COMMITTENTE

COMUNE DI GENOVA

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
ALBERTO BITOSSI
IL DIREGENTE ESECUTORE DEL CONTRATTO
ANTONIO ROSSA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)

PROGETTAZIONE

MANDANTARIA

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

MANDANTE

TECHNITAL

MANDANTE

ETS Engineering and Technical Services S.p.A.

MANDANTE

ABR ARCHITETTI ASSOCIATI

Italferr S.p.A.

GAVETTE - IMPIANTI LUCE E FORZA MOTRICE

Relazione tecnica specialistica impianti elettrici

SCALA: -

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL' INTEGRAZIONE
Dott. Ing. Luca Bernardini

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
E21D	06	D	17	RO	LF0800	001	C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	A. Cozzolino	Agosto 2021	M. Damiani	Agosto 2021	A. Peresso	Agosto 2021	A. Falaschi Settembre 2021
B	EMISSIONE A SEGUITO COMMENTI DELLA STAZIONE APPALTANTE	A. Cozzolino	Settembre 2021	M. Damiani	Settembre 2021	A. Peresso	Settembre 2021	
C	EMISSIONE A SEGUITO COMMENTI DELLA STAZIONE APPALTANTE	A. Cozzolino	Settembre 2021	M. Damiani	Settembre 2021	A. Peresso	Settembre 2021	

File: E21D06D17ROLF0800001C.docx		n. Elab.:

Informazione ad uso interno - Internal use information

INDICE

1 PREMESSA 5
2 RIFERIMENTI NORMATIVI 6
2.1 Norme di carattere generale 6
2.2 Norme impianti di cabina ed allacciamenti 7
3 ACRONIMI E ABBREVIAZIONI 8
4 INTERVENTI PREVISTI 10
5 ARCHITETTURA SISTEMA DI ALIMENTAZIONE 11
5.1 Alimentazione ordinaria 11
5.2 Alimentazione no break 12
6 ILLUMINAZIONE NEI FABBRICATI 14
6.1 Criteri generali 14
6.2 Parametri illuminotecnici: illuminazione ordinaria 14
6.3 Criteri di accensione e spegnimento illuminazione ordinaria 14
6.4 Illuminazione ordinaria 15
6.4.1 Illuminazione a soffitto 15
6.4.2 Illuminazione fosse di ispezione 18
6.4.3 Illuminazione locali tecnici, spogliatoi, WC 18
6.4.4 Illuminazione negli uffici e nei locali con videoterminali 19
6.5 Illuminazione di Emergenza 19
6.5.1 Illuminazione di emergenza a soffitto nel deposito: 20
6.5.2 Illuminazione di emergenza nelle fosse di ispezione 21
6.5.3 Illuminazione di emergenza negli uffici, WC, spogliatoi, etc. 21
6.6 Illuminazione esterna 21
7 IMPIANTI DI FORZA MOTRICE 22
7.1 Utenze fisse 22

7.2 Prese industriali 22
7.3 Prese di tipo civile 23
8 CANALIZZAZIONI E CAVIDOTTI 25
8.1 Canalizzazioni e cavidotti interni ai fabbricati 25
9 RETE DATI 26
9.1 Rete dati nei locali uffici 26
9.2 Rete dati nel deposito 26
10 SISTEMA DI GESTIONE DELLA MANUTENZIONE, DI CONTROLLO E SUPERVISIONE IMPIANTI E ATTREZZATURE 28
10.1 Premessa 28
10.2 Requisiti del Sistema di controllo e gestione 29
10.3 Architettura del Sistema 30
10.4 Elementi del Sistema 31
10.4.1 PLC di monitoraggio 31
10.4.2 Rete Dati 31
10.4.3 Sistema Scada 32
10.4.4 Servizio Cloud 32
11 IMPIANTO FOTOVOLTAICO 33
11.1 Terminologia 33
11.2 Caratteristiche generali dell'impianto 34
11.2.1 Irraggiamento globale 34
11.2.2 Tensione DC di campo 35
11.2.3 Pannelli FV 35
11.2.4 Inverter DC/AC 36
11.2.5 Monitoraggio impianto 36
11.2.6 Inverter di stringa e DDG 37
11.2.7 Cavi e cablaggi 37
11.2.8 Impianto di messa a terra 38
11.2.9 Sistema di Protezione Interfaccia SPI 38

11.3 Dimensionamento dell'impianto 38
11.3.1 Scheda tecnica dell'impianto 38
11.3.2 Energia prodotta 39
11.4 PROCEDURE DI CALCOLO 40
11.4.1 Criterio generale di dimensionamento linee 40
11.4.2 Cavi DC e AC – Caduta di tensione 40
11.4.3 Criterio di verifica elettrica 40
11.5 VERIFICHE DI DIMENSIONAMENTO ED ELETTRICHE 41
11.5.1 Dimensionamento e Verifica Inverter 41
11.5.2 Verifiche elettriche MPPT 1, MPPT 2, MPPT 3 41
11.5.3 Verifiche elettriche MPPT 4, MPPT 5 42
12 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA 43
12.1 Calcolo della sezione dei cavi 43
12.2 Verifica della caduta di tensione ammissibile 44
12.3 Protezione contro i sovraccarichi 45
12.4 Protezione contro i corto circuiti 46
12.5 Lunghezza massima protetta per guasto a terra 47
12.6 Protezione contro i contatti diretti 47
12.7 Protezione contro i contatti indiretti 48

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica, allegata alla documentazione di progetto definitivo, ha per oggetto la descrizione degli impianti elettrici luce e forza motrice nell'ambito delle opere di rifacimento del deposito AMT di Gavette.

In particolare, vengono riportati e descritti:

- i contenuti e limiti di fornitura e la descrizione degli interventi previsti;
- la normativa di riferimento applicabile agli impianti in oggetto;
- i parametri tecnici di progetto e di riferimento previsti per il dimensionamento degli impianti elettrici;
- le specifiche tecniche e prestazionali dei principali componenti di impianto.

L'intervento generale consiste nella ristrutturazione dell'attuale deposito e nella realizzazione di due fabbricati all'interno dell'area dell'impianto. La copertura del deposito inoltre sarà in parte destinata ad un'area verde ed in parte destinata ad ospitare un impianto fotovoltaico.

Nei successivi paragrafi saranno date indicazioni sull'architettura del sistema di alimentazione elettrica e le scelte progettuali fatte, mentre nel disciplinare tecnico saranno date indicazioni sulle apparecchiature da utilizzare nell'ottica di realizzare un impianto funzionale e conforme alle normative vigenti.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi di cui si è tenuto conto nello sviluppo della progettazione sono, in linea indicativa ma non esaustiva, i seguenti:

2.1 Norme di carattere generale

- Legge 1 marzo 1968 n.186 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici;
- Legge 18 ottobre 1977 n.791 Attuazione della Direttiva del Consiglio delle Comunità Europee (CEE), n.72/73, relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione;
- Decreto 22 gennaio 2008 n.37 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 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;
- Norma CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;
- Norma CEI 0-3 Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati;
- Norme CEI 64-8/1-2-3-4-5-6-7 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Comprese tutte le varianti a tali norme;
- Norma CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario;
- Norma CEI 64-14 Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori;
- Norma CEI 64-50 Edilizia residenziale – Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori ausiliari e telefonici;
- CEI EN 62305-1 "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali" Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-2 "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio" Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-3 "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone" Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-4 "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture" Febbraio 2013;
- CPR – UE 305/11 Regolamento Prodotti Da Costruzione;
- Prescrizioni di Autorità Locali, comprese quelle dei Vigili del Fuoco;
- Prescrizioni e raccomandazioni dell'INAIL;
- Norme e tabelle di unificazione UNEL ed UNI;
- Leggi, regolamenti e circolari tecniche che venissero emanate in corso d'opera;
- Normative, Leggi, Decreti Ministeriali regionali o comunali.

2.2 Norme impianti di cabina ed allacciamenti

- CEI 0-16 “Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle Imprese distributrici di energia elettrica”;
- CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua”;
- Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua”;
- Norme CEI 11-37 Guida per l’esecuzione degli impianti di terra di stabilimenti industriali sistemi di I, II e III categoria.

3 ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

Nel presente paragrafo sono riportati i principali acronimi che nel seguito del presente documento saranno ricorrenti.

Quadri elettrici	
Q.M.T.	Quadro di media tensione situato all'interno del locale cabina MT/BT
Q.G.B.T.	Quadro elettrico generale di bassa tensione
Q_DEP_LUCI	Quadro elettrico principale Deposito - Sezione Luci
Q_DEP_FM	Quadro elettrico principale Deposito - Sezione Forza Motrice
Q_CAB	Quadro elettrico principale Cabina di Trasformazione
Q_ANT	Quadro elettrico principale Centrale Idrica Antincendio
Q_COMP	Quadro elettrico principale Locale Compressori
Q_PMOV	Quadro elettrico Palazzina Movimento - Piano Terra
Q_PMOV_PP	Quadro elettrico Palazzina Movimento - Piano Primo
Q_TEC_PMOV	Quadro elettrico Centrale Tecnologica Palazzina Movimento
Q_PSER	Quadro elettrico Palazzina Servizi - Piano Terra
Q_PSER_PP	Quadro elettrico Palazzina Servizi - Piano Primo
Q_PSER_PS	Quadro elettrico Palazzina Servizi - Piano Secondo e Terzo
Q_TEC_PSER	Quadro elettrico Centrale Tecnologica Palazzina Servizi
Q_FV	Quadro elettrico Impianto Fotovoltaico

Informazione ad uso interno - Internal use information

Q_RISC	Quadro elettrico Impianto Radiante a Soffitto
CPSS	Central Power Supply System

4 INTERVENTI PREVISTI

L'oggetto del presente appalto consiste nella realizzazione di un nuovo impianto elettrico e dati a servizio di tutte le apparecchiature presenti nel nuovo impianto, comprese le luci. In particolare, gli interventi previsti sono i seguenti:

- Realizzazione di una nuova cabina MT/BT, all'interno della quale saranno presenti:
  - Il quadro di media tensione (nel seguito Q.M.T.);
  - Due trasformatori 20kV/400V da 1.600 kVA;
  - Il quadro generale di bassa tensione (nel seguito Q.G.B.T.);
- Realizzazione di una serie di quadri di zona, alimentati dal Q.G.B.T., che andranno ad alimentare le utenze elettriche nelle varie zone in cui è suddiviso il deposito;
- Realizzazione di un impianto di illuminazione ordinaria e di emergenza dimensionato in modo tale da garantire all'interno di tutti gli ambienti i livelli minimi di illuminamento previsti dalla normativa;
- Realizzazione di un impianto Forza Motrice costituito da una serie di prese posizionate a parete e sui pilastri del fabbricato che consentano l'alimentazione di tutte le apparecchiature con presa a spina;
- Realizzazione di una serie di partenze dai vari quadri di distribuzione che andranno ad alimentare direttamente le utenze fisse dotate di quadro di bordo macchina;
- Realizzazione di un impianto fotovoltaico da circa 272 kW di potenza di picco;
- Realizzazione di tutte le canalizzazioni necessarie alla posa dei cavi elettrici.

Informazione ad uso interno - Internal use information

5 ARCHITETTURA SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

5.1 Alimentazione ordinaria

Tutti gli impianti di Luce e Forza Motrice relativi all'intervento in oggetto saranno energizzati da una Cabina MT/BT situata all'interno dell'area Locali Tecnici, come indicato negli elaborati grafici.

Le caratteristiche principali dei due trasformatori sono di seguito descritte:

- Trasformatore in resina
- Potenza apparente 1.600 kVA
- Tensione primaria 20.000 V **da confermare (*)**
- Tensione secondaria 400 V
- Collegamento Primario - Secondario Triangolo-Stella con neutro a terra

Durante il normale funzionamento sarà energizzato soltanto un trasformatore; il secondo sarà di riserva al fine di garantire la continuità di esercizio in caso di guasto.

Dal quadro Q.G.B.T. verranno alimentati i quadri di distribuzione principali delle varie zone del deposito, attraverso cavi posati all'interno di canaline e passerelle metalliche.

Nell'elaborato "Schema a blocchi delle alimentazioni e distribuzione dei carichi" sono fornite tutte le indicazioni relative all'alimentazione dei quadri di distribuzione. Uno schema riassuntivo è riportato in Figura 1.

