

1.0 GENERALITA'

La attività che si svolgono all'interno di uno Stabilimento Ospedaliero richiedono la somministrazione **contemporanea** di energia elettrica, termica e frigorifera. L'installazione di un impianto capace di produrre contemporaneamente le tre forme di energia, rappresenta una modalità assolutamente conveniente e trova l'ideale collocazione nell'ambito della realtà ospedaliera attuale.

Tale applicazione rappresenta anche un razionale ed ottimale sfruttamento delle risorse energetiche a disposizione della collettività.

Con il termine "**Trigenerazione**" s'intende la produzione combinata di energia elettrica, di calore e di energia frigorifera con l'utilizzo di combustibili convenzionali quali gas naturale o gasolio.

Scopo della presente relazione è l'esposizione della metodologia seguita per il dimensionamento e lo sfruttamento ottimale delle tre forme di energia prodotte dall'impianto di trigenerazione da installare nell'Ospedale "**S. Giovanni di Dio**" di **Crotone**.

1.1 Impianto di Trigenerazione

La soluzione tecnica proposta, ed esaminata nel dettaglio nei paragrafi che seguono, consiste nell'installazione dei seguenti componenti:

- un motore endotermico a gas metano capace di produrre ed immettere nella rete elettrica dell'ENEL una potenza elettrica pari a 1.160 kWe ;

Il calore proveniente dal raffreddamento dei gas di scarico, dalle camicie del motore, dall'olio di lubrificazione del turbocompressore del motore, sarà utilizzato per produrre Acqua Calda alla temperatura di 95 °C utilizzata per alimentare un gruppo frigo ad assorbimento capace di produrre energia frigorifera.

Il calore recuperato dal motore sarà di 1159 Kwt (996.740 Kcal/h) che alimentando il gruppo frigo ad assorbimento produrrà una potenzialità frigorifera di circa 825 kWf.

Ciò realizza, di fatto, la trigenerazione, ottimizzando così le risorse il sistema e minimizzando il consumo di energia primaria.

1.2 Ubicazione della Centrale

La soluzione tecnica proposta, le cui motivazioni verranno prodotte nel seguito della relazione, prevede l'installazione dell'impianto in un'area adiacente al manufatto che contiene i locali cabina di trasformazione. Nella stessa area è presente la centrale termica dove con due caldaie, della potenzialità di c.ca 1.800.000 Kcal/h cad, si produce il vapore utilizzato quale fluido primario per riscaldare acqua calda per riscaldamento ed acqua calda sanitaria.

L'area individuata per la l'ubicazione dell'impianto di trigenerazione è libera, sufficientemente aperta e lontana dagli altri fabbricati. Essa è raggiungibile dalla tubazione del gas metano derivata dalla nuova

cabina di consegna che sarà ubicata vicino a quella esistente. Da questa area si raggiunge agevolmente la sottocentrale termica alla quale viene veicolato il fluido caldo (acqua a 80 °C max.) prodotto nella centrale di trigenerazione.

Il fluido freddo prodotto nella centrale di trigenerazione viene veicolato a valle dei gruppi frigo esistenti nel complesso ospedaliero dove esso viene utilizzato in sostituzione del fluido prodotto dai gruppi ad assorbimento locali realizzando così un notevole risparmio energetico.

Nella area che è mostrata sul grafico "Planimetria Generale", sono quindi ubicate :

- il motore installato in un container afonizzato;
- la cabina di trasformazione Bt - Mt prefabbricata ;
- l'assorbitore anch'esso installato all'interno di una cabina per proteggerlo dalle intemperie e per abbattere gli eventuali rumori. Nello stesso locale sono installate anche le pompe di circolazione dei fluidi termovettori caldo e freddo;
- le torri di raffreddamento evaporative installate all'esterno ma silenziate per contenere le emissioni sonore;
- le pompe di circolazione acqua di torre , l'addolcitore e le altre apparecchiature per la realizzazione dell'impianto.
- Nelle vicinanze della stessa area si trova inoltre la cabina di consegna ENEL.

1.3 Centrale Termica e Cabina di Trasformazione ENEL esistenti

L'Ospedale ha attualmente le seguenti fonti di energia

Energia Termica

L'energia termica necessaria alla struttura è prodotta dalle caldaie a vapore a gas metano installate nel locale centrale termica. Sono presenti due caldaie da 1.800.000 Kcal/h a media pressione. Il fluido termovettore, il vapore, viene ridotto di pressione da 10 a 4 bar nella stessa centrale termica e distribuito mediante tubazioni installate all'interno di un cunicolo interrato, alla sottocentrale termica. La sottocentrale è ubicata in un piano interrato, ad una quota di c.ca 5 mt inferiore alla centrale termica a metano, dove è utilizzato in scambiatori di calore e boiler per produrre acqua calda per il riscaldamento e sanitaria. L'acqua calda sanitaria viene prodotta con il vapore in 3 bollitori da 4.000 l mentre l'acqua calda per il riscaldamento viene prodotta con l'utilizzo di scambiatori Vapore /AC.

Energia Frigorifera

Il complesso ospedaliero risulta quasi completamente climatizzato, mediante l'ausilio di gruppi frigoriferi ad assorbimento realizzati c.ca 10 anni fa.

Energia Elettrica

La configurazione attuale dell'impianto elettrico della struttura prevede :

una Cabina di Trasformazione, ubicata alla medesima quota della centrale termica a metano, dotata di N. 2 trasformatori in parallelo di Potenza nominale pari a 500 KVA, più un trasformatore di riserva di pari caratteristiche.

L'azienda ospedaliera è dotata inoltre di un Gruppo Elettrogeno installato di recente con una potenzialità di 550 kVA.

Per la distribuzione alle utenze sono presenti quadri in B.T.

Norme Di Riferimento Impianto Meccanico

Leggi, decreti e provvedimenti

- Decreto Ministeriale 1 dicembre 1975 – Norme di sicurezza riguardante recipienti in pressione – Raccolta R ed H
- Decreto Ministeriale 16 febbraio 1982 (Interno) – Modificazioni del DM 27 settembre 1965 concernente la determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi – in G.U. n.98 del 9 aprile 1982
- Legge 5 marzo 1990, n.46 – Norme per la sicurezza degli impianti – in G.U. n.59 del 12 marzo 1990
- Legge 9 gennaio 1991, n.9 – Norme per l'attuazione del nuovo piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali – in S.O. n.6 alla G.U. n.13 del 16 gennaio 1991
- Legge 9 gennaio 1991, n.10 – Norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia – in S.O. n.6 alla G.U. n.13 del 16 gennaio 1991
- Decreto Presidente del Consiglio dei Ministri 1 marzo 1991 – Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno – in G.U. n.57 del 8 marzo 1991
- Decreto Presidente della repubblica 6 dicembre 1991, n.447 – Regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990, n.46, in materia di sicurezza degli impianti – in G.U. n.38 del 15 febbraio 1992
- Decreto presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n.412 – Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art.4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n.10 – in S.O. alla G.U. n.242 del 14 ottobre 1993

Norme tecniche, progetti di norme, linee guida

- D.P.C.M. 1.3.1991 – Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

Norme Di Riferimento Impianto Elettrico

CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle Imprese distributrici di energia elettrica.

CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.

CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.

CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.

CEI 11-25 Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata.

CEI 11-37 Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1kV.

CEI 14-4 Trasformatori di potenza.

CEI 14-8 Trasformatori di potenza a secco.

CEI 14-12 Trasformatori trifase di distribuzione di tipo a secco 50Hz, da 100kVA e 2.500kVA con una tensione massima per il componente non superiore a 36kV.

CEI 17-1 Apparecchiature ad alta tensione - Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione.

CEI 17-5 Apparecchiature a bassa tensione - Parte 2: Interruttori automatici.

CEI 17-6 Apparecchiature ad alta tensione - Parte 200: Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1kV a 52kV.

CEI 17-9/1 Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori per alta tensione - Parte 1: Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori per tensioni nominali superiori a 1kV e inferiori a 52kV.

CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30kV.

CEI 23-54 Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche - Parte 2-1: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori.

CEI 23-55 Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche - Parte 2-2: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori.

CEI 23-58 Sistemi canali e di condotti per installazioni elettriche - Parte 1: Prescrizioni generali.

CEI 23-80 Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche - Parti da 1 a 23.

CEI 38-1 Trasformatori di misura - Parte 1: Trasformatori di corrente.

CEI 38-2 Trasformatori di misura - Parte 1: Trasformatori di tensione induttivi.

CEI EN 50272-2 Prescrizioni di sicurezza per batterie di accumulatori e loro installazioni. Parte 2: Batterie stazionarie.

CEI EN 60950-1 (CEI 74-2) Apparecchiature per la tecnologia dell'informazione – Sicurezza - Parte 1:

Requisiti generali (fasc. 8683 del 01/02/2007).

CEI EN 62305-1 Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali.

CEI EN 62305-2 Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 2: Gestione del rischio.

CEI EN 62305-3 Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.

CEI EN 62305-4 Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture.

CEI 81-3 Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico. Elenco dei comuni.

UNI 9795 Sistemi fissi automatici di rivelazione, di segnalazione manuale e di allarme d'incendio.

UNI EN 1838 Applicazione dell'illuminotecnica - Illuminazione di emergenza.

ENEL DK 5940 Guida per le connessioni alla rete elettrica di ENEL distribuzione.

CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica - Foglio di interpretazione F1

Deliberazione 18 marzo 2008 - ARG/elt 33/08 Condizioni tecniche per la connessione alle reti di distribuzione dell'energia elettrica a tensione nominale superiore ad 1 kV.

