



*Ministero della Pubblica Istruzione*

**Tesi esame di stato A.S. 2006-2007**

**ITIS Vittorio Emanuele III  
Via Duca della Verdura, 48  
90143 – Palermo (PA)**

*Titolo tesi :*

**Progettazione degli impianti elettrici a servizio di uno stabilimento per la raccolta ed il trattamento in piattaforma di materie destinate al riciclo (CARTA, AL, CU, ELETTRONICA, LEGNO, VETRO).**

*Redatta da :*

**Giuseppe Gelsomino  
Em@il : [giuseppe.gelsomino@libero.it](mailto:giuseppe.gelsomino@libero.it)**

**Palermo, 30 maggio 2007**

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Premessa :**

La scelta di questo progetto nasce dall' esigenza, sempre più imprescindibile dalle attività dell'uomo, di contenere l'aumento dei rifiuti.

Un contributo significativo può venire dal riciclo di quei materiali, a volte ingombranti, che possono essere reinseriti in un processo di produzione di nuovi prodotti, contenenti la stessa materia prima.

Questo é sicuramente valido per la carta, il vetro, il legno, l' alluminio, la plastica, l'acciaio. Tutte, queste, materie totalmente riciclabili, in alcuni casi anche al 100%.

Il legno può essere riciclato in nuove produzioni, oppure avviato come combustibile nelle caldaie di vario taglio, previo trattamento di frantumazione e riduzione in pellets.

Un prodotto presente spesso nelle discariche é di natura elettronica, ovvero parti di computer, televisori, telefoni, fax etc. Questi, se pur non funzionanti nel loro complesso, possono dare origine a subparti ancora funzionanti. Vedi ad esempio i computer, dai quali si possono recuperare componenti ancora funzionanti quali monitor, schede, tastiere o piu' semplicemente le carcasse, spesso in metallo, avviabili per il riciclo dei metalli.

La presente tesi pone come oggetto il dimensionamento degli impianti elettrici a servizio di un impianto industriale per la lavorazione finalizzata al recupero e riciclo di parti elettroniche, materie plastiche, alluminio, carta, vetro.

L'impianto sarà ubicato nel comune di xxxx, in provincia di Palermo, ed avrà una superficie di 7000 m<sup>2</sup> di cui 2260 m<sup>2</sup> coperti e 4740 m<sup>2</sup> adibiti ad area per lo stazionamento di containers in partenza, destinati alle industrie che si occuperanno della lavorazione finale.

Vista l'impossibilità di un collegamento elettrico del tipo in cavo con la stazione di smistamento più vicina, si é dovuto avviare con una fornitura del tipo con linea elettrica aerea. Da quanto detto é emerso quindi che sarà necessario il progetto elettrico e meccanico della linea elettrica aerea (leggi L.A.) in M.T. (leggi M.T.) la cui tensione nominale di esercizio (leggi Vn) sarà di 20.000 V. La L.A. avrà lunghezza compresa tra la stazione di smistamento dell'energia e il palo di attestazione per la fornitura dell'utenza, pari a 10 km.

In sintonia con la finalità di questo impianto di recupero/riciclo, si é ritenuto doveroso integrare nel presente progetto uno studio di fattibilità riguardante l'installazione di pannelli solari fotovoltaici (F.V.) che saranno ubicati su una delle due falde di copertura del capannonone.

Il potenziale prodotto dal solare sarà disponibile per l'inserzione in parallelo sulla distribuzione interna, previa misurazione dell'energia immessa, attraverso opportuni dispositivi di inserzione e protezione.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Inoltre parte integrante del progetto sarà il **dimensionamento della cabina elettrica utente** a servizio dell'impianto, che si articolerà nei seguenti punti :

- Scelta del trasformatore;
- Scelta delle apparecchiature di protezione e sezionamento (lato ENTE FORNITORE e UTENTE);
- Scelta degli apparecchi di misura fissi (trasformatori amperometrici e voltmetrici);
- Impianto elettrico di servizio;
- Impianto di terra;
- Dimensionamento del gruppo elettrogeno di emergenza.

**Il dimensionamento degli impianti elettrici :**

- Dimensionamento delle condutture e degli apparecchi di protezione e sezionamento (tratte Quadro Elettrico Generale -> Quadri elettrici Terminali);
- Dimensionamento delle condutture e degli apparecchi di protezione e sezionamento (tratte Quadri elettrici terminali -> Carichi);
- Dimensionamento dell'impianto di rifasamento del tipo automatico localizzato.
- Protezione da contatti diretti e indiretti;
- Impianto di terra;
- Calcoli illuminotecnici delle zone di lavorazione, uffici e piazzali.

La scelta e il **dimensionamento dell'impianto fotovoltaico** :

- Analisi delle superfici utilizzabili;
- Dimensionamento e scelta dei pannelli f.v.;
- Dimensionamento e scelta degli elementi per la conversione CC/CA;
- Dimensionamento delle apparecchiature di protezione e sezionamento.

A completamento della documentazione di progetto saranno prodotti i seguenti allegati :

- Schema uni/multifilare cabina di trasformazione;
- Schema multifilare di inserzione gruppi di misura (kWh – kVArh) sul lato in M.T.;
- Schema unifilare Quadro Elettrico Generale (Q.E.G. );
- Schema unifilare Quadro Elettrico Capannone (Q.E.C. );
- Schema unifilare Quadro Elettrico Palazzina Uffici (Q.E.U. );
- Schema unifilare Quadro Elettrico Ricovero mezzi – Illuminazione esterna (Q.E.R. );
- Schema unifilare Quadro Elettrico Gruppo Elettrogeno (Q.E.GE );
- Schema unifilare Quadro Elettrico impianto fotovoltaico (Q.E.F );

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: ***Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).***

Il progetto sarà redatto in adeguamento alle Norme CEI così come prescritto dalla Legge 5 marzo 1990 n° 46 ed al suo regolamento di attuazione D.P.R. n° 447 del 6 dicembre 1991.

Ai sensi dell'art. 4 comma c) del D.P.R. 447/91, che impone il progetto per l'installazione, la trasformazione e l'ampliamento di impianti elettrici pertinenti *"agli immobili adibiti ad attività produttive, al commercio, al terziario e ad altri usi, quando le utenze sono alimentate a tensione superiore a 1.000 V, inclusa la parte in bassa tensione o quando le utenze sono alimentate in bassa tensione qualora la superficie superi i 200 mq"*, si rende necessaria la stesura di un elaborato progettuale redatto da un tecnico abilitato, Ingegnere o Perito Industriale, che asseveri le opere da compiere alla normativa vigente.