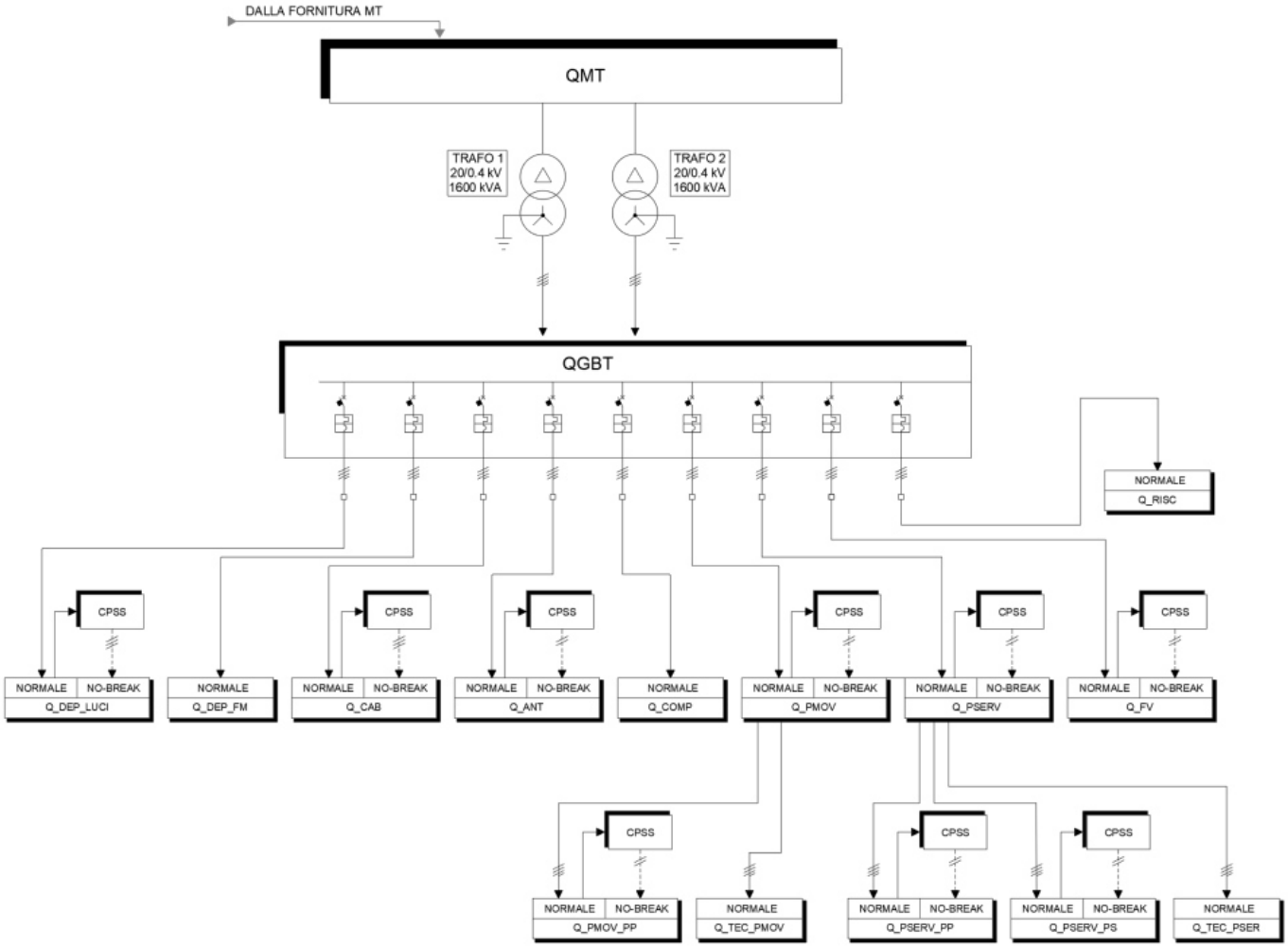


Figura 1: Schema a blocchi delle alimentazioni dei quadri di distribuzione alimentati dalla cabina MT/BT

(*) La tensione lato MT dovrà essere confermata a seguito della richiesta di nuovo allaccio all'ente distributore da parte della committenza.

5.2 Alimentazione no break

Il quadro elettrico Q_DEP_LUCI, destinato all'alimentazione del sistema di illuminazione, prevede una sezione "NORMALE" alimentata dalla fonte ordinaria di alimentazione e una sezione "NO-BREAK", per l'illuminazione di emergenza. Per garantire tale requisito è prevista l'installazione di un gruppo di continuità CPSS (Central Power Supply System) on line a doppia conversione di tipo VFI della potenza indicata in tabella.

Il CPSS sarà posizionato a dove indicato negli elaborati grafici di progetto.

L'illuminazione di emergenza degli altri ambienti del deposito verrà sempre alimentata dalla sezione NO-BREAK dei vari quadri di distribuzione, alimentate anche esse da CPSS della taglia indicata nella tabella sotto.

Impianto di riferimento	POTENZA CPSS [KVA]
Q_DEP_LUCI	30 kVA
Q_CAB	10 kVA
Q_ANT	6 kVA
Q_PMOV	6 kVA
Q_PMOV_PP	6 kVA
Q_PSER	6 kVA
Q_PSER_PP	6 kVA
Q_PSER_PS	6 kVA
Q_FV	3 kVA

6 ILLUMINAZIONE NEI FABBRICATI

6.1 Criteri generali

Gli impianti di illuminazione interna dei fabbricati saranno realizzati impiegando apparecchi illuminanti di tipologia diversa in relazione all'altezza dei locali, al valore di illuminamento richiesto, al compito visivo ed alla necessità di limitare i consumi energetici.

L'illuminazione interna ai locali dei fabbricati può essere suddivisa funzionalmente in "illuminazione ordinaria" ed "illuminazione di emergenza" a seconda della fonte di alimentazione; in particolare l'illuminazione ordinaria è alimentata dalla sezione normale dei quadri di distribuzione mentre l'illuminazione di emergenza" è alimentata dalla sezione "no break" degli stessi mediante cavi, canalizzazioni e casette di derivazione dedicate e indipendenti dalla sezione normale (circuiti di emergenza).

Le dimensioni dei tubi e delle canalette utilizzate per la posa dei cavi dei circuiti di illuminazione dovranno essere adeguate al numero ed al tipo di conduttori presenti.

Le tipologie di corpi illuminanti indicati nella presente relazione sono del tutto indicative. La scelta delle lampade dovrà essere realizzata nell'ottica di rispettare i requisiti richiesti dalla normativa vigente e sarà a cura dell'appaltatore la scelta del prodotto purché rispetti i requisiti minimi indicati negli elaborati di progetto.

6.2 Parametri illuminotecnici: illuminazione ordinaria

I parametri illuminotecnici presi a riferimento per il dimensionamento illuminotecnico dei vari ambienti (interni), sono desunti dalla Norma UNI EN 12464-1 edizione 2011 (Illuminazione dei luoghi di lavoro). Gli impianti saranno pertanto dimensionati sulla base dei valori di illuminamento descritti nella relazione di calcolo illuminotecnico.

6.3 Criteri di accensione e spegnimento illuminazione ordinaria

I comandi di accensione per l'illuminazione verranno centralizzati presso una o più pulsantiere generali, cablate in opportuno quadretto.

Ciascuna pulsantiera comanderà il rispettivo livello in accensione e spegnimento (n.1 pulsantiera per l'illuminazione generale a soffitto, n.1 per l'illuminazione delle fosse di ispezione, etc.).

Ogni pulsantiera sarà composta da una serie di pulsanti (uno per ogni circuito) collegati agli ausiliari degli attuatori delle luci. Il tipo di circuito ausiliare sarà costituito da relè passo-passo che comanderanno direttamente i contattori di potenza. In tal modo sarà possibile accendere/spegnere ogni circuito luci in modo indipendente in funzione delle diverse esigenze operative.

In ultimo, le pulsantiere saranno dotate di pannelli sinottici con spie a led che rappresenteranno i diversi circuiti previsti.

Per quanto concerne, invece, gli altri locali quali uffici, officine, magazzino, spogliatoi, etc. (di dimensioni ridotte e con occupazione intermittente) saranno previsti comandi di accensione locale con interruttori/pulsanti.

Per i servizi igienici sarà possibile implementare sistemi di accensione a mezzo di rivelatori di movimento.

6.4 Illuminazione ordinaria

Nel seguito saranno descritte le varie tipologie di corpi illuminanti utilizzate nei vari ambienti. Informazioni più dettagliate riguardo le caratteristiche delle apparecchiature sono riassunte nel disciplinare tecnico.

6.4.1 Illuminazione a soffitto

6.4.1.1 Corpi illuminanti

L'illuminazione a soffitto sia del deposito prevede l'impiego di corpi illuminanti a LED, adatti ad ambienti industriali e ad elevata efficienza luminosa con spettro ampio ed equipaggiate con driver DALI, simili a quelli rappresentati in Figura 2.

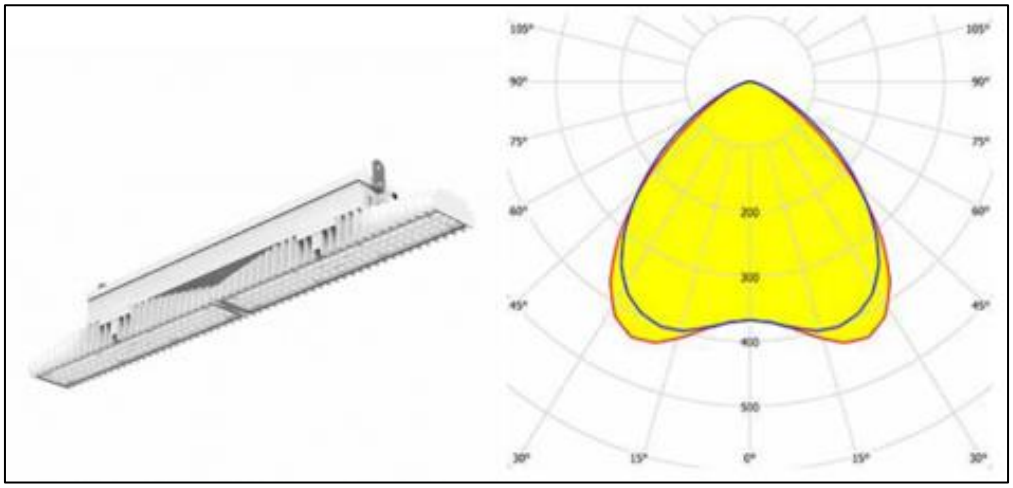


Figura 2: Tipologico lampada per illuminazione a soffitto deposito

Per tali apparecchi l'alimentazione sarà realizzata mediante un condotto sbarre 3P+N+T + DALI. Il condotto sarà staffato a soffitto tra le travi di collegamento superiori, in modo tale da non interferire con gli altri impianti. Per realizzare questo tipo di sistema ogni segmento del condotto vedrà due testate di alimentazione, una in testa e una in coda, che consentiranno di realizzare il sottoattraversamento della trave mediante cavo.

Le lampade saranno fissate mediante collari al condotto sbarre e saranno alimentate individualmente da spine di derivazione 1P+N+T + DATI da 10 A.

6.4.1.2 Condotto sbarre

I condotti sbarre che alimentano le file di lampade di taglia I_n=40A avranno le caratteristiche indicate nel disciplinare tecnico.

Le testate di alimentazione saranno poste nello spazio tra una trave di collegamento e l'altra e in testa al condotto sbarre e saranno alimentate da un cavo pentapolare, di sezione individuata negli elaborati di progetto, che parte dalla sezione Luci del Q_DEP_LUCI e si attesta ad esse mediante pressacavo.

Le lampade saranno alimentate da spine di derivazione monofasi che ciclicamente suddivideranno in modo uniforme il carico sulle 3 fasi.

I condotti sbarre dovranno essere forniti con idonei sistemi di staffaggio e coperture di estremità.

6.4.1.3 Sistema gestione con protocollo DALI dell'illuminazione ordinaria

Il progetto prevede un sistema di gestione degli apparecchi illuminanti a soffitto mediante tecnologia DALI. Tale standard sarà integrato in un sistema KNX mediante apposite interfacce.

Lo scopo principale nell'impianto in oggetto è:

- La regolazione del flusso luminoso delle lampade in funzione della luce naturale entrante dalle aperture finestrate perimetrali;
- La possibilità di programmare il funzionamento delle lampade secondo cicli temporali (ad esempio si potrà impostare lo spegnimento delle luci in un determinato intervallo di tempo);
- La possibilità di comandare l'accensione e spegnimento delle lampade in zone configurabili anche dopo la realizzazione dell'impianto (ad esempio si può suddividere l'impianto in più zone operative e se ci si accorge che questa suddivisione è stata mal configurata si può cambiare in qualsiasi momento).

Tali possibilità, oltre a garantire un notevole risparmio energetico, consentono all'utente di poter configurare l'impianto secondo le proprie esigenze che potrebbero anche variare nel tempo.

Un esempio di schema funzionale dell'impianto di gestione delle lampade con protocollo KNX/DALI è rappresentato nello schema di Figura 3.