Deliberazione 6 agosto 2008 - ARG/elt 119/08 Disposizioni inerenti l'applicazione della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas ARG/elt 33/08 e delle richieste di deroga alla norma CEI 0-16, in materia di connessioni alle reti elettriche di distribuzione con tensione maggiore di 1 kV.

2.0 DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROPOSTA: TRIGENERAZIONE

2.1 Descrizione dell'impianto di trigenerazione

Il progetto prevede l'installazione delle seguenti apparecchiature principali:

un motore capace di erogare una potenza elettrica pari a 1.169 kWe, che produce recuperando calore una potenza termica pari a 1.159 kWt; alimentato a gas metano prelevato dalla rete esterna alla struttura ospedaliera e depressurizzato in una cabina di riduzione di nuova realizzazione;

un gruppo ad assorbimento della potenzialità di 825 kWf alimentato con la potenza termica di 1.159 Kwt erogata dall'assorbitore mediante l'acqua calda recuperata dal motore a 95 °C ;

trasformatore elevatore Bt -Mt quadro elettrico di MT;

torre evaporativa con relative pompe di circolazione;

pompe di circolazione fluidi termovettori dall'impianto di cogenerazione ai punti di utilizzo e ritorno di circolazione acqua calda sanitaria.

2.2 Caratteristiche Tecniche Dell'impianto Meccanico

Il cogeneratore ha come obiettivo di assicurare il soddisfacimento del fabbisogno termofrigorifero dell'Ospedale, massimizzando il recupero elettrico e vendendo il minimo possibile alla rete nazionale.

L'esercizio del motore a gas metano produce calore che viene recuperato in due scambiatori uno sui gas di scarico denominato e l'altro è sull'olio di lubrificazione.

Il calore recuperato in questi due scambiatori viene ceduto al fluido termovettore (acqua) che viene riscaldato alla temperatura di 95 °C. Il fluido termovettore alla temperatura di 95 °C viene utilizzato come segue:

in piena estate è inviato in un gruppo frigo ad assorbimento nel quale viene prodotta energia frigorifera per un totale di 825 Kw (circa 709.500 Frig./h) rendendo così disponibile nel periodo estivo, quando maggiore è la richiesta una notevole quantità di acqua refrigerata alla temperatura di 7 °C.

L'acqua refrigerata così prodotta viene resa disponibile su quattro degli impianti selezionati sulla base della loro potenzialità e dalla facilità di alimentarli dalla centrale di rigenerazione.

La somma della potenza frigorifera richiesta dai quattro impianti selezionati è di circa 744 Kw mentre la capacità dell'assorbitore è di 825 Kw.

L'alimentazione dell'acqua fredda prodotta dall'assorbitore ai quattro impianti avviene con il metodo primario secondario :

il primario è costituito dall'assorbitore e dalle pompe di circolazione, mentre i secondari sono i refrigeratori di ogni zona e le rispettive utenze. I refrigeratori funzioneranno solo se la temperatura dal collettore gli arriva $>7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

L'acqua fredda (a $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ o alla temp. di produzione) in arrivo dall'assorbitore viene inviata all'aspirazione delle pompe dei singoli impianti (secondarie) che provvedono a inviarla nel singolo gruppo frigo.

Quest' ultimo che funzionerà solo se la temperatura dal collettore gli arriva maggiore di $7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Infatti il singolo gruppo provvederà ad abbassare la temperatura a 7 gradi se l'acqua in arrivo è ad una t maggiore a 7 o a farla passare nel gruppo frigo senza che esso funzioni se la $t = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (o prossima a 7).

In uscita dal gruppo l'acqua raggiunge le utenze da servire e passa prima nel volano termico e ritorna nel circuito primario chiudendo la valvole che porta all'aspirazione delle pompe (altrimenti circuiterebbe su se stesso) .

Per attivare il passaggio dell'acqua refrigerata o per disattivarla nel caso di un blocco della trigenerazione e quindi della produzione centralizzata del freddo sono state previste delle valvole motorizzate ON / OFF comandate dal sistema di supervisione.

Con questo schema funzionale la produzione di acqua refrigerata degli impianti selezionati si riduce notevolmente fino a quasi ad azzerarsi con notevole saving energetico e quindi di richiesta elettrica (vedi

schema funzionale collegamento acqua refrigerata utenze esistenti) .

In pieno inverno, quando minima è la richiesta di energia frigorifera, l'energia termica recuperata dal motore è utilizzata per la produzione di calore da inviare alla sottocentrale termica dove riscaldere l'acqua contenuta nei bollitori e destinata come acqua calda sanitaria. In questa fase tutto il calore recuperato, circa 1159 Kwt (max) potrà essere trasferito con il gruppo frigo ad assorbimento fermo risparmiando così il vapore industriale attualmente utilizzato per riscaldare l'acqua sanitaria.

Nelle stagioni intermedie con l'assorbitore in esercizio la quantità di calore disponibile per la cessione all'esterno è funzione del carico frigorifero richiesto al gruppo ad assorbimento dalle utenze. Il calore da cedere si ottiene da uno scambiatore che con un opportuno controllo di temperatura viene attraversato o meno dall'acqua calda, la quale non essendo stata raffreddata nell'assorbitore per mancanza di richiesta di carico frigorifero rende disponibile calore per riscaldare l'acqua calda sanitaria nella sottocentrale.

Il controllo della temperatura sullo scambiatore assicurerà che l'acqua in circolazione ritorni negli scambiatori del motore ad una temperatura non inferiore 80°C temperatura alla quale viene immesso nel blocco motore.

Viene così massimizzato il bilancio termico annuale delle energie rese disponibili dal cogeneratore.

L'acqua calda recuperata dallo scambiatore viene inviata alla sottocentrale termica dove cede il suo calore all'acqua calda sanitaria nell'altro scambiatore.

L'acqua da riscaldare è l'acqua fredda accumulata nei due bollitori che sono stati trasformati in accumulatori di acqua calda, la quale è poi miscelata con acqua calda prodotta nel bollitore con scambiatore a vapore per ottenere acqua sanitaria da distribuire alle utenze a 45 °C.

Il vantaggio gestionale di questa soluzione è, in caso di variazioni climatiche nelle mezze stagioni, la possibilità di recuperare sempre il massimo o con l'assorbitore o con lo scambiatore senza disperdere energia termica.

Durante l'esercizio l'assorbitore ha bisogno di smaltire il calore attraverso il condensatore; a tale scopo è stata prevista una torre evaporativa capace di raffreddare l'acqua in controcorrente con l'aria movimentata dai ventilatori di cui la torre è dotata. L'acqua raffreddata nella torre evaporativa viene veicolata al condensatore del gruppo frigo mediante pompe centrifughe appositamente scelte per lo scopo.

Il circuito dell'acqua di torre è dotato di un controllo della temperatura dell'acqua in uscita dalla torre ed alimentata al gruppo frigo ad assorbimento. L'installazione del controllo è reso necessario per assicurare che l'acqua di torre non venga alimentata al condensatore del gruppo frigo ad una temperatura inferiore a 20 °C che provocherebbe un'anomalia di esercizio del gruppo frigo con blocco dello stesso e diminuzione delle sua resa.

E' stato inoltre previsto l'installazione di un impianto di trattamento acqua per il i reintegro alle torri per evitare in questo modo incrostazioni e formazioni di alghe che potrebbero ridurre in modo significativo lo scambio termico e la resa delle apparecchiature.

3.0 IMPATTO AMBIENTALE

3.1 Accorgimenti progettuali

Le scelte progettuali per il dimensionamento della centrale di cogenerazione sono state effettuate sulle seguenti basi :

- dimensionare l'impianto in modo tale da garantire una maggiore affidabilità nella fornitura di energia e, quindi, la continuità delle attività dell'Ospedale
- definire correttamente l'ubicazione in funzione dell'impatto paesaggistico, della rumorosità e non in ultimo dell'interconnessione con l'impianto termico ed elettrico esistenti
- rispettare pienamente tutta la normativa vigente inerente il risparmio energetico e la riduzione di emissioni di gas serra.

3.2 Contenimento dell'inquinamento acustico

Le disposizioni in merito al contenimento dell'inquinamento acustico comportano che la centrale dovrà essere opportunamente trattata acusticamente in maniera tale da garantire livelli di emissione sonora compatibili con i limiti fissati dal D.P.C.M. 1/3/91 e dalla legge quadro n. 447 26/10/95, oltre che il rispetto del D.L. 15/8/91 n. 277 in materia di tutela della salute dei lavoratori.

Le misure di riduzione dei livelli sonori prevedono interventi sulle sorgenti e sui meccanismi di trasmissione.

Per le sorgenti interne, costituite essenzialmente dal gruppo cogeneratore, è prevista la protezione mediante cuffie fonoassorbenti/fonoisolanti in grado di assicurare un livello di pressione sonora di 70 dB(A) a 1 m.

Per le sorgenti esterne, costituite dalle torri di raffreddamento esse sono state selezionate equipaggiate con idonei silenziatori.

3.3 Riduzione delle emissioni con la cogenerazione

L'impiego di sistemi di cogenerazione permette di ridurre le emissioni di sostanze inquinanti (SO_x, NO_x, particolato, metalli, ecc.) e di gas serra (CO₂), rispetto alle soluzioni tradizionali (produzione di calore per mezzo di caldaie e produzione di energia elettrica in centrali convenzionali), soprattutto quando i sistemi in questione sono alimentati a gas naturale, come nel caso in esame. La riduzione delle emissioni, infatti, non è dovuta solo alla **riduzione di energia primaria**, ma anche alla **migliore tecnologia** utilizzata per produrre energia elettrica, rispetto al parco termoelettrico nazionale.

