




Dott. Ing. SANDRO FAVERO
n. 1403 Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Venezia

EXPO MILANO 2015 PADIGLIONE DEL CHILE *Progetto Esecutivo*

<div>progettista:</div> <div>UNDURRAGA DEVES</div> <div>ARQUITECTOS</div> <div>Arch. principale: Cristiàn Undurraga</div> <div>Coord. progetto: Sebastiàn Mallea</div> <div>Av. Presidente Errazuriz 2999-Z - 7550356 Las Condes - Santiago - Chile</div> <div>+56.2.9989655 - sebastiánmallea@undurragadeves.cl</div>	<div>progettista del percorso espositivo:</div> <div>EL OTRO LADO</div> <div>Responsabile: Eugenio Garcia</div>	<div>elaborazione:</div> <div>15 luglio 2014</div>
		<div>ultima revisione:</div> <div>-----</div>
		<div>disegnato:</div> <div>TFE</div>
<div>architetto incaricato:</div> <div>PROGETTISTI ASSOCIATI</div> <div>ARCHITETTURA SRL</div> <div>Arch. principale: Hugo Sillano</div> <div>Collaboratori: Marta Garlati, Federica Pugliese</div> <div>milano, via lampedusa 13 - 02.84703425 - architettura@progettistilassociati.com</div>	<div>strutture e impianti:</div> <div>F&M INGEGNERIA SPA</div> <div>Ing. principale: Sandro Favero</div> <div>Collaboratori: Nico Marchiori</div> <div>mirano, via belvedere 8/10 - 041.5785711 - expocile@fm-ingegneria.com</div>	<div>controllato:</div> <div>S.F.</div>
		<div>scala:</div> <div>-----</div>
<div>descrizione:</div> <div>IMPIANTI ELETTRICI</div> <div>Relazione tecnica impianto elettrico, di illuminazione e impianti speciali</div>		<div>codice elaborato:</div> <div>C.1.1</div>

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	8
2. LIMITI DELLE FORNITURE E DELLE INSTALLAZIONI.....	8
2.1. Cabina di trasformazione.....	9
2.2. Quadro generale, quadri di zona e di servizio.....	9
2.3. Dorsali elettriche e montanti.....	9
2.4. Circuiti terminali di alimentazione degli apparecchi utilizzatori e delle prese a spina	9
2.5. Impianto di illuminazione ordinaria	9
2.6. Impianto di illuminazione di sicurezza e di emergenza.....	10
2.7. Sistema di continuità assoluta mediante UPS.....	10
2.8. Impianto di rivelazione automatica e di segnalazione manuale di incendio	10
2.9. Impianto di diffusione sonora finalizzato alla gestione delle emergenze (EVAC).....	10
2.10. Impianto di videosorveglianza.....	10
2.11. Impianto di trasmissione dati e di fonia	10
2.12. Impianto antintrusione e di controllo accessi	11
2.13. Impianto di messa a terra, equipotenzialità e protezione da sovratensioni.....	11
2.14. Building Management System.....	11
3. INTERFACCE CON LE INFRASTRUTTURE DI EXPO.....	11
3.1. Impianto elettrico di potenza	11
3.2. Stacco carichi	12
3.3. Illuminazione esterna	12
3.4. Rivelazione automatica e segnalazione manuale di incendio	12
3.5. Diffusione sonora finalizzata alla gestione delle emergenze (EVAC)	12
3.6. Videosorveglianza.....	12
3.7. Trasmissione dati e fonia.....	13
3.8. Antintrusione e controllo accessi	13
3.9. Messa a terra ed equipotenzialità	13
SEZIONE A – IMPIANTI ELETTRICI DI POTENZA.....	14
4. ELENCO DEI CARICHI ELETTRICI	14
5. LIMITAZIONE DELLA POTENZA ELETTRICA ASSORBITA	14
6. MISURA E CONTABILIZZAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA	15

7. IMPIANTO ELETTRICO - DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	16
7.1. Elenco sommario delle opere previste.....	16
7.2. Caratteristiche dell'alimentazione	16
7.3. Linea di media tensione.....	16
7.4. Cabina di trasformazione.....	17
7.5. Linea BT principale da Q.01 a Q.02.....	17
7.6. Quadro generale Q.02	17
7.7. Linee BT da Q.02 ai quadri di zona e di bordo macchina	18
7.8. Linee BT dai quadri di zona ai circuiti terminali.....	18
7.9. Quadri di zona (eccetto QS).....	18
7.10. Quadri QS.....	19
7.11. Quadro sistema multimediale Q.SP.....	19
7.12. Quadro impianto elevatore Q.EL.....	19
7.13. Quadro tappeto mobile Q.TM	19
7.14. Quadri celle frigorifere	19
7.15. Quadri unità di trattamento aria/climatizzazione	19
7.16. Gruppo di continuità assoluta servizi di cabina MT/BT (UPS1)	19
7.17. Gruppo di continuità assoluta (UPS2)	20
7.18. Alimentazione dei sistemi di sicurezza e di ITC	20
7.19. Locale tecnico (sala elettrica)	21
7.20. Sganci di emergenza	21
7.21. Distinzione tra cavi di servizi diversi.....	22
7.22. Messa a terra funzionale e di sicurezza.....	22
7.23. Collegamenti equipotenziali e connessioni a terra	22
7.24. Distribuzione di energia elettrica BT - Cavi e Conduttori	22
7.25. Identificazione dei cavi	23
7.26. Tubazioni e condotti non metallici	23
7.27. Illuminazione ordinaria.....	23
7.28. Comandi dell'illuminazione ordinaria.....	24
7.29. Illuminazione per esterni.....	24
7.30. Illuminazione di sicurezza e segnaletica retroilluminata.....	25
7.31. Forza motrice (FM)	25

7.32.	Alimentazione del sistema multimediale	26
7.33.	Alimentazione degli impianti elevatori.....	26
7.34.	Prese elettriche.....	26
7.35.	Alimentazione elettrica degli impianti speciali.....	26
8.	IMPIANTO ELETTRICO - DATI E CRITERI DI PROGETTO	27
8.1.	Criteri di base.....	27
8.2.	Dati di riferimento	28
8.2.1.	Dati elettrici generali:	29
8.2.2.	Classificazione degli ambienti ed estensione delle zone pericolose	29
8.3.	Vincoli derivanti dalla classificazione degli ambienti	29
8.3.1.	Nota generale	29
8.3.2.	Limitazione dei componenti elettrici.....	30
8.3.3.	Sgombero delle vie di uscita.....	30
8.3.4.	Limitazioni per presenza di pubblico	30
8.3.5.	Prescrizioni particolari per i componenti elettrici	30
8.3.6.	Limitazioni per gli apparecchi elettrici.....	30
8.3.7.	Prescrizioni comuni di protezione contro l'incendio per le condutture.....	31
8.3.8.	Tipi di condutture ammessi	31
8.3.9.	Protezione delle condutture elettriche	33
8.3.10.	Requisiti delle condutture per evitare la propagazione dell'incendio	34
8.3.11.	Prescrizioni aggiuntive per gli ambienti di cui in 751.03.02	34
8.3.12.	Prescrizioni aggiuntive e criteri per impianti elettrici degli ambienti di cui in 751.03.4	34
9.	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	35
9.1.	Interruzione automatica dell'alimentazione	35
9.2.	Costituzione dell'impianto di terra.....	36
9.3.	Altre misure ammesse (isolamento classe II o equivalente)	37
10.	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI.....	37
10.1.	Involucri o barriere e loro grado di protezione IP	37
10.2.	Accessibilità	37
11.	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E DI SCELTA DEI COMPONENTI	37
11.1.	Identificazione	37
11.2.	Quadri elettrici.....	38

11.3.	Condutture	38
11.4.	Condutture incassate in strutture non combustibili	38
11.5.	Impianti con condutture in vista	38
11.6.	Dimensionamento dei cavi	39
11.7.	Cadute di tensione.....	40
11.8.	Dimensionamento conduttori di neutro e loro protezione.....	40
11.9.	Dimensionamento conduttori di protezione.....	41
11.10.	Calcolo della temperatura dei cavi	41
11.11.	Calcolo delle correnti di guasto	42
11.12.	Calcolo delle correnti massime di cortocircuito	42
11.13.	Calcolo delle correnti minime di cortocircuito	42
11.14.	Tubi protettivi.....	43
11.15.	Cassette e connessioni	43
11.16.	Dispositivi di manovra e di protezione	43
11.16.1.	Scelta delle protezioni da sovraccarichi e cortocircuiti	43
11.16.2.	Interruttori differenziali.....	44
11.16.3.	Dispositivi di sezionamento e di comando	44
11.17.	Misure di prevenzione incendi per condutture elettriche	44
SEZIONE B – IMPIANTI SPECIALI		46
12.	IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA	46
13.	IMPIANTO DI TRASMISSIONE DATI E DI FONIA	47
14.	IMPIANTO ANTINTRUSIONE E DI CONTROLLO ACCESSI.....	48
15.	BUILDING MANAGEMENT SYSTEM (BMS).....	49
SEZIONE C – CALCOLO DELLA RETE ELETTRICA		52
16.	CALCOLO DELLA RETE ELETTRICA	52
16.1.	Introduzione	52
16.2.	Calcolo delle correnti di impiego.....	53
16.3.	Dimensionamento dei cavi	54
16.4.	Integrale di Joule	56
16.5.	Dimensionamento dei conduttori di neutro	58
16.6.	Dimensionamento dei conduttori di protezione.....	59
16.7.	Calcolo della temperatura dei cavi.....	60

16.8.	Cadute di tensione.....	60
16.9.	Calcolo dei guasti.....	61
16.10.	Calcolo delle correnti massime di cortocircuito	62
16.11.	Calcolo delle correnti minime di cortocircuito	64
16.12.	Scelta delle protezioni	66
16.13.	Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture	66
16.14.	Massima lunghezza protetta	67

1. PREMESSA

La presente relazione, unitamente agli elaborati grafici allegati, costituisce il progetto di dettaglio riguardante la costruzione del padiglione del Chile. Il fabbricato oggetto della presente relazione si configura come edificio espositivo temporaneo sulla base delle indicazioni della "Relazione Istruttoria" Regione Lombardia del 20 gennaio 2012.

Scopo del presente documento è l'illustrazione delle scelte tecnico-impiantistiche, dei limiti di fornitura e degli interfacciamenti nell'ambito della realizzazione degli impianti elettrici e speciali (esclusi gli impianti di rivelazione incendi ed EVAC).

La costruzione degli impianti in oggetto comporta la realizzazione delle opere di seguito elencate:

- a) Cabina di trasformazione MT/BT
- b) Quadro generale, quadri di zona e di servizio
- c) Dorsali elettriche e montanti
- d) Circuiti terminali di alimentazione degli apparecchi utilizzatori e delle prese a spina
- e) Impianto di illuminazione ordinaria
- f) Impianto di illuminazione di sicurezza e di emergenza
- g) Sistema di continuità assoluta mediante UPS
- h) Impianto di rivelazione automatica e di segnalazione manuale di incendio
- i) Impianto di diffusione sonora finalizzato alla gestione delle emergenze (EVAC)
- j) Impianto di videosorveglianza
- k) Impianto di trasmissione dati e di fonia
- l) Impianto antintrusione e di controllo accessi
- m) Impianto di messa a terra e di equipotenzialità
- n) Building Management System (BMS).

Gli impianti di cui ai punti h) e i) sono oggetto di separate relazioni tecniche.

2. LIMITI DELLE FORNITURE E DELLE INSTALLAZIONI

Per meglio specificare i limiti delle forniture e delle installazioni, si forniscono indicazioni sulle rispettive competenze, così come ricevute da EXPO 2015 e relativi Partner.

In alcuni paragrafi viene usata la terminologia "a carico del Paese Espositore"; si intende che il componente o la parte d'opera non è di competenza di EXPO e che la fornitura e posa in opera rimane, pertanto, a carico dell'Appaltatore.

2.1. Cabina di trasformazione

Tutte le forniture e le installazioni degli impianti all'interno della Cabina di trasformazione sono direttamente a carico del Paese Espositore, con l'eccezione delle seguenti forniture, che sono invece a carico dei Partner di EXPO 2015 (ENEL, Siemens), previo espletamento delle relative procedure tecniche e contrattuali:

- Quadro di media tensione
- Trasformatore di potenza
- Connessioni tra quadro di media tensione e trasformatore di potenza

Per questi componenti, i Partner di EXPO 2015 effettueranno la sola fornitura a piè d'opera, mentre spetta al Paese Espositore l'onere dell'installazione.

2.2. Quadro generale, quadri di zona e di servizio

Tutte le installazioni dei quadri elettrici sono direttamente a carico del Paese Espositore, mentre per le relative forniture si fa riferimento ai Partner di EXPO 2015 (ENEL, Siemens), previo espletamento delle relative procedure tecniche e contrattuali.

Si considerano invece approvvigionati e forniti dalle specifiche ditte i seguenti quadri:

- Sistema multimediale
- Elevatore
- Quadri di specifiche macchine (ad es. relative ai sistemi di cottura)
- Quadri di apparecchiature di condizionamento.

Questi quadri si considerano forniti con le relative macchine / apparati, quindi di competenza dei fornitori (di dette macchine / apparati) del Paese Espositore, cioè non a carico di EXPO.

2.3. Dorsali elettriche e montanti

Le dorsali e i montanti sono a carico del Paese Espositore.

2.4. Circuiti terminali di alimentazione degli apparecchi utilizzatori e delle prese a spina

I circuiti terminali sono a carico del Paese Espositore.

2.5. Impianto di illuminazione ordinaria

Gli apparecchi e le relative linee di alimentazione sono a carico del Paese Espositore.

Per l'illuminazione esterna si adottano apparecchi illuminanti dotati di reattore elettronico con tecnologia DALI; il relativo bus di interconnessione farà capo al locale tecnico, ove EXPO e relativi Partner (ENEL) installeranno una centrale DALI di monitoraggio, avente lo scopo di fornire, al servizio manutentivo, informazioni in tempo reale relative ad eventuali lampade/apparecchi in avaria e di consentire il controllo degli assorbimenti elettrici.

A carico di EXPO, quindi, ci sarà la fornitura della centrale DALI, mentre l'appaltatore provvederà alla relativa installazione, compresa l'assistenza all'avviamento.

2.6. Impianto di illuminazione di sicurezza e di emergenza

Gli apparecchi e le relative linee di alimentazione sono a carico del Paese Espositore.

2.7. Sistema di continuità assoluta mediante UPS

Apparecchi e le relative linee sono a carico del Paese Espositore.

2.8. Impianto di rivelazione automatica e di segnalazione manuale di incendio

Si rinvia ad apposita e separata relazione.

2.9. Impianto di diffusione sonora finalizzato alla gestione delle emergenze (EVAC)

Si rinvia ad apposita e separata relazione.

2.10. Impianto di videosorveglianza

Le vie cavi (tubi, canali, scatole, ecc.) sono a carico del Paese Espositore, mentre i cavi e le apparecchiature (telecamere, rack, server, monitor, ecc.) sono a carico di EXPO e Partner (Selex), previo espletamento delle relative procedure. Il Partner di EXPO effettua dunque la fornitura dei cavi, quella degli apparati e dei componenti vari, e ne realizza la connessione fino al centro di controllo.