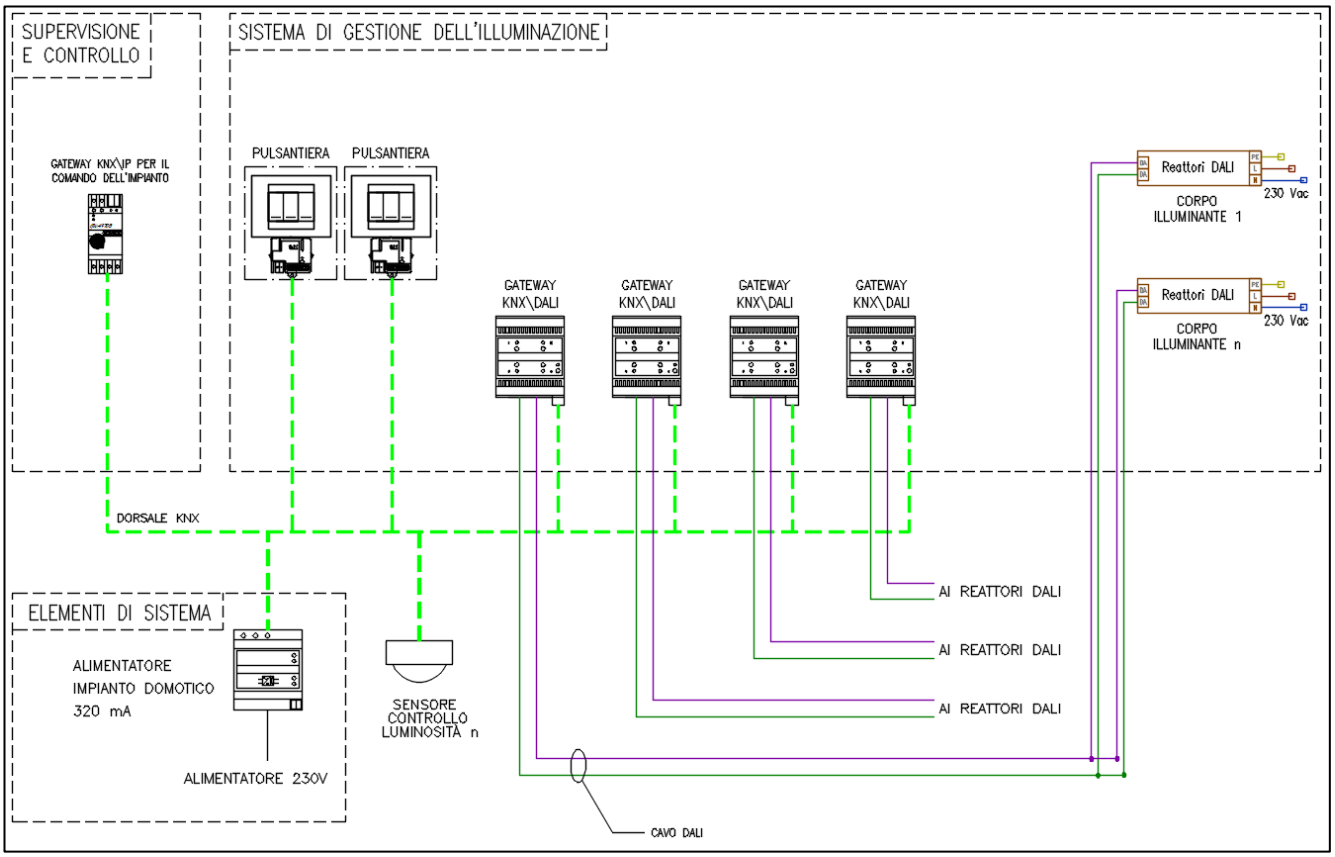


Figura 3: Schema di controllo dell'illuminazione con protocollo KNX/DALI

Come si evince dallo schema, saranno necessari una serie di elementi che svolgeranno le funzioni di seguito descritte:

- Gateway KNX/IP: elemento necessario per l'interfaccia del sistema con un PC per poter programmare l'impianto mediante appositi software: c'è la possibilità di gestire il sistema anche da remoto mediante APP;
- Alimentatore: elemento necessario per l'alimentazione dei vari componenti del sistema KNX;
- Pulsantiera: elementi che saranno posizionati in determinate zone dell'impianto e che consentiranno l'accensione e lo spegnimento delle lampade per zone;
- Sensori di controllo della luminosità: fotorilevatori che mediante varie tecnologie riescono a misurare i lux presenti su un determinato piano di lavoro;
- Gateway KNX/DALI: elementi che consentono di interfacciare fino a 64 dispositivi operativi DALI al sistema KNX: i dispositivi (reattori DALI ad esempio), gestiscono ogni corpo illuminante indipendentemente;
- Reattori DALI: elementi in grado di gestire mediante il protocollo DALI ogni singolo corpo illuminante.

6.4.2 Illuminazione fosse di ispezione

Per l'illuminazione delle fosse di ispezione saranno utilizzati apparecchi con elevato grado di tenuta contro la penetrazione di liquidi e particolare robustezza dell'involucro. Detti apparecchi saranno fissati mediante apposite staffe e collari alla parete della fossa o all'interno di una apposita risega; la disposizione degli apparecchi sarà del tipo "a quinconce", con interdistanza pari a circa 2 m (su una stessa fila).

Un tipologico della lampada è indicato in Figura 4:

Figura 4: Tipologico lampada per l'illuminazione delle fosse di ispezione

La distribuzione all'interno delle fosse su colonnine sarà effettuata con canaletta in acciaio zincato 50x50mm staffata alle colonnine delle fosse da visita; le derivazioni verranno effettuate con appositi morsetti contenuti all'interno di cassette stagne IP66 in lega di alluminio.

6.4.3 Illuminazione locali tecnici, spogliatoi, WC

Per l'illuminazione di locali tecnici, quali cabina MT/BT, centrale termica, spogliatoi e WC saranno utilizzate armature stagne LED staffate al soffitto oppure a sospensione simili a quelle rappresentate in Figura 5:

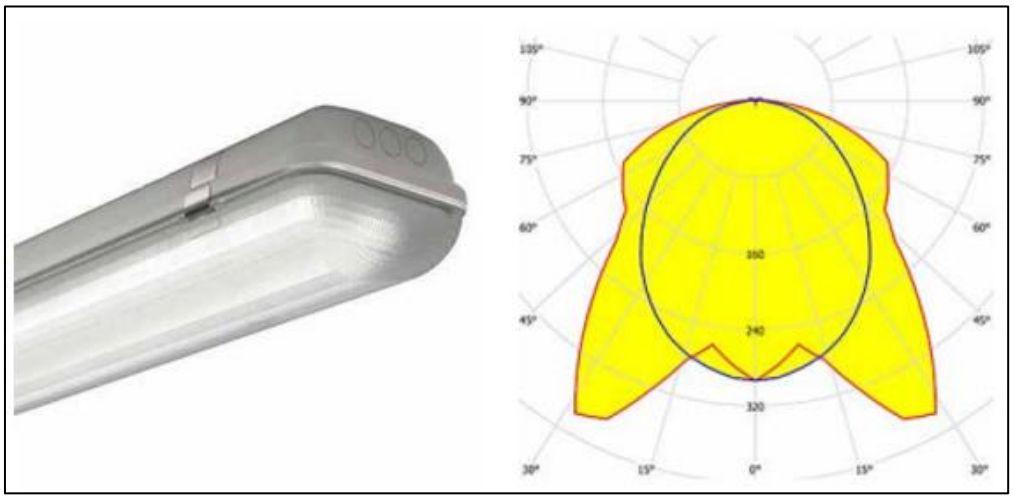


Figura 5: Tipologico lampada per l'illuminazione a soffitto del locale Centrale termica e Cabina MT/BT

6.4.4 Illuminazione negli uffici e nei locali con videoterminali

Per l'illuminazione all'interno degli uffici saranno utilizzate lampade LED con ottica darklight incassate nel controsoffitto, o staffate direttamente a soffitto, simili a quelle rappresentate in Figura 6:

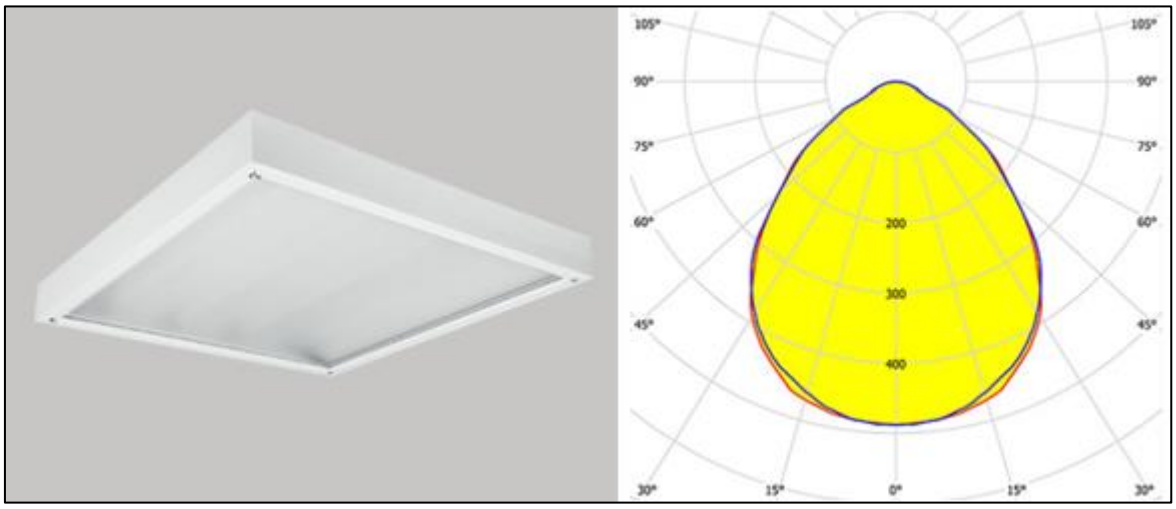


Figura 6: Tipologico lampada per l'illuminazione a soffitto dei locali ad uso ufficio

6.5 Illuminazione di Emergenza

L'illuminazione di emergenza permetterà, in caso di guasto all'illuminazione normale, l'evacuazione del personale dagli impianti in condizione di sufficiente sicurezza assicurando i minimi livelli di illuminazione richiesti dalle norme.

Per garantire questo requisito saranno posati degli apparecchi di illuminazione dedicati all'illuminazione di emergenza. Tali apparecchi saranno alimentati da CPSS conformi alla norma CEI EN 50171 o alimentati da batteria propria; essi saranno normalmente spenti ed entreranno automaticamente in servizio a seguito di fault dell'alimentazione normale.

I parametri illuminotecnici da prendere a riferimento per il dimensionamento illuminotecnico di emergenza possono essere desunti dalla norma UNI EN 1838.

Tuttavia, l'illuminazione di sicurezza è oggetto anche di specifiche disposizioni legislative che prevalgono sulla norma tecnica quando sono più restrittive. In virtù di queste considerazioni si è scelto di adottare i parametri illuminotecnici del DM 22/02/2006 capitolo 9.3, che prevedono:

- illuminamento minimo pari a 5 lux ad 1 metro di altezza dal piano di calpestio
- autonomia minima pari a 1 ora (2 ore per i locali uffici)
- tempo di intervento entro 0,5 secondi (interruzione breve)

Per l'illuminazione di emergenza sono stati scelti diversi apparecchi a seconda della posizione e dell'ambiente oggetto di intervento, in particolare:

6.5.1 Illuminazione di emergenza a soffitto nel deposito:

Un tipologico delle lampade utilizzate per l'illuminazione di emergenza a soffitto nel deposito è indicato in Figura 7:

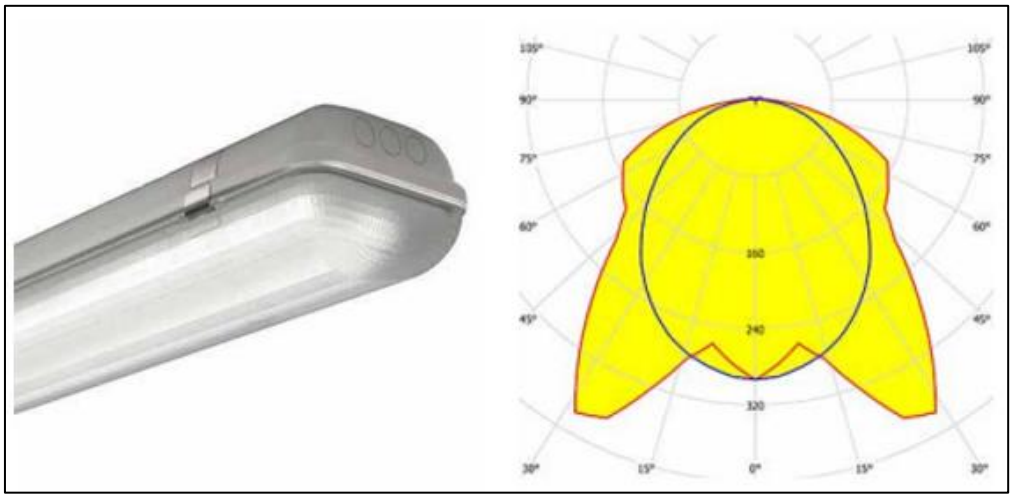


Figura 7: Tipologico lampada per l'illuminazione di emergenza a soffitto

Tali lampade saranno staffate anch'esse alle blindo luce (in modo da non interferire con le lampade dell'illuminazione ordinaria) e saranno anch'esse alimentate dalla blindo. Infatti la blindo luce sarà dotata di linea per l'illuminazione ordinaria ma anche di linea per l'illuminazione di emergenza.