Per quanto attiene gli aspetti di inquinamento atmosferico la materia è fondamentalmente regolata dal DPR 203/88 per le richieste di autorizzazione con riferimento al ciclo produttivo ed alle tecnologie di prevenzione utilizzate.

L'impianto previsto in progetto, pur utilizzando un combustibile sostanzialmente pulito, sarà comunque dotato di sistema di contenimento delle emissioni di CO e NO_x. I valori limite garantiti dal costruttore sono:

ossidi di azoto NO_x < 250 mg/m³

monossido di carbonio CO (dopo catalizzatore) < 300 mg/m³

(i valori di emissione si riferiscono ad un tenore di ossigeno nell'effluente gassoso del 5%).

4.0 SISTEMA DI SUPERVISIONE

Per monitorare i parametri operativi dell'impianto e valutare correttamente i consumi ed i recuperi viene installato un sistema di supervisione; esso è destinato all'acquisizione dei principali parametri elettrici e termici dell'impianto di cogenerazione e per la contabilizzazione del recupero termico.

Il sistema di supervisione è predisposto per interfaccia con stazione video collocata nel locale dei quadri di controllo. Per migliore valutazione della situazione energetica e generale dell'impianto sarà predisposta una serie di telesegnali e di telemisure, che verranno collegati alla stazione video con interfaccia seriale. In particolare sono previste:

4.1 Telemisure

- N°2 temperature cuscinetti alternatore;
- N°3 temperature avvolgimenti alternatore;
- N°2 temperature acqua aftercooler;
- N°2 temperature acqua impianto;
- N°2 temperature gas di scarico;
- misure elettriche del gruppo elettrogeno acquisite dalla scheda DST4601 (V, A, Hz, kW, kVAR,

ecc.);

- tutte le misure riferite al motore, acquisite dal modulo del motore CCM.
- Tutti i parametri funzionali della produzione e distribuzione di fluidi vettori caldo e freddo;

4.2 Telesegnali

- condizioni di allarme o blocco (tutte quelle acquisite dal PLC);
- allarmi e blocchi provenienti dalle schede CCM del motore e dalle schede DST4601;
- condizioni di stato principali (servizi ausiliari, interruttori, ecc.).

Nella Sala Centralizzata di Controllo sarà installato un Personal Computer che consentirà di avere in forma grafica tabellare, tutte le informazioni significative del funzionamento della centrale, ossia i messaggi relativi alle condizioni di stato dei vari parametri della centrale e i messaggi relativi alle condizioni di allarme e blocco e le possibili cause, aggregando ad ogni segnalazione di allarme un messaggio predisposto.

Consentirà inoltre di visualizzare, con grafico dedicato, l'andamento dei parametri controllati (misure).

Ogni condizione, verrà anche registrata nello storico del sistema e pertanto sempre disponibile e riversabile su dischi magnetici al fine di realizzare un archivio storico della Centrale.

Ad ogni messaggio, di condizione o di allarme, verrà aggregata la data e l'ora in cui tale evento si è verificato. Per le indicazioni degli allarmi verrà anche riportata data e ora del riconoscimento dell'allarme stesso da parte dell'operatore nonché data e ora del ripristino della condizione anormale.

Il sistema di supervisione comprende :

- Pacchetto software dedicato da installare sul personal computer della stazione di supervisione, con manuale di installazione ed uso del pacchetto software;
- Modem standard, da installare in prossimità del personal computer della stazione di supervisione;
- Hardware della stazione di supervisione, composto da personal computer, video e relativi accessori;
- N°1 scheda di trasmissione a distanza dei valori rilevati e di telecontrollo;
- N°1 contabilizzatore di energia termica fornita al cogeneratore ai bollitori;
- N°1 contabilizzatore di energia frigorifera fornita dal cogeneratore ;
- N°1 contabilizzatore della quantità di vapore in uscita dalla centrale termica;
- N°1 misuratore di portata acqua impianto;
- N°4 sonde di temperatura (mandata/ritorno);

5.0 IMPIANTO ELETTRICO

5.1 Generalità

Il presente capitolo della relazione illustra il progetto degli impianti elettrici relativi all'impianto di

produzione combinata (trigenerazione) delle tre forme di energia prevista per l'Ospedale di Crotone.

Il complesso ospedaliero è servito da una Cabina di Trasformazione, ubicata alla medesima quota della centrale termica a metano, dotata di N. 2 trasformatori in parallelo di Potenza nominale pari a 500 KVA, più un trasformatore di riserva di pari caratteristiche, sulla quali, rispetto alla configurazione originaria, sono stati apportati esclusivamente interventi di manutenzione ordinaria.

L'azienda ospedaliera è dotata di un Gruppo Elettrogeno installato di recente con una potenzialità di 550 kVA.

La soluzione tecnica proposta, ed esaminata nel dettaglio nei paragrafi che seguono, consiste, quindi, nell'installazione di un motore a gas di potenza elettrica pari a 1.169 kWe.

La soluzione impiantistica prevede l'installazione di:

- n.1 gruppo di cogenerazione costituito da motore alternativo alimentato a gas naturale accoppiato a generatore di energia elettrica (alternatore sincro, senza spazzole, a campo rotante a 4 poli) prodotta a 400V - 50Hz;
- n.1 trasformatore trifase in resina epossidica bt/MT – 0,4/20 kV – 1,5 MVA, per l'elevazione della tensione generata dal gruppo al valore unificato ENEL di 20 kV;
- n.1 quadro elettrico MT contenente i dispositivi per l'interfaccia ed il parallelo con la rete ENEL, secondo la DK 5640 (luglio 2008) e la CEI 0-16, ai fini della cessione sulla rete nazionale dell'energia elettrica prodotta o dell'acquisto di energia dalla rete stessa;
- n.1 sistemi ausiliari per un corretto funzionamento della centrale ed il controllo della produzione dei vettori energetici e delle emissioni in atmosfera.
- n.1 interruttore di gruppo 4P IN = 2.500 A Icu = 80 kA.

5.2 Ubicazione della centrale

La soluzione tecnica proposta prevede l'installazione di un motore endotermico a quattro tempi ciclo otto con sovralimentazione della miscela aria - gas metano e relativo intercooler che sarà posizionato in prossimità dell'attuale locale Cabina di Trasformazione dell'azienda ospedaliera. Nelle vicinanze della stessa area si trova la cabina di consegna ENEL. Il quadro di parallelo rete/cogeneratore e il trasformatore elevatore dell'energia elettrica proveniente dall'alternatore del gruppo di cogenerazione saranno ubicati in una cabina prefabbricata posta nello stesso sito d'impianto del cogeneratore.

5.3 Ambito di applicazione

Nell'ambito del presente progetto è considerato l'impianto interno in MT dell'ospedale ospitante e la centrale di cogenerazione, nonché gli impianti esterni dell'area di pertinenza, a partire dal punto di connessione con la rete del distributore.

di deroga alla norma CEI 0-16, in materia di connessioni alle reti elettriche di distribuzione con tensione

maggiore di 1 kV.

5.4 Dati elettrici di progetto

5.4.1 Rete ENEL

I dati elettrici caratteristici della rete di distribuzione pubblica ENEL sono i seguenti:

- Tensione nominale: 20 kV \pm 10% - 3F
- Frequenza nominale: 50Hz
- Corrente di corto circuito trifase massima presunta: 12,5 kA
- Stato del neutro: a terra tramite impedenza
- Corrente di corto circuito monofase a terra massima presunta: $I_F = 50$ A
- Tempo d'intervento delle protezioni per guasto monofase a terra: $t_F > 10$ s
- Tempo di eliminazione guasto doppio monofase: 0,200 s
- Corrente di doppio guasto monofase a terra: 10,6 kA

5.4.2 Gruppo di cogenerazione

Il gruppo è costituito dai seguenti componenti: motore endotermico alimentato con gas naturale; alternatore; Trasformatore

5.4.3 Apparecchiature in MT

I dati elettrici caratteristici dei quadri, degli interruttori automatici e dei sezionatori presenti nel Quadro di parallelo in MT e nel Quadro generatore in MT dovranno essere tarati secondo le seguenti caratteristiche:

Descrizione			
Tensione nominale del sistema			
Tensione nominale d'isolamento			
Tensione di esercizio			
Tensione di tenuta a 50 Hz per 1 min			
Tensione di tenuta a impulso 1,2/50 μ s			
Corrente nominale			
Corrente nominale di breve durata ammissibile			
Corrente nominale di picco di protezione			

Gli interruttori automatici in MT saranno in vuoto ed avranno le seguenti caratteristiche:

Descrizione			
Tensione nominale d'isolamento			
Corrente nominale			

Corrente nominale di breve durata			
-----------------------------------	--	--	--

I sezionatori in MT avranno le seguenti caratteristiche

Descrizione			
Tensione nominale d'isolamento			
Corrente nominale			
Corrente ammissibile di breve durata			

5.4.4 Protezioni in MT

Le protezioni minime per il Dispositivo Generale (DG) saranno:

50 Massima corrente di fase istantanea

51 Massima corrente di fase temporizzata

50N Massima corrente omopolare istantanea

51N Massima corrente omopolare temporizzata

67 Massima corrente di fase direzionale

67N Massima corrente omopolare direzionale

Le protezioni minime per il Dispositivo di Interfaccia (DDI) saranno:

27 Minima tensione valore $0,7 V_n$; tempo di estinzione del guasto ≤ 370 ms ;

59 Massima tensione: valore $1,2 V_n$; tempo di estinzione del guasto ≤ 170 ms;

59N Massima tensione omopolare V_0 lato MT valore 15V; ritardo intenzionale = 25 s.