2.11. Impianto di trasmissione dati e di fonia

Le vie cavi (tubi, canali, scatole, ecc.) sono a carico del Paese Espositore, mentre i cavi e le apparecchiature (prese dati, rack, ecc.) sono a carico di EXPO e Partner (Telecom Italia), previo espletamento delle relative procedure. Il Partner di EXPO effettua dunque la

fornitura dei cavi e quella dei vari componenti, e ne realizza la connessione fino al centro di controllo, ivi inclusa la certificazione.

2.12. Impianto antintrusione e di controllo accessi

Le vie cavi (tubi, canali, scatole, ecc.) sono a carico del Paese Espositore, mentre i cavi e le apparecchiature (rivelatori, dispositivi di allarme, centrali, lettori di badge, lettori biometrici, ecc.) sono a carico di EXPO e Partner (Selex), previo espletamento delle relative procedure. Il Partner di EXPO effettua dunque la fornitura dei cavi, quella degli apparati e dei componenti vari, e ne realizza la connessione fino al centro di controllo.

2.13. Impianto di messa a terra, equipotenzialità e protezione da sovratensioni

L'impianto di messa a terra e di equipotenzialità è totalmente a carico del Paese Espositore.

Lo stesso dicasi per la protezione dalle sovratensioni provenienti dalle linee elettriche di potenza.

Per le linee di segnale entranti (impianti speciali, dati, controllo, DALI, ...), ove costituite da cavi in rame, la protezione dalle sovratensioni è a carico del fornitore degli apparati dei sistemi a corrente debole (EXPO e Partner). Il Paese Espositore mette a disposizione l'impianto di terra e il relativo collettore situato nel locale tecnico ove saranno collocate le apparecchiature degli impianti speciali. Spetta al fornitore degli impianti speciali la realizzazione della protezione da sovratensione, a mezzo di idonei limitatori/scaricatori di sovratensione, debitamente collegati a terra.

2.14. Building Management System

Il BMS è complementare al sistema DALI sopra descritto ed è totalmente a carico del Paese Espositore.

3. INTERFACCE CON LE INFRASTRUTTURE DI EXPO

Si elencano le interfacce tra gli impianti del padiglione e le infrastrutture di competenza di EXPO.

3.1. Impianto elettrico di potenza

E' fornito da EXPO (ENEL) un punto di allacciamento in corrispondenza del lotto del Paese Espositore; tale punto è costituito da un pozzetto d'utente, allacciato ad una sottostazione MT interrata, dalla quale ha origine l'impianto dell'Espositore.

Nel pozzetto è di norma reso disponibile un cavo MT di lunghezza indicativa pari a 10 metri. Nel caso di specie, detta lunghezza è insufficiente ad allacciare la cella MT di arrivo (dell'Utente), pertanto il progetto prevede la fornitura e la stesura, a totale carico del Paese Espositore, di cavi MT a partire dalla Sottostazione ENEL fino alla cabina Utente.

E' richiesto che l'impresa installatrice dell'impianto di MT si interfacci con ENEL Distribuzione per i necessari adempimenti e soprattutto per il coordinamento delle installazioni e delle attivazioni.

3.2. Stacco carichi

E' fornito da EXPO (ENEL, Siemens) un sistema di gestione e distacco dei carichi elettrici, che rende disponibili all'Utente un insieme di linee BUS con tecnologia DALI e alcuni contatti per l'abilitazione o il distacco dei carichi elencati al paragrafo 5.

I contatti saranno utilizzati per intervenire direttamente ad abilitare/disabilitare i carichi (da individuare a bordo dei quadri della cucina), mediante contattori di potenza appositamente previsti.

Le connessioni

3.3. Illuminazione esterna

La stesura del/dei bus di controllo dell'illuminazione esterna e la predisposizione di un cavidotto per l'ingresso cavi dall'esterno fino al locale tecnico sono a carico dell'Utente.

Si intendono a carico di EXPO la fornitura e l'installazione delle centraline DALI di controllo luci e le relative connessioni con gli apparati del Servizio Manutenzione.

3.4. Rivelazione automatica e segnalazione manuale di incendio

Si rinvia ad apposita e separata relazione.

3.5. Diffusione sonora finalizzata alla gestione delle emergenze (EVAC)

Si rinvia ad apposita e separata relazione.

3.6. Videosorveglianza

Il Paese Espositore rende disponibile ad EXPO un cavidotto a partire dagli spazi circostanti il padiglione fino al locale tecnico principale.

Il Partner di EXPO sfrutta tale cavidotto per l'infilaggio dei cavi del sistema di videosorveglianza, che, insieme agli allacciamenti e alle attivazioni, si intendono a carico di EXPO.

3.7. Trasmissione dati e fonia

Il Paese Espositore rende disponibile ad EXPO un cavidotto a partire dagli spazi circostanti il padiglione fino al locale tecnico principale.

Il Partner di EXPO sfrutta tale cavidotto per l'infilaggio dei cavi del sistema di fonia/dati, che, insieme agli allacciamenti e alle attivazioni, si intendono a carico di EXPO.

3.8. Antintrusione e controllo accessi

Il Paese Espositore rende disponibile ad EXPO un cavidotto a partire dagli spazi circostanti il padiglione fino al locale tecnico principale.

Il Partner di EXPO sfrutta tale cavidotto per l'infilaggio dei cavi del sistema di antintrusione e controllo degli accessi, che, insieme agli allacciamenti e alle attivazioni, si intendono a carico di EXPO.

3.9. Messa a terra ed equipotenzialità

Due estremità del dispersore dell'impianto di terra vengono messi a disposizione da parte del Paese Espositore per il collegamento alla rete di terra di EXPO, lato del Decumano.

L'allacciamento di una o entrambe queste estremità alla rete di terra del sito si intende a carico di EXPO.

Per quanto concerne le linee di segnale entranti, ove costituite da cavi in rame, si rimanda a quanto previsto al paragrafo 2.13.

SEZIONE A – IMPIANTI ELETTRICI DI POTENZA

4. ELENCO DEI CARICHI ELETTRICI

La Tabella 1 riporta l'elenco dei carichi elettrici previsti per l'impianto in oggetto.

Tabella 1 - Elenco dei carichi elettrici

Impianto/componente	Potenza a pieno carico (kW)	Andamento giornaliero e note
Climatizzazione ambienti	60,00	Assorbimento massimo in fase di avviamento e in orario pomeridiano
Cucina	140,00	Dato da confermare in fase di selezione del fornitore. Andamento dell'assorbimento non determinato
Sala multimediale	120,00	Dato da confermare in fase di selezione del fornitore. Andamento dell'assorbimento dipendente dall'affluenza di pubblico
Locali tecnici (compreso raffrescamento)	10,00	Assorbimento costante
Illuminazione interna	30,00	Andamento non prevedibile
Illuminazione esterna	7,00	Accensione al crepuscolo, spegnimento all'alba
<i>Potenza complessivamente assorbita (Ku=Kc=1)</i>	<i>367,00</i>	

5. LIMITAZIONE DELLA POTENZA ELETTRICA ASSORBITA

Non essendo confermate alcuni assorbimenti di cui alla Tabella 1, nel caso in cui la potenza complessivamente assorbita dovesse eccedere il valore limite di dimensionamento di

cui al paragrafo 8.2.1, potranno automaticamente essere distaccati gli impianti/componenti elencati nella Tabella 2.

Tabella 2 - Elenco carichi distaccabili per prevenire supero di potenza disponibile

Impianto/componente distaccabile	Potenza distaccabile (kW)	Metodo di distacco
Climatizzazione ambienti	60,00	Uscite seriali o modbus o TCP/IP per connessione alle varie unità, per reimpostazione set point e al limite anche distacco
Parte dei carichi della cucina (da identificare)	30,00	Contattori di potenza
Illuminazione	0,00	Uscite DALI per connessione ai reattori dei circuiti dimmerabili, per riduzione flusso luminoso, no distacco
<i>Potenza complessivamente distaccabile</i>	<i>90,00</i>	

6. MISURA E CONTABILIZZAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

In alcuni punti dell'impianto elettrico saranno inseriti alcuni analizzatori di rete, da impiegarsi come misuratori di energia elettrica. Tali analizzatori saranno posizionati come da Tabella 3.

Tabella 3 – Analizzatori di rete per la misura dell'energia elettrica consumata

Posizione strumento / misura prevista	Monofase/Trifase	Carico staccabile
Quadro generale di edificio Q.02 / energia complessivamente consumata	Trifase	No
Quadro generale Q.02 / energia per la climatizzazione ambiente	Trifase	Si
Quadro generale Q.02 / energia consumata dalla cucina	Trifase	Si
Quadro generale Q.02 / energia consumata dal sistema multimediale	Trifase	No

Si precisa che la fornitura degli analizzatori compete ad EXPO, che l'installazione sarà eseguita dal costruttore del quadro e che la connessione alla rete di misura è basata su tecnologia wireless.

7. IMPIANTO ELETTRICO - DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

7.1. Elenco sommario delle opere previste

Il progetto prevede la realizzazione delle opere di seguito elencate:

- linea di media tensione a partire dalla cabina di fornitura allestita da ENEL Distribuzione, fino alla cabina utente
- cabina di trasformazione MT/BT, completa di quadro MT, trasformatore, quadro BT di cabina, impianti interni e accessori
- quadro generale, quadri di zona e di servizio
- Dorsali elettriche a partire dal quadro generale fino a tutti i quadri a valle
- Circuiti terminali di alimentazione degli apparecchi utilizzatori e delle prese a spina
- Impianto di illuminazione ordinaria
- Impianto di illuminazione di sicurezza e di emergenza
- Sistema di continuità assoluta mediante UPS
- Impianto di messa a terra e di equipotenzialità

7.2. Caratteristiche dell'alimentazione

L'alimentazione elettrica avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza fino a 385 kW
- sistema trifase
- tensione di alimentazione 23 kV
- frequenza 50 Hz
- sistema elettrico a neutro isolato o compensato

7.3. Linea di media tensione

L'allacciamento alla rete di energia elettrica è disponibile in media tensione (23 kV), a partire dalla cabina EXPO/ENEL interrata, lato nord del lotto, verso il decumano.

A partire da tale cabina, è prevista a cura di EXPO/ENEL un cavidotto interrato, facente capo ad un pozzetto posto nel lato ovest del lotto. L'impianto utente dovrebbe avere

origine da tale pozzetto, ove verrebbe fornita una scorta di 10 m di cavi MT, per potervi collegare la cabina di trasformazione. Essendo tale lunghezza insufficiente, si inserisce a progetto una linea MT avente origine direttamente dalla cabina interrata EXPO/ENEL, evitando così di effettuare giunzioni all'interno del pozzetto sopra menzionato.

L'origine dell'impianto MT utente, pertanto, è da considerarsi all'interno della cabina ENEL/EXPO.

La linea di media tensione sarà realizzata con cavi MT, posti all'interno di cavidotti interrati; essa farà capo al quadro MT posto nella cabina utente.

Lungo il percorso dei cavidotti saranno installati pozzetti rompitratta, ispezionabili, dotati di chiusini in ghisa.

7.4. Cabina di trasformazione

La cabina di trasformazione sarà posta fuori terra, al lato sud del lotto.

Essa conterrà le seguenti apparecchiature:

- Quadro di media tensione (QMT)
- Trasformatore di potenza (TR1)
- Collegamenti MT tra QMT e TR1
- Quadro BT di cabina (Q.01)
- Collegamenti BT tra TR1 e Q.01
- Impianti e componenti accessori di cabina.

La cabina sarà raffreddata naturalmente, attraverso le apposite aperture di ventilazione. Non vi saranno sistemi di raffreddamento o condizionamento.

7.5. Linea BT principale da Q.01 a Q.02

La linea BT principale connette il quadro BT di cabina Q.01 con il quadro generale Q.02. Essa sarà costituita da cavi unipolari con guaina (FG7) installati all'interno di cavidotti interrati. I cavidotti faranno capo alla Sala Elettrica, ove sarà posizionato il quadro generale.

Appositi pozzetti rompitratta permetteranno l'installazione e l'ispezione dei cavidotti; tali pozzetti saranno dotati di coperchio in ghisa.

La linea farà capo all'interruttore sezionatore generale del quadro Q.02.

7.6. Quadro generale Q.02

Questo quadro è il nodo elettrico principale del padiglione. Esso avrà carpenteria in materiale metallico, porte trasparenti e sarà costituito da due sezioni: Sezione N (ordinaria) e

Sezione CA (continuità assoluta). La sezione S non vi fa parte in quanto si prevede un quadro separato e dedicato.

Le due sezioni saranno segretate tramite un apposito setto separatore interno al quadro, in modo che non sia possibile il contatto accidentale con parti in tensione di una sezione, quando si opera sull'altra fuori tensione.

Il quadro avrà riserva di spazio non inferiore al 30%.

Il quadro conterrà gli apparecchi di protezione delle linee di dorsale che alimentano i quadri di zona e di servizio, tra cui il quadro relativo al sistema di proiezione.

Da questo quadro saranno alimentati anche il gruppo soccorritore, dedicato all'illuminazione di sicurezza, e il gruppo di continuità assoluta (UPS) dedicato all'alimentazione di particolari carichi e apparecchiature, quali il sistema informatico/informativo e gli apparati dei sistemi di sicurezza.

7.7. Linee BT da Q.02 ai quadri di zona e di bordo macchina

Le linee BT a valle del quadro Q.02 saranno costituite da cavi unipolari/multipolari con guaina (FG7) installati all'interno di cavidotti interrati e di canalizzazioni metalliche in controsoffitto e in cavedi dedicati agli impianti.

Per le linee interrate, appositi pozzetti rompitratta permetteranno l'installazione dei cavi e l'ispezione dei cavidotti; tali pozzetti saranno dotati di coperchio in ghisa.

Le linee in canale saranno ispezionabili da appositi accessi tecnici.

7.8. Linee BT dai quadri di zona ai circuiti terminali

Le linee terminali BT saranno tutte costituite da cavi uni/multipolari con guaina (FG7) installati all'interno di tubazioni interrate, tubazioni sotto traccia, tubazioni a vista e canali metallici.

L'ispezionabilità delle linee in tubo sarà effettuabile mediante apposite scatole di derivazione/giunzione.

7.9. Quadri di zona (eccetto QS)

Questi quadri avranno carpenterie in materiale metallico, porte trasparenti e saranno costituiti da due sezioni: Sezione N (ordinaria) e Sezione CA (continuità assoluta). La sezione S non vi fa parte in quanto si prevede un quadro separato e dedicato (QS).

Le due sezioni saranno segretate tramite un apposito setto separatore interno al quadro, in modo che non sia possibile il contatto accidentale con parti in tensione di una sezione, quando si opera sull'altra fuori tensione.

Ciascun quadro avrà riserva di spazio non inferiore al 30%.

Ciascun quadro conterrà gli apparecchi di protezione delle linee della zona di propria pertinenza.

7.10. Quadri QS

Questi quadri avranno carpenterie in materiale isolante, porte trasparenti e saranno costituiti dalla sola sezione S (soccorritore).

Ciascun quadro avrà riserva di spazio non inferiore al 30%.

Ciascun quadro conterrà gli apparecchi di protezione delle linee dei circuiti S della zona di propria pertinenza.

7.11. Quadro sistema multimediale Q.SP

Questo quadro è da considerarsi di bordo macchina e sarà fornito con il sistema multimediale di proiezione a cura dello specifico fornitore.

7.12. Quadro impianto elevatore Q.EL

Questo quadro è da considerarsi di bordo macchina e sarà fornito con l'elevatore a cura dello specifico fornitore.

7.13. Quadro tappeto mobile Q.TM

Questo quadro è da considerarsi di bordo macchina e sarà fornito con il tappeto mobile a cura dello specifico fornitore.