Tutti i cavi di alimentazione degli apparecchi per l'illuminazione di emergenza saranno del tipo FTG18OM16 (multipolari) con caratteristiche di resistenza al fuoco secondo CEI 20-45:V2 e saranno posati all'interno di canalizzazioni/cassette di derivazione metalliche distinte da quelle degli impianti di illuminazione "ordinaria".

6.5.2 Illuminazione di emergenza nelle fosse di ispezione

Le lampade utilizzate a tale scopo saranno analoghe a quelle utilizzate per l'illuminazione ordinaria nelle fosse di ispezione con la differenza che saranno alimentate dalla sezione NO-BREAK del quadro Q_DEP_LUCI.

Tutti i cavi di alimentazione degli apparecchi per l'illuminazione di emergenza saranno del tipo FTG18OM16 con caratteristiche di resistenza al fuoco secondo CEI 20-45 e saranno posati all'interno di canalizzazioni/cassette di derivazione metalliche distinte da quelle degli impianti di illuminazione "ordinaria".

6.5.3 Illuminazione di emergenza negli uffici, WC, spogliatoi, etc.

Negli ambienti più piccoli e con soffitti più bassi saranno utilizzate lampade simili a quelle rappresentate nel tipologico di Figura 7. Queste lampade tuttavia saranno dotate di propria batteria e si accenderanno in caso di mancanza dell'alimentazione ordinaria (funzionamento in emergenza non permanente: ENP). Tali corpi potranno essere staffati a parete o a soffitto prevalentemente in prossimità delle uscite di emergenza ma comunque disposte in modo tale da garantire i livelli di illuminamenti richiesti secondo quanto specificato nei paragrafi precedenti.

6.6 Illuminazione esterna

L'area esterna sarà illuminata mediante armature stradali a doppio isolamento, montate a testa palo su paline in acciaio di altezza 7 m fuori dal suolo. Tali corpi illuminanti saranno montati a testa palo.

Laddove possibile tali armature potranno anche essere staffate a parete ad una quota idonea. Qualora l'altezza della parete non consenta l'installazione delle armature stradali e non vi sia la possibilità di utilizzare paline, potranno essere utilizzati dei proiettori staffati a parete.

Le caratteristiche sia delle armature stradali che dei proiettori sono riportate nel disciplinare tecnico.

I cavi di alimentazione delle armature stradali staffate a parete e dei proiettori saranno posati in tubazioni metalliche e derivati alla singola lampada all'interno di scatole di derivazione metalliche con grado di protezione minimo IP55. Mentre nel caso di armature stradali montate a testa palo su paline metalliche i cavi di alimentazione saranno posati all'interno di tubazioni interrate in PVC e derivate all'interno di pozzetti.

7 IMPIANTI DI FORZA MOTRICE

Gli impianti di forza motrice sono principalmente a servizio delle macchine utensili e degli apparati per la manutenzione degli autobus. Le utenze elettriche saranno di seguito divise tra:

- Utenze fisse: cioè tutte gli elementi di attrezzaggio meccanico con proprio quadro di macchina, per l'alimentazione dei quali si prevedrà la fornitura e posa di un cavo di alimentazione opportunamente dimensionato e con tutte le relative protezioni: l'attestazione del cavo al quadro bordo macchina sarà realizzata dai fornitori dei vari impianti;
- Utenze mobili: cioè gli elementi dell'attrezzaggio meccanico che saranno alimentati tramite presa: tali macchine saranno dotate di presa a spina (maschio) e si andranno ad attaccare ai vari gruppi presa (femmina) dislocati all'interno dell'impianto.

7.1 Utenze fisse

Una serie di utenze sarà alimentata direttamente da una partenza dedicata dai quadri di distribuzione e non da una presa a spina. Pertanto, all'interno dei quadri di distribuzione c'è una partenza dedicata per ognuno di questi macchinari a protezione del cavo di alimentazione e dell'operatore. Altre protezioni sono poi normalmente previste insieme a tutte le apparecchiature di potenza (interruttori di manovra, contattori, interruttori automatici, azionamenti, ecc.) e di controllo (relè, controllori programmabili, dispositivi di misura e regolazione, ecc.) direttamente all'interno del Quadro di Bordo Macchina o del Quadro di Controllo dell'apparecchiatura stessa.

7.2 Prese industriali

I gruppi prese all'interno del deposito saranno a servizio delle utenze mobili e saranno disposti secondo quanto indicato negli elaborati grafici di progetto. Per consentire agli operatori l'utilizzo delle apparecchiature saranno previsti una serie di gruppi presa disposti perimetralmente nel fabbricato o staffati ai pilastri. Un esempio di questa tipologia di gruppi presa è rappresentato in Figura 8. Tali prese saranno alimentate da conduttori FG16(O)M16 posati in tubi in PVC discendenti dalle canaline perimetrali.

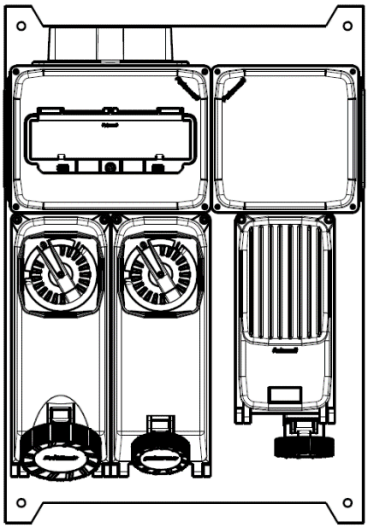


Figura 8: Tipologico gruppo prese

Il gruppo prese si compone di un quadro di potenza in allumino pressofuso o in resina termoindurente montato su una piastra di acciaio verniciato. Esso si compone di due prese interbloccate con interruttore magnetotermico e una presa con trasformatore, la protezione generale è costituita da un interruttore differenziale. Più nel dettaglio si avrà:

- N°1 presa interbloccata 32 A 3P+T 400V;
- N°1 presa interbloccata 16A 1P+N+T 230V;
- N°1 presa con trasformatore 2P 24 V 150 VA;
- Interruttore differenziale generale a monte 4P - 63 A - I_{dn} = 30 mA - classe AC;

Dal quadro di distribuzione partiranno più circuiti che a loro volta alimenteranno più gruppi prese: dalla dorsale principale poi verranno derivate le singole prese per mezzo di appositi morsetti contenuti all'interno di cassette stagne IP66.

7.3 Prese di tipo civile

In alcuni locali dell'impianto, quali uffici, spogliatoi, WC, etc. saranno previste delle prese di tipo civile a servizio di apparecchiature quali PC, stampanti, asciugacapelli, etc. A seconda delle esigenze le tipologie di prese installate potranno essere:

- n°1 presa 2P+T 10/16 A standard tedesco/italiano P40 + n°1 presa bipasso 10/16A 2P+T 230V P17
- n°2 prese 2P+T 10/16 A standard tedesco/italiano P40 + n°2 prese bipasso 10/16A 2P+T 230V P17

- n°1 presa bipasso 10/16A 2P+T 230V P17

Tali prese saranno installate all'interno di scatole portafrutto in PVC di adeguate dimensioni e opportunamente realizzate a seconda dell'ambiente in cui le prese andranno posizionate (ad esempio nei locali WC dovranno essere IP55 minimo).

8 CANALIZZAZIONI E CAVIDOTTI

8.1 Canalizzazioni e cavidotti interni ai fabbricati

All' interno del deposito le canalizzazioni ed i cavidotti saranno costituite da:

- Canala porta cavi con o senza coperchio, asolata o non, di dimensioni specificate negli elaborati grafici, ricavata da lamiera in acciaio, costituita da elementi prefabbricati, ribordati, traforati e zincati, dopo tutte le lavorazioni meccaniche, per immersione in bagno di zinco fuso, in modo da non presentare nessun punto scoperto, con deposito di zinco di almeno 70 micron, compresi tutti i pezzi speciali (curve, derivazioni, incroci riduzioni, ecc.) le relative staffe di sostegno poste alla distanza massima di 2 m l'una dall'altra, la bulloneria e gli accessori vari zincati, occorrenti per l'assiemaggio e fissaggio, le opere murarie occorrenti, e quant'altro necessario per rendere la stessa in opera pronta all'uso;
- Tubi in acciaio zincato completi di raccordi e scatole di derivazione per la distribuzione a servizio degli apparecchi di illuminazione di emergenza delle fosse di visita e degli apparecchi installati a soffitto o perimetralmente.
- Tubi in PVC rigido di vari diametri per la posa a vista;
- Tubi in PVC flessibile di vari diametri per la posa a vista;
- Guaina PVC autoestinguente secondo UL94-V0 rivestita con treccia di filo in acciaio zincato, utilizzata nelle derivazioni ai gruppi prese installate sulle colonnine metalliche;
- Tubi in PVC rigido, serie pesante, intervallati da pozzetti in CAV e coperchio in ghisa.

9 RETE DATI

In questo progetto esecutivo sarà prevista una rete di trasmissione dati all'interno del deposito.

La rete avrà origine da un router connesso in fibra ottica al network di un provider scelto dalla committenza. L'impianto avrà come centro stella un rack, all'interno di quest'ultimo saranno ubicati tutti i dispositivi quali switch, alimentatori, router, e quant'altro necessario. Il rack sarà situato al primo piano nello stesso locale dove è prevista l'ubicazione della centrale TVCC.

9.1 Rete dati nei locali uffici

Il primo piano del fabbricato di nuova costruzione sarà adibito ad uso uffici. Ognuno di questi uffici dovrà essere dotato di:

- N°1 prese RJ45 per postazione per connessione internet PC;
- N°1 prese RJ45 per postazione per connessione telefonia tipo VOIP;
- N°2 prese RJ45 per postazione di riserva.

In base al numero di prese dati saranno previsti un numero opportuno di switch alimentati mediante fibra ottica o cavo UTP in base alla distanza effettiva dal rack principale.

Gli switch saranno alimentati dalla rete privilegiata "no break", in modo da garantire la disponibilità dei dati anche in caso di mancanza di alimentazione ordinaria.

Un tipologico di collegamento delle prese dati agli switch è indicato in Figura 9.

9.2 Rete dati nel deposito

All'interno del deposito dovrà essere posata una linea ad anello in fibra ottica multimodale che sarà posata in una canalizzazione dedicata. Tale anello dipartirà dal rack centro stella al secondo piano e percorrerà perimetralmente tutto il fabbricato deposito ed in prossimità delle aree da servire saranno collegati gli switch per la predisposizione delle prese dati o di eventuali access point Wi-Fi.

In particolare, le principali zone da servire con la rete dati di nuova realizzazione saranno:

- Zone collaudo;
- Zone per verifica;

Gli switch saranno alimentati dalla rete privilegiata "no break", in modo da garantire la disponibilità dei dati anche in caso di mancanza di alimentazione ordinaria.