81> Massima frequenza valore 50,3 Hz; tempo di estinzione del guasto ≤ 170 ms;

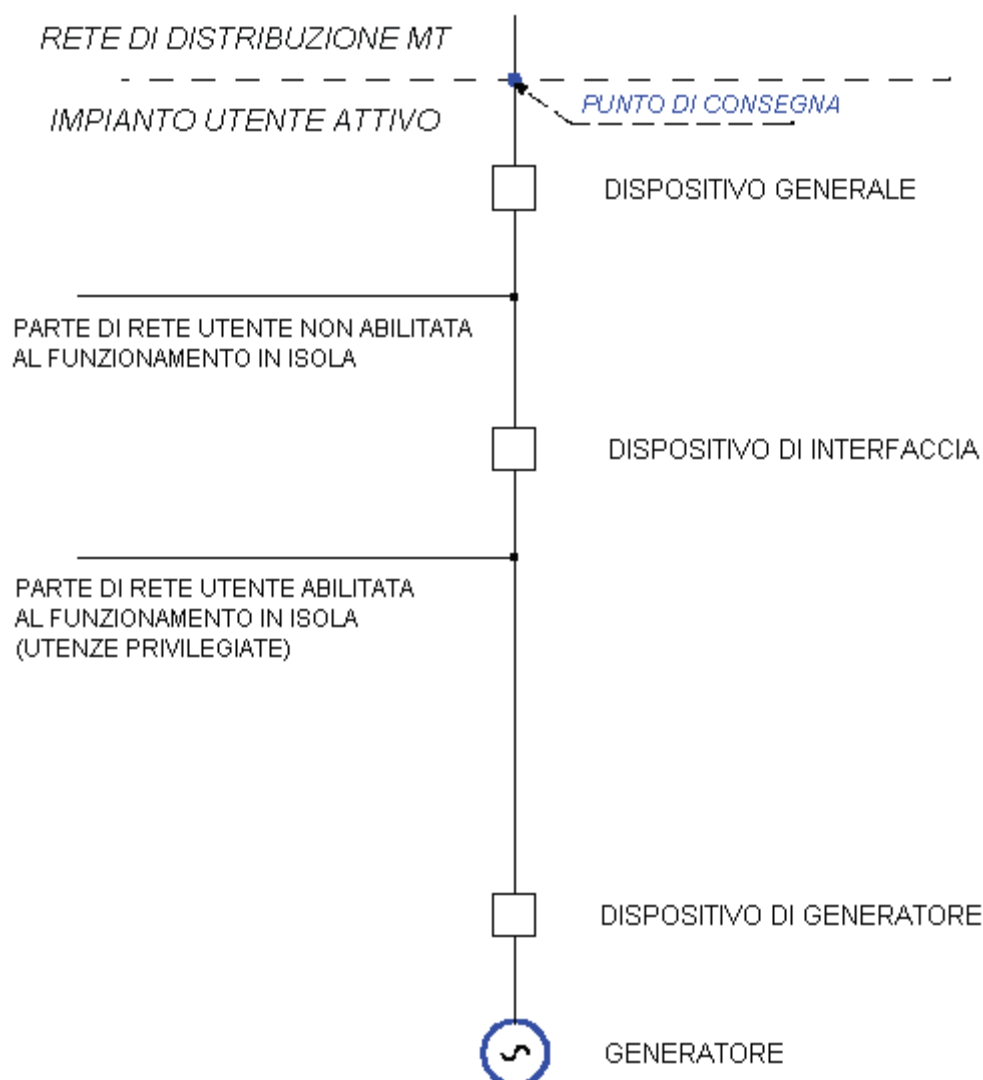
81< Minima frequenza valore 49,7 Hz; tempo di estinzione del guasto ≤ 170 ms;

Protezione contro la perdita di rete mediante relè di sgancio a mancanza di tensione;

Il rinalzo alla mancata apertura del dispositivo d'interfaccia, così come richiesto dal punto 8.7.5.2 della CEI 0-16, sarà effettuato dal Dgen (Dispositivo di generatore).

Configurazione d'esercizio dell'impianto

La configurazione dell'impianto progettato rispetta lo schema tipico di connessione di un utente attivo riportato al punto 8.7.2 della norma CEI 0-16 edizione II, che si riproduce per maggiore chiarezza.



La duplice configurazione d'impianto, deducibile dallo schema unifilare della distribuzione può essere sintetizzata come appresso descritto.

5.4.5 Prelievo di energia dalla rete ENEL

Con il gruppo di cogenerazione fermo, l'alimentazione dei carichi dell'ospedale avverrà in media tensione a 20kV dalla rete del distributore (previa trasformazione MT/BT presso il locale cabina esistente), così come accade attualmente.

Lo stato del neutro del sistema elettrico di II categoria (20kV) del distributore è a terra tramite impedenza; la corrente di guasto monofase-terra ed il rispettivo tempo di eliminazione (intervento delle protezioni ENEL), ai fini del dimensionamento dell'impianto di terra di centrale, sono quelli indicati al paragrafo 0 Rete ENEL.

La rete di distribuzione, esistente e non oggetto d'intervento, degli impianti di I Categoria (400/230V),

che si dirama a valle dei trasformatori MT/BT dell'azienda ospedaliera, è sviluppata con centri stella dei trasformatori francamente a terra. I conduttori di neutro e di protezione, sono distribuiti separatamente. Il sistema di distribuzione in BT, risulta pertanto di tipo TN-S, secondo la definizione dell'Art. 312.2.1 della norma CEI 64-8/3.

5.4.6 Cessione di energia alla rete ENEL

Quando il gruppo di cogenerazione è in produzione (si trova in parallelo alla rete ENEL), l'alimentazione dei carichi BT e dei servizi del gruppo di trigenerazione (luce e forza motrice + impianti ausiliari) avverrà in media tensione a 20kV dalla rete del distributore (previa trasformazione MT/BT presso il locale cabina esistente); l'alimentazione dei carichi dell'ospedale avverrà in media tensione a 20kV dalla rete del distributore (previa trasformazione MT/BT presso il locale cabina esistente), così come accade attualmente.

L'intera energia generata sarà, quindi, ceduta alla rete ENEL.

Lo stato del neutro dei sistemi elettrici di II categoria che si sviluppano a valle del cogeneratore (400V) e del rispettivo trasformatore elevatore (20kV) è isolato da terra. Un ipotetico guasto di una fase della media tensione di centrale a 20kV verso massa a monte del dispositivo generale (caso peggiore) genererebbe due distinti circuiti di guasto verso sorgenti differenti: il primo interesserebbe la rete del distributore, poiché parte della corrente di corto circuito si richiuderebbe in cabina primaria attraverso la messa a terra tramite impedenza del trasformatore, mentre la restante parte della corrente di guasto si richiude sul secondario del trasformatore elevatore di centrale, attraverso le capacità parassite verso terra delle fasi sane.

La prima corrente di guasto (quella che interessa ENEL) è nota e conosciuto ed anche il rispettivo tempo d'interruzione del corto; la seconda (quella che insiste nell'impianto di cogenerazione) dipende esclusivamente dalla tensione del sistema elettrico e dall'estensione della rete (linee in cavo) secondo la relazione:

$$I_a = 0,2 \times U \times L = 0,2 \times 20 \times 0,004 = 0,016 \text{ A}$$

dove U (kV) è la tensione concatenata e L (Km) è la lunghezza complessiva delle linee.

Il tempo di estinzione di tale corrente di guasto è minimo (dell'ordine di qualche decimo di secondo), essendo l'impianto di cogenerazione dotato di protezioni di massima e minima tensione, nonché omopolare e direzionale di terra.

Ai fini del dimensionamento dell'impianto di terra di centrale, la corrente di guasto monofase-terra da considerarsi per i calcoli vale:

$$I_g = I_e + I_a = 50 + 0,016 = 50,016 \text{ A}$$

dove I_e è la corrente di guasto monofase-terra lato ENEL ed I_a lato generatori.

Tale corrente insiste per il tempo d'intervento delle protezioni di centrale, mentre è pari a I_e per il restante tempo necessario all'apertura delle protezioni del distributore.

Delle due condizioni, quella che ai fini della sicurezza è più gravosa per assicurare la protezione delle persone contro i contatti indiretti, è la seconda (I_e) poiché in conformità alla Figura 9-1 della norma CEI 11-1 configura una UTP (tensione di contatto limite) più bassa.

Nulla cambia, rispetto a quanto specificato al punto 1, per quanto concerne la rete di distribuzione degli impianti di I Categoria (400/230V).

In definitiva le misure di protezione delle persone contro i contatti indiretti per guasto sia sulla MT che sulla BT saranno le medesime, qualsiasi sia la configurazione d'esercizio d'impianto.

5.4.7 Impianto di media tensione

Cavi di collegamento

Il collegamento al punto di consegna dell'energia è realizzato con una terna di cavi unipolari tipo RG7H1R 12/20 kV di sezione 95 mm², in accordo con le indicazioni del distributore, posati in tubazione prevalentemente interrata.

Il collegamento dal trasformatore al quadro di parallelo è realizzato con una terna di cavi unipolari tipo RG7H1R 12/20 kV di sezione 35 mm², al fine di garantire una portata del cavo pari a 141 A alle condizioni nominali (90 °C di temperatura massima del conduttore, 20 °C di temperatura ambiente, 0,8 m di profondità di posa, 1,5 K m/W di resistività termica media radiale) superiore alla corrente nominale primaria del trasformatore elevatore pari a 43,30 A che rappresenta la massima corrente trasmissibile in condizioni normali.