7.14. Quadri celle frigorifere

Questi quadri sono da considerarsi di bordo macchina e saranno forniti con le celle frigorifere a cura dello specifico fornitore.

7.15. Quadri unità di trattamento aria/climatizzazione

Questi quadri sono da considerarsi di bordo macchina e saranno forniti con i sistemi aeraulici a cura dello specifico fornitore.

7.16. Gruppo di continuità assoluta servizi di cabina MT/BT (UPS1)

Sarà installato un gruppo di continuità assoluta (UPS1) per garantire la continuità dell'alimentazione elettrica in caso di interruzione di corrente da rete N per i servizi ausiliari di cabina.

L'UPS sarà adeguatamente dimensionato per 15 minuti di autonomia.

7.17. Gruppo di continuità assoluta (UPS2)

Sarà installato un gruppo di continuità assoluta (UPS) per garantire la continuità dell'alimentazione elettrica in caso di interruzione di corrente da rete N.

L'UPS sarà adeguatamente dimensionato per 1 ora di autonomia.

All'UPS saranno allacciati:

- Quota parte dell'illuminazione ordinaria generale, indicativamente 10%
- Quota parte delle prese a spina dei posti di lavoro (PDL), indicativamente 20%
- I sistemi ITC ed elettronici
- L'impianto di rivelazione incendi
- Il sistema di videosorveglianza
- Il sistema antintrusione e di controllo accessi
- Il sistema EVAC.

Anche se alcuni di tali sistemi avranno proprie sorgenti di alimentazione, si è scelto comunque di garantirne l'alimentazione sotto UPS.

L'UPS previsto è di tipo ridondato, composto cioè di due sezioni di potenza, che sfruttano però un unico set di batterie di accumulatori. In caso di avaria di una delle due sezioni di potenza, l'altra subentra automaticamente, potendo accollarsi interamente il 100% del carico nominale.

L'UPS sarà corredato di dispositivo che rileva automaticamente i difetti di isolamento dei circuiti IT, provocando l'apertura del relativo interruttore.

7.18. Alimentazione dei sistemi di sicurezza e di ITC

L'alimentazione di backup per il sistema di rilevazione incendi, sarà assicurata da apposite sorgenti secondarie (batterie di accumulatori) incorporate nella centrale di rivelazione e inserite negli alimentatori ausiliari.

Il sistema di comunicazione di emergenza (EVAC) sarà dotato di proprio UPS di bordo.

Per l'impianto di controllo accessi e antintrusione sono previste batterie di accumulatori a bordo della relativa centrale e degli altri apparati di alimentazione.

Tuttavia, si è concordato con i Partner di EXPO di incrementare l'affidabilità delle alimentazioni di questi sistemi connettendole alla sezione CA del quadro Q.02 e alle sezioni CA (ove occorrente) degli altri quadri elettrici.

Di fatto, l'UPS2 fornirà alimentazione ai suddetti impianti solo al mancare dell'alimentazione da parte delle proprie sorgenti secondarie, il che avviene in presenza di

un'avaria del sistema di alimentazione in questione. L'UPS2 quindi subentra solo in caso di guasto delle sorgenti secondarie e garantisce che i sistemi di sicurezza vengano comunque correttamente alimentati in caso di black-out della rete N e di avaria delle sorgenti secondarie stesse.

Per gli armadi rack dell'impianto di videosorveglianza e di ITC (fonia, dati), si prevedono due alimentazioni: una da rete N e una da rete CA sotto UPS. Ciò consente di sfruttare la possibilità di doppia alimentazione degli apparati, che hanno garanzia di funzionare comunque, sia in assenza di tensione della rete N (subentra l'UPS) e sia in caso di doppia avaria dell'UPS (in questo caso è sufficiente la presenza della rete N).

7.19. Locale tecnico (sala elettrica)

Un apposito locale tecnico al piano terra (sala elettrica) conterrà le apparecchiature di BT (quadri elettrici, UPS, soccorritore, ecc.) e gli apparati degli impianti di sicurezza e speciali.

Il locale tecnico sarà dotato di rilevazione e segnalazione incendi, che attiva un allarme locale e un allarme remoto sul sistema di supervisione centrale e sul sistema di rilevazione fumi del padiglione.

Nel locale tecnico saranno custoditi tutti i documenti relativi agli impianti (manuali, tabelle, diagrammi, schemi), comprese le norme di sicurezza da adottare sia nell'ordinario esercizio e sia in caso di emergenza.

Il locale tecnico sarà climatizzato, per assicurare che la temperatura interna si mantenga a valori compatibili con le temperature di esercizio delle apparecchiature installate.

Tutti i punti in cui i cavi entrano o escono dal locale tecnico saranno sigillati con opportune barriere antincendio, aventi resistenza al fuoco REI 120, certificate in termini di materiali e di installazione.

Nel transito di canali, queste barriere saranno costituite ad esempio da malte speciali o da sacchetti antincendio o da altri sistemi costruttivi sottoposti a prova e certificati. Per il transito di tubi in materiale non metallico si utilizzeranno schiume o altri prodotti analoghi. Tutti i sistemi di transito comunque dovranno essere di tipo certificato ed essere realizzati con le modalità previste dalla specifica norma di prodotto.

Il collettore di terra, costituito da una barra di rame a sezione rettangolare, su isolatori, verrà installato all'interno del quadro Q.02. Tutte le masse e le masse estranee saranno collegate a questo collettore con conduttore con guaina giallo-verde, di sezione appropriata. Al collettore saranno collegate anche le strutture metalliche, i ferri di armatura delle strutture, le barre di messa a terra a bordo di quadri elettrici e tutti gli altri componenti di rilievo, in modo da garantire l'equipotenzialità di tutte le parti conduttrici.

7.20. Sganci di emergenza

Un pulsante di sgancio agirà sul gruppo di continuità assoluta UPS2, per consentire di interromperne l'alimentazione elettrica in situazioni di emergenza.

Un secondo pulsante di sgancio agirà sul gruppo soccorritore dedicato all'illuminazione di sicurezza.

Un ulteriore pulsante di sgancio interromperà l'alimentazione elettrica all'interno della cabina di trasformazione MT/BT, sia sul dispositivo generale MT e sia sull'UPS1.

Tutti i pulsanti di sgancio saranno chiaramente segnalati, specificando per ciascuno quali servizi si disattivano.

Qualsiasi utilizzo dei pulsanti di sgancio sarà segnalato sul sistema di supervisione e controllo. Allo scopo è necessario che i pulsanti di sgancio siano dotati di doppi contatti in commutazione, indipendenti. Uno dei due contatti sarà utilizzato per lo sgancio, l'altro per la segnalazione.

7.21. Distinzione tra cavi di servizi diversi

Le linee dei cavi dell'impianto elettrico e quelle degli impianti speciali saranno chiaramente e separatamente identificate.

I cavi di potenza da installare in canale saranno installati all'interno di un proprio scomparto, separato dai cavi di segnale mediante setto separatore.

7.22. Messa a terra funzionale e di sicurezza

Il sistema di messa a terra generale previsto ha la funzione di assicurare la protezione dai contatti indiretti con interruzione automatica dell'alimentazione.

Il sistema ha lo scopo inoltre di garantire l'equipotenzialità.

Questo sistema sarà collegato al sistema di messa a terra generale dell'Expo.

Il valore della resistenza dell'impianto di terra dovrà essere coordinato con i parametri di rete forniti da EXPO per lo specifico allacciamento di media tensione. In caso di necessità, il dispersore di progetto potrà essere integrato da dispersori di profondità.

7.23. Collegamenti equipotenziali e connessioni a terra

Tutte le masse, le masse estranee, i ferri di armatura e i principali elementi di strutture metalliche saranno tutti collegati al sistema di messa a terra dell'edificio.

Al sistema di terra saranno collegati anche gli scaricatori e i limitatori da sovratensione.

7.24. Distribuzione di energia elettrica BT - Cavi e Conduttori

I cavi per la distribuzione di energia elettrica e per gli impianti speciali saranno costituiti da conduttori di rame con isolamento in materiale elastomerico reticolato o con isolamento in gomma.

I cavi elettrici saranno dotati di certificazione di qualità, avranno dimensioni adeguate e coordinate con i rispettivi dispositivi di protezione, come specificato nelle norme IEC/CEI applicabili. L'isolamento sarà di tipo non propagante l'incendio (CEI 20-35/EN60332 , CEI 20-37 , EN50267 , CEI 20-38 e CEI 20-22), per gli impianti ordinari, e resistente al fuoco (CEI 20-45) per i circuiti di emergenza e di sicurezza, come i sistemi di allarme vocale di emergenza (EVAC), i sistemi di illuminazione di emergenza, l'alimentazione di potenza del sistema di rivelazione incendio, di evacuatori di fumo e calore (eventuali), i pannelli di allarme e i sistemi di comando e controllo di serrande tagliafuoco, arresti di emergenza, sistemi di interfacciamento EVAC , ecc., e in generale per tutti i sistemi di sicurezza che richiedono cavi di alimentazione elettrica resistenti al fuoco.

Tutti i cavi (sia per installazioni ordinarie che resistenti al fuoco) avranno guaine prive di alogeni, a bassissima emissione di fumi e gas tossici e non emetteranno gas corrosivi in caso di incendio (CEI 20-37, EN 50267, CEI 20-38).

7.25. Identificazione dei cavi

Tutti i cavi saranno opportunamente codificati e contrassegnati in modo da garantire l'univoca identificazione.

7.26. Tubazioni e condotti non metallici

Le tubazioni e i condotti non metallici e i relativi accessori saranno autoestinguenti e privi di alogeni.

7.27. Illuminazione ordinaria

Il sistema di illuminazione ordinaria è costituito da apparecchi di varia tipologia, prevalentemente a LED. Non tutti gli apparecchi illuminanti installati apparterranno all'impianto di illuminazione ordinaria: una quota parte degli apparecchi sarà esclusivamente dedicata all'illuminazione ordinaria, la restante quota avrà la doppia funzione di illuminazione ordinaria e di sicurezza.

Gli apparecchi per illuminazione ordinaria saranno alimentati dalla tensione di rete, quelli per doppia funzione saranno alimentati dal soccorritore. In alcuni casi (es. locali tecnici o locali con pochi apparecchi) si rinuncia all'alimentazione da rete e si preferisce l'alimentazione solo da gruppo soccorritore; gli apparecchi così alimentati avranno la doppia funzione ordinaria e di sicurezza.

L'impianto di illuminazione ordinaria sarà costituito dagli apparecchi di illuminazione e da una rete di cavi unipolari e/o multipolari distribuiti a partire dai quadri di pertinenza dei vari circuiti, fino ai punti di allacciamento agli apparecchi.

Per quanto possibile, i vari circuiti avranno cassette di giunzione e derivazione installate prevalentemente all'interno di controsoffitti, in alcuni casi in vista all'interno di locali tecnici. All'interno delle cassette saranno alloggiati appositi morsetti a vite, singolarmente dotati di protezione isolante.

I reattori/driver dei vari apparecchi o sistemi di LED saranno in parte elettronici senza regolazione, in parte elettronici con regolazione DALI.

La numerazione dei circuiti e l'individuazione dei vari tipi di reattori/driver è rilevabile dagli elaborati grafici, così come il collocamento di tali dispositivi.

Per le strip led, si prevede di realizzare l'alimentazione al centro di strisce di lunghezza totale non superiore a 5 m.

Per gli apparecchi posti all'esterno sono previste derivazioni a mezzo di cassette IP65 e pressacavo di adeguato diametro, tanto per le linee di potenza quanto per quelle di segnale DALI.

7.28. Comandi dell'illuminazione ordinaria

Il comando delle accensioni dei vari circuiti dell'illuminazione ordinaria sarà realizzato tramite il sistema di Building Management (BMS).

Allo scopo vi saranno moduli di ingresso, a cui connettere i pulsanti di comando, i rivelatori di presenza e i comandi con dispositivi wireless dell'illuminazione. Sono previsti inoltre moduli di uscita, posizionati in corrispondenza dei vari quadri elettrici, che consentiranno di realizzare il comando on-off delle luci intervenendo sui contattori di potenza. Non è previsto che i contatti del BMS agiscano direttamente sui circuiti di potenza.

Il sistema permette sia comandi simultanei di accensione e spegnimento, sia l'impostazione e gestione di scenari predefiniti, liberamente impostabili. Il protocollo per la comunicazione previsto è di tipo DALI.

7.29. Illuminazione per esterni

I sistemi di illuminazione per gli spazi esterni saranno dimensionati e progettati con criteri e metodi tali da prevenire l'inquinamento luminoso e la dispersione della luce verso l'alto, con particolare attenzione per l'eco-sostenibilità e la massimizzazione del risparmio energetico e dei livelli di sicurezza (ad esempio mediante dispositivi per la riduzione del flusso luminoso e il telecomando).

Non sono previsti fasci di luce verso l'alto.

Gli impianti di illuminazione esterna risponderanno alle LR 17/2000 e smi e D.G.R. Lombardia n. VII/6162 del 20/09/2001.

Per la distribuzione si impiegheranno cavi tipo FG7, posati entro cavidotti sotto la pavimentazione del piano terra dell'edificio e/o interrati.

7.30. Illuminazione di sicurezza e segnaletica retroilluminata

Il sistema di illuminazione di sicurezza e la segnaletica retroilluminata assicurano l'illuminazione in caso di eventuali interruzioni dell'alimentazione elettrica da rete e indicheranno le uscite di sicurezza per mezzo di segnali luminosi.

L'illuminazione di sicurezza sarà installata lungo le vie di uscita di emergenza e nelle zone esterne. Il sistema avrà caratteristiche conformi alla normativa di riferimento e alla norma UNI EN 1838.

L'alimentazione dell'illuminazione di sicurezza e del sistema di segnalazione sarà garantita da un soccorritore con autonomia di 1 ora.

I cavi di potenza dei sistemi di illuminazione di sicurezza e di segnalazione saranno resistenti al fuoco.

Gli apparecchi per illuminazione di sicurezza saranno in buona parte quelli già previsti per l'illuminazione ordinaria degli ambienti, destinati quindi ad una doppia funzione (v. anche paragrafo 7.27).

Per potere utilizzare gli apparecchi di illuminazione a doppia funzione, sono previsti:

- a) a bordo dei quadri elettrici della sezione S (sicurezza), appositi contattori di tipo NC;
- b) a bordo dei medesimi quadri, viene introdotta la tensione ausiliaria di rete, prelevata dalla sezione N;
- c) in serie ai bus DALI vengono posti appositi contattori, che privano gli apparecchi dei relativi segnali digitali.

Il funzionamento del sistema è il seguente:

PRESENZA DELLA TENSIONE DI RETE

- il circuito ausiliario è in tensione, alimentato dalla sezione N;
- il BMS comanda l'accensione e lo spegnimento dei singoli circuiti;

ASSENZA DELLA TENSIONE DI RETE

- il circuito ausiliario è fuori tensione, i contattori dei circuiti dell'illuminazione di sicurezza si diseccitano, i contatti commutano in NC e le luci si accendono;
- i contattori sui bus DALI aprono il bus e le luci regolate emettono il 100% del flusso nominale.

7.31. Forza motrice (FM)

Per gli impianti di forza motrice si prevede una rete di distribuzione simile a quella prevista per gli apparecchi di illuminazione ordinaria.

Gli allacciamenti agli apparecchi utilizzatori avverrà con tratti terminali costituiti da cavi multipolari con guaina o con cavi unipolari entro guaina spiralata flessibile protettiva. I raccordi agli apparecchi elettrici saranno realizzati mediante pressacavo o pressaguaina.