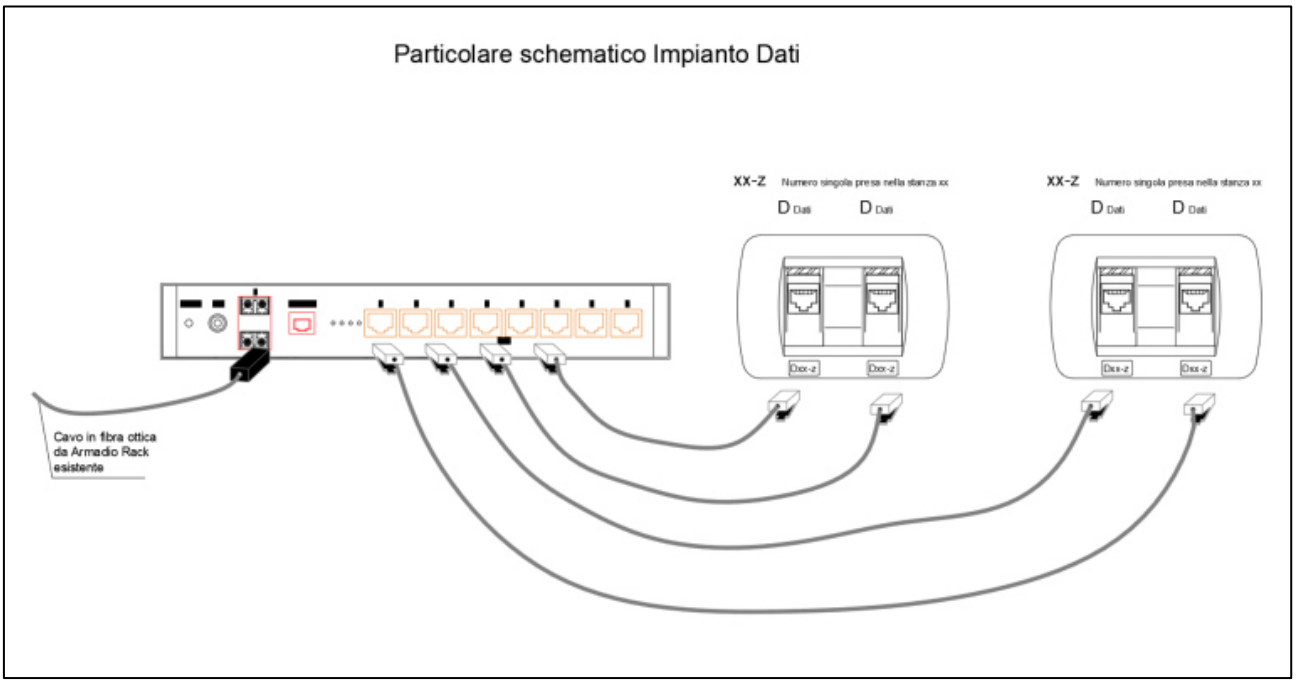


Figura 9: Tipologico collegamento Switch - prese dati

10 SISTEMA DI GESTIONE DELLA MANUTENZIONE, DI CONTROLLO E SUPERVISIONE IMPIANTI E ATTREZZATURE

10.1 Premessa

Nell'ambito del progetto di riqualificazione del deposito di Gavette sarà prevista la realizzazione di un sistema della gestione della manutenzione avanzato ed in grado di garantire qualità del servizio e disponibilità dei mezzi di trasporto pubblico.

Il sistema è ampliabile a tutto il parco mezzi pubblici in carico ad AMT.

La flotta dovrà essere gestita da un sistema (Fleet Management) che consenta attraverso la raccolta e l'analisi dei dati provenienti dai sensori di diagnosi, a bordo dei mezzi, di generare: allarmi di vario livello, ordini di lavoro per gli impianti di manutenzione, supporto in casi di degradazione dei sistemi per la ultimazione del servizio.

Nello specifico, oltre al sistema di "Fleet Management", sarà implementato un sistema di controllo e supervisione delle diverse apparecchiature costituenti l'attrezzaggio meccanico e gli impianti tecnologici a servizio della manutenzione degli autobus.

La scelta di implementare un sistema innovativo di gestione dei macchinari nasce dall'esigenza di voler monitorare in tempo reale macchine ed impianti e poter schedulare gli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria e predittiva in maniera efficace anche attraverso un servizio di teleassistenza da remoto.

Invero, la tendenza attuale che ha visto una evoluzione della manutenzione dall'approccio "preventiva", "correttiva" del trasporto stradale e ferroviario, all'approccio "predittiva", necessita di un sistema di gestione completo per il governo di tutti i processi. Tale sistema dovrà essere supportato da dotazioni tecniche per i mezzi e gli impianti riscontrabili nel nuovo modello di gestione della flotta e manutenzione della stessa.

Nel caso specifico, le soluzioni tecniche che consentiranno di implementare originalità ed innovazione al progetto della gestione delle attività di rimesse e officine sono:

- Attrezzature ed impianti di nuova generazione per gli interventi ai sottosistemi dei mezzi;
- Sistema di raccolta dati provenienti dai mezzi di trasporto per la definizione degli interventi necessari ai vari livelli e sulla disponibilità della linea di produzione interna all'impianto di manutenzione.
- Gestione del magazzino\i ricambi e delle scorte principalmente per i mezzi di trasporto;
- Gestione degli interventi di soccorso in strada compresa sostituzione dei mezzi guasti (gestione del traffico) e relativa informazione verso il pubblico.

Pertanto, l'officina sarà attrezzata con postazioni di lavoro che dovranno consentire autonomia e completezza delle lavorazioni riducendo al minimo lo spostamento dei mezzi.

10.2 Requisiti del Sistema di controllo e gestione

Il sistema di controllo e gestione raccoglierà i dati in continuo provenienti dai mezzi durante il servizio ma anche all'ingresso degli impianti di manutenzione. Il software di gestione della manutenzione consentirà di analizzare i dati e supportare la gestione nella definizione degli interventi sui mezzi.

Il sistema di gestione dovrà:

- conservare lo storico di ogni mezzo attraverso la creazione di un database per il monitoraggio del funzionamento durante la vita operativa;
- conservare e aggiornare manuali della manutenzione in formato digitale, utilizzabili in collegamento dagli operatori;
- monitorare la consistenza del magazzino\i e delle scorte;
- monitoraggio in tempo reale degli impianti e delle attrezzature di officina;
- effettuazione in tempo reale degli ordini di lavoro per gli operatori delle postazioni di lavoro compreso magazzino.

Gli ordini di lavoro saranno inviati agli operatori in campo con tutte le necessarie informazioni necessarie anche in forma animata per la guida all'effettuazione dell'intervento e delle attrezzature necessarie.

I manuali per la manutenzione utilizzabili in formato digitale dovranno essere forniti dai Costruttori dei mezzi e delle attrezzature.

Per ottenere il massimo dell'efficienza dell'officina, in modo da limitare al minimo l'indisponibilità dei mezzi, gli impianti di manutenzione saranno dotati di un avanzato sistema di conduzione e manutenzione degli impianti tecnologici e dell'attrezzaggio meccanico.

La soluzione tecnica di supervisione si baserà su due elementi principali:

- Monitoraggio in tempo reale delle attrezzature meccaniche, di diagnostica e degli impianti di officina;
- Necessità di gestire al meglio gli interventi di manutenzione ai vari livelli anche attraverso teleassistenza remota da Ditte esterne specializzate.

Alla prima esigenza farà riferimento un sistema Scada che raccoglierà i dati di funzionamento delle attrezzature e impianti attraverso una "network di impianto" da ogni centralina degli stessi. Il sistema di raccolta si adatterà ai protocolli dei sistemi dei singoli costruttori delle macchine con la doppia possibilità di:

- Valutare l'aspetto produttivo delle attrezzature;
- Controllare e gestire i consumi degli impianti (es: riscaldamento, elettrico, ecc).

La gestione sarà basata su un sistema cloud quest'ultimo accessibile in sicurezza dalla rete locale ma anche dall'esterno dell'impianto di manutenzione in modo da far accedere alle informazioni le Ditte incaricate della manutenzione per una gestione degli interventi in tempo reale e basata sulle reali esigenze delle apparecchiature.

Le attrezzature utilizzate negli impianti di manutenzione saranno dotate di sensori di ultima generazione che consentiranno di anticipare, attraverso il controllo di alcune informazioni sensibili (vibrazioni, temperature, …), eventuali criticità che potranno manifestarsi e che potranno essere determinabili temporalmente attraverso l'analisi dei dati stessi.

Il sistema di gestione della manutenzione prevedrà tutte le interfacce per assolvere le seguenti funzioni:

- Raccolga dei dati raccolti dai sottosistemi interni ed esterni;
- Organizzazione dei dati complessi per semplificare la definizione delle azioni in risposta agli scenari.

Il diagramma allegato alla presente relazione propone uno schema tipologico scalabile per il presente progetto.

10.3 Architettura del Sistema

Il sistema proposto presenterà le seguenti principali caratteristiche e sarà strutturato su più livelli:

- Sensori e PLC di monitoraggio a bordo macchina e sulle centraline di gestione degli impianti;
- Rete di raccolta dati;
- Sistema SCADA di analisi e supervisione dei dati;
- Gestione e coordinamento;
- Disponibilità in sicurezza delle informazioni in CLOUD.

L'interconnessione tra i vari livelli sarà costituita da una infrastruttura di rete cablata o Wi-Fi con la capacità di garantire la banda richiesta dai dispositivi connessi.

L'elemento concentratore sarà costituito da un server SCADA secondo un'architettura Client/Server in cui i client saranno dotati di software di gestione con pagine grafiche riportanti le funzionalità e/o gli interventi da effettuare per le macchine e gli impianti supervisionati. Il software di gestione previsto per lo SCADA dovrà essere interfacciato con un modello 3D semplificato delle macchine/impianti e dovrà indicare il loro posizionamento all'interno del deposito.

Il software di manutenzione dovrà contenere i manuali di uso e manutenzione di tutte le macchine gestite e le operazioni degli interventi basilari nonché lo scadenzario e lo storico delle operazioni effettuate.

L'accesso alle informazioni dovrà essere consentito, garantendo l'adeguata sicurezza e riservatezza, anche con applicativi di tipo web-browser per permettere le operazioni di manutenzione gestite da società esterne.

I principali servizi esposti dal server saranno quelli di:

- Immagazzinamento dei dati (Data Base);
- Connessione attraverso protocolli di colloquio con i vari dispositivi;
- Accesso read/write al Data Base,
- Web service per offrire accessibilità alle pagine grafiche con smart devices (smartphone o Tablet)

Il sistema SCADA raccoglierà, in tempo reale, i dati di funzionamento di tutte le attrezzature e impianti attraverso una connessione locale (rete di stabilimento) ad ogni sistema di controllo (PLC di monitoraggio) offrendo così la possibilità di valutare i parametri di funzionamento delle attrezzature e gestire eventuali anomalie durante l'esercizio.

I dati principali, acquisiti e gestiti dal sistema di supervisione e controllo, saranno individuati dall'appaltatore su ogni differente apparecchiatura controllata. Ad esempio, alcuni possibili parametri da controllare su una macchina quale cavalletti di sollevamento potrebbero essere:

- Ore di funzionamento della macchina;
- Ore di funzionamento del motore di sollevamento;
- Temperatura massima raggiunta dal motore di sollevamento;
- Accelerometro a bordo macchina;
- Vibrometro a bordo macchina;
- Etc.

10.4 Elementi del Sistema

10.4.1 PLC di monitoraggio

Ogni macchina ed impianto connesso al sistema di controllo sarà equipaggiato con un PLC, oltre a quello di automazione utilizzato per il normale funzionamento, con la funzione di acquisire dati da sensori esistenti o aggiunti all'occorrenza, e di rendere disponibili gli stessi per il sistema di supervisione SCADA.

10.4.2 Rete Dati

All'interno dei capannoni saranno predisposte opportune infrastrutture di rete dati cablati, con cavi UTP/FTP CAT. 6A e/o fibra ottica in funzione delle lunghezze delle diverse tratte da servire, utili all'interconnessione tra i PLC di monitoraggio delle singole macchine e il concentratore costituito dal server SCADA.

10.4.3 Sistema Scada

Il sistema SCADA permetterà la visualizzazione e il comando degli impianti, gestirà la segnalazione e la tacitazione degli eventi, l'archiviazione di segnalazioni e valori di misura, protocollazione di tutti i dati di processo e configurazione, nonché la gestione degli utenti. Elemento principale dello SCADA è il server che esegue il campionamento dei dati, provenienti dai PLC di monitoraggio, e l'organizzazione degli stessi in un database relazionale (per la caratterizzazione e raggruppamento) e in un database seriale per il timing dei valori. I dati sono condivisi con i vari nodi di rete quali ad esempio i server edge del servizio Cloud.

Al Server Scada saranno connessi due PC con terminali touch, con funzione di client, che consentiranno una navigazione a pagine per l'osservazione e la configurazione delle macchine. Sarà disponibile anche una visione semplificata in 3D dell'intera officina e delle macchine rappresentate nella loro posizione attuale e con colore diverso a seconda del loro stato al quale l'operatore può fare riferimento per avere una visione generale delle attività in officina.

10.4.4 Servizio Cloud

La piattaforma Cloud elaborerà i dati provenienti dal sistema Scada, relativi gli impianti e le attrezzature, per garantire un servizio di manutenzione distribuito su uno o più operatori i quali avranno accesso attraverso il Cloud stesso a tutte le informazioni necessarie allo svolgimento delle attività di manutenzione ordinaria, straordinaria e predittiva. Il servizio Cloud consentirà di espletare il servizio di manutenzione dei macchinari e degli impianti attraverso uno strumento di monitoraggio attivo con controllo in tempo reale delle attività da eseguire o eseguite.

L'accesso alla piattaforma Cloud sarà regolamentato attraverso l'inserimento di un identificativo utente, precedentemente registrato, e di una password. A seconda della categoria e gruppo di appartenenza all'utente sarà dato accesso ad una predefinita serie di informazioni e funzionalità.