Il collegamento dal quadro di parallelo all'azienda ospedaliera è realizzato con una terna di cavi unipolari tipo RG7H1R 12/20 kV di sezione 95 mm², pari a quella che collega l'interruttore generale attuale dell'azienda ospedaliera al punto di consegna attuale dalla rete di distribuzione in media tensione, al fine di non mutare le condizioni di fornitura dell'azienda ospedaliera.

5.4.8 Posa dei cavi

Si riportano le prescrizioni minime per garantire una corretta posa dei cavi.

La temperatura di posa dovrà essere > 0 °C.

La forza di trazione dovrà essere applicata ai conduttori (non all'isolante).

Il tiro non deve superare 60 N/mm².

Il raggio di curvatura deve essere almeno 14 volte il diametro del cavo.

5.4.9 Protezione dei cavi di MT

Protezione contro il cortocircuito

La protezione del cavo in media tensione di collegamento tra il trasformatore elevatore e il quadro di

parallelo è garantita dall'interruttore generale, indicato negli schemi come DG; tale cavo deve resistere alle sollecitazioni termiche in condizioni di cortocircuito; a tal fine, la sezione S del cavo deve soddisfare la condizione:

$$I^2t < k^2S^2 \quad (a)$$

Dove:

I è la corrente di corto circuito trifase massima presunta: 12.500 A

t è il tempo di eliminazione del guasto ossia l'intervento della soglia istantanea per cortocircuito trifase: 0,12 s;

S = la sezione del cavo che è stata scelta pari a 35 mm²;

K = 143 per cavi in rame, isolati in gomma.

La sezione S del cavo della linea, isolato in gomma, deve soddisfare la relazione:

$$S \geq 12.500 \sqrt{0,12} / 143 = 30,3 \text{ mm}^2 \quad (b)$$

La protezione del cavo in media tensione che collega il quadro di parallelo al quadro di media tensione dell'ospedale è garantita dall'interruttore generale, indicato negli schemi come DG; tale cavo deve resistere alle sollecitazioni termiche in condizioni di cortocircuito; a tal fine, la sezione S del cavo isolato in gomma deve soddisfare la medesima condizione (a) su riportata; essendo la corrente di corto circuito trifase massima sempre 12.500 A, il tempo di eliminazione del guasto pari a 0,12 s e la sezione S del cavo pari a 95 mm² la relazione (b) è rispettata.

5.4.10 Protezione contro il sovraccarico

Le norme non forniscono indicazioni su come proteggere i cavi in media tensione contro il sovraccarico. Il problema è però analogo a quello dei cavi in bassa tensione; si tratta, infatti, di evitare che una corrente, in genere di poco superiore alla portata, possa determinare un invecchiamento eccessivo dell'isolante.

Per la protezione del cavo in media tensione di collegamento tra il trasformatore elevatore e il quadro di parallelo è sufficiente che la corrente di taratura della protezione in bassa tensione riportata al primario (I_{tr}) sia inferiore o uguale alla portata del cavo (IZ), che a sua volta deve essere maggiore o uguale alla corrente d'impiego (IB), si ha, quindi:

$$IB \leq I_{tr} \leq IZ$$

Nel nostro caso le protezioni delle linee di distribuzione in MT sono garantite dall'interruttore del generatore Dgen avente I_n = 2500 A con corrente nominale sulle sbarre primarie (rapporto di trasformazione 20.000/400=50) pari a 50 A = I_{tr}, essendo IZ = 121,6A per il cavo 3 x 35 mm² avente la sigla RG7H1R 12/20kV posato in tubo interrato ad una temperatura ambiente di 30 °C (fattore di correzione 0,88) e ad una profondità di 1m (fattore di correzione 0,98).

Per la protezione del cavo in media tensione di collegamento tra il trasformatore elevatore e il quadro di parallelo è sufficiente che la corrente di taratura della protezione in media tensione (I_{tr51}) sia inferiore o uguale alla portata del cavo (I_Z), che a sua volta deve essere maggiore o uguale alla corrente d'impiego (I_B), si ha, quindi:

$$I_B \leq I_{tr51} \leq I_Z$$

Nel nostro caso le protezioni delle linee di distribuzione in MT sono garantite dall'interruttore del generatore DG avente $I_{tr51} = 120$ A essendo $I_Z = 212$ A per il cavo 3 x 95 mm² avente la sigla RG7H1R 12/20kV posato in tubo interrato ad una temperatura ambiente di 30 °C (fattore di correzione 0,88) e ad una profondità di 1m (fattore di correzione 0,98).

5.4.11 Quadri di media tensione

I quadri MT saranno di tipo LSC2A – PM; le unità funzionali sono descritte nella tavola riportante lo Schema unifilare MTe le loro caratteristiche sono indicate nel paragrafo 0 Apparecchiature in MT.

5.4.12 Trasformatore elevatore del gruppo di produzione

Le caratteristiche elettriche del trasformatore scelto dal committente sono indicate nel paragrafo 0 Trasformatore, le motivazioni di tale scelta dipendono dalla necessità di trasferire l'energia prodotta dal gruppo di trigenerazione alla rete MT del distributore; avendo un $\cos \psi$ pari a uno avremo che l'energia da trasferire sarà pari a 1.450 kVA con un trasformatore da 1.500 kVA.

5.4.13 Rifasamento del trasformatore

Il trasformatore è un carico induttivo. Nel funzionamento sotto carico la potenza reattiva assorbita dal trasformatore dipende dal carico. A pieno carico essa sarà:

$$Q_{a100\%} = S_r \text{ ucc} / 100 = 1500 \times 6 / 100 = 90 \text{ kVA}$$

A carico ridotto, supponendo di trasformare la massima potenza possibile, avremo:

$$Q_{a97\%} = Q_{a100\%} (97/100)^2 = 88,64 \text{ kVA}$$

Il trasformatore presenta una potenza reattiva per la magnetizzazione del nucleo (Q_0) costante pari al 0,9% della potenza nominale del trasformatore, quindi secondo la formula:

$$Q_0 = S_r I_0 / 100 = 1500 \times 0,9 / 100 = 13,5 \text{ kVA}$$

il condensatore di rifasamento dovrà avere almeno una potenza reattiva pari a 13,5 kvar per una tensione di alimentazione di 400 V. In tal modo si compensa l'energia reattiva prelevata dal distributore e si aumenta la potenza attiva fornita dal trasformatore.

Inoltre con una $u_k = 6\%$ avremo una $Q_{a100\%}$ pari a 90 kvar e una $Q_{a97\%}$ pari a 88,6 kvar quindi la centralina di rifasamento avrà una potenza massima pari a 90 kvar.

5.4.14 Dispositivo generale

Si è scelto un interruttore generale di tipo estraibile a vuoto. L'interruttore deve essere tripolare

simultaneo ed avere potere d'interruzione adeguato alla corrente di corto circuito della linea d'alimentazione ENEL con un minimo di 12,5 kA. Al fine di garantire la selettività delle protezioni dell'impianto utente con quelle del distributore, l'interruttore generale in MT deve essere dotato delle protezioni indicate nel paragrafo Protezioni in MT.

5.4.15 Protezione per massima corrente di fase istantanea

Il relé di massima corrente di fase istantaneo (50 indicato dall'ENEL come 51.S2) dovrà avere i campi di taratura seguenti:

Soglia (30÷3000)A a gradini di 15A (valori primari);

Tempo di ritardo (0,05÷0,5) s a gradini di 0,05 s.

Da regolare secondo le disposizioni dell'ente distributore con soglia di intervento $I_{tr50} = 585 \text{ A} = I_{tr51.S2} = 600 \text{ A}$ e tempo di intervento $0,10 \text{ s} < 0,12 \text{ s}$.

5.4.16 Protezione per massima corrente di fase temporizzata

Il relé di massima corrente di fase temporizzata (51 indicato dall'ENEL come 51.S1) dovrà avere i campi di taratura seguenti:

Soglia (30÷600)A a gradini di 15A (valori primari);

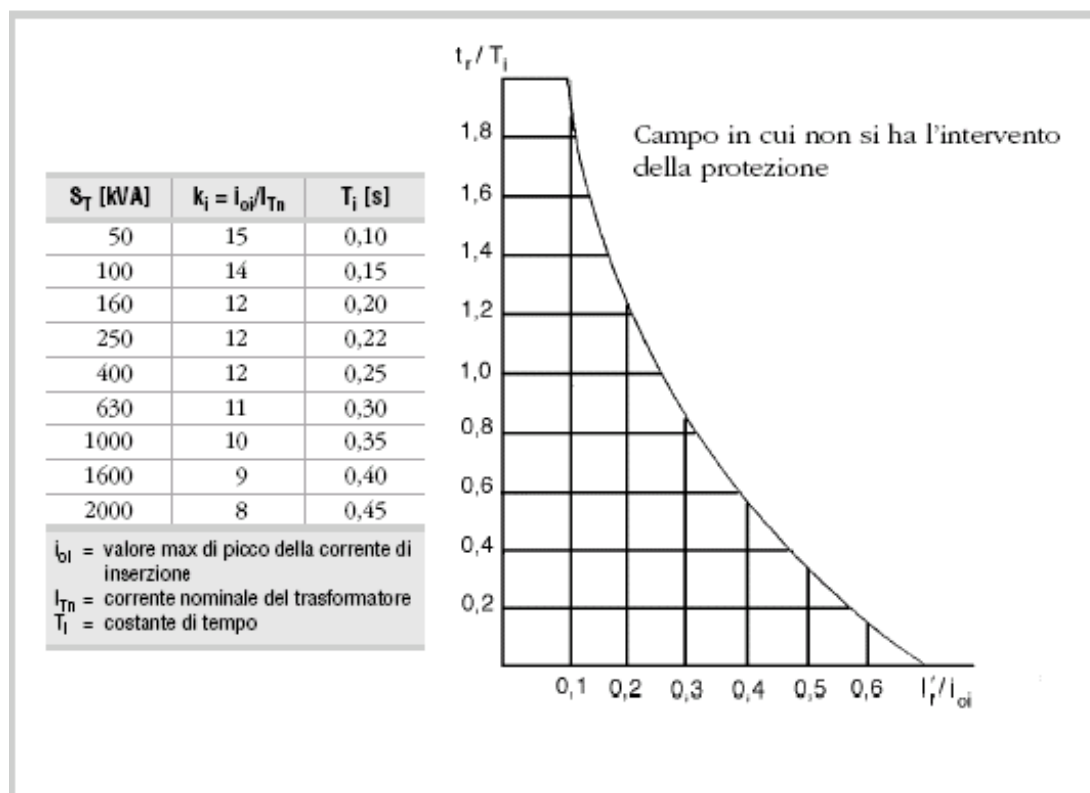
Tempo di ritardo (0,05÷5) s, a gradini di 0,05 s.