***Il presente progetto é stato redatto con l'ausilio del manuale Cremonese di elettrotecnica, seconda edizione, quarta ristampa. Delle guide blu CEI (tuttonormel), del software BTicino Tisytem 5.1.***

***Con la consulenza dell' Ing. Prof. Lo Coco Claudio, e con il sostegno dei miei genitori.***

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Analisi dei carichi e delle rispettive caratteristiche elettriche installate:**

Vista la natura dei processi di lavorazione ospitati nel complesso, sono presenti i seguenti macchinari:

**Capannone lavorazioni [mis. (40 x 30 x 6)m ; S=1200m<sup>2</sup>] :**

<b>n°</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Potenza Elettrica [kW]</b>	<b>V [V]</b>	<b>I<sub>b</sub> [A]</b>	<b>Cosφ</b>	<b>η</b>	<b>K<sub>u</sub></b>	<b>K<sub>c</sub></b>
2	Trituratore Satrind F1315	11	400	20	0.85	1	1	1
10	Nastro trasportatore	4	400	51	0.83	0.83	0.6	1
1	Impianto vagliatore	130	400	235	0.8	--	1	1
1	Carro Ponte 4ton	75	400	125	0.85	0.94	0.75	1
1	Compressore aria 100lt	7.5	400	12	0.85	0.87	1	0.8
1	Carica batterie	100	400	160	0.9	--	1	1
1	Pressa compattatrice	40	400	73	0.8	--	1	1
3	Circuiti illuminazione	6	230	10	0.9	--	1	1
20	Prese monofase	3	230	28	0.9	--	0.5	0.3
20	Prese trifase	8	400	32	0.9	--	0.75	0.5
1	Unità Trattamento Aria	15	400	27	0.8	--	1	1
1	Automazione porte	2.5	400	4	1	--	1	1

tab. 1.0 "caratteristiche dei carichi installati nel reparto capannone lavorazioni":

Dove:

n° = numero di carichi elettrici;

Descrizione = indica il tipo di carico elettrico;

Potenza elettrica = indica la potenza richiesta dal carico elettrico espressa in kW;

V = Indica la tensione di esercizio espressa in Volt;

I<sub>b</sub> = Indica la corrente impiegata dal carico elettrico;

Cosφ = Indica il fattore di potenza del carico elettrico;

η = Indica il rendimento del del carico elettrico alimentato a tensione e frequenza di rete;

K<sub>u</sub> = Indica il coefficiente di utilizzazione del carico elettrico

K<sub>c</sub> = Indica il coefficiente di contemporaneità del carico elettrico rispetto al resto dell'impianto.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Calcolo della potenza nominale della sezione "capannone lavorazione :**

Il calcolo della potenza nominale sarà funzione del numero dei carichi e delle caratteristiche di costruzione (rendimento "η" - coeff. utilizz. "K<sub>u</sub>" - coeff. contemp. "K<sub>c</sub>"), di conseguenza il calcolo della potenza effettiva di un motore sarà effettuato con la formula : **P<sub>eff</sub> = P<sub>elettrica</sub>/ η x K<sub>u</sub> x K<sub>c</sub>** ; di un gruppo di prese monofase la potenza effettiva si calcherà nel seguente modo : **P<sub>eff</sub> = V<sub>n</sub> x I<sub>b</sub> x K<sub>u</sub> x K<sub>c</sub>** ; mentre per un gruppo di prese trifase la formula sarà la medesima il quale dovrà essere moltiplicata per il fattore √3.

$$P_n = (2 \times P_{\text{trit}}) + (10 \times P_{\text{nastri}} / \eta \times K_u \times K_c) + P_{\text{vagliatore}} + (P_{\text{carroponete}} / \eta \times K_u \times K_c) + (P_{\text{compress.}} / \eta \times K_u \times K_c) + (P_{\text{caricabatt.}} \times K_u \times K_c) + P_{\text{pressa}} + (3 \times P_{\text{illum}} \times K_u \times K_c) + \text{Prese monof.} (20 \times V_n \times I_b \times \text{Cos}\varphi \times K_u \times K_c) + \text{Prese Trif.} (20 \sqrt{3} \times V_n \times I_b \times \text{Cos}\varphi \times K_u \times K_c) + P_{\text{puta}} + P_{\text{autom. porte}} =$$

$$= (2 \times 11) + (10 \times 4 / 0.85 \times 0.6 \times 1) + 130 + (60 / 0.85 \times 0.75 \times 1) + (7.5 / 0.876 \times 1 \times 1) + 100 + 40 + (3 \times 6 \times 1 \times 1) + (20 \times 230 \times 0.9 \times 0.5 \times 0.3) + (20 \times \sqrt{3} \times 400 \times 32 \times 0.75 \times 0.5) + 15 + 2,5 = \mathbf{440 \text{ kW}}$$

**Palazzina uffici 2 elevazioni [mis. (20 x 15 x 9)m ; S=600m<sup>2</sup>] :**

<b>n°</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Potenza Elettrica [kW]</b>	<b>V [V]</b>	<b>I<sub>b</sub> [A]</b>	<b>Cosφ</b>	<b>η</b>	<b>K<sub>u</sub></b>	<b>K<sub>c</sub></b>
3	Circuiti illuminazione	4.5	230	10	0.9	--	1	1
20	Prese monofase	5	230	16	0.9	--	0.5	0.3
1	Unità trattamento aria	4	400	10	0.8	--	0.8	1
1	Circuito di sorveglianza	0.5	400	2	1	--	1	1

tab 1.1 Descrizione tabella :

n° = numero di carichi elettrici;  
 Descrizione = indica il tipo di carico elettrico;  
 Potenza elettrica = indica la potenza richiesta dal carico elettrico espressa in kW;  
 V = Indica la tensione di esercizio espressa in Volt;  
 I<sub>b</sub> = Indica la corrente impiegata dal carico elettrico;  
 Cosφ = Indica il fattore di potenza del carico elettrico;  
 η = Indica il rendimento del del carico elettrico alimentato a tensione e frequenza di rete;  
 K<sub>u</sub> = Indica il coefficiente di utilizzazione del carico elettrico  
 K<sub>c</sub> = Indica il coefficiente di contemporaneità del carico elettrico rispetto al resto dell'impianto.