La pagina principale di accesso mostrerà una visione generale delle macchine di competenza con indicazione dello stato di manutenzione. La selezione di una macchina comporterà la presentazione del calendario degli interventi da eseguire in un arco temporale specificato.

11 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Nel deposito di Gavette, su una copertura esterna del fabbricato, individuata negli elaborati grafici, è prevista l'installazione di un impianto fotovoltaico connesso al Q.G.B.T. e destinato alla fornitura di energia elettrica per le attività che si svolgeranno all'interno del deposito e delle palazzine servizi.

Di seguito verranno definite le modalità di progettazione, le indicazioni e le prescrizioni per il dimensionamento di tale impianto.

Si evidenzia che i calcoli sono stati sviluppati con programmi software dedicati, i quali utilizzano le apparecchiature elettriche delle principali ditte fornitrici, universalmente riconosciuti di elevata affidabilità e debitamente validati. Le apparecchiature scelte per il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico sono indicative e non sono vincolanti rispetto alla marca o al modello scelto. Sarà a cura dell'appaltatore la scelta di componenti analoghi a quelli previsti in fase di progettazione esecutiva e la successiva verifica del corretto abbinamento stringa-inverter.

NOTA: il dimensionamento della sezione DC dell'impianto FV, in relazione al numero di pannelli per stringa ed all'abbinamento stringhe-inverter è indicativo, l'appaltatore in fase costruttiva dovrà eseguire e consegnare alla committenza una opportuna verifica tecnica del corretto dimensionamento ed abbinamento dei componenti che saranno utilizzati, nel rispetto delle normative vigenti al momento della realizzazione.

11.1 Terminologia

- Cella fotovoltaica: Dispositivo semiconduttore che genera elettricità quando è esposto alla luce solare.
- Modulo fotovoltaico: Assieme di celle fotovoltaiche elettricamente collegate e protette dagli agenti atmosferici, anteriormente mediante vetro e posteriormente con vetro e/o materiale plastico. Il bordo esterno e protetto da una cornice in alluminio anodizzato.
- Stringa fotovoltaica: Un gruppo di moduli elettricamente collegati in serie. La tensione di lavoro dell'impianto è quella determinata dal carico elettrico "equivalente" visto dai morsetti della stringa.
- Campo fotovoltaico: Un insieme di stringhe collegate in parallelo e montate su strutture di supporto, generalmente realizzate con profilati in acciaio zincato.
- Corrente di cortocircuito di un modulo o di una stringa: Corrente erogata in condizioni di cortocircuito, ad una particolare temperatura e radiazione solare.
- Tensione a vuoto di un modulo o di una stringa: Tensione generata ai morsetti a circuito aperto, ad una particolare temperatura e radiazione solare.
- Caratteristica corrente tensione di un modulo o di una stringa: Corrente erogata ad una particolare temperatura e radiazione, tracciata quale funzione della tensione di uscita.

- Potenza massima di un modulo o di una stringa: Potenza erogata, ad una particolare temperatura e radiazione, nel punto della caratteristica corrente tensione dove il prodotto corrente tensione ha il valore massimo.
- Condizioni standard di funzionamento di un modulo o di una stringa: Un modulo opera alle "condizioni standard" quando la temperatura delle giunzioni delle celle è 25 °C, la radiazione solare è 1.000 W/m2 e la distribuzione spettrale della radiazione è quella standard (AM 1,5).
- Condizioni operative di funzionamento di un modulo o di una stringa: Un modulo lavora in "condizioni operative" quando la temperatura ambiente e di 20°C, la radiazione di 800 W/m2 e la velocità del vento di 1 m/s.
- Potenza di picco: Potenza erogata nel punto di potenza massima alle condizioni standard
- Efficienza di conversione di un modulo: Rapporto tra la potenza massima del modulo ed il prodotto della sua superficie per la radiazione solare, espresso come percentuale.
- Convertitore cc/ca (Inverter): Convertitore statico in cui viene effettuata la conversione dell'energia elettrica da continua ad alternata, tramite un trasformatore e un ponte a semiconduttori, opportuni dispositivi di controllo, che permettono di ottimizzare il rendimento del campo fotovoltaico.

11.2 Caratteristiche generali dell'impianto

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato sulla apposita copertura del nuovo deposito di Gavette.

La potenza nominale di impianto installata lato DC sarà di 272 kWp, corrispondente alla max. potenza installabile sulla copertura, in funzione dei limiti imposti dalle dinamiche di ombreggiamento delle superfici, delle caratteristiche tecniche di potenza specifica ed ingombri dei pannelli prescelti, del corretto bilanciamento dei circuiti elettrici e degli inverter.

L'impianto fotovoltaico sarà connesso tramite il quadro di Q_FV al quadro generale di bassa tensione (Q.G.B.T.) nel locale cabina elettrica.

L'impianto è concepito e dimensionato per funzionare essenzialmente in autoconsumo, quindi gran parte dell'energia prodotta e processata dagli inverter di campo sarà utilizzata direttamente all'interno dello stabilimento, il surplus sarà ceduto alla rete in conformità con le vigenti regolamentazioni.

11.2.1 Irraggiamento globale

Una stima dell'irraggiamento su una superficie orizzontale a Genova nell'arco dell'anno è rappresentata in Figura 10 ed ammonta a circa 1.365 kWh/m^2*a.

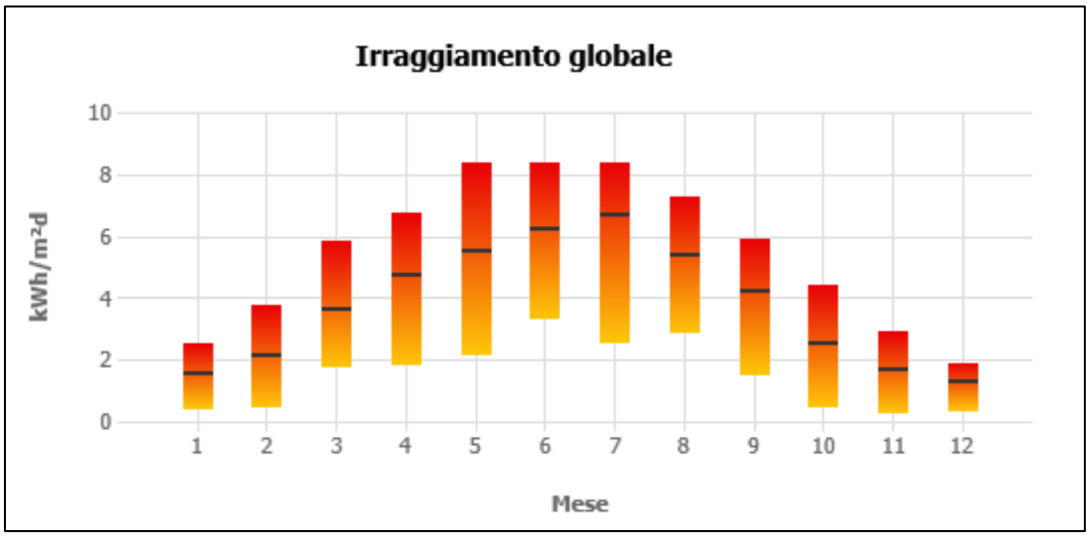


Figura 10: Irraggiamento globale stimato

11.2.2 Tensione DC di campo

La tensione del generatore fotovoltaico (tensione DC) viene determinata in base alla tecnologia dei pannelli, alle loro caratteristiche elettriche ed a quelle degli inverter che si prevede verranno utilizzati, nel rispetto dei limiti funzionali e delle curve di ottimale rendimento di tutti i componenti dell'impianto. Particolare attenzione è stata posta nel rispetto della tensione max. di sistema dc tollerabile sia dai pannelli che dagli inverter nonchè, ai fini di un ottimale rendimento dell'impianto, nella determinazione delle tensioni di stringa in condizioni di erogazione di energia dal campo, che risultano comprese nei limiti di funzionamento ottimale degli MPPT degli inverter, come evidenziato nelle successive tabelle di riepilogo.

11.2.3 Pannelli FV

L'impianto, nella sua componente di captazione dell'energia solare, è costituito da pannelli FV in silicio monocristallino, installati in modo complanare alla copertura (tilt=0°); detti pannelli saranno ancorati alla copertura mediante appositi profili di alluminio fissati alla copertura con rivetti stagni, come descritto in Figura 11, mentre i pannelli FV saranno ancorati alla copertura in pannello sandwich grecato mediante barre in profilato di alluminio, con l'ausilio di appositi morsetti.

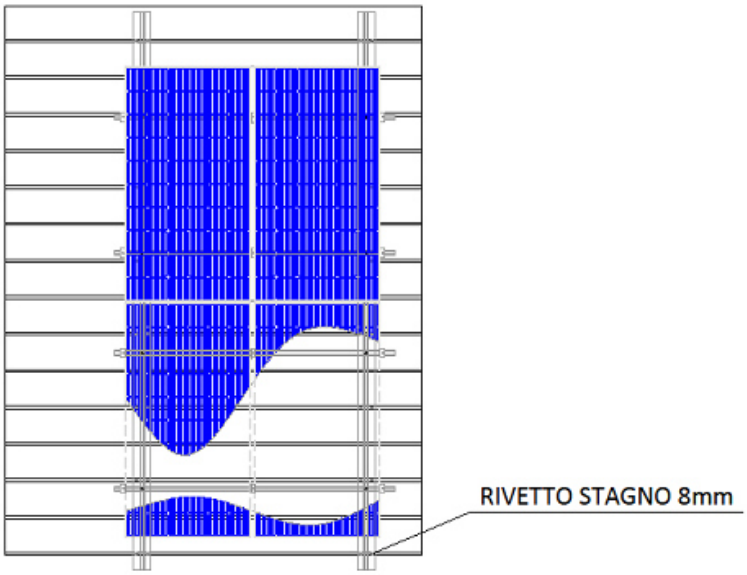


Figura 11: Tipologico del fissaggio dei pannelli (vista dall'alto)

11.2.4 Inverter DC/AC

Gli inverter di conversione della corrente DC in AC potranno essere posati direttamente sulla copertura (se il grado di protezione e le indicazioni del fornitore lo consentono) o potranno essere ubicati al di sotto della copertura all'interno di shelter appositamente costruiti. Si rimanda all'appaltatore tale scelta in funzione delle apparecchiature approvvigionate.

11.2.5 Monitoraggio impianto

Per garantire che l'impianto fotovoltaico mantenga nel tempo prestazioni ottimali è necessario dotare lo stesso di un sistema di monitoraggio prestazionale che ne registri l'andamento nel tempo dei parametri di funzionamento principali ed evidenzi tempestivamente guasti ed anomalie impattanti su livello di produttività.

Il sistema di monitoraggio in campo sarà costituito essenzialmente da un set di dispositivi in gradi di rilevare in tempo reale, ad intervalli ravvicinati di max. 15 min, i parametri meteo climatici quali irraggiamento solare, temperatura ambiente e dei pannelli, velocità del vento, livelli di produzione in uscita dall'impianto, inoltre si dovrà interfacciare con i singoli inverter acquisendone in principali dati di diagnostica e con i quadri elettrici principali, per acquisire lo stato delle protezioni generali.

Dal punto di vista installativo, il sistema di monitoraggio sarà composto dai seguenti elementi principali equipaggiati con opportuni moduli di trasmissione via cavo.

- Solarimetro, da posizionare solidalmente ad uno dei pannelli in posizione complanare allo stesso in modo da rilevare l'esatto valore di irraggiamento incidente sul piano pannelli.
- Sonda di temperatura pannelli, da installare per incollamento
- Sonda di temperatura ambiente
- Anemometro
- Datalogger per la raccolta dei dati dal campo e dagli inverter
- Gateway di trasmissione dati dal datalogger ad eventuali postazioni di controllo remote, in grado di utilizzare i più diffusi standard di trasmissione dati quali, a titolo indicativo, reti cellulari 4G, collegamenti cablati Ethernet, WiFi, ecc.), in funzione delle disponibilità locali e di eventuali accordi con la Committenza.

11.2.6 Inverter di stringa e DDG

Gli inverter di campo saranno del tipo cosiddetto "di stringa", vale a dire che presenteranno più di un MPPT ciascuno dei quali dotato di un certo numero di ingressi per il collegamento diretto dei cavi di stringa, senza la necessità di string-box di campo.

Non sono previsti fusibili sulle stringhe in ingresso, dal momento che il n. max. di stringhe in parallelo attestate su uno stesso ingresso non è superiore a 2, pertanto non esiste il pericolo di correnti inverse pericolose per la singola stringa.

A valle dell'inverter nel quadro Q_FV, è presente un sezionamento SI, costituito da un interruttore magnetotermico quadripolare di adeguata In con funzione di DDG (Dispositivo di Generatore) locale, abbinato ad uno scaricatore di tensione per linee AC; ciò allo scopo di consentire il sezionamento dell'inverter dalla linea AC in caso di manutenzione e di proteggerlo da eventuali sovratensioni rientranti attraverso la linea AC.

