNI oppure le Guide CEI 11-37 e CEI 64-12 negli ambiti pertinenti).
- Il terreno di riempimento intorno al dispersore dovrà essere del tipo vegetale e non contenere materiale di risulta.

7.3- Collettore di terra

Il collettore di terra (a barra forata non necessariamente unica, o ad anello) deve costituire il punto di connessione tra gli elementi del dispersore di cabina, il dispersore del complesso in cui la cabina è inserita (se richiesto), i conduttori di terra MT, i conduttori di protezione BT e i conduttori equipotenziali. I condotti orizzontali, per effettuare tali collegamenti, vengono preferibilmente predisposti nel pavimento della cabina.

Si dovranno lasciare liberi dalla gettata del pavimento le riprese dei ferri di armatura previsti quali punti di collegamento.

Per facilitare le operazioni di manutenzione e verifica è opportuno che i singoli conduttori che arrivano al collettore siano segnalati.

I conduttori di protezione, equipotenziali e di terra, se non nudi, devono essere con guaina di colore giallo/verde. Il dimensionamento relativo alle sezioni del collettore e di tutti i conduttori di protezione verrà effettuato nel progetto esecutivo, una volta note le effettive correnti di guasto a terra in MT e BT.

I conduttori equipotenziali per l'impianto MT, se di rame, devono avere una sezione minima di 16 mm², (vedere CEI EN 50522). Per gli impianti BT, i conduttori equipotenziali principali, se in rame, devono avere una sezione minima di 6 mm² (vedere la Norma CEI 64-8 per gli impianti pertinenti).

8.- IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVFF;
- alle prescrizioni e indicazioni della Società Distributrice di energia elettrica;
- alle prescrizioni del gestore della rete;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

Il dimensionamento energetico dell'impianto fotovoltaico connesso alla rete del distributore è stato effettuato tenendo conto, oltre che della disponibilità economica, di:

- disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico;
- disponibilità della fonte solare;
- fattori morfologici e ambientali (ombreggiamento e albedo).

Disponibilità della fonte solare

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati “UNI 10349” relativi a valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale. Per la località sede dell'intervento, ovvero il comune di BARCELLONA POZZO DI GOTTO (ME) avente latitudine 38.1464°, longitudine 15.2169° e altitudine di 60 m.s.l.m.m., i valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale stimati sono pari a:

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

| Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 7.39 | 11.18 | 14.88 | 20.49 | 24.59 | 27.68 | 27.39 | 24.79 | 19.06 | 12.84 | 8.96 | 6.73 |

Fonte dati: UNI 10349



Fig. 1: Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]- Fonte dati: UNI 10349

Quindi, i valori della irradiazione solare annua sul piano orizzontale sono pari a 6 276.26 MJ/m² (Fonte dati: UNI 10349).

Non essendoci la disponibilità, per la località sede dell'impianto, di valori diretti si sono stimati gli stessi mediante la procedura della UNI 10349, ovvero, mediante media ponderata rispetto alla latitudine dei valori di irradiazione relativi a due località di riferimento scelte secondo i criteri della vicinanza e dell'appartenenza allo stesso versante geografico.

La località di riferimento N. 1 è MESSINA avente latitudine 38.1933°, longitudine 15.5539° e altitudine di 3 m.s.l.m.m..

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

| Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 7.20 | 10.80 | 15.20 | 20.30 | 24.40 | 27.30 | 27.20 | 24.60 | 19.00 | 12.90 | 8.90 | 6.60 |

Fonte dati: UNI 10349

La località di riferimento N. 2 è REGGIO DI CALABRIA avente latitudine 38.1200°, longitudine 15.6539° e altitudine di 15 m.s.l.m.m..

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

| Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 7.50 | 11.40 | 14.70 | 20.60 | 24.70 | 27.90 | 27.50 | 24.90 | 19.10 | 12.80 | 9.00 | 6.80 |