**Calcolo della potenza nominale della sezione "palazzina uffici" :**

$$P_n = (P_{\text{illum}} \times 3) + \text{Prese monof.} (n \times V_n \times I_b \times \text{Cos}\varphi \times K_u \times K_c) + (P_{\text{puta}} \times K_u) + P_{\text{sorveglianza}} =$$

$$= (3 \times 4.5) + (20 \times 16 \times 230 \times 0.9 \times 0.3 \times 0.3) + (5 \times 0.8) + 0.5 = \mathbf{23 \text{ kW}}$$

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Piazzali e vie [S=4740m<sup>2</sup>] e ricovero mezzi [mis. (36 x 10 x 4,5)m ; S=360m<sup>2</sup>]:**

<b>n°</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Potenza Elettrica [kW]</b>	<b>V [V]</b>	<b>Ib [A]</b>	<b>Cosφ</b>	<b>η</b>	<b>Ku</b>	<b>Kc</b>
3	Circuito illuminazione Esterna	2,2	230	6	0.9	--	1	1
1	Circuito illuminazione ricovero mezzi	4,8	230	14	0.9	--	1	1
5	Prese monofase	3	230	16	0.9	--	0.5	0.3
5	Prese trifase	4,5	400	16	0.9	--	0.75	0.5
1	Compressore aria 100lt	7.5	400	12	0.85	0.87	1	0.8
1	Carica batterie	100	400	160	0.9	--	1	0.5
1	Centrale idrica	15	400	42	0.8	--	1	1
1	Centrale antincendio	20	400	56	0.8	--	1	1
1	Automazione cancello	1	230	2	0.9	--	1	1

tab 1.2 Descrizione tabella :

n° = numero di carichi elettrici;

Descrizione = indica il tipo di carico elettrico;

Potenza elettrica = indica la potenza richiesta dal carico elettrico espressa in kW;

V = Indica la tensione di esercizio espressa in Volt;

Ib = Indica la corrente impiegata dal carico elettrico;

Cosφ = Indica il fattore di potenza del carico elettrico;

η = Indica il rendimento del del carico elettrico alimentato a tensione e frequenza di rete;

Ku = Indica il coefficiente di utilizzazione del carico elettrico

Kc = Indica il coefficiente di contemporaneità del carico elettrico rispetto al resto dell'impianto.

**Calcolo della potenza nominale della sezione "Aree esterne e ricovero mezzi"**

:

$P_n = (P_{ill-esterna} \times 3) + P_{ill-ricov.} + Prese\ monof.(20 \times V_n \times I_b \times Cos\phi \times K_u \times K_c) + Prese\ Trif.(20 \sqrt{3} \times V_n \times I_b \times Cos\phi \times K_u \times K_c) + (P_{caricabatt.} \times K_u \times K_c) + (P_{compress./} / \eta \times K_u \times K_c) + P_{centr.idrica} + P_{centr.antincendio} + P_{autom.cancello} =$

$= (2,2 \times 3) + 4,8 + (20 \times 230 \times 0,9 \times 0,5 \times 0,3) + (20 \times \sqrt{3} \times 400 \times 32 \times 0,75 \times 0,5) + + (100 \times 1 \times 0,5) + (7,5/0,876 \times 1 \times 1) + 15 + 20 + 1 = \mathbf{115\ kW}$

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Calcolo della potenza totale assorbita :**

La potenza totale assorbita nelle condizioni di carico nominale é data dalla somma delle potenze nominali dei singoli carichi, elencate nei punti sopra citati

$$P_n = P_{\text{capannonene}} + P_{\text{puffici}} + P_{\text{piazzali-ricovero mezzi}} = 440 + 23 + 115 = 578 \text{ kW}$$

Supponendo di considerare un fattore di riduzione globale K, che terrà conto di contemporaneità e di utilizzazione pari a 0,80, si ottiene la potenza convenzionale (**P<sub>c</sub>**) dell'impianto :

$$P_c = (P_n \times K) / \text{Cos}\varphi = (578 \times 0.8) / 0.9 = 513 \text{ kVA}$$

Preventiviamo un ampliamento futuro del 20% che verrà sommato alla potenza convenzionale sopra ricavata :

$$P_{\text{contr.}} = P_c + 20\% = 513 \times 1.2 = 615 \text{ kVA}$$

Vedere nel capitolo "**Dimensionamento della cabina**", il paragrafo "Scelta del trasformatore".

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Distribuzione Elettrica:**

Il complesso sarà alimentato dalla rete elettrica tramite linea in M.T. ( $V_n = 20.000\text{ V}$ ), quindi con trasformazione in cabina propria.

La continuità del servizio sarà garantita, in caso di manutenzione o guasto del trasformatore o della linea, da apposito gruppo elettrogeno.

A seguito delle esigenze impiantistiche l'impianto sarà così dimensionato :

- Consegna in cabina arrivo MT : Linea aerea precordata in media tensione 20 kV ( $3 \times 16\text{ mm}^2$ ) proveniente dal gestore elettrico ed avente lunghezza pari a 10 km.
- Circuito alimentazione cabina di trasformazione sita in posizione semibaricentrica : Linea in cavo (tripolare RG7H1M1 - 12/20 kV  $1 \times (3 \times 70\text{ mm}^2)$ ), lunga 66 m
- Circuito di alimentazione capannone lavorazioni : Linea in cavo (unipolare FG7OR  $6 \times 185/2 \times 150\text{ mm}^2$ ), lunga 15 m.
- Circuito di alimentazione palazzina uffici : Linea in cavo (multipolare FG7OR  $5 \times 6\text{ mm}^2$ ), lunga 20m
- Circuito di alimentazione illuminazione esterna più ricovero mezzi : Linea in cavo (unipolare FG7OR  $3 \times 95/50\text{ mm}^2$ ), lunga 60 m

Segue paragrafo "scelta delle condutture e posa" nel capitolo "**Dimensionamento impianto elettrico B.T.**", nel quale verrà trattato il dimensionamento delle linee elettriche e le specifiche per la posa.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Dimensionamento di massima della linea elettrica aerea :**

Partendo dai dati di tensione e corrente richiesti dall'utenza, si procederà adesso al calcolo elettrico e meccanico della linea per la fornitura elettrica in M.T..