11.2.7 Cavi e cablaggi

Il cablaggio della sezione DC sarà realizzato con cavi unipolari di tipo H1Z2Z2-K conformi CPR 305/2011; la sezione delle linee di stringa sarà di 4mmq posati in passerelle in filo di acciaio zincato fissate alle strutture di ancoraggio dei pannelli per la parte di percorso sulla falda e sulla copertura fino all'inverter di competenza.

Le linee AC saranno realizzate con cavi CPR FG16(O)M16, transitanti su passerella portacavi asolata dotata di coperchio e fissata alla copertura fino al Q_FV.

11.2.8 Impianto di messa a terra

L'impianto di messa a terra dei componenti elettrici in classe I e delle strutture metalliche sarà realizzato con cavi unipolari in rame di tipo FG17 di opportuna sezione, alloggiati nelle stesse canalizzazioni delle linee elettriche di potenza.

11.2.9 Sistema di Protezione Interfaccia SPI

Il SPI che connette l'impianto alla rete è costituito da un relè di protezione interfaccia a norma CEI 0-16/4 (2019), il quale regola la connessione dell'impianto alla rete agendo su un Dispostivo di Interfaccia DDI costituito da un interruttore di Bassa Tensione ubicato nel Q_FV. Il relè di protezione interfaccia preleva la tensione di riferimento dalla cella misure MT di cabina come illustrato negli schemi di progetto. Lo stesso agisce sul Dispositivo di Rincalzo DDR costituito da un interruttore posizionato nel QGBT, che interviene in caso di malfunzionamento del DDI.

11.3 Dimensionamento dell'impianto

A fronte di una potenza nominale installata di **272 kW**, l'impianto genera una produzione di energia annua pari a circa **329 MWh**, derivante dai **680 moduli** da 400Wp.

11.3.1 Scheda tecnica dell'impianto

DATI GENERALI	
Località	Genova - deposito AMT Gavette
Latitudine	44°26'13" N
Longitudine	8°57'40" E
Altitudine	5 m

DATI TECNICI	
Numero totale moduli	680
Numero totale inverter	5
Posizionamento dei moduli	Su copertura orizzontale
Struttura di sostegno	Fissa
Inclinazione dei moduli (Tilt)	0°
Orientamento dei moduli (Azimut)	90°

CONFIGURAZIONE INVERTER		
MPPT	Numero di moduli	Stringhe per modulo
1	34	2 x 17
2	34	2 x 17
3	34	2 x 17
4	17	1 x 17
5	17	1 x 17
6	libero	libero

INVERTER	
Numero totale	5
Dimensionamento inverter (compreso tra 70 % e 120 %)	108,8 % (VERIFICATO)
Uscita AC	Trifase

11.3.2 Energia prodotta

L'energia totale annua prodotta dall'impianto è **329,29 MWh**.

Nel grafico in Figura 12 si riporta il valore calcolato di energia prodotta su base mensile:

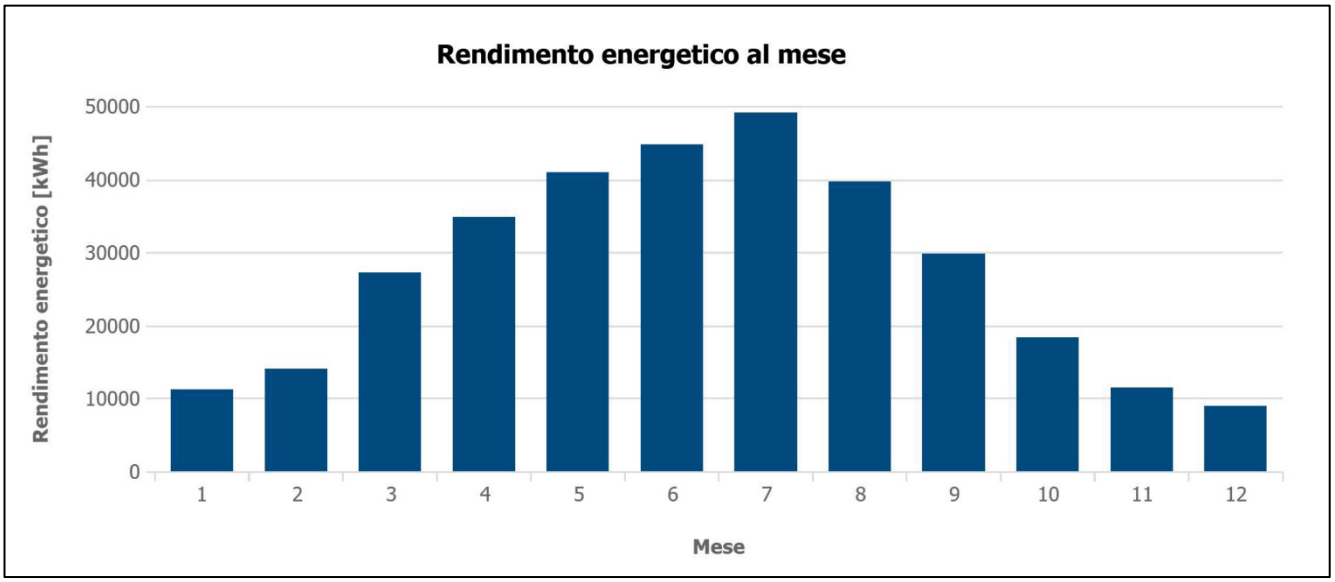


Figura 12: Rendimento energetico impianto FV su base mensile

11.4 PROCEDURE DI CALCOLO

11.4.1 Criterio generale di dimensionamento linee

Il dimensionamento della sezione delle linee elettriche in funzione della portata deve rispettare la relazione $I_b<I_z$, dove:

- Ib è la corrente di impiego circolante nella linea in oggetto
- Iz è la portata max. della linea stessa nelle effettive condizioni di posa ed utilizzo, che si ricava dalle tabelle di portata dei cavi in relazione alle condizioni di posa.

Oltre a quanto sopra, per le linee DC di campo deve essere rispettata l'ulteriore relazione:

$$I_Z > I_B = 1{,}25 \cdot I_{SC}$$

Dove:

- I_Z = portata del cavo
- I_B = corrente di impiego
- I_{SC} = corrente di corto circuito del pannello FV o della stringa.

11.4.2 Cavi DC e AC – Caduta di tensione

Il dimensionamento di progetto, tanto per le linee DC che per quelle AC, consente di contenere la caduta di tensione entro il limite normativo del 4%; in particolare per le linee DC di stringa il valore di caduta di tensione è contenuto entro il 3%.

11.4.3 Criterio di verifica elettrica

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT: Tensione nel punto di massima potenza, Vm, a 70 °C maggiore o uguale alla Tensione MPPT minima (Vmppt min).

TENSIONE MASSIMA: Tensione di circuito aperto, Voc, a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di ingresso dell'inverter.

TENSIONE MASSIMA MODULO: Tensione di circuito aperto, Voc, a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di sistema del modulo.

CORRENTE MASSIMA: Corrente massima (corto circuito) generata, Isc, minore o uguale alla corrente massima di ingresso dell'inverter.

11.5 VERIFICHE DI DIMENSIONAMENTO ED ELETTRICHE

11.5.1 Dimensionamento e Verifica Inverter

La configurazione dell'architettura elettrica è la medesima per tutti i 5 inverter costituenti il generatore fotovoltaico; detta configurazione prevede che su ogni inverter vengano attestate n. 8 stringhe suddivise fra i 6 MPPT nella seguente ripartizione.

- N. 3 MPPT alimentati ciascuno da n. 2 stringhe
- N. 2 MPPT alimentati ciascuno da n. 1 stringa
- N. 1 MPPT lasciato libero come riserva

Ogni stringa presenta una potenza nominale STC di 6,8 kWp, pertanto su ogni inverter si attesterà una potenza nominale lato campo di 54,4 kWp. La potenza max dell'inverter all'ingresso DC è pari a 75 kWp (STC).

Per dimensionamento si intende il rapporto percentuale tra la potenza nominale dell'inverter e la potenza del generatore fotovoltaico ad esso collegato (nel caso di sottoimpianti MPPT, il dimensionamento è verificato per il sottoimpianto MPPT nel suo insieme), tale valore deve essere compreso fra i **70 ed il 120%**. Nel caso specifico il rapporto è dato dalla potenza in ingresso dell'inverter e la potenza del sottocampo ad esso collegato, vale a dire 54,4 (kWp) / 50 (kWp) = 1.088 => **108,8%**, quindi questo parametro risulta **VERIFICATO**.

Tale valore è valido per tutti gli inverter in virtù dell'omogeneità della configurazione elettrica di tutti i 5 sottocampi costituenti l'impianto.

Di seguito le verifiche estese dei singoli MPPT.

11.5.2 Verifiche elettriche MPPT 1, MPPT 2, MPPT 3

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (560 V) maggiore di Vmppt min. (500,00 V)	**VERIFICATO**

TENSIONE MASSIMA	
Voc a -10 °C (864 V) inferiore alla tensione max. dell'ingresso MPPT (1 000,00 V)	**VERIFICATO**

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -10 °C (8641 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 500,00 V)	**VERIFICATO**

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (20 A) inferiore alla corrente max. dell'ingresso MPPT (30,00 A)	**VERIFICATO**

11.5.3 Verifiche elettriche MPPT 4, MPPT 5

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (560 V) maggiore di Vmppt min. (500.00 V)	**VERIFICATO**

TENSIONE MASSIMA	
Voc a -10 °C (864 V) inferiore alla tensione max. dell'ingresso MPPT (1 000.00 V)	**VERIFICATO**

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -10 °C (864 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 500.00 V)	**VERIFICATO**

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (10,6 A) inferiore alla corrente max. dell'ingresso MPPT (30.00 A)	**VERIFICATO**

12 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA

Di seguito verranno esposti i criteri utilizzati, nel progetto esecutivo, per il dimensionamento delle condutture elettriche, per la scelta degli organi di protezioni e per il relativo coordinamento conduttura-protezione.

La metodologia di calcolo applicata è la seguente:

- Calcolo delle correnti di impiego delle condutture (Ib);
- Dimensionamento dei cavi a portata, tenendo conto della modalità di posa e dei fattori di correzione;
- Verifica della caduta di tensione ammessa;
- Calcolo delle correnti di corto circuito a inizio linea;
- Scelta degli interruttori automatici; in base alla corrente di impiego delle condutture da proteggere, alla portata del cavo e alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione;
- Verifica coordinamento interruttore/cavo:
  Confronto dell'energia specifica passante dell'interruttore automatico con l'energia specifica ammissibile dal cavo;
  Verifica delle protezioni contro il cortocircuito a fondo linea (Icc min).

12.1 Calcolo della sezione dei cavi

Per la determinazione della sezione del conduttore di fase, si parte dal calcolo della portata con riferimento ai metodi indicati nelle norme:

- CEI-UNEL 35024/1 per cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in c.a. e a 1500 V in c.c., funzionanti in regime permanente e posati in aria;
- CEI-UNEL 35026 per cavi interrati isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali fino a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua, funzionanti in regime permanente, con conduttori in rame.

Le normative riportano delle tabelle con i valori della portata I_0 (in Ampere), per una determinata condizione di installazione, in funzione della sezione del cavo, del tipo di isolante e dal numero di conduttori caricati.

I valori di portata ricavati dalle tabelle, sono opportunamente ridotti mediante dei fattori correttivi che tengono conto, ad esempio per i cavi posati in aria, della riduzione della portata per la presenza di altri circuiti e dal funzionamento a temperatura diversa da quella ambiente.

Per cavi posati in aria:

$$I_Z = I_0 \times K_1 \times K_2$$

Dove:

I_0 = è la portata alla temperatura ambiente convenzionale di 30 °C, relativa al singolo cavo multipolare o all'insieme dei cavi unipolari che costituiscono il singolo circuito, per le diverse condizioni di posa

K_1 = è il fattore di correzione da applicare se la temperatura ambiente effettiva è diversa da 30 °C; il suo valore è > 1 se la temperatura è inferiore a 30 °C (la portata aumenta), < 1 se superiore a 30 °C (la portata diminuisce);

K_2 = è il fattore di correzione da applicare per più circuiti installati in fascio o instrato; i valori inferiori all'unità indicano che la portata deve essere ridotta per tener conto dell'effetto di prossimità dovuto a più circuiti o cavi vicini tra loro;

Per cavi interrati:

$$I_Z = I_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

Dove:

I_0 = è la portata relativa a una determinata sezione, a un certo tipo di isolante e ad un determinato modo di installazione; essa è pari a Iz quando tutti i fattori di correzione sono unitari, ossia quando la temperatura del terreno è 20 °C, è installato un solo circuito formato da cavi unipolari o un solo cavo multipolare, la profondità di posa è 0,8 m e la resistività termica del terreno è 1,5 K m/W;

K_1 = è il fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20 °C;

K_2 = è il fattore di correzione che tiene conto del numero di circuiti elementari nel caso di cavi unipolari e del numero di cavi tripolari posati sullo stesso strato di terreno e della loro distanza; quando questo numero è maggiore di 1 si avrà K2 < 1, in modo da ridurre la portata per tener conto dell'effetto di prossimità;

K_3 = il fattore di correzione da applicare nel caso di profondità di posa diversa dal valore di riferimento (0,8 m);

K_4 = il fattore di correzione che tiene conto della resistività termica del terreno.