7.32. Alimentazione del sistema multimediale

Il Sistema Multimediale avrà un proprio quadro elettrico (di bordo macchina, a carico del Fornitore del sistema medesimo) da ubicare al piano primo, entro apposito locale tecnico.

L'alimentazione elettrica qui prevista ha origine dal quadro Q.02 e fa capo ai morsetti di alimentazione del suddetto quadro elettrico, che si ipotizza dotato di proprio interruttore generale o propri morsetti di alimentazione.

La restante parte di impianto relativa al sistema multimediale (a valle del quadro di bordo macchina, sia per audio sia per video o per altri effetti) si intende a carico del fornitore del Sistema medesimo.

7.33. Alimentazione degli impianti elevatori

Ciascun sistema elevatore avrà un proprio quadro elettrico (di bordo macchina, fornito con l'elevatore stesso).

Il quadro di bordo macchina del tappeto mobile sarà ubicato al piano terra. L'alimentazione elettrica prevista ha origine dal quadro Q.02 e fa capo ai morsetti di alimentazione del suddetto quadro elettrico, che si ipotizza dotato di proprio interruttore generale o propri morsetti di alimentazione. La restante parte di impianto relativa al sistema di sollevamento (a valle del quadro di bordo macchina) si intende a carico del fornitore del sistema medesimo.

Il quadro dell'ascensore potrà essere ubicato al piano terra o al piano secondo, in funzione delle esigenze del costruttore dell'impianto. L'alimentazione dell'impianto viene prelevata dal quadro Q.02. La restante parte di impianto relativa al sistema di sollevamento (a valle del quadro di bordo macchina) si intende a carico del fornitore del sistema medesimo.

7.34. Prese elettriche

La rete di distribuzione sarà simile a quella prevista per gli apparecchi di illuminazione ordinaria.

Alcune prese saranno di tipo industriale, onde poter fornire punti ad elevata disponibilità di potenza elettrica, a cui allacciare i carichi più grossi.

7.35. Alimentazione elettrica degli impianti speciali

Sono previsti i seguenti impianti speciali:

- a) Sistema di allarme vocale per comunicazioni di emergenza (EVAC)
- b) sistema di rivelazione incendi
- c) sistema di videosorveglianza (CCTV)
- d) Sistema di controllo accessi e Sistema antintrusione
- e) Rete di fonia/dati

Tutti i suddetti sistemi avranno armadi e centrali ubicati all'interno della Sala Elettrica del piano terra. Essi inoltre avranno apparecchiature periferiche ubicate in vari punti dell'edificio; anche per tali apparecchiature sono previste alimentazioni elettriche.

Le alimentazioni di ciascun sistema saranno così costituite:

- a) Il sistema EVAC avrà le parti da alimentare poste entro un armadio rack nella sala elettrica. Per alimentare tale armadio è sufficiente pertanto realizzare una linea dalla sezione CA del quadro Q.02;
- b) Il sistema di rivelazione incendi avrà una propria centrale ubicata nella sala elettrica al piano terra. Per questa centrale si preleva alimentazione dalla sezione CA del quadro Q.02. Lo stesso dicasi per gli alimentatori ausiliari da collocare secondo necessità al piano terra. Per le altre apparecchiature periferiche dei piani primo e secondo, l'alimentazione viene prelevata dalle sezioni CA dei quadri previsti al piano secondo;
- c) Il sistema di videosorveglianza avrà proprie apparecchiature ubicate in un armadio rack collocato nella sala elettrica. L'armadio sarà alimentato dalla sezione CA del quadro Q.02. Tutte le telecamere saranno invece telealimentate tramite i cavi di segnale, essendo previsti apparati PoE. Le alimentazioni all'armadio saranno due: una da rete N e una da rete CA, essendo ivi previsti apparati con alimentatore a doppio ingresso;
- d) Il sistema di controllo accessi e antintrusione avrà una centrale nella sala elettrica e apparecchiature periferiche ("concentratori", centraline di gestione varchi, alimentatori ausiliari, ...) variamente ubicate nell'edificio. Le alimentazioni saranno prelevate analogamente a quanto previsto per l'impianto di rivelazione incendi;
- e) La rete di fonia/dati ha necessità di alimentazione solo a livello di armadio rack posto nel locale tecnico. Per questo armadio vi saranno le stesse tipologie di alimentazione previste per l'impianto di videosorveglianza (da rete N e da rete CA).

8. IMPIANTO ELETTRICO - DATI E CRITERI DI PROGETTO

8.1. Criteri di base

La sensibilità e il rispetto per l'ambiente ed il risparmio energetico è andata crescendo negli anni recenti, complici la presa di coscienza generale dei cambiamenti climatici in atto e l'accelerazione dei mutamenti del quadro socio politico internazionale che hanno allargato l'accesso della popolazione mondiale alle risorse energetiche sotto forma di combustibili fossili.

Il consumo di energia elettrica costituisce una voce importante nel bilancio energetico nazionale ed internazionale; d'altro canto è necessario offrire ai fruitori degli spazi confinati un livello di comfort illuminotecnico ed un servizio elettrico adeguato al tipo di attività svolto, con particolare riguardo al lavoro atteso per gli utenti dell'edificio in progetto.

Nel caso specifico, è necessario conciliare le esigenze di comfort con quelle di contenimento dei consumi energetici.

L'importanza dei vincoli sopra esposti, la necessità di garantire prestazioni adatte alla destinazione d'uso dell'edificio e la necessità di contenimento dei consumi energetici, l'esigenza di sicurezza, affidabilità e disponibilità della rete elettrica e degli impianti speciali, pongono problematiche difficilmente riscontrabili in realizzazioni impiantistiche di differente tipologia e che necessitano di un approccio attento e spesso non convenzionale.

L'architettura degli impianti previsti è in grado di far fronte ad eventuali emergenze o fuori servizio degradando al minimo le proprie prestazioni e consentendo comunque il mantenimento dei parametri di progetto entro limiti di accettabilità, sia a seguito di guasto impiantistico, che di evento calamitoso, che ponga problemi di gestione dell'emergenza.

Nella selezione dei componenti di impianto, compatibilmente con le valutazioni del beneficio tecnico economico, sono state individuate apparecchiature che hanno elevati rendimenti e che presentano anche alte caratteristiche qualitative sotto il profilo delle prestazioni complessive.

8.2. Dati di riferimento

Si riportano i principali dati e requisiti di base assunti per la progettazione.

ubicazione: Milano

destinazione prevalente degli ambienti: spazi espositivi

condizioni termoigrometriche di riferimento:

T. esterna massima: 32°C 50% U.R.

condizione limite estiva: 30°C 80% U.R.

T. esterna minima: -5°C 90% U.R.

Correnti di cortocircuito nel punto di consegna: vedere schemi dei quadri e relazione di calcolo della rete elettrica.

Valori di illuminamento medio di progetto: sono rispettati i valori di illuminamento medio mantenuto ed i parametri di uniformità, abbagliamento e temperatura colore previste dalla norma UNI 12464-1.

8.2.1. Dati elettrici generali:

fornitura	da rete di MT
potenza limite di fornitura	385 kW
tensione di alimentazione	23 kV trifase
frequenza	50 Hz
sistema elettrico dell'edificio	TN-S
tensione impianti BT	230/400 Vac
potenza sotto UPS	Circa 10-20% illuminazione ordinaria circa 15% forza motrice e prese 100% impianti speciali
potenza sotto soccorritore:	100% illuminazione di sicurezza
cadute di tensione massime rete di distribuzione:	da 0,75 % a 1,5 %
cadute di tensione massime rete secondaria e terminale:	2,5 %
cadute di tensione massime totali	< 4,0 %
margine di sicurezza assunto sulla portata dei cavi	15-20 %
margine di sicurezza sulla portata degli interruttori	20 %

8.2.2. Classificazione degli ambienti ed estensione delle zone pericolose

L'edificio è soggetto al controllo dei Vigili del Fuoco. Pertanto, in base all'art. 751.03.1.2 della norma CEI 64-8, è classificabile come "Ambiente a maggior rischio in caso di incendio" per la presenza di elevato numero di persone e per elevate perdite economiche.

L'edificio, inoltre, ha strutture portanti in legno (art. 751.03.1.2 della norma CEI 64-8).

8.3. Vincoli derivanti dalla classificazione degli ambienti

8.3.1. Nota generale

Nell'edificio sussistono le condizioni per ricadere in più di un gruppo di ambiente tra quelli di cui in 751.03.2, 751.03.3 e 751.03.4; pertanto le prescrizioni integrative previste dalla norma per gli impianti elettrici, riportate nel seguito, si sommano.

8.3.2. Limitazione dei componenti elettrici

Come previsto in 751.04.1.1 della norma CEI 64-8, i componenti elettrici verranno limitati a quelli necessari per l'uso degli ambienti stessi.

8.3.3. Sgombero delle vie di uscita

Come previsto in 751.04.1.2, nel sistema di vie d'uscita non devono essere installati componenti elettrici contenenti fluidi infiammabili. I condensatori ausiliari incorporati in apparecchi non sono soggetti a questa prescrizione.

8.3.4. Limitazioni per presenza di pubblico

Come previsto in 751.04.1.3, 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, saranno posti in luogo a disposizione esclusiva del personale addetto o posti entro involucri apribili con chiave o attrezzo (quadri elettrici chiusi a chiave).

8.3.5. Prescrizioni particolari per i componenti elettrici

Come previsto in 751.04.1.4, tutti i componenti elettrici devono rispettare le prescrizioni contenute nella Sezione 422 della norma CEI 64-8 (Protezione contro gli incendi), sia in funzionamento ordinario dell'impianto sia in situazione di guasto dell'impianto stesso, tenuto conto dei dispositivi di protezione.

Questo sarà ottenuto mediante un'adeguata costruzione dei componenti dell'impianto e mediante misure di protezione addizionali da prendere durante l'installazione.

Inoltre, ai componenti elettrici applicati in vista (a parete o a soffitto) per i quali non esistono le relative norme CEI di prodotto, si applicano i criteri di prova e i limiti di cui alla Sezione 422, Commenti, assumendo per la prova al filo incandescente 650 °C anziché 550 °C.

8.3.6. Limitazioni per gli apparecchi elettrici

Come previsto in 751.04.1.5, gli apparecchi d'illuminazione devono essere mantenuti ad adeguata distanza dagli oggetti illuminati, se questi ultimi sono combustibili. Salvo diversamente indicato dal costruttore, per i faretto e i piccoli proiettori tale distanza deve essere almeno:

- 0,5 m: fino a 100 W;
- 0,8 m: da 100 a 300 W;
- 1 m: da 300 a 500 W.

NOTA. Non sono previsti apparecchi d'illuminazione con lampade che, in caso di rottura, possono proiettare materiale incandescente, quali ad esempio le lampade ad alogeni e ad alogenuri. Se nel corso dei lavori fosse necessario installarle, queste saranno del tipo con schermo di sicurezza per la lampada e installati secondo le istruzioni del costruttore.

Le lampade e altre parti componenti degli apparecchi d'illuminazione saranno protette contro le prevedibili sollecitazioni meccaniche.

8.3.7. Prescrizioni comuni di protezione contro l'incendio per le condutture

Come previsto in 751.04.2.3 non è previsto l'uso dei conduttori PEN (schema TN-C).

Come previsto in 751.04.2.4 le condutture elettriche che attraversano le vie d'uscita di sicurezza non costituiscono ostacolo al deflusso delle persone e non sono a portata di mano (sono in controsoffitto o incassate a pavimento); comunque, se a portata di mano, devono essere poste entro involucri o dietro barriere che non creino intralci al deflusso e che costituiscano una buona protezione contro i danneggiamenti meccanici prevedibili durante l'evacuazione.

Come previsto in 751.04.2.5 i conduttori dei circuiti in c.a. devono essere disposti in modo da evitare pericolosi riscaldamenti delle parti metalliche adiacenti per effetto induttivo, particolarmente quando si usano cavi unipolari (vedere 521.5). Ciò è ottemperato in quanto i cavi previsti, ad eccezione di tratti trascurabili a questo fine, sono di tipo multipolare.

8.3.8. Tipi di condutture ammessi

Le condutture (comprese quelle che transitano soltanto) devono essere realizzate in uno dei modi indicati qui di seguito in a), b), c):

a1) condutture di qualsiasi tipo incassate in strutture non combustibili

a2) condutture realizzate con cavi in tubi protettivi metallici o involucri metallici, entrambi con grado di protezione almeno IP4X;

a3) condutture realizzate con cavi ad isolamento minerale aventi la guaina tubolare metallica continua senza saldatura con funzione di conduttore di protezione sprovvisti all'esterno di guaina non metallica;

b1) condutture realizzate con cavi multipolari muniti di conduttore di protezione concentrico, o di una guaina metallica, o di un'armatura, aventi caratteristiche tali da poter svolgere la funzione di conduttore di protezione;

b2) condutture realizzate con cavi ad isolamento minerale aventi la guaina tubolare metallica continua senza saldatura con funzione di conduttore di protezione provvisti all'esterno di guaina non metallica;

b3) condutture realizzate con cavi aventi schermi sulle singole anime o sull'insieme delle anime con caratteristiche tali da poter svolgere la funzione di conduttore di protezione.

c1) condutture diverse da quelle in a) e b), realizzate con cavi multipolari provvisti di conduttore di protezione;

c2) 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 conduttore di protezione può essere svolta dai tubi o involucri stessi o da un conduttore (nudo o isolato) contenuto in ciascuno di essi;

c3) condutture realizzate con cavi unipolari o multipolari sprovvisti di conduttore di protezione, contenuti in tubi protettivi o involucri, entrambi:

- costruiti con materiali isolanti;
- installati in vista (non incassati);
- con grado di protezione almeno IP4X.

Qualora i suddetti involucri siano installati in vista e non esistano le relative Norme CEI di prodotto, si devono applicare i criteri di prova indicati nella Tabella riportata nel Commento alla Sezione 422 della presente norma, assumendo per la prova al filo incandescente 850 °C anziché 650 °C.

NOTA 1 L'utilizzo di un conduttore di protezione nudo contenuto in ciascun tubo o involucro rappresenta una cautela aggiuntiva.

NOTA 2 All'interno di strutture combustibili (pannelli in legno sandwich con coibente) è possibile installare cavi di cui in c) utilizzando tubi protettivi (comprese le guaine flessibili o pieghevoli) realizzati con materiali non propaganti la fiamma, solo se essi rispondono alle prescrizioni della Norma riguardante i tubi protettivi (CEI EN 50086) e presentano un grado di protezione almeno IP 4X. Si segnala che in questo caso, quanto indicato dalla nota 1, ove richiamata, deve essere considerato come un requisito obbligatorio.

Le condutture in c3) saranno utilizzate per i tratti di alimentazione agli apparecchi utilizzatori di classe seconda e per l'alimentazione di alcuni apparecchi di classe prima, in questo ultimo caso con conduttore di protezione all'interno del tubo/canale.

c4) binari elettrificati e condotti sbarre con grado di protezione almeno IP4X.

Nel caso specifico sono previste condutture dei seguenti tipi:

- a1, in presenza di strutture non combustibili (pavimento, pareti in cartongesso);
- c1, per le alimentazioni di apparecchi illuminanti e per i tratti ove non è possibile realizzare le altre tipologie di condutture ammesse;
- c2, previste per: i tratti in canale metallico relativi sia a circuiti di distribuzione e sia a circuiti terminali; i tratti terminali in controsoffitto che alimentano gli apparecchi elettrici; gli allacciamenti terminali agli apparecchi elettrici utilizzatori nei locali tecnici;
- c3, previste per i circuiti terminali entro locali tecnici.