Fonte dati: UNI 10349

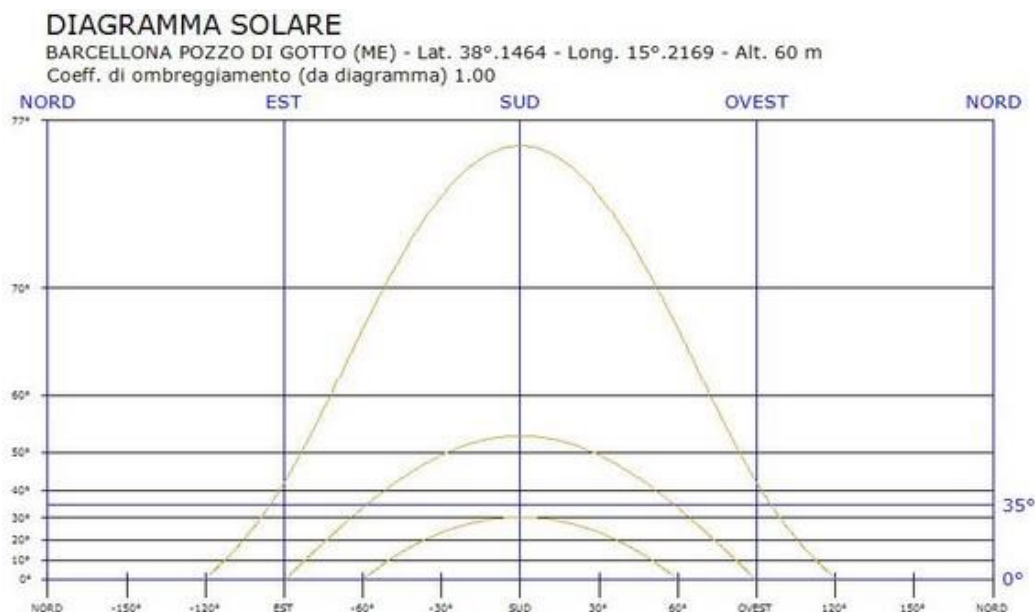
Fattori morfologici e ambientali

Ombreggiamento

Gli effetti di schermatura da parte di volumi dell'edificio, dovuti ad elementi naturali (rilievi, alberi) o artificiali (edifici), determinano la riduzione degli apporti solari e il tempo di ritorno dell'investimento.

Tenuto conto della forma della copertura si è scelto di installare i pannelli solo su parte di essa in modo da evitare ombre portate dalle varie campate curve in cui è suddivisa, assumendo un Coefficiente di Ombreggiamento, funzione della morfologia del luogo, è pari a **1.00**.

Di seguito il diagramma solare per il comune di BARCELLONA POZZO DI GOTTO:



Per tener conto del plus di radiazione dovuta alla riflettanza delle superfici della zona in cui è inserito l'impianto, si sono stimati i valori medi mensili di albedo, considerando anche i valori presenti nella norma UNI 8477:

| Valori di albedo medio mensile | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
| 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |

L'albedo medio annuo è pari a **0.20**.

Criterio generale di progetto

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile.

Nella generalità dei casi, il generatore fotovoltaico deve essere esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud e evitando fenomeni di ombreggiamento. In funzione degli eventuali vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore stesso, sono comunque adottati orientamenti diversi e sono ammessi fenomeni di ombreggiamento, purché adeguatamente valutati.

Perdite d'energia dovute a tali fenomeni incidono sul costo del kWh prodotto e sul tempo di ritorno dell'investimento.

Dal punto di vista dell'inserimento architettonico, nel caso di applicazioni su coperture a falda, la scelta dell'orientazione e dell'inclinazione va effettuata tenendo conto che è generalmente opportuno mantenere il piano dei moduli parallelo o addirittura complanare a quello della falda stessa. Ciò in modo da non alterare la sagoma dell'edificio e non aumentare l'azione del vento sui

moduli stessi. In questo caso, è utile favorire la circolazione d'aria fra la parte posteriore dei moduli e la superficie dell'edificio, al fine di limitare le perdite per temperatura.

Il progetto del Distretto del Florovivaismo Siciliano prevede un fabbisogno di potenza per il capannone di 380kW, per le esigenze della fiera permanente del florovivaismo, con l'esclusione della potenza necessaria all'impianto di climatizzazione.

Con la realizzazione dell'impianto fotovoltaico sulla copertura del capannone si intende conseguire un significativo risparmio energetico per la struttura servita, mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole.

Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- la compatibilità con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- nessun inquinamento acustico;
- un risparmio di combustibile fossile;
- una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti.

Selezione moduli

Considerati i vincoli posti dal tipo di copertura si è deciso di installare due stringhe di 23 moduli in silicio monocristallino di potenza unitaria pari a da 300 Wp per falda, per un totale di $2 \times 18 \times 14 = 504$ moduli, una potenza di picco pari a $504 \times 0,3 = 151,2$ kW ed una superficie occupata dai moduli di $644 \times 1,64 \approx 827$ m².