12.2 Verifica della caduta di tensione ammissibile

Una volta calcolato il valore di portata, bisogna procedere con la verifica della caduta di tensione lungo la linea.

Per la scelta della c.d.t. percentuale occorre tener presente che per gli impianti utilizzatori con tensione nominale fino a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c. la norma CEI 64-8 raccomanda che la c.d.t. tra l'origine dell'impianto e qualunque apparecchio utilizzatore non sia superiore al 4% della tensione nominale dell'impianto.

Per una linea di lunghezza L, tensione nominale Vn (valore concatenato nel caso di linea trifase, valore della tensione fase-neutro per una linea monofase), angolo di carico cos φ e parametri unitari R_l e X_l, la c.d.t. industriale percentuale, riferita alla tensione nominale, è data da:

$$\Delta V\% \leq \frac{100 \cdot \Delta V}{V_n}$$

Con:

$$\Delta V = K \cdot I_b \cdot L \cdot (R_l cos\varphi + X_l sen\varphi)$$

Dove:

Ib = corrente di impiego Ib o corrente di taratura In espressa in A

Rl = resistenza (alla TR) della linea in Ω/km

Xl = reattanza della linea in Ω/km

K = 2 per linee monofasi - 1,73 per linee trifasi

L = lunghezza della linea

12.3 Protezione contro i sovraccarichi

Il sovraccarico si manifesta solitamente in un circuito elettricamente sano, interessato da una corrente non troppo maggiore di quella nominale, che può essere sopportata per un determinato tempo e produce essenzialmente sollecitazioni termiche. Il surriscaldamento prodotto dalle correnti di sovraccarico può causare danni agli isolanti, ai collegamenti, ai terminali e all'ambiente circostante le condutture.

La norma CEI 64-8/4 fissa le condizioni di coordinamento per la protezione delle condutture contro i sovraccarichi. Indica, cioè, le caratteristiche che devono essere possedute dal dispositivo di protezione.

In particolare, debbono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1{,}45\, I_z \leq I_z$$

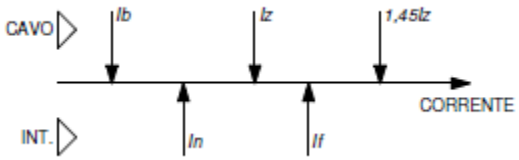
Dove:

Ib = Corrente di impiego del circuito

In = Corrente nominale del dispositivo di protezione

Iz = Portata in regime permanente della conduttura

If = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione



12.4 Protezione contro i corto circuiti

Nel caso del cortocircuito la sovracorrente è dovuta a un guasto, ossia al contatto tra due parti a diversa tensione che, facendo diminuire l'impedenza totale del circuito, fa aumentare in modo significativo l'intensità di corrente, producendo sollecitazioni termiche, di caratteristiche diverse da quelle del sovraccarico, sollecitazioni meccaniche per sforzi elettrodinamici e archi elettrici che possono innescare incendi ed esplosioni.

Il calcolo della corrente di corto circuito massima ad inizio linea (o sulle sbarre dei quadri) è propedeutico alla determinazione del potere di interruzione degli interruttori e al dimensionamento delle sbarre dei quadri in relazione alla sopportazione degli sforzi elettrodinamici conseguenti.

Invero, nella progettazione di un impianto, una volta stimate le correnti presunte di cortocircuito a valle dei punti di installazione degli interruttori automatici magnetotermici, è necessario scegliere apparecchi che, in relazione alla tensione nominale della rete, presentino un potere di interruzione almeno pari a detti valori di $I_{cc}MAX$.

$$P.d.I \geq I_{cc}MAX$$

Dove:

I_{cc} MAX = Corrente di cortocircuito massima presunta nel punto di installazione

P.d.I. = Potere di interruzione apparecchiatura di protezione

In ultimo, bisogna verificare che l'energia termica specifica passante che viene fatta fluire durante il cortocircuito dal dispositivo di protezione non superi quella ammissibile dal cavo di linea, in modo che l'isolante non oltrepassi la sua temperatura massima di cortocircuito.

Pertanto, dovrà essere soddisfatta la condizione:

$$I^2t \leq K^2S^2$$

Dove:

I^2t = Integrale di Joule della corrente di cortocircuito presunta (valore letto sulle curve

delle apparecchiature di protezione)

K = Coefficiente della conduttura utilizzata

115 per cavi isolati in PVC

135 per cavi isolati in gomma naturale e butilica

143 per cavi isolati in EPR

S = Sezione della conduttura

12.5 Lunghezza massima protetta per guasto a terra

Il calcolo della corrente di corto circuito minima a fine linea è necessario per la verifica della protezione dai contatti indiretti (verificando che la protezione a monte intervenga per quel valore della corrente nei tempi massimi definiti), inoltre la corrente di cortocircuito a fondo linea viene utilizzata anche per verificare il dimensionamento delle condutture.

$$\mathrm{I_{cc}}\ \min\ a\ fondo\ linea > I_{int}$$

Dove

I_{cc} min = corrente di corto circuito minima tra fase e protezione calcolata a fondo linea considerando la sommatoria delle impedenze di protezione a monte del tratto in esame.

I_{int} = corrente di corto circuito necessaria per provocare l'intervento della protezione entro 5 secondi o nei tempi previsti dalle tabelle CEI 64-8/4 - 41A, 41B e 48A. (valore rilevato dalla curva I^2t della protezione) o, infine, il valore di intervento differenziale.

12.6 Protezione contro i contatti diretti

Il contatto diretto avviene quando una persona viene a toccare una parte attiva (in tensione) dell'impianto.

La protezione dai contatti diretti avviene per mezzo di isolamento delle parti in tensione di tipo inamovibile (es.: isolamento dei cavi), involucri e barriere con grado di protezione IPxxB rimuovibili con attrezzi (esempi di involucri: scatole, armadi, e di barriere: reti, setti di separazione, ecc.) o distanziamento dalle parti pericolose.

Il grado di protezione di un involucro è definito dalla sigla IP (CEI EN 60529).

Una protezione addizionale dai contatti diretti è fornita dagli interruttori differenziali ad alta sensibilità (corrente) differenziale nominale d'intervento non superiore a 30 mA).

Quando sia necessario, per ragione di esercizio, dover aprire gli involucri si prevederà una delle seguenti disposizioni:

- Uso di un attrezzo o una chiave in esemplare unico ed affidata a personale addestrato o libera a impianto in sicurezza;
- Sezionamento delle parti attive mediante apertura con interblocco;
- Interposizione di barriere o schermi che garantiscano un grado di protezione ip2x.

12.7 Protezione contro i contatti indiretti

Si verifica quando la persona tocca parti normalmente non in tensione ma che, in condizioni di guasto o di difetto di isolamento, possono trovarsi in tensione.

I metodi di protezione contro i contatti indiretti sono classificati come segue:

- protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;
- protezione senza interruzione automatica del circuito (doppio isolamento, separazione elettrica, locali isolati, locali equipotenziali);
- alimentazione a bassissima tensione.

La protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione agisce in maniera tale da interrompere il circuito di alimentazione di una utenza quando si verificano le condizioni di aumento della corrente oltre al valore della soglia di intervento (tipicamente per la perdita dell'isolamento tra le parti attive e le masse).

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 (50V in c.a.) per una durata sufficiente a causare un rischio di effetti fisiologici dannosi.

La protezione contro i contatti indiretti in un sistema TN può essere attuata sia tramite lo sganciatore termico sia tramite lo sganciatore magnetico, se tale corrente è sufficientemente elevata può provocare lo sgancio dell'interruttore. Occorre coordinare il dispositivo di protezione con il sistema di distribuzione in modo da intervenire in tempi tali da limitare la durata di permanenza delle tensioni di contatto pericolose presenti nelle masse in seguito al guasto. Se ciò non è possibile si ricorre all'impiego di un interruttore differenziale.

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:

$$I_a \leq U_0/Z_S$$

Zs 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, CEI 64-8/4 - 41A e/o 48A (in funzione della tensione nominale U_0), per i circuiti terminali con correnti non superiori a 32 A oppure entro 5 s per i circuiti di distribuzione e per i circuiti terminali con correnti superiori a 32 A, se si usa un interruttore differenziale Ia è la corrente differenziale nominale d'intervento.

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

	$50V<U_0\leq120V$ s		$130V<U_0\leq230V$ s		$230V<U_0\leq400V$ s		$U_0>400V$ 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

Ne consegue che essendo la tensione nominale pari a 400 V in c.a., quindi U_0 = 230 V la corrente d'intervento (in ampere) del dispositivo di protezione per i circuiti terminali con correnti non superiori a 32 A è quella corrispondente al tempo di intervento di 0,4 s.

Pertanto, la scelta del dispositivo automatico ai fini della protezione contro i guasti Fase-PE e i contatti indiretti è effettuata coordinando opportunamente i tempi di intervento con il valore dell'impedenza dell'anello di guasto.

La protezione dai contatti indiretti si ritiene verificata se la corrente di intervento del dispositivo di protezione (entro 0,4 s ovvero entro 5 s) è inferiore alla corrente di guasto Fase-PE che si ha in corrispondenza della massa da proteggere.

Sistema di gestione dell'operazioni di officina

a) Registrazione delle evidenze raccolte durante l'ispezione giornaliera;
b) Registrazione delle date e tipologie degli interventi;
c) Registrazione delle date dei lavaggi e pulizie mezzi

Sistema di gestione dell'equipaggiamento di officina

Diagnostica/Manutenzione dei seguenti apparati principali:

a) Sistemi di pulizia (cleaning);
b) Sistema di trattamento delle acque;
c) Impianto per il trattamento delle carrozzerie;
d) Impianti ed attrezzature delle postazioni di lavoro;
e) Impianti di sollevamento;
f) Mezzi di movimentazione automatica;
g) Attrezzatura per la diagnostica, taratura e per il controllo degli impianti di bordo.
h) Magazzino Automatico.

SISTEMI INTEGRABILI

SISTEMA DI TRASMISSIONE DIGITALE

Supervisione degli apparati di officina

SISTEMA SCADA

Oltre a tutti gli impianti e le attrezzature dell'officina, il sistema supervisionerà i seguenti sottosistemi di base (anche per il controllo e l'ottimizzazione dei consumi):

a) Sistema di Condizionamento, Ventilazione e Riscaldamento;
b) Sistemi di protezione attiva antincendio;
c) Sistema di rilevazione incendi;
d) Sistema di videosorveglianza;
e) Sistema di controllo accessi ed antintrusione.
f) Impianti di aria compressa.

SISTEMA DI GESTIONE DOCUMENTALE

DI TIPO ELETTRONICO

BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

SISTEMA DI TRASMISSIONE DIGITALE

SISTEMA DI GESTIONE DELLA MANUTENZIONE

Il sistema potrà essere integrato per la gestione della manutenzione degli apparati di linea

SISTEMA DI TRASMISSIONE DIGITALE

SISTEMA DI GESTIONE VENDITA TITOLI DI VIAGGIO

Trasmissione dei cicli di transazione per:

a) Macchine di vendita lungo via;
b) Macchine di vendita presso le fermate;
c) Vidimatori a bordo macchina

SISTEMA TDS

TIME DISTRIBUTION SYSTEM

Per la gestione operativa della flotta

GESTIONE APPARATI LUNGO LINEA

SISTEMA SCADA

Gestione allarmi e tele controlli per i seguenti sottosistemi

a) Sistema di informazione al pubblico;
b) Sistema di televisione commerciale;
c) Sistema Wi-Fi;
d) Sistema di trazione elettrica (sottostazioni e catenaria).
e) Apparati di sicurezza attiva lungo linea

SISTEMA CONTROLLO LINEA

Trasmissione/invio informazioni per la gestione di:

a) Mezzi in circolazione;
b) Esigenze di manutenzione apparati lungo linea;
c) Finestre per interruzioni del trasporto.

SISTEMA DI TRASMISSIONE DIGITALE

SISTEMA DI COMUNICAZIONE RADIO – FLOTTA/TERRA

SISTEMA DI CONTROLLO DELLA FLOTTA

a) Gestione allarmi e guasti;
b) Controllo percorrenza flotta;
c) Coordinamento invio squadre di supporto;