Da regolare secondo le disposizioni dell'ente distributore con soglia di intervento $I_{tr51} = 120 \text{ A} < I_{tr51.S2} = 130 \text{ A}$ e tempo di intervento $0,45 \text{ s} < 0,50 \text{ s}$.

Inoltre, non dovrebbe intervenire all'inserzione del trasformatore che, però, presenta la condizione $I_{tr51} > 0,7 I_{oi}$; qualora, tale condizione non potesse essere rispettata bisognerà agire sul ritardo intenzionale t_r .

Si ricava allora il valore I_{tr51} / I_{oi} che, dalla figura seguente, ci indicherà il valore del rapporto t_r / T_i per il quale ci si trovi all'interno del campo in cui non si ha intervento della protezione; noto il valore di T_i fornito dal costruttore del trasformatore in resina si ricava il valore del tempo per il quale il trasformatore può tenere la corrente di cortocircuito e si tarerà il ritardo intenzionale, t_r , da dare alla protezione per evitare l'intempestivo intervento all'inserzione del trasformatore.

Fig. F2.1 **Metodo approssimativo per definire il tempo di ritardo minimo necessario per evitare interventi intempestivi alla messa in tensione del trasformatore**



La protezione di massima corrente deve essere alimentata da riduttori di corrente che ne garantiscano il corretto funzionamento per correnti primarie fino a 10.000 A (guasto sulle sbarre MT del cliente). I TA unificati ENEL 300/5 o 300/1 con classe di precisione 10P30 assicurano il rispetto delle condizioni sopra riportate.

5.4.17 Protezione per massima corrente omopolare istantanea

Il relé di massima corrente omopolare istantaneo (50N indicato dall'ENEL come 51N.S2) dovrà avere i campi di taratura seguenti:

Soglia (30÷600)A a gradini di 15A (valori primari);

Tempo di ritardo (0,05÷0,5) s a gradini di 0,05 s.

Da regolare secondo le disposizioni dell'ente distributore con soglia di intervento $I_{tr50N} = 55A = I_{tr51N.S2} = 70 A$ e tempo di intervento $0,15 s < 0,17 s$.

Protezione per massima corrente omopolare temporizzata

Il relé di massima corrente omopolare ritardato (51N indicato dall'ENEL come 51N.S1) rileva la corrente di guasto a terra, mediante un TA toroidale, installato direttamente sui cavi, attraversato dal conduttore che mette a terra lo schermo di ogni cavo MT. La corrente di taratura (I_{51N}) del relé omopolare deve

rispettare la relazione:

$$I_{51N} \geq IC = 0,2 L U = 0,08 A$$

Dove:

IC è la corrente capacitiva che si richiude attraverso la capacità verso terra della linea a valle per un guasto a terra a monte;

L = 0,2 km lunghezza del cavo MT a valle;

U = 20kV tensione di alimentazione;

I campi di taratura previsti sono i seguenti:

Soglia (0÷10)A a gradini di 0,5 A (valori primari)

Tempo di ritardo (0,05÷1) s, a gradini di 0,05 s

Da regolare secondo le disposizioni dell'ente distributore con soglia di intervento $I_{tr51N} = 2A = I_{tr51N.S1} = 2A$ e tempo di intervento $0,30 s < 0,45 s$ in modo che il relè non intervenga per un guasto a terra a monte.

Protezione per corrente di fase direzionale

Il relè di massima corrente di fase direzionale (67) ha due soglie di intervento che sono quelle richieste dall'ENEL e riportate nel paragrafo 0 Rete ENEL

6.0 MISURE DI PREVENZIONE E DI SICUREZZA

6.1 Impianto MT

Protezione contro le sovracorrenti

Nelle condizioni di progetto tutti i circuiti risultano protetti contro le sovracorrenti, conformemente a quanto specificato agli artt. 3.1.4.1, 3.1.4.2, 3.1.4.3, 3.1.4.4 e 3.1.4.5 della norma CEI 11-1.

In particolare la protezione di massima corrente di fase (50-51) o omopolare (51N) è assicurata da relè elettronici indiretti (inseriti su trasformatori di misura TA e TV) a soglia d'intervento regolabile (in corrente e tempo).

Le regolazioni di progetto assicureranno la massima selettività d'intervento, ovvero nel caso di più protezioni in cascata interverrà prima quella più vicina alla sede del guasto.

6.1.1 Protezione contro contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti, nei confronti delle parti attive, è effettuata mediante involucri e/o barriere e/o mediante distanziamento, conformemente al capitolo 7.1 della norma CEI 11.1.

Per quanto concerne le distanze d'isolamento, si è fatto riferimento ai capitoli 4.3, 4.4, 6.2 e 6.3 della norma CEI 11-1.

6.1.2 Protezione contro contatti indiretti

In conformità al capitolo 9 della norma CEI 11-1 e tenuto conto di quanto già esposto al paragrafo 0 della presente, la protezione delle persone contro i contatti indiretti risulta assicurata qualora venga rispettata la seguente condizione di sicurezza:

$$UE \leq UTP = ZE \times IE \leq UTP2$$

Dove UE (V) è la tensione totale di terra, ZE (Ω) l'impedenza dell'impianto di terra di centrale, IE (A) la corrente di guasto monofase-terra del distributore ed UTP (V) la tensione di contatto massima ammissibile in relazione al tempo d'intervento delle protezioni.

Inserendo i valori numerici e ricavando ZE si ottiene:

$$ZE \leq 75 \text{ V} / 50 \text{ A} \leq 1,5 \Omega$$

che rappresenta il massimo valore di impedenza di terra che l'impianto disperdente in esame può assumere.

L'impianto di terra della centrale di cogenerazione è progettato in modo da garantire, una volta collegato all'impianto di terra del complesso ospedaliero, il raggiungimento di un valore ZE sicuramente inferiore a quello massimo ammissibile.

6.2 Impianti BT

Il presente progetto non riguarda l'impianto in BT di proprietà dell'ospedale in quanto non oggetto di intervento. La parte dell'impianto in BT a servizio del sistema di trigenerazione è stata progettata in conformità ai provvedimenti richiesti dalla norma tecnica per tale parte di impianto, così come appresso specificati.

6.2.1 Separazione dei circuiti MT e bt

I cavi dei sistemi di II categoria, relativamente ai cavedi ispezionabili nella cabina di trasformazione, devono essere posati in sedi (passerelle, cunicoli, tubazioni) diverse da quelle dei sistemi di I categoria (CEI 64-8, 528.1.1).

Per la restante parte dell'impianto, non direttamente ispezionata, si rammenta che gli incroci tra cavi appartenenti a categorie diverse devono essere, per quanto possibile, evitati. Ove ciò non sia possibile, devono essere previste idonee segregazioni mediante diaframmi metallici collegati a terra. L'armatura o lo schermo metallico dei cavi possono essere considerati, a tutti gli effetti, segregazione metallica.

6.2.2 Protezione contro i sovraccarichi

Nelle condizioni di progetto tutti i circuiti sono protetti dal sovraccarico, conformemente all'art. 433.2 della norma CEI 64/8, ovvero, le caratteristiche di funzionamento di un dispositivo di protezione delle condutture contro i sovraccarichi devono rispondere alle seguenti due condizioni:

1) $IB \leq In \leq IZ$

2) $If \leq 1,45 IZ$

{la condizione 2 è da verificare solo per i fusibili in quanto:

$I_f = 1,45 I_n$ per gli interruttori modulari conformi alla Norma CEI 23-3

$I_f = 1,3 I_n$ per interruttori ad uso industriale (scatolati e aperti) conformi alla norma CEI EN 60947-2}

dove:

I_B = corrente di impiego del circuito;

I_Z = portata in regime permanente della conduttura (Sezione 523 della parte 5);

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione. Per i dispositivi di protezione regolabili la corrente nominale I_n è la corrente di regolazione scelta;

I_f = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

In particolare:

- tutte le linee hanno una portata I_Z maggiore o uguale alla corrente termica di regolazione (o alla corrente nominale) dei relativi interruttori magnetotermici di protezione;
- tutte le condutture risultano protette contro i sovraccarichi con dispositivi di protezione posti a monte delle stesse.