I moduli verranno installati parallelamente alla falda, con un tilt medio di 9° ed un azimuth di -23°.

La radiazione solare media annua sul piano orizzontale nelle località di riferimento è di 1.740 kWh/m² e con l'angolo di Tilt e l'orientamento indicati si ricava un coefficiente correttivo di 1,06. Ipotizzando un rendimento dei componenti d'impianto pari a 0.8, la producibilità annua attesa risulta: $E_p = 193,2 \times 1.740 \times 1,06 \times 0,8 = 285.070$ kWh

Si ipotizza di utilizzare moduli in silicio monocristallino aventi le seguenti caratteristiche in condizioni di test standard:

- | | |
|---|---------------------|
| • Potenza nominale P_{MPP} | 300 W |
| • Efficienza | 14,9 % |
| • Tensione V_{MPP} | 32,6 V |
| • Corrente I_{MPP} | 9,21 A |
| • Tensione a vuoto | 40,16 V |
| • Corrente di corto circuito I_{sc} | 9,59 A |
| • Tensione massima | 1.000 V |
| • Coefficiente di temperatura P_{MPP} | -0.389 %/°C |
| • Coefficiente di temperatura U_{OC} | -0.273 V/°C |
| • Dimensioni | 1.650 x 990 x 35 mm |
| • Superficie | 1,63 m ² |
| • Isolamento classe II | |

Ipotizzando temperature minima e massima dei moduli di -10°C e $+70^{\circ}\text{C}$ e tenendo conto che la temperatura relativa alle condizioni di prova standard è di 25°C , si ottiene la variazione della tensione a vuoto V_{oc} di un modulo fotovoltaico, rispetto alle condizioni standard $V_{oc, stc}$, in funzione della temperatura di lavoro delle celle T_{cel} con la formula seguente (guida CEI 82-25 II ed.)

$$V_{oc}(T) = V_{oc, stc} - U_{oc} \cdot (25 - T_{cel})$$

si ha:

| | |
|--------------------------|---|
| Tensione a vuoto massima | $40,16 + 0,273 \cdot (25 + 10) = 49,71 \text{ V}$ |
| Tensione MPP minima | $32,60 + 0,273 \cdot (25 - 70) = 20,31 \text{ V}$ |
| Tensione MPP massima | $32,60 + 0,273 \cdot (25 + 10) = 42,15 \text{ V}$ |

Ai fini della sicurezza ed in modo cautelativo, si assume per la scelta dei componenti dell'impianto il valore maggiore tra la tensione a vuoto massima ed il 120% della tensione a vuoto dei moduli. Nel caso specifico la tensione di riferimento risulta essere pari a 49,71V, poiché maggiore di $1,2 \cdot 40,16 = 48,19 \text{ V}$.

Tenendo in considerazione la tensione di stringa (che influenza la tensione in ingresso dell'inverter) e la corrente totale delle stringhe in parallelo (che influenza soprattutto la scelta dei cavi), si sceglie di raggruppare i pannelli in stringhe da 18 moduli in serie ciascuna in modo da mantenere la tensione V_{MPP} massima inferiore a 800 V, tensione massima applicabile all'ingresso degli inverter scelti.

Le caratteristiche elettriche di ogni stringa sono:

- Tensione MPP $18 \times 32,6 = 586,80 \text{ V}$
- Corrente MPP $9,21 \text{ A}$
- Corrente di corto circuito massima $1,25 \times 9,59 = 11,99 \text{ A}$
- Tensione a vuoto massima $18 \times 49,71 = 894,78 \text{ V}$
- Tensione MPP minima $18 \times 20,31 = 365,58 \text{ V}$
- Tensione MPP massima $18 \times 42,15 = 758,70 \text{ V}$

Verranno quindi installate 2 stringhe da 18 moduli in parallelo per campata, per un totale di $2 \times 18 \times 14 = 504$ moduli con una potenza complessiva massima pari a $504 \times 0,30 = 151,20 \text{ kW}_p$.