**Calcolo elettrico della linea aerea :**

Il valore della potenza elettrica che l'impianto impiegherà nel funzionamento ordinario ammonta a 615 kVA.

Valore per il quale verrà dimensionata la linea aerea, realizzata con conduttori in corda di rame  $\rho = 0.0178 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  - tensione di esercizio ( $V_n$ ) pari a 20.000 V - Frequenza (f) 50 Hz - fattore di potenza ( $\text{Cos}\varphi$ ) 0.9 - Potenza perduta in linea percentuale ( $\Delta P\%$ ) < 3% - Caduta di tensione di linea ( $\Delta V\%$ ) < 4%.

Preso visione dei seguenti dati si procede con il calcolo della sezione (formula 1.2) utilizzando il criterio della potenza perduta di linea.

Dalla formula :

$$\Delta P\% = \left( \frac{\Delta P}{P} \right) \times 100$$

*formula 1.0 descrizione termini :*

$\Delta P\%$  = Indica Perdita di potenza percentuale;  
 $\Delta P$  = Indica Perdita di potenza espressa in kW;  
 $P$  = Indica la potenza elettrica espressa in kW;

Sostituendo :

$$\Delta P\% = \left( \frac{3 \times \rho \times L}{S \times P} \right) \times \left( \frac{100}{\sqrt{3} \times V_n \times \text{Cos}\varphi} \right)^2 \times 100$$

*formula 1.1 descrizione termini :*

$\Delta P\%$  = Indica Perdita di potenza percentuale;  
 $\rho$  = Indica la resistività della corda di rame  $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ;  
 $L$  = Indica la lunghezza della linea elettrica espressa in m;  
 $S$  = Indica la sezione della linea espressa in  $\text{mm}^2$ ;  
 $P$  = Indica la potenza elettrica espressa in kW;  
 $V_n$  = Indica la tensione nominale espressa in V;  
 $\text{Cos}\varphi$  = Indica il fattore di potenza;

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Dalla quale ne deriva la sezione:

$$S = 100 \times \left( \frac{\rho \times L \times P}{\Delta P\% \times \sqrt{3} \times V_n^2 \times \cos^2 \varphi} \right)$$

*formula 1.2 descrizione termini:*

- S = Indica la sezione della linea espressa in mm<sup>2</sup>;
- $\rho$  = Indica la resistività della corda di rame  $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m;
- L = Indica la lunghezza della linea elettrica espressa m;
- P = Indica la potenza elettrica espressa in kW;
- $\Delta P\%$  = Indica Perdita di potenza percentuale;
- $V_n$  = Indica la tensione nominale espressa in V;
- $\cos \varphi$  = Indica il fattore di potenza.

Sostituendo i valori assegnati, tenendo soddisfatta la condizione di perdita percentuale di potenza del 3%, si ricava:

$$S = 100 \times \left( \frac{0.0178 \times 10 \times 10^3 \times 615 \times 10^3}{3 \times \sqrt{3} \times (20 \times 10^3)^2 \times 0.9^2} \right) = 12.5 \text{ mm}^2$$

**La sezione nominale della corda é di 12.5 mm<sup>2</sup>.**

*La sezione commerciale della linea sarà di 16 mm<sup>2</sup> (tab. 3.VI pag. 8-20 "Conduttori a corda di rame crudo per linee elettriche aeree (UNEL 01437)"). Riepilogando essa sarà realizzata in corda di rame posata ai vertici di un triangolo equilatero di lato 80 cm diametro = 4,50 mm – massa teorica = 141,4 kg/km – minimo carico di rottura 604 daN – resistenza elettrica a 20°C = 1,140  $\Omega$ /km.*

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Proseguiamo con la verifica delle effettive cadute di tensione e perdite di potenza percentuale. Innanzi tutto procediamo con il calcolo della reattanza di linea con la seguente formula:

$$X = \left( \omega \times \mu_0 \times \ln \frac{Dm}{0.778 \times r} \right) \times L$$

Sostituendo:

$$X = \left( 2\pi f \times \frac{4 \times \pi \times 10^{-4}}{2\pi} \times \ln \frac{Dm}{0.778 \times r} \right) \times L$$

formula 1.3 descrizione termini:

- f = Indica la frequenza di esercizio espressa in Hz;
- Dm = Indica la distanza tra i conduttori espressa mm;
- r = Indica il raggio della corda espresso in mm;
- P = Indica la potenza elettrica espressa in kW;
- L = Indica la lunghezza della linea espressa in m.

Sostituendo numericamente:

$$X = \left( 2 \times 3,14 \times 50 \times \frac{4 \times 3,14 \times 10^{-4}}{2 \times 3,14} \times \ln \frac{1500}{0.778 \times 4,50} \right) \times 10000 \times 10^{-7} = 3,80 \Omega$$

A seguire calcoliamo la corrente di linea :

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times Vn} = \frac{615 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} = 17,75 A$$

formula 1.4 descrizione termini :

- I = Indica la corrente di linea espressa in A;
- S = Indica la potenza installata espressa in VA;
- Vn = Indica la tensione nominale espressa in V.

Pertanto la caduta di tensione avrà il seguente valore percentuale :

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} \times I \times (r \times L \times \cos \varphi + X \times \sin \varphi)}{Vn} \times 100 = \frac{\sqrt{3} \times 18 \times (1.140 \times 10 \times 0.9 + 3.80 \times 0.435)}{20 \times 10^3} \times 100 = 2\%$$

formula 1.5 descrizione termini :

- $\Delta V\%$  = Indica la caduta di tensione percentuale;
- I = Indica la corrente di linea espressa in A;
- r = Indica la resistenza di linea espressa in  $\Omega$ ;
- L = Indica la lunghezza della linea espressa in m;
- Cos $\varphi$  = Indica il fattore di potenza;
- X = Indica la reattanza di linea espressa in  $\Omega$ ;
- Vn = Indica la tensione nominale espressa in V.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: ***Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).***

La sezione calcolata soddisfa la condizione per la quale la caduta di tensione sulla linea risulti inferiore a quella massima ammessa, pari al 4%.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Calcolo meccanico della linea elettrica aerea :**