8.3.9. Protezione delle condutture elettriche

I dispositivi di protezione contro le sovracorrenti devono essere installati all'origine dei circuiti.

Per le condutture di cui in 751.04.2.6.c), i circuiti devono essere protetti, oltre che con le protezioni generali del Capitolo 43 e della Sezione 473 in uno dei modi seguenti:

a) con dispositivo a corrente differenziale avente corrente nominale d'intervento non superiore a 300 mA anche ad intervento ritardato; quando non sia possibile, per esempio per necessità di continuità di servizio, proteggere i circuiti di distribuzione con dispositivo a corrente differenziale avente corrente differenziale non superiore a 300 mA, anche ad intervento ritardato, si può ricorrere, in alternativa, all'uso di un dispositivo differenziale con corrente differenziale non superiore a 1 A ad intervento ritardato. Nel caso in esame si adottano protezioni aventi correnti differenziali:

- non superiori a 1A, ad intervento selettivo, nel quadro Q.01;
- non superiori a 300 mA ed intervento istantaneo, per l'alimentazione dei quadri di bordo macchina;
- non superiori a 30 mA ad intervento istantaneo per i circuiti terminali.

b) nei sistemi IT con dispositivo che rileva con continuità le correnti di dispersione verso terra e provoca l'apertura automatica del circuito quando si manifesta un decadimento d'isolamento; tuttavia, quando ciò non sia possibile, per es. per necessità di continuità di servizio, il dispositivo di cui sopra può azionare un allarme ottico ed acustico invece di provocare l'apertura del circuito; adeguate istruzioni devono essere date affinché, in caso di primo guasto, sia effettuata l'apertura manuale il più presto possibile. Nel caso in oggetto non sono previsti sistemi IT.

Sono escluse dalle prescrizioni a) e b) le condutture:

- facenti parte di circuiti di sicurezza;

- racchiuse in involucri con grado di protezione almeno IP4X, ad eccezione del tratto finale uscente dall'involucro per il necessario collegamento all'apparecchio utilizzatore.

8.3.10. Requisiti delle condutture per evitare la propagazione dell'incendio

La propagazione dell'incendio lungo le condutture è evitata nei modi seguenti:

- utilizzando cavi "non propaganti l'incendio" installati in fascio in conformità con la Norma CEI EN 50266 (CEI 20-22 cat. II e/o cat. III);
- adottando sbarramenti, barriere tagliafiamma in tutti gli attraversamenti di solai o pareti che delimitano il compartimento antincendio. Le barriere tagliafiamma devono avere caratteristiche di resistenza al fuoco almeno pari a quelle richieste per gli elementi costruttivi del solaio o parete in cui sono installate (art. 527.2).

8.3.11. Prescrizioni aggiuntive per gli ambienti di cui in 751.03.02

Si adottano cavi rispondenti alle norme CEI 20-22 e CEI 20-37.

Per i cavi delle condutture di cui in 751.04.2.6 b) e c) si deve valutare il rischio nei riguardi dei fumi, gas tossici e corrosivi in relazione alla particolarità del tipo di installazione e dell'entità del danno probabile nei confronti di persone e/o cose, al fine di adottare opportuni provvedimenti.

A tal fine si adottano (considerati adatti dalla norma CEI 64-8) i cavi senza alogeni (LS0H) rispondenti alle Norme CEI EN 50266 (CEI 20-22), CEI EN 50267 e CEI EN 50268 (CEI 20-37) per quanto riguarda le prove.

Le tipologie di cavo sopra riportate sono conformi alle Norme CEI 20-13 e CEI 20-38.

8.3.12. Prescrizioni aggiuntive e criteri per impianti elettrici degli ambienti di cui in 751.03.4

La prescrizione si applica agli ambienti a maggior rischio in caso d'incendio per la presenza di materiale infiammabile o combustibile in deposito.

a) Tutti i componenti dell'impianto (vedere art. 27.1), ad esclusione delle condutture, per le quali si rimanda agli articoli precedenti, e inoltre gli apparecchi d'illuminazione ed i motori, devono essere posti entro involucri aventi grado di protezione non inferiore a IP4X e comunque conformi a 512.2.

Il grado di protezione IP4X non si riferisce alle prese a spina per uso domestico e similare, ad interruttori luce e similari, interruttori automatici magnetotermici fino a 16 A - potere di interruzione Icn 3000 A.

NOTA 1 In conformità alle Norme CEI relative agli apparecchi d'illuminazione, il grado di protezione IP non si applica nei confronti delle lampade.

NOTA 2 Per i motori il grado di protezione IP4X è riferito alle custodie delle morsettiere e dei collettori; il grado di protezione per le altre parti attive non scintillanti deve essere non inferiore a IP2X.

b) I componenti elettrici saranno ubicati o protetti in modo da non essere soggetti allo stillicidio di eventuali combustibili liquidi.

d) I motori che sono comandati automaticamente o a distanza o che non sono sotto continua sorveglianza, devono essere protetti contro le temperature eccessive mediante un dispositivo di protezione contro i sovraccarichi con ripristino manuale o mediante un equivalente dispositivo di protezione contro i sovraccarichi.

9. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

9.1. Interruzione automatica dell'alimentazione

Tale protezione sarà ottenuta mediante l'interruzione dell'alimentazione, realizzata tramite il coordinamento tra la corrente che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione e l'impedenza dell'anello di guasto, che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente. Secondo quanto sopra riportato dovrà essere soddisfatta la seguente condizione:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

dove:

- Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;
- I_a è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro il tempo definito nella tabella 41.A della norma CEI 64-8 in funzione della tensione nominale U_0 per i circuiti specificati nell'articolo 413.1.3.4 oppure, nelle condizioni specificate dalla norma CEI 64-8 articolo 413.1.3.5, entro un tempo convenzionale non superiore a 5 s. Con l'utilizzo di dispositivi differenziali dove I_a corrisponde alla corrente differenziale nominale del dispositivo di protezione.
- U_0 è la tensione nominale in c.a., valore efficace tra fase e terra.

Per ragioni di selettività, potranno essere utilizzati dispositivi di protezione a corrente differenziale del tipo "S" in cascata con dispositivi di protezione a corrente differenziale di tipo generale. Per ottenere selettività con i dispositivi di protezione a corrente differenziale nei circuiti di distribuzione è ammesso un tempo di interruzione non superiore ad 1 s.

Nei sistemi di tipo TN è riconosciuto l'utilizzo dei seguenti dispositivi:

- dispositivi di protezione a corrente differenziale;
- dispositivi di protezione contro le sovracorrenti.

La protezione può essere assicurata anche con l'uso di componenti elettrici dei tipi seguenti, che siano stati sottoposti alle prove di tipo e siano contrassegnati in accordo con le relative Norme:

- componenti elettrici aventi un isolamento doppio o rinforzato (componenti di Classe II);
- quadri prefabbricati aventi un isolamento completo (Norma CEI 17-113).

Questi componenti dovranno essere identificati dal relativo simbolo.

La protezione contro i contatti indiretti per guasto lato MT sarà ottenuta realizzando un adeguato impianto di terra; il valore di resistenza di terra dovrà essere coordinato con la corrente di guasto a terra e il tempo di intervento delle protezioni ENEL secondo quanto indicato nella Norma CEI 11-1 paragrafo 9.2.4.2 in riferimento alla figura 9.1 "Tensioni di contatto ammissibili Utp per correnti di durata limitata".

9.2. Costituzione dell'impianto di terra

L'impianto di terra sarà costituito da dispersore con elementi orizzontali (corde, tondini), interconnessi tra loro ed ai ferri d'armatura delle strutture, tramite corda nuda di rame. Il dispersore così costituito sarà integrabile mediante dispersori verticali (picchetti), da installare solo in caso di effettiva necessità. Allo scopo vengono predisposti pozzetti ispezionabili, nei quali effettuare l'eventuale infissione degli elementi in oggetto.

L'impianto sarà collegato al collettore di terra principale (costituito da sbarra in rame a sezione rettangolare) posto entro il locale cabina MT/BT e al collettore del quadro elettrico generale Q.02.

Ai collettori di terra saranno collegati:

- i collettori di terra delle celle di media tensione;
- le masse e le masse estranee della cabina MT/BT;
- il centro stella del trasformatore MT/BT e le masse di questa macchina;
- i collettori di terra dei quadri elettrici, tramite cavo con isolamento di colore giallo-verde di sezione adeguata;
- altre masse e masse estranee, quali parti strutturali metalliche, ecc.;
- ferri di armatura del fabbricato.

Essendo l'impianto di distribuzione di tipo e TN-S è previsto che le linee di distribuzione principali abbiano un conduttore di protezione di sezione atta a garantire, in caso di guasto a terra, il necessario coordinamento con le protezioni.

Tutta la viteria e la bulloneria impiegata per realizzare i collegamenti di terra e tutti i materiali accessori saranno in acciaio inossidabile o zincato a caldo, le superfici di contatto se in rame dovranno essere stagnate o rinvivate e comunque sgrassate prima della giunzione.

Tutti gli utilizzatori verranno collegati a terra mediante conduttori di protezione facenti parte della formazione dei cavi di alimentazione e quindi faranno capo, con esse, al relativo quadro.

L'impianto di terra sarà interconnesso con il dispersore delle parti comuni del sito EXPO.

9.3. Altre misure ammesse (isolamento classe II o equivalente)

Le parti metalliche interne ai componenti/apparecchi isolati in Classe II non saranno collegate all'impianto di terra.

10. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

10.1. Involucri o barriere e loro grado di protezione IP

Onde evitare contatti diretti con parti attive dell'impianto elettrico, le stesse saranno poste all'interno di involucri con grado di protezione adeguato all'ambiente. L'accesso alle parti attive sarà possibile solo mediante l'impiego di chiavi o di attrezzi.

10.2. Accessibilità

Saranno garantite per tutti i componenti elettrici, comprese anche le condutture, la manovrabilità, l'ispezione, la manutenzione e l'accesso alle connessioni. Il montaggio dei componenti stessi all'interno degli involucri protettivi o compartimenti non ridurrà significativamente lo spazio o la sezione di detti elementi.

11. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E DI SCELTA DEI COMPONENTI

11.1. Identificazione

Gli elementi dell'impianto saranno dotati di appropriati sistemi di identificazione ed indicanti la funzione svolta dal componente.

Anche le condutture elettriche saranno disposte e contrassegnate in modo tale da poter essere identificate per le ispezioni, le prove, le riparazioni o le modifiche dell'impianto.

I conduttori di neutro saranno contraddistinti dalla colorazione blu chiaro; quelli di protezione ed equipotenziali dal bicolore giallo-verde.

11.2. Quadri elettrici

I quadri elettrici saranno rispondenti alle norme CEI 17-113; tale rispondenza sarà certificata dal costruttore del quadro. Sul quadro sarà posta una targa indicante il nome del costruttore e il numero di identificazione.

11.3. Condutture

I cavi che verranno installati per i circuiti di energia saranno dei seguenti tipi:

- N07G9-K - unipolare senza guaina, isolato in gomma - non propagante l'incendio ed a ridotta emissione di fumi e gas nocivi
- FG7(O)-M1 - unipolare o multipolare con isolamento in gomma e guaina in PVC non propagante l'incendio ed a ridotta emissione di fumi e gas nocivi
- FTG10(O)M1 - uni-multipolare con isolamento in gomma e guaina in PVC resistente al fuoco
- FG4OHM1 a norma EN 50200 - multipolari resistenti al fuoco, per impianti speciali.

La portata dei conduttori dei cavi sarà determinata sulla base delle tabelle CEI-UNEL e delle raccomandazioni IEC e in funzione dei dati forniti dal costruttore dei cavi stessi.

Le sezioni minime scelte corrisponderanno alle prescrizioni riportate nella tabella 52E della Norma CEI 64-8/5. Le sezioni dei conduttori dei cavi per energia saranno dimensionate in modo da garantire che la caduta di tensione, fra punto di consegna e punto più sfavorito, sia in pratica inferiore al 4%.

11.4. Condutture incassate in strutture non combustibili

Per i circuiti terminali di locali con presenza di strutture non combustibili si installeranno condutture incassate, compresi i circuiti di comando e l'alimentazione delle prese a spina di questi locali.

11.5. Impianti con condutture in vista

Questa tipologia di condutture sarà adottata per i locali tecnici, per i circuiti in controsoffitto e per tutti gli altri ambienti (uffici, spazi espositivi, ecc.).

Le modalità di installazione saranno le seguenti:

- condutture in tubo PVC autoestinguente posate in vista, con cavi unipolari aventi conduttori in rame, con giunzioni e derivazioni da realizzare in apposite cassette con gradi di protezione IP44 o superiore, con diametro dei tubi rispondente alle prescrizioni delle norme CEI 64-8
- condutture costituite da cavi multipolari con conduttori in rame, installati in vista, senza protezioni meccaniche, in prossimità degli apparecchi utilizzatori a partire dalle rispettive cassette di derivazione fino agli stessi.

11.6. Dimensionamento dei cavi

Il dimensionamento dei cavi è eseguito secondo la norma CEI-UNEL 35024/1, in modo da garantire la protezione della conduttura alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2) il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo tale che siano soddisfatte le condizioni:

$$a) I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) I_f \leq 1.45 I_z$$

Per soddisfare alla condizione a), ogni cavo sarà dimensionato in base alla corrente nominale della protezione a monte: in funzione della corrente I_b sarà scelta la corrente nominale della protezione a monte (valori normalizzati) e con questa si procederà alla scelta della sezione.

La scelta della sezione è stata fatta in base alla tabella che riporta la corrente ammissibile I_z in funzione del tipo di isolamento del cavo che si vuole utilizzare, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi; la portata del cavo, pertanto, è stata condizionata dalla seguente relazione:

$$I_z \text{ minima} = I_n / k$$

dove il coefficiente k di declassamento tiene conto anche di eventuali paralleli. La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia immediatamente superiore a quella calcolata tramite la corrente nominale (I_z minima). Gli eventuali paralleli vengono calcolati, nell'ipotesi che essi abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza, posa, etc. (par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate mediante opportuno coefficiente, funzione del numero di paralleli, che tiene conto della prossimità di circuiti).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1.45 e costante per tutte le tarature inferiori a 125A. Per le

apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45. Ne deriva che in base a queste normative la condizione b) sarà sempre soddisfatta.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono pertanto considerate protette contro le sovracorrenti.

Dalla sezione del cavo di fase deriva il calcolo dell' I^2t del cavo o massima energia specifica ammessa dal cavo come:

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

La costante K viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), in funzione del materiale conduttore e del materiale isolante:

Conduttore in rame e isolato in PVC:	K= 115
Conduttore in rame e isolato in gomma G:	K= 135
Conduttore in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7:	K= 143

11.7. Cadute di tensione

Le cadute di tensione sono valutate in base alle tabelle UNEL 35023.

In accordo con queste tabelle la caduta di tensione di un singolo ramo vale:

$$\text{cdt}(I_b) = \text{kcdt } I_b (L_c / 1000 V_n) [R_{\text{cavo}} \cos \phi + X_{\text{cavo}} \sin \phi] 100 \quad [\%]$$

dove:

- kcdt= 2 per sistemi monofase
- kcdt= 1.73 per sistemi trifase.