Scelta inverter

Verrà installato un Inverter trifase da 12kW per ogni campata, cui afferiranno due stringhe in parallelo avente le seguenti caratteristiche:

- Range di tensione FV, MPPT (U_{mpp}): $320 \square 800 \text{ V}$
- Tensione massima lato c.c. 1.000 V
- Ripple di tensione CC (U_{pp}): $< 10\%$.
- Dispositivo di separazione CC: sezionatore o dispositivo elettronico Electronic Solar Switch.
- Tensione nominale CA ($U_{ca, nom}$): $230 \text{ V} / 400 \text{ V}$
- Frequenza nominale CA ($f_{ca, nom}$): 50 Hz . Grado di rendimento: $95\% - 99\%$.

- Grado di protezione: IP65.
- Display integrato.

Per la verifica del corretto accoppiamento stringa-inverter occorre anzitutto verificare che la massima tensione a vuoto ai capi della stringa sia inferiore alla massima tensione in ingresso sopportata dall'inverter:

- $849,78 \text{ V} < 1.000 \text{ V}$ (**OK**)

Inoltre la tensione MPP minima della stringa non deve essere inferiore alla minima tensione dell'MPPT dell'inverter:

- $365,58 \text{ V} > 320 \text{ V}$ (**OK**)

Mentre la tensione MPP massima della stringa non deve essere superiore alla massima tensione dell'MPPT dell'inverter:

- $758,70 \text{ V} < 800 \text{ V}$ (**OK**)

L'inverter dovrà inoltre essere in grado di gestire infine la corrente di corto circuito massima complessiva delle 2 stringhe collegate in parallelo pari a $2 \times 11,99 = 23,98 \text{ A}$.

Scelta dei cavi

I moduli sono collegati tra loro in serie attraverso il cavo L1 ed ogni stringa che ne deriva è collegata al quadro di campo, interno al capannone subito a monte dell'inverter, attraverso cavi solari di lunghezza L2 posti in 1 canale contenente 2 circuiti in fascio.

Le caratteristiche dei cavi solari sono:

- sezione 4 mm^2
- tensione nominale U_0/U 600/1.000V in c.a. – 1.500V in c.c.
- temperatura di esercizio $-40/+90 \text{ }^\circ\text{C}$
- portata in aria libera a 60°C : $I_N = 55 \text{ A}$
- coefficiente di correzione della portata a 70°C : 0.91
- temperatura massima del cavo in sovraccarico $120 \text{ }^\circ\text{C}$

La portata I_z dei cavi solari nella condizione di posa in tubo in fascio alla temperatura di funzionamento di 70°C risulta pari a :

$$I_z = 0.80 \cdot 0.9 \cdot 0.91 \cdot I_N = 0.80 \cdot 0.9 \cdot 0.91 \cdot 55 \approx 36 \text{ A}$$

dove 0,99 rappresenta il fattore correttivo per posa in tubo o in canale dei cavi solari, mentre 0,80 il fattore correttivo per la posa in fascio da 2 circuiti.

La portata risulta essere maggiore della corrente di corto circuito massima della stringa:

$$I_z > 1,25 \cdot I_{sc} = 1,25 \cdot 9,59 = 11,99 \text{ A}$$

Le cornici dei moduli e la struttura di sostegno di ogni stringa sono collegate a terra con un cavo N07V-K giallo-verde da 4 mm^2 . Con riferimento allo schema elettrico allegato, il collegamento tra il quadro di campo e l'inverter è effettuato con 2 cavi unipolari H07Z1-K (0.6/1kV con guaina) da 16 mm^2 di lunghezza $L_3=1\text{m}$ posati in tubo protettivo di portata pari a 76 A che è maggiore della corrente di corto circuito massima complessiva delle 2 stringhe collegate in parallelo:

$$I_z > 2 \cdot 1,25 \cdot I_{sc} = 23,98 \text{ A}$$

Il collegamento tra inverter ed il quadro di parallelo inverter è effettuato con 3 cavi unipolari H07Z1-K per ogni inverter, di sezione e lunghezza riportate nella seguente tabella