**Considerazioni generali :**

L'impianto é **virtualmente** ubicato in Sicilia (SUD) esattamente nel comune di Palermo, a 50m sopra il livello del mare, ragione per cui il calcolo meccanico della linea aerea sarà fatto tenendo conto delle condizioni imposte dalla norma **CEI 11.4:**

la zona interessata é quindi quella A (si definisce **ZONA A**: Centro, sud e isole la cui altitudine risulta < di 800m sopra il livello del mare) pertanto si evidenziano in rosso le condizioni che devono essere soddisfatte secondo la norma CEI 11.4:

**1°** Condizione di massimo stress con grado di sicurezza 4 :

**ZONA A**

$t = -5^{\circ} \text{ C}$  (temperatura);

$t \leq 40 \% t_r$  (t : tiro ;  $t_r$  : carico di rottura);

$p = 72 \text{ kg/m} \times \text{mm}^2$  (pressione del vento sulla corda);

$V_v = 130 \text{ km/h}$  (velocità del vento);

**ZONA B**

$t = -20^{\circ} \text{ C}$  (temperatura);

$p = 18 \text{ kg/m} \times \text{mm}^2$

$V_v = 65 \text{ km/h}$  (velocità del vento);

manicotto di ghiaccio :  $s = 12 \text{ mm}$   
 $d = 0.92$

$t \leq 40 \% t_r$  (t : tiro ;  $t_r$  : carico di rottura)

**2°** Condizione di every day stress con grado di sicurezza 2,5 e conduttori scarichi :

**ZONA A - B**

$t = 15^{\circ} \text{ C}$  (temperatura);

$t \leq 25 \% t_r$  (t : tiro ;  $t_r$  : carico di rottura)

Inoltre per la verifica delle altezze sul suolo e delle distanze di rispetto, deve essere considerata la seguente ipotesi:

**3°** conduttori e corde di guardia scarichi alla temperatura di **55 °C per le linee in zona A** e di 40 °C per le linee in zona B.

**4°** Rispettare il franco imposto dalla norma. Esso dovrà risultare da terra (altezza minima dei conduttori sul terreno) pari a :

$(5,50 + 0.006 U) \text{ m}$  per linee > 1000 V (U : tensione concatenata del sistema in kV).

5 m per linee < 1000 V

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Riepilogo caratteristiche Corda di rame :**

La sezione commerciale della linea sarà di 16 mm<sup>2</sup> (tab. 3.VI pag. 8-20 "Conduttori a corda di rame crudo per linee elettriche aeree (UNEL 01437)"). Essa sarà realizzata in corda di rame posata ai vertici di un triangolo equilatero di lato 80 cm - diametro = 4,50 mm - massa teorica = 0.144 kg/m - carico di rottura 664 daN (6640/9.81 = 676 kg) - resistenza elettrica a 20°C = 1,140 Ω/km - α (coefficiente di dilatazione termica) = 1,7x10<sup>-5</sup>°C<sup>-1</sup> - E (modulo di elasticità) = 12000 kg/mm<sup>2</sup> - Campata 80 m.

**1° condizione:**

La linea, come già anticipato nelle condizioni generali, dovrà essere verificata con grado di sicurezza 4 ed il tiro dovrà risultare: **t ≤ 40 % t<sub>r</sub>** =

$$T \leq T_r/4 = 676/4 = 169 \text{ kg}$$

formula 1.6 descrizione termini :

t = Indica il tiro espresso in kg;  
t<sub>r</sub> = Indica il tiro di rottura della corda espresso in kg/m (esso è il valore max del diagramma forza-allungamento risultante dalla "prova a trazione").

**Calcolo carico complessivo:**

Il carico complessivo tiene conto della massa della corda stessa più quella dovuta al vento, nel caso più sfavorevole di massima incidenza sulla corda. Il carico totale agente sul conduttore é pertanto :

$$q = \sqrt{(q_c^2 \times q_v^2)}$$

sostituendo :

$$q = \sqrt{[q_c^2 \times (p \times S_{maestra})^2]} = \sqrt{[0.144^2 \times (72 \times 1 \times 4.50 \times 10^{-3})]^2} = 0.260 \text{ kg/m}$$

formula 1.7 descrizione termini :

q = Indica il peso totale espresso in kg/m;  
q<sub>c</sub> = Indica il peso totale della corda in condizioni ordinarie espresso in kg/m;  
p = Indica la pressione esercitata sulla corda dal vento espresso in km/m<sup>2</sup>;  
S<sub>maestra</sub> = Indica la superficie sul quale viene esercitata la pressione del vento.

**La linea è stabile anche nelle condizioni di sovraccarico; infatti risolvendo l'equazione di cambiamento di stato risulta a -5°C e con vento a 130km/h un tiro di 251kg < 270kg = T<sub>r</sub>/2,5**

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Equazione del cambiamento di stato :**

L'equazione del cambiamento di stato esprime la variazione di lunghezza tra i due stati della linea per effetto di :

- Variazione di sollecitazione;
- Variazione di temperatura.

$$\frac{q \times D^2}{24 \times T_2^2} - \frac{q_c \times D^2}{24 \times T_1^2} = \frac{1}{S \times E} \times (t_2 - t_1) + \alpha \times (\theta_2 - \theta_1)$$

formula 1.8 descrizione termini :

- q = Indica il peso totale espresso in kg/m;
- D = Indica la campata espressa in m;
- T<sub>1</sub> = Indica il tiro nella condizione 1 espresso in kg;
- q<sub>c</sub> = Indica il peso della corda espresso in kg/m;
- T<sub>2</sub> = Indica il tiro nella condizione 2 espresso in kg (INCOGNITA);
- S = Indica la sezione della linea espressa in mm<sup>2</sup>;
- E = Indica il modulo di elasticità espresso in kg/mm<sup>2</sup>;
- α = Indica il coefficiente di dilatazione termica espresso in °C<sup>-1</sup>;
- θ<sub>1</sub> = Indica la temperatura nella condizione 2 espressa in °C;
- θ<sub>2</sub> = Indica la temperatura nella condizione 1 espressa in °C.