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione al tipo di cavo (unipolare/multipolare) e in base alla sezione dei conduttori; i valori della R_{cavo} riportate sono riferiti a 80°C, mentre la X_{cavo} è riferita a 50Hz, entrambe sono espresse in ohm/km.

La $\text{cdt}(I_n)$ viene valutata analogamente, ma alla corrente nominale del dispositivo di protezione a monte della conduttura I_n .

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di un'utenza viene determinata tramite la somma delle cadute di tensione, assolute di un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da questa viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale della utenza in esame.

11.8. Dimensionamento conduttori di neutro e loro protezione

La norma CEI 64-8 (par. 524.2 e par. 524.3) prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifase, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm²
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm² se conduttore in rame e 25 mm² se conduttore in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm², se conduttore in rame, e 25 mm², se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase.

Il criterio adottato consiste nel calcolare la sezione secondo il seguente schema:

$$\begin{aligned} S_n &= S_f & \text{se } S_f < 16 \text{ mm}^2 \\ S_n &= 16 \text{ mm}^2 & \text{se } 16 \text{ mm}^2 \leq S_f \leq 35 \text{ mm}^2 \\ S_n &= S_f / 2 & \text{se } S_f > 35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Nei circuiti monofase gli interruttori automatici (a due poli) potranno avere un solo polo protetto contro le sovracorrenti; in tal caso al polo protetto deve essere collegato il conduttore di fase. Nei circuiti trifase, ove il neutro abbia sezione ridotta rispetto a quella dei conduttori di fase, il polo di neutro sarà dotato di protezione dalle sovracorrenti.

11.9. Dimensionamento conduttori di protezione

Le norme CEI 64.8 (par. 543.1) prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite calcolo.

Il primo criterio consiste nel calcolare la sezione secondo il seguente schema:

$$\begin{aligned} S_{pe} &= S_f & \text{Se } S_f < 16 \text{ mm}^2 \\ S_{pe} &= 16 \text{ mm}^2 & \text{Se } 16 \text{ mm}^2 \leq S_f \leq 35 \text{ mm}^2 \\ S_{pe} &= S_f / 2 & \text{Se } S_f > 35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio consiste nel determinarne il valore tramite l'integrale di Joule.

Il metodo adottato in questo progetto è il secondo, con il rispetto dei vincoli normativi sulle sezioni minime.

11.10. Calcolo della temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi viene fatta alla corrente di impiego e alla corrente nominale, tramite la seguente espressione:

$$T_{\text{cavo}} = T_{\text{ambiente}} + [\alpha_{\text{cavo}} (I_b^2 / I_z^2)]$$

$$T_{\text{cavo}} = T_{\text{ambiente}} + [\alpha_{\text{cavo}} (I_n^2 / I_z^2)]$$

esprese in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente α_{cavo} tiene conto del tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

11.11. Calcolo delle correnti di guasto

Il calcolo delle correnti di guasto ha lo scopo di determinare le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione (inizio linea) e a monte dell'utenza (fine della linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);
- guasto fase terra (dissimmetrico).

Per il calcolo si adotta il metodo delle componenti alle sequenze (diretta, inversa e omopolare).

I parametri alle sequenze di ogni utenza sono inizializzati da quelli della utenza a monte e i primi vanno, a loro volta, ad inizializzare i parametri della linea a valle.

11.12. Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo viene eseguito nelle seguenti condizioni:

- a) la tensione nominale deve essere moltiplicata per il fattore di tensione pari a 1;
- b) l'impedenza di guasto minima è calcolata alla temperatura di 20 °C.

11.13. Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Le correnti di cortocircuito minime sono state calcolate come descritto nella norma CEI 11.25 (par 9.3), pertanto tenendo conto che:

la tensione nominale deve essere moltiplicata per il fattore di tensione di 0.95 (tab. 1 della norma CEI 11.25)

la resistenza diretta e quella omopolare dei cavi vengono determinate alla temperatura ammissibile dagli stessi alla fine del cortocircuito.

La temperatura alla quale vengono calcolate le resistenze sono date dalla norma CEI 64-8/4 (par. 434.3) in cui vengono indicate le temperature massime ammesse in servizio ordinario a seconda del tipo di isolamento di cavo, precisamente:

- isolamento in PVC $T_{max} = 70^{\circ}\text{C}$
- isolamento in G $T_{max} = 85^{\circ}\text{C}$
- isolamento in G5/G7 $T_{max} = 90^{\circ}\text{C}$

11.14. Tubi protettivi

Per eventuali nuove installazioni di tubazioni verranno impiegati tubi protettivi in PVC rispondenti alle relative norme di prodotto. Per la posa a vista fino a 2.5 m di altezza dal suolo e per eventuale posa sotto pavimento saranno utilizzati tubi di tipo pesante; per i restanti casi si potranno utilizzare tubi di tipo leggero.

Il diametro interno dei tubi, ove possibile, sarà almeno 1.3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi.

11.15. Cassette e connessioni

Le cassette di giunzione e derivazione sono e saranno tutte in PVC, munite di coperchio saldamente fissato, preferibilmente con viti, con grado di protezione non inferiore a IP44.

Le connessioni (giunzioni o derivazioni) verranno eseguite con appositi morsetti, senza ridurre la sezione dei conduttori e senza lasciare parti conduttrici scoperte. Le giunzioni uniranno cavi delle stesse caratteristiche e dello stesso colore. Non vi saranno giunzioni entro le scatole portafrutto.

11.16. Dispositivi di manovra e di protezione

11.16.1. Scelta delle protezioni da sovraccarichi e cortocircuiti

La scelta delle protezioni è stata effettuata tenendo conto delle caratteristiche elettriche nominali delle condutture e delle correnti di guasto, come sopra detto. In particolare si è tenuto conto delle seguenti grandezze:

- corrente nominale, tramite la quale si è dimensionata la conduttura
- numero dei poli

- tipo di protezione
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dell'utenza
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dall'utenza $I_{km\ max}$
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto a fine della utenza ($I_{mag\ max}$).

11.16.2. Interruttori differenziali

Gli interruttori differenziali che verranno installati a protezione di tutti i circuiti terminali saranno ad intervento istantaneo.

Per gli altri tipi di circuiti si veda il paragrafo 8.3.9.

11.16.3. Dispositivi di sezionamento e di comando

Per il sezionamento ed il comando di apparecchi e circuiti saranno rispettati i seguenti principi.

Ogni circuito dell'impianto elettrico sarà sezionabile, avrà cioè un dispositivo di sezionamento per garantire la sicurezza del personale che eseguirà lavori elettrici su parti attive o in vicinanza delle stesse.

Si utilizzeranno interruttori automatici magnetotermici onnipolari, dichiarati idonei al sezionamento dalle relative norme di prodotto o dal costruttore, oppure, ove specificato, si installeranno interruttori di manovra-sezionatori.

I dispositivi di sezionamento, comunque, sono stati scelti e saranno installati in modo da garantire il sezionamento di tutti i conduttori attivi del circuito. Essi saranno chiaramente identificabili mediante etichette indicanti i circuiti su cui saranno installati.

I dispositivi di comando di emergenza saranno ottenuti con una combinazione di apparecchi manovrabili con un'unica azione (pulsante in cassetta con vetro a rompere che agirà su bobina di apertura da montare sul relativo interruttore automatico magnetotermico generale).

11.17. Misure di prevenzione incendi per condutture elettriche

Le condutture previste dal presente progetto saranno costituite da cavi non propaganti l'incendio rispondenti alle norme CEI 20-22, installati in quantità tali da non superare il volume unitario di materiale non metallico stabilito dalla norma CEI 20-22. Questa scelta progettuale è intesa ad evitare la propagazione dell'incendio lungo le condutture stesse.

Le aperture che verranno realizzate per il passaggio delle condutture attraverso elementi costruttivi (pareti, solai, ecc.) dovranno essere otturate mediante barriere

tagliafiamma aventi caratteristiche di resistenza al fuoco almeno pari a quelle richieste per l'elemento perforato, fatta eccezione per i fori di sezione non superiore a 710 mmq.

SEZIONE B – IMPIANTI SPECIALI

12. IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA

Il sistema di videosorveglianza degli spazi espositivi e delle aree comuni esterne sarà integrato nel sistema di videosorveglianza generale di EXPO a cura del Partner Selex.

Il sistema sarà dotato di telecamere con funzionalità IP, interconnesse ad un server di registrazione/gestione delle immagini e al sistema centrale di supervisione/gestione della sicurezza.

L'architettura del sistema è a stella, con centro ubicato nel locale tecnico al piano terra, nel quale sarà installato un armadio rack dedicato a questo impianto (a carico di Selex). Al rack faranno capo tutti i cavi del sistema di videosorveglianza (anche questi installati da Selex). I cavi dati saranno relativi a prese tipo RJ45.

Si riassume quanto è da intendersi a carico di Selex, sia per la fornitura e sia per la messa in opera e l'attivazione, a valle delle relative procedure di affidamento:

- le prese dati, compresi supporti e placche in tecnopolimero;
- i cavi dati;
- i cavi di alimentazione di eventuali apparati attivi ed alimentatori in campo;
- le telecamere;
- l'armadio rack;
- tutte le connessioni di segnale e di alimentazione delle telecamere;
- tutte le connessioni con i centri di controllo;
- gli apparati attivi (switch), che dovranno essere di tipo PoE;
- i server di registrazione, i client di visione, i monitor di sorveglianza;
- il software e le relative licenze;
- i sistemi operativi;
- la certificazione del sistema.

Si riassume quanto è da intendersi a carico del Paese Espositore:

- canali, tubazioni e scatole vuote, pronti per la posa dei cavi;
- una presa elettrica di alimentazione dell'armadio rack, dotata di messa a terra, alimentata da gruppo UPS, potenza disponibile fino a 2 kW;
- una presa elettrica di alimentazione dell'armadio rack, dotata di messa a terra, alimentata dalla rete N, potenza disponibile fino a 2 kW;
- impianto di raffrescamento del locale tecnico.

Per le linee di segnale entranti, ove costituite da cavi in rame, la protezione dalle sovratensioni è a carico del fornitore delle apparecchiature dei sistemi a corrente debole (EXPO e Partner). Il Paese Espositore mette a disposizione l'impianto di terra e il relativo collettore situato nel locale tecnico degli impianti speciali. Spetta al fornitore delle apparecchiature la realizzazione della protezione da sovratensione, a mezzo di idonei limitatori/scaricatori di sovratensione, debitamente collegati a terra.

13. IMPIANTO DI TRASMISSIONE DATI E DI FONIA

La rete sarà costituita da un armadio rack con cassette ottici, patch panel RJ45, cassette porta apparecchiature, prese di corrente, rete di cavi.

La categoria prevista è la 6. I cavi saranno del tipo UTP, LSZH.

L'architettura del sistema è a stella, con centro ubicato nel locale tecnico al piano terra, nel quale sarà installato uno/due armadi rack dedicati a questo impianto (a carico di Telecom Italia). Al rack faranno capo tutti i cavi del sistema di videosorveglianza (anche questi installati da Telecom Italia). I cavi dati saranno attestati a prese e patch panel tipo RJ45.

Si riassume quanto è da intendersi a carico di Telecom Italia, sia per la fornitura e sia per la messa in opera e l'attivazione, a valle delle relative procedure di affidamento:

- le prese dati, compresi supporti e placche in tecnopolimero;
- i cavi dati;
- i cavi di alimentazione di eventuali apparati attivi ed alimentatori in campo;
- le telecamere;
- l'armadio (o gli armadi) rack;
- tutte le connessioni di segnale e di alimentazione degli apparati in campo;
- tutte le connessioni con i centri di controllo;
- gli apparati attivi (switch);
- gli apparati del sistema WiFi;
- la certificazione del sistema.

Si riassume quanto è da intendersi a carico del Paese Espositore:

- canali, tubazioni e scatole vuote, pronti per l'installazione dei cavi;
- una presa elettrica di alimentazione dell'armadio rack, dotata di messa a terra, alimentata da gruppo UPS, potenza disponibile fino a 2 kW;
- una presa elettrica di alimentazione dell'armadio rack, dotata di messa a terra, alimentata dalla rete N, potenza disponibile fino a 2 kW;
- impianto di raffrescamento del locale tecnico.

Per i vari posti di lavoro al videoterminale saranno predisposti punti di rete doppi (2 prese RJ45).

Gli apparati in campo appartenenti al sistema Wi-Fi saranno di tipo PoE.

Per le linee di segnale entranti, ove costituite da cavi in rame, la protezione dalle sovratensioni è a carico del fornitore delle apparecchiature dei sistemi a corrente debole (EXPO e Partner). Il Paese Espositore mette a disposizione l'impianto di terra e il relativo collettore situato nel locale tecnico degli impianti speciali. Spetta al fornitore delle apparecchiature la realizzazione della protezione da sovratensione, a mezzo di idonei limitatori/scaricatori di sovratensione, debitamente collegati a terra.

14. IMPIANTO ANTINTRUSIONE E DI CONTROLLO ACCESSI

L'edificio sarà dotato di un sistema di controllo accessi, con la possibilità di comunicare con il sistema del padiglione al sistema di supervisione principale/generale di EXPO.

Il sistema di controllo accessi si compone di una centrale (in comune con l'impianto antintrusione), sensori di riconoscimento trasponder, sensori di riconoscimento biometrico (impronta digitale), centraline di gestione dell'accesso per ogni varco controllato, comando dell'elettroserratura, una rete di interconnessione con cavi di appropriate caratteristiche.

Si riassume quanto è da intendersi a carico di Selex, sia per la fornitura e sia per la messa in opera e l'attivazione, a valle delle relative procedure di affidamento:

- tutti i componenti dell'impianto (centrale, rivelatori, lettori di trasponder, lettori biometrici, apparati di comunicazione, hardware e software;
- frutti passacavo, frutti ciechi, supporti, placche in tecnopolimero;
- i cavi del sistema;
- i cavi di alimentazione di eventuali apparati attivi ed alimentatori in campo;
- le centraline di controllo varchi, comprese le relative scatole di contenimento;
- tutte le connessioni di segnale e di alimentazione degli apparati in campo;
- tutte le connessioni con i centri di controllo;
- gli eventuali apparati attivi;
- la certificazione del sistema.

Si riassume quanto è da intendersi a carico del Paese Espositore:

- canali, tubazioni e scatole vuote, pronti per l'installazione dei cavi;
- una presa elettrica di alimentazione dell'armadio rack, dotata di messa a terra, alimentata da gruppo UPS, potenza disponibile fino a 2 kW.

- impianto di raffrescamento del locale tecnico.

Si precisa che le scatole di contenimento delle centraline di controllo dei varchi saranno fornite da EXPO ma installate dal Paese Espositore.

Per le linee di segnale entranti, ove costituite da cavi in rame, la protezione dalle sovratensioni è a carico del fornitore delle apparecchiature dei sistemi a corrente debole (EXPO e Partner). Il Paese Espositore mette a disposizione l'impianto di terra e il relativo collettore situato nel locale tecnico degli impianti speciali. Spetta al fornitore delle apparecchiature la realizzazione della protezione da sovratensione, a mezzo di idonei limitatori/scaricatori di sovratensione, debitamente collegati a terra.

15. BUILDING MANAGEMENT SYSTEM (BMS)

L'edificio sarà dotato di un BMS che integra le apparecchiature fornite da EXPO, che sono:

- Sistemi di misura dell'energia elettrica a livello di ciascun quadro elettrico;
- Sistemi di controllo del carico della cucina, a contatti puliti;
- Sistemi di controllo del carico per illuminazione, con tecnologia bus DALI;
- Sistemi di controllo delle apparecchiature HVAC e di gestione pompe e valvole 2/3 vie.