6.2.3 Protezione contro i corto circuiti

Nelle condizioni di progetto tutte le condutture risultano protette contro il corto circuito secondo quanto prescritto agli art. 434.3 e 435.1 della norma CEI 64-8.

CEI 64-8; art. 434.3: Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti

Ogni dispositivo di protezione contro i cortocircuiti deve rispondere alle due seguenti condizioni:

434.3.1 Il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione. {.....}

Le informazioni necessarie devono essere ottenute dai costruttori di questi dispositivi

434.3.2 Tutte le correnti provocate da un cortocircuito che si presenti in un punto qualsiasi del circuito devono essere interrotte in un tempo non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura limite ammissibile (ndp: verifica di I_2t). {.....}

CEI 64-8; art. 435.1: Protezione assicurata da un unico dispositivo

Se un dispositivo di protezione contro i sovraccarichi è in accordo con le prescrizioni della Sezione 433 (ndp: se è protetto contro i sovraccarichi) ed ha un potere² di interruzione non inferiore al valore della corrente di cortocircuito presunta nel suo punto di installazione, si considera che esso assicuri anche la protezione contro le correnti di cortocircuito della conduttura situata a valle di quel punto.

6.2.4 Protezione contro contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti è effettuata, mediante isolamento delle parti attive e mediante

involucri e barriere, conformemente agli artt. 412.1 e 412.2 della norma CEI 64-8.

6.2.5 Protezione contro contatti indiretti

Normalmente gli impianti sono eserciti con sistema TN-S.

I punti di neutro del trasformatore e dell'alternatore del gruppo elettrogeno sono collegati francamente a terra.

In tale configurazione, gli impianti risultano protetti contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica della alimentazione, conformemente agli artt. 413.1.1, 413.1.3, della norma CEI 64-8.

6.2.6 Selettività delle protezioni

La selettività delle protezioni contro le sovracorrenti (sovraccarichi, cortocircuiti e guasti a terra) avviene per regolazione in corrente e ritardo cronometrico delle protezioni, nell'ambito dei limiti di cui ai precedenti paragrafi.

6.2.7 Servizi ausiliari

Alimentazione

L'art. 8.2 della norma CEI 11-1 prescrive l'esistenza di una sorgente di alimentazione ausiliaria che deve garantire, in mancanza dell'alimentazione ordinaria di bassa tensione, il funzionamento dei servizi ausiliari. Il carico totale (CT) di tali servizi ausiliari è pari alla somma delle potenze assorbite (VA) dai singoli dispositivi che devono essere permanentemente alimentati, maggiorata del 20% per eventuali carichi imprevisti.

Circuiti ausiliari

La sezione dei circuiti ausiliari è tale da limitare la caduta di tensione nelle condizioni di massimo carico. Poiché la tensione di alimentazione (U_n) al termine dell'autonomia di una batteria si riduce a $0,9 U_n$, la caduta di tensione ai morsetti dei dispositivi, che funzionano correttamente tra -15% e +10% della U_n , è contenuta entro il 5%. Ipotizzando una lunghezza massima $L_{max} = 106 \text{ m}$ del circuito ausiliario monofase la sezione (s) dei conduttori in mm^2 è data dalla relazione:

$$S \geq (200 \rho CT \cos\phi L_{max}) / (u\% U_n^2) \approx 0,5 \text{ mm}^2$$

Dove:

ρ = resistività del rame ($0,018 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$);

$\cos\phi$ = fattore di potenza del carico (in c. c. pari a 1).

$u\%$ = caduta di tensione percentuale.

I circuiti ausiliari sono stati protetti contro il cortocircuito.

7.0 IMPIANTO DI TERRA

7.1 Generalità

L'impianto di terra ovvero l'insieme dei componenti d'impianto e delle misure di protezione atti alla

salvaguardia delle persone contro i contatti indiretti è costituito da:

dispersori (intenzionali o di fatto);

collettori di terra o barre di terra;

conduttori di terra e/o protezione;

collegamenti equipotenziali;

dispositivi a massima corrente ovvero a corrente differenziale coordinati con il valore di impedenza di guasto BT (protezione per interruzione automatica dell'alimentazione – norma CEI 64-8/4).

Con riferimento a quanto specificato al capitolo 8.1.3, l'impianto di terra risulta correttamente dimensionato per disperdere correttamente la corrente di c.to c.to monofase-terra per un guasto sulla MT e per contenere la tensione totale di terra entro i limiti imposti dalla Norma CEI 11-1 in relazione al tempo di intervento delle protezioni del Distributore.

Si precisa che l'effettiva idoneità dell'impianto di terra e, più in generale dell'efficienza delle misure di protezione contro i contatti indiretti, dovrà essere verificata ad impianto ultimato tramite la misura della resistenza di terra (o le tensioni di passo e di contatto) per la parte in MT, e tramite la misura delle impedenze dell'anello di guasto per la parte BT protetta con dispositivi magnetotermici (o fusibili).

Non sarà invece necessaria la misura della Z_g per tutti i circuiti protetti con interruttori differenziali, per i quali andrà soltanto verificato il tempo di intervento (5s per i circuiti principali e 0,4s per i circuiti terminali).

7.2 Dispersori

L'impianto di terra, generale unico per tutto il complesso di centrale, sarà realizzato mediante l'infissione nel terreno di dispersori verticali a picchetto (sezione ad X - dimensioni minime trasversali 50x50mm - spessore minimo 5mm) tra loro interconnessi da un dispersore orizzontale cordato in rame nudo (diametro minimo filo elementare 1,8mm) avente sezione minima pari a 50mm².

I dispersori verticali dovranno essere infissi nel terreno almeno per 1,5m, mentre il dispersore orizzontale sarà interrato ad una profondità di posa non inferiore a 0,8m, al fine di incontrare strati del sottosuolo aventi una minore resistività elettrica rispetto a quelli più superficiali.

L'interdistanza poi tra i picchetti non dovrà mai essere inferiore a 5 volte la loro lunghezza d'infissione, al fine di scongiurare la reciproca influenza delle correnti disperse con inevitabile aumento della resistenza di terra.

L'insieme dei dispersori intenzionali di cui sopra, ove possibile, andrebbe collegato, al fine di aumentare le dimensioni dell'impianto disperdente in intimo contatto con il terreno e quindi ottenere una buona resistenza di terra:

- con i ferri di armatura delle fondazioni e/o dei pilastri dell'edificio

- con le reti elettrosaldate dei pavimenti e/o delle solette, mediante legatura a regola d'arte edile o cordone di saldatura.

Il contatto tra i ferri dovrà essere di almeno 30cm nel caso di legatura e di almeno 5 cm in caso di saldatura.

Al fine di conoscere lo sviluppo dei dispersori orizzontali e la posizione dei dispersori verticali ed ogni ulteriore informazione di carattere tecnico-dimensionale si consulti la tavola di progetto "Impianti elettrici locali".

Si precisa che nella realizzazione delle connessioni dell'impianto di terra, si dovrà evitare il contatto diretto rame-ferro mediante l'opportuna interposizione di capicorda stagnati o di mezzi equivalenti atti ad evitare fenomeni di corrosione elettrochimica.

7.3 Collettori di terra

L'insieme dei dispersori di cui al paragrafo precedente fa capo ai seguenti collettori di terra realizzati in barra di rame (dimensioni minime HxP = 50x5mm, lunghezza idonea al numero dei conduttori collegati) ed ubicati:

- in cabina ENEL
- nel locale misure ENEL
- in cabina di trasformazione autoproduzione
- nella sala quadri e controllo cogeneratore
- nel locale cogeneratore
- nel locale generatori di calore
- nella sala quadri e controllo centrale termica.

Ai collettori di terra arriveranno i conduttori di terra direttamente dall'insieme dei dispersori e si dipartiranno:

- la messa a terra del trasformatore MT/BT
- i conduttori di protezione per la connessione delle barre collettrici dei quadri di distribuzione o di macchina e le carcasse del cogeneratore o di grosse utenze;
- i conduttori di protezione per la realizzazione dei collegamenti equipotenziali principali.

Alle barre collettrici dei quadri arriveranno i conduttori di protezione dai collettori di terra e di dipartiranno:

- i conduttori di protezione di dorsale da posizionare nei canali portacavi;
- i conduttori di protezione terminali (contenuti nei cavi di energia) per il collegamento delle masse degli utilizzatori.

Tutte le giunzioni elettriche tra conduttori di terra/protezione ed i collettori di terra dovranno essere realizzati mediante capicorda stagnati di idonea sezione e tipologia, fissati alle piastre mediante bulloni e

dadi.

Per conoscere la posizione dei collettori di terra, i collegamenti ed ogni ulteriore informazione di carattere tecnico-dimensionale si consulti la tavola di progetto "Impianti elettrici locali".

7.4 Conduttori di terra e/o di protezione

I conduttori di terra (conduttori che collegano i dispersori ai collettori di terra) hanno sezione di 50mm² (uguale a quella dei dispersori orizzontali) e dovranno essere realizzati in corda nuda di rame.

La sezione dei conduttori di protezione (in rame rivestito di PVC) verso le masse dell'impianto è definita in conformità alla tabella 54F della norma CEI 64-8/5, nella quale essa viene dimensionata in funzione della sezione dei rispettivi conduttori di fase.

In generale, tutti i cavi aventi sezioni inferiori od uguali a 25mm², saranno del tipo multipolare, completi di conduttore di protezione; i cavi di sezione maggiore saranno preferibilmente (per facilità di posa) di tipo unipolare.