**Tabella di tesatura:**

<b>Temperatura θ (°C)</b>	<b>Tiro T<sub>2</sub> (kg/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Freccia f (m)</b>
10°	175	0,66
20°	153	0,75
25°	148	0,78
35°	126	0,91

tab 1.3 tabella di tesatura.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

***Dimensionamento della cabina elettrica utente :***

Lo stabilimento in oggetto sarà alimentato da propria cabina di trasformazione M.T. / B.T. con fornitura primaria a 20 kV ed ubicata in box.

La potenza installata é di circa **615 kVA.**

La misura dell'energia verrà effettuata dal lato M.T., in apposito locale adiacente al vano ENTE FORNITORE.

L'impianto di consegna potrà essere alimentato in derivazione o in "entra-esce". Le dimensioni del locale di consegna dovranno, di regola, consentire l'adozione dello schema di linea in "entra-esce", che potrebbe rendersi necessaria in un secondo tempo.

Il locale consegna (proprietà ente fornitore) e il locale misure (dotato di doppia porta) sarà ubicato in box del tipo: P44 costruzione CEP Alcamo (vedi allegato grafico).

Il locale trasformatore sarà ubicato in box tipo: F40 costruzione CEP Alcamo (vedi allegato grafico).

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

***Dimensionamento dei locali consegna, misure, trasformazione.***

La consegna della fornitura di M.T. e la sezione misure sono alloggiate in un unico blocco (leggi cabina consegna ) così strutturato :

1. Un vano, con accesso diretto da strada pubblica, riservato all'impianto di consegna ENTE FORNITORE;
2. Un vano, con doppio accesso e da strada pubblica per ENTE FORNITORE e dall'area del complesso per l'utente, in cui verranno installati i gruppi di misura;

La struttura dovrà possedere caratteristiche statiche e meccaniche adeguate alle sollecitazioni dovute al montaggio delle apparecchiature interne ed all'eventuale ammarro di linee aeree e comunque rispondenti alle seguenti prescrizioni ENTE FORNITORE:

- DG 10061 se di tipo basso prefabbricato;
- DG 10051 se di tipo alta, per allacciamento in linea aerea.

Da questa struttura, attraverso un cavidotto interrato, la fornitura raggiunge il trasformatore il quale é alloggiato in un locale posto nelle immediate vicinanze del capannone lavorazioni.

Nello stesso locale si trovano i quadri di inserzione trasformatore, inserzione gruppo elettrogeno, distribuzione in B.T. ed arrivo ed inserzione impianto FV.

***Scelta del trasformatore di potenza:***

Dal momento che la potenza convenzionale é quella che sarà assorbita dalla rete, dalla tab. 6.IX pag. 10-63 "trasformatori da distribuzione inglobati in resina dati tecnici – tensioni di esercizio fino a 24 kV", si rilevano i valori in kVA delle potenze normalizzate del trasformatore da installare. Se il valore sopra trovato non é presente in tabella, occorrerà scegliere il modello di potenza nominale immediatamente superiore. Nel caso in esame si userà un trasformatore da **630 kVA** (vedi allegato "catalogo tecnico elettromeccanica di Marnate").

La scelta del tipo di trasformatore da utilizzare é caduta sul modello inglobato in resina al fine di evitare le problematiche conseguenti all'uso del tipo in bagno d'olio che non puo' prescindere dalla presenza del pozzetto di raccolta degli olii in caso di guasto del trafo.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Caratteristiche tecniche trasformatore:**

**20000 – 400/230 V** (20000 : La tensione nominale primaria é un dato di progetto e costruzione della macchina stessa – 400/230 : Tensione nominale secondaria quando la macchina é alimentata alla tensione e alla frequenza nominale).

**Sn = 630 kVA** (Sn : E' il valore della potenza che é in grado di erogare il trasformatore).

**Dy<sub>0</sub>-11** (D: Collegamento avvolgimenti primari a triangolo – y: Collegamento avvolgimenti secondari a stella con centro stella accessibile – 11: gruppo orario (indica l'angolo di ritardo tra le fasi dell'avvolgimento secondario e quelle dell'avvolgimento primario).

In presenza di un parallelo di trasformatori, il gruppo orario deve essere uguale per entrambi i trasformatori).

Da catalogo Elettromeccanica di Mernate (ZUCCHINI GROUP) pagg. 7 – 8 "trasformatori da distribuzione inglobati in resina dati tecnici" si ricavano, in base alla tensione massima primaria (Um) espressa in kV e alla potenza nominale (Sr) espressa in kVA del trasformatore, i valori di:

**Trasformatore 630 kVA :**

- Tensione di cortocircuito % (Vcc%)= **6%**;
- Perdite a vuoto del trasformatore (Po)= **1700 W**;
- Perdite sotto carico del trasformatore (Pk)= **6200 W**;
- Perdite totali del trasformatore= **7900 W**.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**PROVE SUI TRASFORMATORI IN LABORATORIO :**

*La tensione di cortocircuito ( $V_{cc}$ ) si ricava dalla prova in cortocircuito del trasformatore, essa inoltre permette di conoscere anche le perdite negli avvolgimenti.*

*Queste perdite sono di due tipi :*

- *Perdite nel rame che dipendono dalla resistività ohmica misurata in corrente continua, dal quadrato della corrente ed aumentano al crescere della temperatura.*
- *Perdite addizionali che si aggiungono a quelle nel rame. Queste dipendono dalla frequenza, dal quadrato della corrente e diminuiscono al diminuire della temperatura.*

*La prova verrà condotta alimentando il trasformatore con tensione e frequenza nominale (dati di costruzione), infatti le perdite nel rame dipendono dalla corrente e dalla reattanza di dispersione, mentre le perdite addizionali dipendono esclusivamente dalla frequenza.*

*Le perdite a vuoto del trasformatore ( $P_0$ ), rappresentano le perdite nel ferro. Esse possono essere misurate effettuando la prova a vuoto del trasformatore (ai morsetti del secondario non è applicato nessun carico).*

*Essa sarà condotta alimentando il trasformatore alla tensione e alla frequenza nominale (dati di costruzione).*

*Le perdite nel ferro sono funzione dei parametri costruttivi del trasformatore.*

**La prova dovrà essere effettuata rispettando le seguenti condizioni :**

***L'alimentazione del circuito deve essere in alternata con forma d'onda sinusoidale.***

***La regolazione del valore della tensione deve essere effettuata in modo tale da non introdurre deformazioni nella forma dell'onda.***

***Non si potranno impiegare reostati di regolazione perché le eventuali deformazioni della corrente magnetizzante assorbita dalla macchina produrrebbero inevitabilmente delle deformazioni nelle c.d.t. sui reostati e, quindi, nella tensione applicata al circuito.***

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**"Scelta delle apparecchiature di protezione e sezionamento lato M.T."**

**Calcolo delle correnti di corto circuito:**

Per il calcolo delle correnti di corto circuito, necessarie per la scelta del potere di interruzione dei dispositivi di protezione e sezionamento, si considera trascurabile l'impedenza della rete a monte della linea di alimentazione.