| Linea | Corrente di impiego Ib (A) | Cos ϕ | Sezione di fase (mm^2) | Lunghezza linea (m) |
|------------|----------------------------------|------------|--------------------------------------|------------------------|
| Campata 1 | 16,43 | 0,95 | 4 | 25 |
| Campata 2 | 16,43 | 0,95 | 4 | 39 |
| Campata 3 | 16,43 | 0,95 | 6 | 53 |
| Campata 4 | 16,43 | 0,95 | 6 | 67 |
| Campata 5 | 16,43 | 0,95 | 10 | 81 |
| Campata 6 | 16,43 | 0,95 | 10 | 95 |
| Campata 7 | 16,43 | 0,95 | 10 | 109 |
| Campata 8 | 16,43 | 0,95 | 10 | 123 |
| Campata 9 | 16,43 | 0,95 | 16 | 137 |
| Campata 10 | 16,43 | 0,95 | 16 | 151 |
| Campata 11 | 16,43 | 0,95 | 16 | 165 |
| Campata 12 | 16,43 | 0,95 | 16 | 179 |
| Campata 13 | 16,43 | 0,95 | 16 | 193 |
| Campata 14 | 16,43 | 0,95 | 25 | 207 |

posati in canalina metallica forata o a filo delle dimensioni di 50 x 150 mm, in modo da avere un fattore di riempimento minore di 0,5.

I collegamenti tra il quadro di parallelo inverter ed il quadro generale di cabina sono effettuati per le fasi con unipolari H07Z1-K da 240 mm^2 posati in tubo protettivo interrato di portata pari a 304 A, maggiore della corrente nominale d'uscita dell'impianto fotovoltaico, che è di $14 \cdot 16,43 = 230 \text{ A}$.

Dispositivi di manovra e protezione

Quadri di campo

La portata dei cavi di stringa è superiore alla corrente massima che li può attraversare nelle condizioni di normale funzionamento, pertanto non occorre proteggerli da sovraccarico.

In condizioni di corto circuito la corrente massima nel cavo di stringa interessata dal guasto risulta, con stringhe collegate allo stesso quadro inverter:

$$I_{cc2} = (n - 1) \cdot 1.25 \cdot I_{sc} = (2 - 1) \cdot 1.25 \cdot 9,59 \approx 12A$$

che è inferiore alla portata del cavo: di conseguenza non occorre proteggere il cavo da corto circuito con un dispositivo di protezione, il quale in condizioni di guasto deve lasciar passare un'energia sopportabile dal cavo.

Pertanto nel quadro di campo si inserisce un interruttore di manovra-sezionatore generale per sezionare l'inverter lato c.c. e gli SPD per la protezione dell'inverter lato c.c. e dei moduli fotovoltaici.

Quadro di parallelo inverter

Verranno installati, su ciascuna delle 14 linee provenienti dagli inverter trifase, un interruttore magnetotermico avente un potere d'interruzione pari alla corrente presunta di corto circuito trifase data dalla rete, accoppiato ad un blocco differenziale $I_{dn}=30mA$ di tipo A. verrà installato inoltre un sezionatore di quadro tripolare.

Quadro generale

Nel quadro generale dell'azienda, in cui sono già presenti l'interruttore generale ed i dispositivi di protezione delle linee di distribuzione dell'impianto utilizzatore, verrà installato un interruttore automatico avente la funzione di dispositivo di interfaccia (DDI) ed a cui è associato il sistema di protezione d'interfaccia (SPI) CM-UFD.M32.

L'interruttore ha anche la funzione di proteggere dalle sovracorrenti il sezionatore nel quadro di parallelo ed i cavi di collegamento tra quadro di parallelo e quadro generale.

Per la protezione dalle sovratensioni in ingresso all'impianto lato rete, viene inserito uno scaricatore protetti da fusibili E 9F10 GG20 inseriti in portafusibili E 93hN/32.

9.- IMPIANTO DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI LPS

La struttura che regge la copertura del Centro Espositivo verrà mantenuta e si presta perfettamente ad essere utilizzata come organo di captazione nell'impianto di protezione contro i fulmini, formando una fitta magliatura di scatolati e profilati di ferro di dimensioni adeguate.



Dopo la dismissione dell'attuale copertura di Eternit e contestualmente ai lavori di manutenzione della travatura reticolare si provvederà ad installare due calate per ogni campata del capannone, in opera sul muro esterno e collegate al dispersore in Cu della sez. di 50 mm² che verrà posto in opera ad anello intorno al perimetro esterno del capannone collegato all'impianto generale di terra.

Alle calate verranno collegate anche le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici posti sulla copertura.

I PROGETTISTI

Ing. S. Mazzeo

Ing. G. Pennavaria

Ing. L. Vilaro

Dott. A. Rao

Dott. A. Bufalino

Dott. L. Gambino

Dott. G. Greco

Dott. N. Grizzanti

IL RUP
(Ing. A. Pisciotta)