A carico dell'appaltatore, per completare il BMS sono previsti:

- Un sistema che acquisisce tutto quanto sopra di fornitura a carico di EXPO e lo trasferisce all'interno del BMS per la gestione da workstation;
- Un insieme di moduli d'uscita a contatti puliti, per il comando dell'illuminazione;
- Un sistema moduli d'ingresso a contatti puliti, relativi ai pulsanti e ai rivelatori di presenza;
- Un sistema di moduli d'ingresso a contatti puliti per l'acquisizione degli stati e scattato interruttore dei quadri elettrici, cabina compresa;
- Un sistema di moduli d'ingresso a contatti puliti per l'acquisizione degli stati dei pulsanti di sgancio di emergenza;
- Un sistema di interfacciamento per la comunicazione con UPS1 e 2 e Soccorritore, via Modbus o TCP/IP o RS 485, in funzione delle interfacce disponibili sulle macchine in questione.

Il sistema è quindi a servizio dei seguenti impianti:

- Impianto di illuminazione ordinaria, compresa regolazione del flusso luminoso, ove previsti reattori DALI;
- Impianto di illuminazione di sicurezza;

- Impianti HVAC;
- Sistema di misura e analisi dei principali parametri elettrici generali e di zona;
- regolazione della potenza complessivamente assorbita e distacco dei carichi.

Il sistema comprende:

- server di sistema e workstation, con a bordo licenza Desigo V5 (con mappe grafiche) per la supervisione degli impianti sopra elencati;

- Terminale operatore grafico per la visualizzazione e la gestione di tutti i dati dei controllori collegati in rete. Display ad alta risoluzione con contrasto modificabile, operatività tramite tasti funzione con accesso diretto all'informazione dell'impianto, operatività generica e visualizzazione impianto (gestione allarmi, programmi orari settimanali con calendario annuale, setpoint valori ecc.). Allarme acustico e visivo integrato, funzione di trend grafico in linea, supporto di tutte le protezioni integrate di accesso al sistema, distribuite sull'intero sistema. Possibilità di aggiungere, cancellare e modificare utenti. Logout automatico, curve grafiche di riscaldamento e di regolazione, impostazione data e ora del sistema, wiring test per input/output, funzioni di help context-sensitive

- Server Quad Core Xeon X3450 2.66 GHz - 4095 MB RAM ECC (1333 MHz – 2x2048) unbuffered – 2 Serial ATA Hot Swap (con RAID 0/1 Ctrl Serial ATA on board) - DVD SuperMulti Double Layer Serial ATA - LAN (Gigabit) – CP – tastiera e mouse – Sistema Operativo: Windows Server 64 Bit Standard Edition – Personalizzazione secondo standard cliente

- Monitor L20T-2 LED [20" Wide TFT-LCD Multimediale] - Contrasto (advanced) 5000000:1; Luminosità 250 cd/m2; Angolo di Visuale 176° ORIZ., 170° VERT., Response Time 5 ms - TCO 5.0, ISO9241-307, Energy Star 5.0 - colore antracite

Sono compresi:

- oneri per l'architettura del sistema;
- programmazione;
- pagine grafiche;
- mappatura punti/variabili;
- Training all'uso del sistema;
- documentazione e istruzione di utilizzo.

Il BMS raccoglie ed integra tutti i dati, tutte le funzionalità, tutti gli allarmi, tutti gli stati, ecc. del sistema di controllo e regolazione dell'illuminazione artificiale ordinaria, di

sicurezza ed esterna, e permette la supervisione di tutti i sottosistemi tecnologici posti a governo del complesso di edifici in oggetto.

Il BMS previsto è scalabile e può integrare, in futuro, altri sistemi (impianti speciali) che il cliente riterrà di inserire.

Le pagine grafiche del BMS permettono di accedere all'intero parco di sistemi tecnologici previsti nell'edificio, attraverso apposite pagine di interfaccia, cui si perviene da una pagina iniziale.

Ogni sottosezione delle pagine grafiche è programmabile e configurabile secondo gli standard e secondo le esigenze gestionali del Committente, tarate anche sullo specifico gruppo di sottoapplicazioni e sottosistemi da gestire.

Il numero di pagine grafiche dipende dalle esigenze del Committente, col quale, in sede di programmazione, si definiranno le modalità con cui accedere e consultare le varie funzioni, con cui programmare i set dei vari sistemi, con cui gestire gli allarmi, i report, ecc. .

E' prevista la revisione delle quantità e dei contenuti delle pagine grafiche, da effettuare dopo un periodo di avviamento e gestione dei vari sistemi. Ciò consentirà di risolvere ogni inadeguatezza, eventualmente anche del numero di pagine, nonché di "tarare" ulteriormente il BMS sugli effettivi bisogni, provenienti dall'uso, che scaturiscono dall'esperienza diretta in termini di management degli edifici, sotto tutti i profili, per primo quello energetico.

SEZIONE C – CALCOLO DELLA RETE ELETTRICA

16. CALCOLO DELLA RETE ELETTRICA

16.1. Introduzione

La presente sezione riguarda il dimensionamento della rete elettrica di potenza.

Il dimensionamento è effettuato tramite un programma di calcolo specialistico denominato "Ampere Professional".

Il presente elaborato ne illustra i criteri di calcolo ed i relativi risultati; esso è suddiviso nelle seguenti parti:

- Parte iniziale: Relazione descrittiva indicante le modalità di esecuzione di calcolo e delle verifiche condotte dal programma Ampere professional;
- Appendice A: Glossario di termini elettrotecnici presenti nel presente documento;
- Appendice esterna: tabelle riassuntive dei calcoli della rete elettrica (v. documento separato).

Le tabelle presenti nell'appendice esterna sono le seguenti:

- Fornitura: Tabella con indicazione dei parametri elettrici (tensione, corrente di cortocircuito ecc.) nel punto di allacciamento-fornitura dell'impianto in oggetto.
- Dati di carico: Tabella con indicazione dei parametri elettrici (potenze, tensioni, correnti, ecc.) delle utenze terminali e di distribuzione presenti nella rete.
- Potenze impianto: Tabella con indicazione delle potenze e dei coefficienti di contemporaneità, di utilizzazione e coefficiente di trasferimento (coefficiente che indica la parte di potenza che viene trasmessa alla utenza posta a monte rispetto a quella in oggetto).
- Protezioni: Tabella con indicazione dei dispositivi di protezione e/o sezionamento presenti nella rete elettrica. (vengono indicate marca, modello, caratteristiche elettriche, ecc.. di tali componenti).
- Cavetteria: Tabella con indicazione delle tipologie delle linee elettriche presenti nella rete. (vengono indicati i tipi di cavo, la formazione, la lunghezza, le portate, ecc).
- Condizioni di guasto trifase e fase-terra: Tabella con indicazione dei valori di corrente di cortocircuito per guasto trifase e fase-terra a monte e a valle delle utenze costituenti la rete in oggetto.

- Condizioni di guasto bifase e fase-neutro: Tabella con indicazione dei valori di corrente di cortocircuito per guasto bifase e fase-neutro a monte e a valle delle utenze costituenti la rete in oggetto.

Per una corretta lettura e comprensione del presente elaborato si dovrà fare riferimento agli altri elaborati di progetto e in particolare agli schemi dei quadri elettrici e alle tavole grafiche di progetto.

Si deve, inoltre, tener conto che:

- l'identificazione della singola utenza presente nelle tabelle di calcolo (sigla utenza) è indicata negli schemi dei quadri elettrici in corrispondenza della casella denominata "Sigla" in corrispondenza della colonna "Denominazione".
- negli schemi dei quadri elettrici vengono indicate le caratteristiche elettriche dei tratti iniziali delle linee di dorsale allacciati alle varie protezioni. Non compaiono diramazioni, blindo luci, blindo forza motrice, ecc.. esterne al quadro elettrico, che comunque vengono verificate dal programma di calcolo e indicate nelle relative tabelle dell'appendice B;
- nelle tabelle di calcolo possono comparire utenze finalizzate alla sola costruzione e modellazione della rete, non necessariamente presenti negli schemi dei quadri elettrici (esempio: collegamento tra dorsale e più utenze terminali ecc.), né negli altri elaborati grafici;
- nelle tabelle di calcolo (tabella protezioni) non vengono indicati i dispositivi di comando, di segnalazione e di misura (relè passo-passo, contattori, lampade spia, strumenti di misura, ecc.) inseriti nella rete elettrica in quanto non essenziali per le verifiche.

16.2. Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos\varphi}$$

nella quale:

- $k_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- $k_{ca} = 1.73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza $\cos\varphi$ è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di I_b vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$\begin{aligned}\overline{I_1} &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos \varphi - j \sin \varphi) \\ \overline{I_2} &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 2\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) \right) \\ \overline{I_3} &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 4\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{4\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{4\pi}{3} \right) \right)\end{aligned}$$

Il vettore della tensione V_n è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$\overline{V_n} = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nella quale *coeff* è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza P_n , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle P_d delle utenze a valle (ΣP_d a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan \varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle (ΣQ_d a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos \varphi = \cos \left(\arctan \left(\frac{Q_n}{P_n} \right) \right)$$

16.3. Dimensionamento dei cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$a) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) \quad I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente I_b , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata I_z della conduttura principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Le cinque tabelle utilizzate sono:

- IEC 448;
- IEC 365-5-523;
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026.

mentre per la media tensione si utilizza la tabella CEI 17-11.

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile I_z in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{z\min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente k ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla $I_{z\min}$. Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

16.4. Integrale di Joule

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

La costante K viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme

attualmente sono allo studio, i paragrafi sopracitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

- Cavo in rame e isolato in PVC: K = 115
- Cavo in rame e isolato in gomma G: K = 135
- Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7: K = 143
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: K = 115
- Cavo in rame serie L nudo: K = 200
- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: K = 115
- Cavo in rame serie H nudo: K = 200
- Cavo in alluminio e isolato in PVC: K = 74
- Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7: K = 87

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

- Cavo in rame e isolato in PVC: K = 143
- Cavo in rame e isolato in gomma G: K = 166
- Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7: K = 176
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: K = 143
- Cavo in rame serie L nudo: K = 228
- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: K = 143
- Cavo in rame serie H nudo: K = 228
- Cavo in alluminio e isolato in PVC: K = 95
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G: K = 110
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7: K = 116

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

- Cavo in rame e isolato in PVC: K = 115
- Cavo in rame e isolato in gomma G: K = 135

• Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 143
• Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
• Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
• Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
• Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
• Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 76
• Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 89
• Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 94

16.5. Dimensionamento dei conduttori di neutro

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm²;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso;
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16mm² se il conduttore è in rame e a 25 mm² se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm² se conduttore in rame e 25 mm² se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- determinazione in relazione alla portata del neutro.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

16.6. Dimensionamento dei conduttori di protezione

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- S_p è la sezione del conduttore di protezione (mm^2);
- I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5 mm² se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm² se non è prevista una protezione meccanica;

E' possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

16.7. Calcolo della temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$
$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

espresse in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

16.8. Cadute di tensione

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale.

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos \varphi + X_{cavo} \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $k_{cdt}=2$ per sistemi monofase;
- $k_{cdt}=1.73$ per sistemi trifase.

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 80°C, mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in $\Omega//km$. La $cdt(I_b)$ è la caduta di tensione alla corrente I_b e calcolata analogamente alla $cdt(I_b)$.

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

16.9. Calcolo dei guasti

Con il calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);

- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto fase terra (disimmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico).

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti della utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

16.10. Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

- a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione C_{max} ;
- b) impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza a 80 °C, data dalle tabelle UNEL 35023-70, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left(\frac{1}{1 + (60 \cdot 0.004)} \right)$$

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se f è la frequenza d'esercizio, risulta:

$$X_{dcavo} = \frac{X_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

possiamo sommare queste ai parametri diretti della utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{dsbarra} = \frac{R_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{dsbarra} = \frac{X_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$R_{0cavoNeutro} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro}$$

$$X_{0cavoNeutro} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$R_{0cavoPE} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE}$$

$$X_{0cavoPE} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

dove le resistenze $R_{dcavoNeutro}$ e $R_{dcavoPE}$ vengono calcolate come la R_{dcavo} .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:

$$R_{0sbarraNeutro} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro}$$

$$X_{0sbarraNeutro} = 3 \cdot X_{dsbarra}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$R_{0sbarraPE} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE}$$

$$X_{0sbarraPE} = 2 \cdot X_{anello_guasto}$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, della utenza a monte, espressi in mΩ

$$R_d = R_{dcavo} + R_{dmonte}$$

$$X_d = X_{dcavo} + X_{dmonte}$$

$$R_{0Neutro} = R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro}$$

$$X_{0Neutro} = X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro}$$

$$R_{0PE} = R_{0cavoPE} + R_{0montePE}$$

$$X_{0PE} = X_{0cavoPE} + X_{0montePE}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire *sbarra* a *cavo*.

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k\min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutro\min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE\min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase $I_{k\max}$, fase neutro $I_{k1Neutromax}$, fase terra $I_{k1PEmax}$ e bifase I_{k2max} espresse in kA:

$$I_{k\max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\min}}$$

$$I_{k1Neutromax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutromin}}$$

$$I_{k1PEmax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PEmin}}$$

$$I_{k2max} = \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k\min}}$$

Infine dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti (CEI 11-25 par. 9.1.1.):

$$I_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k\max}$$

$$I_{p1Neutro} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutromax}$$

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PEmax}$$

$$I_{p2} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2max}$$

dove:

$$\kappa \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \frac{R_d}{X_d}}$$

Vengono ora esposti i criteri di calcolo delle impedenze allo spunto dei motori sincroni ed asincroni, valori che sommati alle impedenze della linea forniscono le correnti di guasto che devono essere aggiunte a quelle dovute alla fornitura. Le formule sono tratte dalle norme CEI 11.25 (seconda edizione 2001).

16.11. Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 11.25 par 2.5 per quanto riguarda:

- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione di 0.95 (tab. 1 della norma CEI 11-25);

Per la temperatura dei conduttori ci si riferisce al rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario dal cavo. Essa viene indicata dalla norma CEI 64-8/4 par 434.3 nella quale sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

- | | |
|--------------------------------|--------------|
| - isolamento in PVC | Tmax = 70°C |
| - isolamento in G | Tmax = 85°C |
| - isolamento in G5/G7 | Tmax = 90°C |
| - isolamento serie L rivestito | Tmax = 70°C |
| - isolamento serie L nudo | Tmax = 105°C |
| - isolamento serie H rivestito | Tmax = 70°C |
| - isolamento serie H nudo | Tmax = 105°C |

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d\max} = R_d \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0Neutro} = R_{0Neutro} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0PE} = R_{0PE} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze minime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase I_{k1min} e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \max}}$$
$$I_{k1 \text{Neutr} \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1 \text{Neutr} \max}}$$
$$I_{k1 \text{PE} \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1 \text{PE} \max}}$$
$$I_{k2 \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k \max}}$$

16.12. Scelta delle protezioni

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale della utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dalla utenza $I_{km \max}$;
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea ($I_{mag \max}$).

16.13. Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

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

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

- a) Le intersezioni sono due:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_a);
 - $I_{ccmax} \leq I_{inters\ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_b).
- b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$.
- c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
 - $I_{cc\ max} \leq I_{inters\ max}$.