Pertanto la corrente di corto circuito sul lato M.T.. della cabina é limitata solo all'impedenza della linea aerea:

$$I_{cc1} = V_n / (\sqrt{3} \times Z_L) = 20 \times 10^3 / [\sqrt{3} \times \sqrt{((1.140 \times 10)^2 \times 3.80^2)}] = \mathbf{266 \text{ A}}$$

formula 1.9 descrizione termini :

- $I_{cc1}$  = Indica la corrente di corto circuito nel punto di consegna a monte del trasformatore espressa in A;
- $V_n$  = Indica la tensione nominale espressa in V.
- $Z_L$  = Indica l'impedenza della linea elettrica aerea espressa in  $\Omega$ .

Mentre per le apparecchiature sul lato bassa tensione e quindi a valle dei trasformatori, la corrente di corto circuito é limitata dall'impedenza della linea e da quella del trasformatore. Dalle caratteristiche elettriche dei trasformatori (vedi pag. 19 par. "caratteristiche tecniche trasformatori") si ricavano :

$$R_{trf} = P_{cc} / 3 \times I_3^2 =$$

formula 2.0 descrizione termini :

- $R_{trf}$  = Indica la resistenza del trasformatore espressa in  $m\Omega$ ;
- $P_{cc}$  = Indica le perdite nel rame del trasformatore espresse in W;
- $I_3$  = Indica la corrente nominale lato secondario del trasformatore espressa in A;

$$Z_{trf} = (V_{20}^2 \times V_{cc}\%) / (100 \times S_n) =$$

formula 2.1 descrizione termini :

- $Z_{trf}$  = Indica l'impedenza del trasformatore espressa in  $m\Omega$ ;
- $V_{20}$  = Indica la tensione nominale secondaria espresse in V;
- $V_{cc}\%$  = Indica la corrente di corto circuito nominale;
- $S_n$  = Indica la potenza nominale del trasformatore espressa in kVA.

$$X_{trf} = \sqrt{(Z_{trf}^2 - R_{trf}^2)} =$$

formula 2.2 descrizione termini :

- $X_{trf}$  = Indica la reattanza del trasformatore espressa in  $m\Omega$ ;
- $R_{trf}$  = Indica la resistenza del trasformatore espressa in  $m\Omega$ ;
- $Z_{trf}$  = Indica l'impedenza del trasformatore espressa in  $m\Omega$ ;

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Da formula 2.0 sostituendo si ricava il valore della resistenza del trasformatore :

$$R_{trf} = 6200 / 3 \times 910^2 = \mathbf{2.5m\Omega}$$

Da formula 2.1 sostituendo si ricava il valore dell'impedenza del trasformatore :

$$Z_{trf} = (400^2 \times 6) / (100 \times 630 \times 10^3) = \mathbf{15.24m\Omega}$$

Da formula 2.1 sostituendo si ricava il valore della reattanza del trasformatore :

$$X_{trf} = \sqrt{(15,24^2 - 2,5^2)} = \mathbf{14,9m\Omega}$$

Le componenti dell'impedenza di linea, riportate al secondario sono pari a:

$$R_l^{II} = R_l / m^2 = (0.140 \times 10) / (20000/400) = 0,56 \text{ m}\Omega$$

formula 2.3 descrizione termini :

$R_l^{II}$  = Indica la resistenza della linea riportata al secondario espressa in m $\Omega$ ;  
 $R_l$  = Indica la resistenza della linea espressa in  $\Omega$ ;  
 $m$  = Indica il rapporto di trasformazione.

$$X_l^{II} = X_l / m^2 = 3,80 / (20000/400) = 1,52 \Omega$$

formula 2.4 descrizione termini :

$X_l^{II}$  = Indica la reattanza della linea riportata al secondario espressa in m $\Omega$ ;  
 $X_l$  = Indica la reattanza della linea espressa in  $\Omega$ ;  
 $m$  = Indica il rapporto di trasformazione.

Per cui la corrente di corto circuito a valle di ciascuno dei trasformatori si utilizzerà la seguente formula :

$$I_{cc2} = V_{20} / (\sqrt{3} \sqrt{[(R_{trf} + R_l^{II})^2 + (X_{trf} + X_l^{II})^2]}) =$$

formula 2.5 descrizione termini :

$V_{20}$  = Indica la tensione nominale secondaria espressa in V;  
 $R_{trf}$  = Indica la resistenza del trasformatore espressa in m $\Omega$ ;  
 $X_{trf}$  = Indica la reattanza del trasformatore espressa in m $\Omega$ ;  
 $R_l^{II}$  = Indica la resistenza della linea riportata al secondario espressa in m $\Omega$ ;  
 $X_l^{II}$  = Indica la reattanza della linea riportata al secondario espressa in m $\Omega$ ;

e sarà uguale a :

Da formula 2.5 sostituendo si ricava il valore della corrente di cortocircuito :

$$I_{cc2} = 400 / (\sqrt{3} \times 10^{-3} \sqrt{[(2,50 + 0,56)^2 + (17,9 + 1,52)^2]}) = \mathbf{11,750kA}$$

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Scelta degli interruttori di manovra-sezionatori (vedi allegato schema unifilare cabina).**

Si procede con il calcolo della corrente di linea sul lato M.T.. Essendo la potenza assorbita pari a 615 kVA la corrente  $I_1$  sarà :

$$I_1 = S_n / (\sqrt{3} \times V_n) = 615 \times 10^3 / (\sqrt{3} \times 20 \times 10^3) = \mathbf{17,75 \text{ A}}$$

E per questa corrente dovranno essere dimensionati tutti gli interruttori di manovra-sezionatori (leggi IMS ).