7.5 Collegamenti equipotenziali

Tutte le tubazioni metalliche entranti nel volume degli impianti oggetto d'installazione devono essere tra loro interconnesse e collegate ad un nodo dell'impianto di messa a terra (collegamenti equipotenziali principali EQP all'ingresso nella struttura delle tubazioni dell'acqua nella centrale idrica solo se tali tubazioni sono realizzate in acciaio, mediante conduttori di rame isolati in rame GV aventi sezione conforme al rapporto $SPE = SFASE \text{ MAGGIORE} / 2$ con minimo 6mm², portati direttamente al collettore di terra principale).

Collegamenti supplementari a quelli suddetti potranno essere eseguiti in qualsiasi punto a favore della sicurezza, anche se non strettamente necessari.

8.0 SGANCIO DI EMERGENZA

Al fine di porre fuori tensione l'intero impianto elettrico o parte di esso in caso di emergenza (incendio, pericolo immediato per le persone, guasto, ecc.), è stato previsto, all'esterno del locale ospitante il quadro di parallelo rete/cogeneratore un pulsante in scatola IP65 con "vetro a frangere" e contatti elettrici 1 NC ed 1 NC/NA in scambio.

Il pulsante di sgancio all'esterno della postazione indicata in precedenza andrà a sganciare, con logica a "sicurezza positiva" (autorivelazione dell'interruzione del circuito di guasto), tutte le alimentazioni elettriche del locale siano esse in ingresso che in uscita.

Sulla custodia di ciascun pulsante dovrà essere fissata idonea dicitura indicante la tipologia di sgancio attuata.

Si ribadisce che tutti i cavi di collegamento per la realizzazione dei circuiti di sgancio dovranno essere del tipo FTG10(O)M1 0,6/1kV multipolari "resistente al fuoco" (CEI 20-22 III, CEI 20-36, CEI 20-37, CEI

20-38, CEI 20-45).

9.0 LOCALE CABINA DI TRASFORMAZIONE

Generalità

L'azienda ospedaliera ha messo a disposizione dell'ente distributore un locale per l'impianto di consegna ed un locale di misura con l'accesso da strada aperta al pubblico. L'azienda ospedaliera dispone già del locale di ricezione e di trasformazione MT/bt; dopo l'intervento in oggetto il locale di ricezione sarà presso la cabina da realizzare, mentre la trasformazione MT/bt dell'energia elettrica, a servizio diretto dell'ospedale, resta quella già esistente.

La cabina sarà bassa in box prefabbricato con caratteristiche strutturali almeno equivalenti a quelle delle prescrizioni ENEL DG 10061 e dimensioni pari a quelle riportate nelle tavole di dettaglio.

Tutti i locali sono dotati di un adeguato impianto d'illuminazione, costruito a regola d'arte, e di una presa bipolare rispondente alle norme CEI EN 60309-2 interbloccata con interruttore da 16 A - 230 V con fusibile; l'impianto di illuminazione e la presa bipolare saranno alimentati dalla rete BT.

I locali di consegna e di misura sono corredati di porta conforme all'unificazione ENEL, la serratura sarà fornita dall'ente distributore ed installata dal committente.

Ai locali suddetti il personale dell'ente distributore deve poter entrare in modo diretto da strada aperta al pubblico.

Resistenza al fuoco

Il trasformatore scelto è di tipo F1 per quanto riguarda il rischio di incendio presentando una infiammabilità ridotta con una minima emissione di sostanze tossiche e fumi opachi, quindi la resistenza al fuoco delle pareti e dei solai può essere qualsiasi.

Le porte, dando all'aperto, devono essere ritardanti la fiamma; inoltre, devono essere chiuse a chiave, ma aprirsi dall'interno anche se chiuse a chiave dall'esterno. Le porte devono, infine, aprirsi verso l'esterno ed essere almeno alte 2 m e larghe 0,75 m.

Per evitare il propagarsi di incendi attraverso i passaggi dei cavi devono essere predisposte barriere tagliafiamma aventi resistenza al fuoco almeno uguale a quella delle pareti di compartimentazione antincendio.

Box trasformatori

La protezione contro i contatti diretti del trasformatore è effettuata con un involucro metallico.

Le distanze verso le pareti devono essere almeno pari alla distanza d'isolamento (N), tratta dalla CEI 11-1 art. 4.3.1 tab. 4.1, sono pari a 0,22 m.

Vano cavi

L'ingresso dei cavi ai quadri avviene dal basso, con opportuna predisposizione di un basamento di

fondazione a vasca con funzione anche di vano cavi.

Zona quadri

Le dimensioni della zona MT sono indicate negli elaborati grafici in osservanza delle distanze di rispetto da pareti e soffitto indicate dal costruttore dei quadri.

Passaggi e vie di fuga

La cabina prefabbricata dovrà presentare un'altezza interna di almeno 2 m, l'altezza interna sarà comunque maggiore della diagonale dell'unità di quadro Mt o bt più alto.

Il costruttore della cabina, qual ora sia fornita completa di trasformatore e unità di Mt e bt, o l'installatore di tali apparecchiature dovranno assicurare che i passaggi interni siano larghi almeno 80 cm, ad ogni buon fine rispettando gli ingombri delle apparecchiature scelte e la loro posa secondo i grafici di progetto si garantisce il rispetto dei passaggi interni prescritti dalla normativa.

Segnaletica e qualifica delle persone

Sul lato esterno della porta della cabina si devono apporre i seguenti cartelli:

- il divieto di accesso alle persone non autorizzate;
- l'avvertimento di tensione elettrica pericolosa;
- l'indicazione di alta tensione con pericolo di morte;
- l'avviso di non usare acqua per spegnere incendi.

All'interno della cabina si devono custodire lo schema elettrico ed esporre le istruzioni relative ai soccorsi di urgenza da prestare ai folgorati.

In cabina potranno entrare solo persone esperte o avvertite ai sensi dell'art.29.1 della norma CEI 64-8/2.

Illuminazione e prese a spina

L'illuminazione del locale dovrà assicurare 200 lx con un grado di uniformità pari a 0,7; vi dovranno essere inoltre apparecchi di illuminazione autoalimentati posti sulla porta con pittogrammi che ne indicano l'uscita di sicurezza e che garantiscano almeno 5 lx.

Ventilazione

Il calore prodotto dalle apparecchiature sarà smaltito verso l'esterno mediante il movimento naturale dell'aria attraverso due aperture grigliate poste in alto e in basso sulla stessa parete in modo che l'aria investa direttamente il trasformatore; ovviamente le aperture possono essere più di due purché la superficie netta resti quella calcolata.

Verifica iniziale

Prima della messa in servizio della cabina, deve essere effettuata la verifica iniziale, per accertare la funzionalità e la conformità dell'impianto alla regola dell'arte.

Protezione contro i fulmini

Per assicurare la protezione contro i fulmini, sarà redatta idonea “relazione di calcolo della probabilità di fulminazione” nella quale si verificherà la protezione dell’intera struttura nei confronti del rischio di tipo 1 (perdita di vita umane).

10.0 CARATTERISTICHE GENERALI SUGLI IMPIANTI ELETTRICI

Illuminazione ordinaria dei locali

I locali oggetto del presente progetto sono riportati nella tavola di progetto “Impianti elettrici locali”, essi sono dotati di impianti d’illuminazione artificiale realizzati con plafoniere fluorescenti “stagne” e comandi locali, aventi elevato grado di protezione e resistenza meccanica.

I valori d’illuminamento medio garantiti per il locale, in relazione alla prevedibile destinazione d’uso, sono quelli definiti dalla norma UNI 12464-1 (illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni).

Illuminazione di sicurezza

Tutti i locali oggetto del presente progetto, in quanto ipotizzati luoghi di lavoro, sono muniti di un’illuminazione di sicurezza in grado di assicurare un adeguato livello di illuminamento delle vie e delle uscite di emergenza.

In particolare, da ogni punto di lavoro, di permanenza o di passaggio, risulta, in ogni condizione, ben visibile il percorso da seguire per giungere alle vie d’uscita, le quali sono dotate di illuminazione di sicurezza. Si ritiene idoneo un livello di illuminamento minimo di 5 lux ad 1 m dal piano di calpestio in corrispondenza delle scale, delle porte e delle vie d’uscita, di 2 lux in qualsiasi punto della via di esodo ed in ogni ambiente dove si svolga un’attività lavorativa. Nei luoghi oggetto della presente relazione, l’illuminazione di sicurezza sarà realizzata mediante apparecchi con alimentazione autonoma (batterie) in assenza di rete (tempo < 0,5”), con un’autonomia di almeno 1 ora e ricarica (atta a garantire il funzionamento per almeno 30’) entro 12h.

Impianti di forza motrice

Nel locale di centrale, le prese di servizio sono del tipo industriale “stagno” a norme IEC 309, dotate di interblocco e fusibili di protezione, mentre le prese di tipo civile (Bipasso 10/16A - Schuko 10/16A - UNEL P17-P30) sono contenute in custodie a vista con idoneo grado IP a sportello frontale chiuso. L’esecuzione è a vista.

Materiali e componenti dell’impianto

Tutti i componenti elettrici utilizzati dovranno essere conformi alle prescrizioni di sicurezza delle norme CEI che sono loro applicabili.

Quando un componente elettrico è provvisto del marchio IMQ, esso è considerato conforme alla Norma CEI senza necessità di altre verifiche. Costituisce inoltre una garanzia equivalente un marchio della

comunità europea assimilabile al marchio IMQ.

In mancanza del marchio IMQ o dell'equivalente europeo, si presume che il componente elettrico risponda alle prescrizioni di sicurezza anche quando è provvisto di una dichiarazione di conformità alle norme CEI rilasciata dal costruttore (anche a catalogo).