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

Note:

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti e la I_z dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

16.14. Massima lunghezza protetta

Il calcolo della massima lunghezza protetta viene eseguito mediante il criterio proposto dalla norma CEI 64-8 al paragrafo 533.3, secondo cui la corrente di cortocircuito presunta è calcolata come:

$$I_{ctocto} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot \frac{L_{\max prot}}{S_f}}$$

partendo da essa e nota la taratura magnetica della protezione è possibile calcolare la massima lunghezza del cavo protetto in base ad essa.

Pertanto:

$$L_{\max prot} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot \frac{I_{ctocto}}{S_f}}$$

Dove:

- U: è la tensione concatenata per i neutro non distribuito e di fase per neutro distribuito;
- ρ : è la resistività a 20°C del conduttore;
- m: rapporto tra sezione del conduttore di fase e di neutro (se composti dello stesso materiale);
- Imag: taratura della magnetica.

Viene tenuto conto, inoltre, dei fattori di riduzione (per la reattanza):

- 0.9 per sezioni di 120 mm²;
- 0.85 per sezioni di 150 mm²;
- 0.8 per sezioni di 185 mm²;
- 0.75 per sezioni di 240 mm²;

Per ulteriori dettagli vedi norma CEI 64-8 par.533.3 sezione commenti.

Appendice A: Glossario di termini elettrotecnici**B****Baricen.,** Baricentro attacco a montante

Media delle distanze dei carichi in una utenza a carico distribuito, espressa in m.

C**Cdt. Ib**

Caduta di tensione parziale (dovuta cioè alla sola conduttura dell'utenza) alla corrente Ib e cosfi nominale. Espressa in % della tensione nominale.

Cdt. In

Caduta di tensione parziale (dovuta cioè alla sola conduttura dell'utenza) alla corrente In. Espressa in % della tensione nominale.

Cdt max

Caduta di tensione massima prevista sulla utenza espressa in % della tensione nominale.

Cdt. tot. Ib

Caduta di tensione totale (dal punto di connessione alla fornitura) alla corrente Ib e cosfi nominale. Espressa in % della tensione nominale.

Cdt. tot. In

Caduta di tensione totale (dal punto di connessione alla fornitura) alla corrente In. Espressa in % della tensione nominale.

Circ. prox.

Numero di circuiti in prossimità (nella stessa conduttura) con il circuito in esame.

Coeff. Trasf.

Coefficiente di trasferimento della potenza a monte, indica la parte di potenza che viene trasmessa alla utenza posta a monte.

Coeff.

Coefficiente (o fattore) di contemporaneità per utenze di distribuzione, di utilizzo per utenze terminali.

Coll. fasi

Fasi a cui è collegato il carico, L1-N, L2-N, L3-N, L1-L2, L2-L3, L1-L3.

Cor. prot.

Corrente nominale della protezione, in A.

Cosfi

Fattore di potenza nominale del carico.

Curva sganc.

Curva di sgancio del dispositivo di protezione: B, C, D, ... etc.

F

Form. cavo

Formazione del cavo.

Form. blindo

Formazione della conduttura in sbarra.

I

I1

Corrente assorbita dal carico che circola nella fase 1 in A.

I2

Corrente assorbita dal carico che circola nella fase 2 in A.

I3

Corrente assorbita dal carico che circola nella fase 3 in A.

Ia

Corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro il tempo stabilito in base alla tensione nominale. Espressa in A.

Ia c.i.

Corrente che determina una tensione di guasto sulle masse pari alla tensione limite di contatto. Espressa in A.

Ib

Corrente di impiego calcolata in base alla potenza di dimensionamento. Espressa in A.

Icw

Massima corrente ammissibile di breve durata, espressa in kA.

Idn

Taratura della corrente differenziale. Espressa in A.

In blindo

Corrente nominale del condotto in sbarre, espressa in A.

Imag

Taratura della corrente di intervento magnetico della protezione, espressa in A.

Imag.max, I magnetica max

Corrente magnetica massima, utilizzabile per la taratura della protezione, pari alla minima corrente di guasto alla fine dell'utenza (fondo linea). Espressa in A.

IN

Corrente che circola nel conduttore di neutro in A.

In

Corrente nominale della protezione a monte. Automaticamente viene determinata come la corrente nominale tabulata per le protezioni, appena superiore alla corrente di impiego. Espressa in A.

Iz

Corrente ammissibile dei cavi calcolata in base alle correnti date dalle tabelle portata ed ai coefficienti di declassamento. Espressa in A.

IzF/IzN

Rapporto tra la portata del conduttore di fase e il conduttore di neutro.

IzF/IzPE

Rapporto tra la portata del conduttore di fase e il conduttore di protezione.

Iz N

Corrente ammissibile del conduttore di neutro espresso in A.

Iz PE

Corrente ammissibile del conduttore di protezione espresso in A.

Ik1ftmin, Ik1(ft) min (fase-terra)

Corrente minima di cortocircuito fase-terra a valle utenza. Espressa in kA.

Ik1ftmax, Ik1(ft) max (fase_terra)

Corrente massima di cortocircuito fase-terra a valle utenza. Espressa in kA.

Ik1fnmin, Ik1(fn) min (fase-neutro)

Corrente minima di cortocircuito fase-neutro a valle utenza. Espressa in kA.

Ik1fnmax, Ik1(fn) max (fase-neutro)

Corrente massima di cortocircuito fase-neutro a valle utenza. Espressa in kA.

Ik2min, Ik2 min (bifase)

Corrente minima di cortocircuito fase-fase a valle utenza. Espressa in kA.

I_{k2max} , $I_{k2 \max}$ (bifase)

Corrente massima di cortocircuito fase-fase a valle utenza. Espressa in kA.

 I_{kITmin} , $I_{k(IT) \min}$ (anello guasto)

Corrente minima di secondo guasto trifase (monofase) a valle utenza. Espressa in kA.

 I_{kITmax} , $I_{k(IT) \max}$ (anello guasto)

Corrente massima di secondo guasto trifase (monofase) a valle utenza. Espressa in kA.

 $I_{km \max}$

Corrente di guasto massima a fondo linea della utenza, a monte della utenza in esame. Trascurando l'impedenza propria della protezione coincide con la massima corrente di guasto all'inizio della utenza in esame. Espressa in kA.

 $I_k \max$, $I_k \max$ (trifase)

Corrente massima di cortocircuito trifase (monofase) a valle utenza. Espressa in kA.

 $I_k \min$, $I_k \min$ (trifase)

Corrente minima di cortocircuito trifase (monofase) a valle utenza. Espressa in kA.

 I_p , I_p (picco)

Corrente di picco in cortocircuito trifase in kA.

 I_{p1fn} , $I_{p1(fn)}$ (picco)

Corrente di picco in cortocircuito fase-neutro. Espressa in kA.

 $I_{p1(ft)}$, $I_{p1(ft)}$ (picco)

Corrente di picco in cortocircuito fase-terra. Espressa in kA.

 I_{p2} , I_{p2} (picco)

Corrente di picco in cortocircuito fase-fase. Espressa in kA.

 I_{th}

Taratura della corrente di intervento termico della protezione, espressa in A.

K **$K1_{blindo}$**

Coefficiente di declassamento in temperatura del condotto in sbarre.

 $K^2S^2 bl$

Integrale di Joule del condotto in sbarre, espresso in A²s.

 $K^2S^2 F$

Integrale di Joule dei conduttori di fase, espresso in A²s.

K²S² N

Integrale di Joule del conduttore di neutro, espresso in A²s.

K²S² PE

Integrale di Joule del conduttore di protezione, espresso in A²s.

k(Cu/Al)

Coefficiente di declassamento del cavo dovuto al tipo di materiale conduttore del cavo (valido solo per le tabelle IEC 448 e IEC 364-5-523).

k (prox.)

Coefficiente di declassamento del cavo dovuto ai circuiti in prossimità con il circuito della utenza in esame.

k (Tamb)

Coefficiente di declassamento del cavo dovuto alla temperatura ambiente a cui viene utilizzato il cavo, ricavato dalle tabelle.

k (utente)

Coefficiente di declassamento del cavo inseribile dall'utente.

k totale

Coefficiente di declassamento del cavo totale, dato dal prodotto dei coefficienti k(Cu/Al), k (Tamb), **k (prox.)**, **k (utente)**.

L**Lambda1**

Distanza del primo dei carichi in una utenza a carico distribuito, espressa in m.

Lambda2

Distanza dell'ultimo dei carichi in una utenza a carico distribuito, espressa in m.

Lc

Lunghezza della condotta in m.

Lmax prot

Lunghezza massima protetta del cavo in base alla taratura della corrente di intervento magnetico. Espressa in m.

LunPE Ut

Lunghezza equivalente del conduttore di protezione che può essere inserito dall'utente, espresso in m.

M**Mat. condutt.**

Materiale di cui è costituito il conduttore del cavo.

N**Nome utenza**

Nome dell'utenza.

Num. carichi

Numero dei carichi in una utenza a carico distribuito.

P**Pa**

Potenza apparente nominale del carico espressa in kVA.

Passo

Distanza un carico e il successivo, espressa in m.

Pd

Potenza effettivamente assorbita dal carico, espressa in kW.

PdI

Potere di interruzione della protezione, espresso in kA.

PE-Terra

Parametro che indica se il conduttore di protezione è collegato a monte oppure no.

Pn

Potenza nominale del carico espressa in kW.

Poli

Numero dei poli della protezione: 1, 1N, 2, 3, 3N, 4.

Pot. mot.

Potenza meccanica del motore, espressa in kW.

Pot. tr.

Potenza attiva che viene effettivamente trasferita a monte, calcolata mediante il coefficiente di trasferimento a monte. Espressa in kW.

Prot_blando

Grado di protezione IP del condotto in sbarre.

Prot.con.ind

Sigla che indica se è attuata, e come, la protezione ai contatti indiretti.

Ptot

Potenza totale calcolata, alla corrente di regolazione della termica o nominale della protezione a monte, e fattore di potenza unitario, in kVA.

Q**Qc**

Potenza della batteria dei condensatori di rifasamento, espressa in kVAR

Qn

Potenza reattiva nominale del carico espressa in kVAR.

Quadro

Quadro a cui appartiene l'utenza.

R**R cavo, Rcav**

Resistenza del cavo alla temperatura di 80°C, espressa in ohm/km e ricavato dalla tabella CEI-UNEL 35023-70 in base alla sezione del conduttore di fase.

ROfl

Resistenza a sequenza omopolare a valle dell'utenza. Espressa in mohm.

ROI

Resistenza della linea a sequenza omopolare dell'utenza. Espressa in mohm.

rc01Ne

Resistenza a sequenza omopolare tra fase e neutro della utenza, espresso in mohm.

rc0Ne

Resistenza a sequenza omopolare tra fase e neutro a valle dell'utenza. Espressa in mohm.

R_bl

Resistenza di fase del condotto in sbarre, espressa mohm/m.

Rdfl

Resistenza a sequenza diretta a valle dell'utenza. Espressa in mohm.

Rdl

Resistenza a sequenza diretta della utenza. Espressa in mohm.

Rend. mot.

Rendimento del motore.

RKbl

Resistenza dell'anello di guasto del condotto in sbarre, espressa in mohm/m.

RNbl

Resistenza del neutro del condotto in sbarre, espressa in mohm/m.

RPEb

Resistenza equivalente del conduttore di protezione del condotto in sbarre, espressa in mohm/m.

RpeU

Resistenza equivalente del conduttore di protezione che può essere inserito dall'utente, espresso in mohm.

S**Sez. F**

Sezione del conduttore di fase espresso in mm².

Sez. N

Sezione del conduttore di neutro espresso in mm².

Sez. PE

Sezione del conduttore di protezione espresso in mm².

Sigla

Sigla della utenza

Sist. distr.

Sistema di distribuzione, TT, TN-C, TN-S, IT.

T**Tab. posa**

Tabella posa utilizzata per il dimensionamento dei cavi: IEC 448, IEC 364-5-523, CEI-UNEL 35024/1, CEI-UNEL 35024/2 e CEI-UNEL 35026.

Tamb

Temperatura ambiente, in °C, alla quale il cavo deve essere utilizzato.

Tcavo Ib

Temperatura del cavo alla corrente di impiego Ib. Espressa in °C.

Tcavo In

Temperatura del cavo alla corrente di nominale In. Espressa in °C.

Ten.prot.

Tensione nominale della protezione, in V.

Tipo

Tipo protezione o apparecchiatura: MT, MTD, S, ... etc.

Tipo cavo

Tipo di cavo, unipolare o multipolare.

Tipo isolante (Tipo isolan.)

Tipologia di isolante del cavo.

Tipo posa

Tipologia di posa del cavo.

U**Uten. monte**

Sigla della utenza a monte.

V**Vn**

Tensione nominale a cui è alimentato il carico espresso in V.

Vnom_bl

Tensione d'impiego del condotto in sbarre, espressa in V.

VT

Tensione verso massa in condizioni di guasto, solo per i sistemi IT viene controllato che non superi i 50V al primo guasto. Espressa in V.

VTIT 2°

Tensione verso massa in condizioni di secondo guasto, solo per i sistemi IT viene controllato che non superi i 50V. Espressa in V.

X**X cavo, Xcav**

Reattanza del cavo alla frequenza di 50 Hz, espressa in ohm/km e ricavato dalla tabella CEI-UNEL 35023-70 in base alla sezione del conduttore di fase.

Xofl

Reattanza a sequenza omopolare a valle dell'utenza. Espressa in mohm.

XOI

Reattanza della linea a sequenza omopolare dell'utenza. Espressa in mohm.

xc01Ne

Reattanza a sequenza omopolare tra fase e neutro della utenza, espresso in mohm.

xc0Ne

Reattanza a sequenza omopolare tra fase e neutro a valle dell'utenza. Espressa in mohm.

X_bl

Reattanza di fase del condotto in sbarre, espressa mohm/m.

Xdfi

Reattanza a sequenza diretta a valle dell'utenza. Espressa in mohm.

Xfi

Reattanza della linea a sequenza diretta dell'utenza. Espressa in mohm.

Xkbl

Reattanza dell'anello di guasto del condotto in sbarre, espressa in mohm/m.

XNbl

Reattanza del neutro del condotto in sbarre, espressa in mohm/m.

XpeU

Reattanza equivalente del conduttore di protezione che può essere inserito dall'utente, espresso in mohm.

Z**ZITmin, ZITmin (anello guasto)**

Impedenza minima dell'anello di guasto (al secondo guasto) a valle utenza, per sistemi IT. Espressa in mohm.

ZITmax, ZITmax (anello guasto)

Impedenza massima dell'anello di guasto (al secondo guasto) a valle utenza, per sistemi IT. Espressa in mohm.

Zk1fnmin, Zk1(fn) min (fase-neutro)

Impedenza minima di guasto fase-neutro a valle utenza. Espressa in mohm.

Zk1fnmx, Zk1(fn) max (fase-neutro)

Impedenza massima di guasto fase-neutro a valle utenza. Espressa in mohm.

Zk1ftmin, Zk1(ft) min (fase-terra)

Impedenza minima di guasto fase-terra a valle utenza. Espressa in mohm.

Zk1ftmax, Zk1(ft) max (fase-terra)

Impedenza massima di guasto fase-terra a valle utenza. Espressa in mohm.

Zk min, Zk min (trifase)

Impedenza minima di guasto trifase (monofase) a valle utenza. Espressa in mohm.

Zk max, Zk max (trifase)

Impedenza massima di guasto trifase (monofase) a valle utenza. Espressa in mohm.

Zona

Zona a cui appartiene l'utenza.