Dal catalogo "Quadri normalizzati di M.T. fino a 24 kV – ed. 03/2006 – CEP Alcamo", si scelgono quadri e dispositivi di manovra-sezionatori:

Quadro tipo: Miniair - "Arrivo linea con int. di manovra sezionatore" (vedi tav. 03 dello stesso catalogo). (vedi Q1 e Q2 nello schema elettrico unifilare di cabina allegato).

Equipaggiato con:

**Sezionatore tripolare di linea M.T. (provvisto di interblocco con coltelli di terra).**

- tensione nominale lato 24 kV
- Corrente nominale 400 A
- Potere di interruzione nominale 12,5 kA

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Quadro tipo: Miniair - "Protezione con sezionatore rotativo e interr. SF6 asportabile previo sbullonamento" (vedi tav. 07 dello stesso catalogo). (vedi Q3 e Q4 nello schema elettrico unifilare di cabina allegato).

Equipaggiato con:

**Sezionatore tripolare di linea M.T. (Q3)** (provvisto di interblocco con coltelli di terra).

- tensione nominale 24 kV
- Corrente nominale 400 A
- Potere di interruzione nominale 12,5 kA

**Interruttore tripolare M.T. SF<sub>6</sub> (Q4)** (provvisto di interblocco con sezionatore rotativo e trasformatore amperometrico).

- tensione nominale 24 kV
- Corrente nominale 1250 A
- Potere di interruzione nominale 16 kA
- Potere di chiusura nominale 50 kA

Quadro tipo: Miniair - "Alloggiamento TA - TV" (vedi tav. 10 dello stesso catalogo).

Equipaggiato con:

**Fusibili F<sub>4</sub> – F<sub>5</sub> a protezione strumentazione di misura:**

Da tab. 5.VI pag. 8-221 "Caratteristiche fusibili M.T. (per interno e per esterno ad espulsione)", si scelgono i fusibili per la protezione della strumentazione di misura, essi dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche :

- tensione nominale 20 kV
- Corrente nominale 3 A
- Potere di interruzione nominale 12,5 kA

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Concetti di base dell'interruzione in A.T. e M.T.**

- Ogni interruzione è sempre accompagnata da un arco elettrico tra i contatti.
- I' SF6, l'aria, l'olio in generale il "mezzo di interruzione" passa da isolante a conduttore.

**Interruttori in SF6 (esafloruro di zolfo)**

- Durante l'arco elettrico
- SF6 diviene conduttore a temperatura 6000-27000 K
- Tramite un flusso di gas tra i contatti si cerca di restringere la colonna d'arco sottraendo calore, favorendo così l'estinzione in tempi brevi.

**Trasformatore voltmetrico T<sub>2</sub> :**

Il trasformatore in oggetto sarà del tipo voltmetrico conforme alle seguenti specifiche:

- trasformatore di tensione monofase M.T.;
- tensione di isolamento 24 kV;
- tensione nominale primaria 20 kV;
- tensione nominale secondaria 100 V;
- prestazione nominale 30 VA;
- classe di precisione 0,2.

**Trasformatori amperometrici T<sub>1</sub> – T<sub>3</sub> :**

I trasformatori in oggetto saranno del tipo amperometrico conforme alle seguenti specifiche:

- trasformatore di corrente M.T. per interno;
- tensione di isolamento 24 kV;
- corrente nominale primaria 100 A;
- corrente nominale secondaria 5 A;
- prestazione nominale 30 VA;
- classe di precisione 0,2.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Trasformatore amperometrico T<sub>4</sub> :**

Il trasformatore in oggetto sarà del tipo amperometrico conforme alle seguenti specifiche:

- trasformatore di corrente BT da quadro;
- tensione di isolamento 600 V;
- corrente nominale primaria 1000 A;
- corrente nominale secondaria 5 A;
- prestazione nominale 20 VA (in quanto alimentano soltanto amperometri da quadro);
- classe di precisione 0,2.

**Scelta del trasformatore amperometrico T<sub>5</sub> :**

Il trasformatore in oggetto sarà del tipo amperometrico conforme alle seguenti specifiche:

- trasformatore di corrente BT da quadro;
- tensione di isolamento 600 V;
- corrente nominale primaria 500 A;
- corrente nominale secondaria 5 A;
- prestazione nominale 20 VA (alimenta soltanto amperometri da quadro);
- classe di precisione 0,2.

**Scelta della strumentazione di misura :**

Le caratteristiche generali degli strumenti di misura sono :

- strumenti da quadro;
- classe di precisione 0,2 per i contatori, 1 per i voltmetri e amperometri;
- portate amperometriche 5 A (in quanto tutti alimentati da TA);
- portate voltmetriche 100 V per quelli alimentati da TV, 500 V per gli strumenti inseriti direttamente a 400 V.

## Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.

Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

### **Scelta degli scaricatori di sovratensione $F_1 - F_2 - F_3$ (SPD):**

Si installeranno tre scaricatori di sovratensione, per la protezione dell'impianto e delle apparecchiature.

Gli scaricatori verranno posti su traliccio prima che avvenga la trasformazione da linea aerea a linea in cavo.

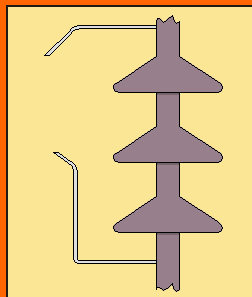
Da tab. 5.X pag. 8-225 "Caratteristiche elettriche degli scaricatori" si leggono le caratteristiche al quale gli scaricatori dovranno rispondere :

- scaricatore tipo 24 DLA 5;
- tensione massima di esercizio 24 kV;
- tensione d'innescò a 50 Hz 38 kV;
- caratteristiche di scarica classe 5 kA.

### **Scaricatori di sovratensione (SPD)**

Lo scaricatore (fig.) è sostanzialmente costituito da due elettrodi, di cui uno collegato alla linea e l'altro collegato a terra. In condizioni di normali esercizio, anche quando si verifica una sovratensione compatibile con il livello di isolamento del sistema, lo scaricatore, comportandosi come un isolatore, mantiene la linea isolata da terra. Quando la sovratensione tra il punto A e la terra supera il livello di innescò del dispositivo, tra gli elettrodi si manifesta una scarica che convoglia verso terra l'onda di sovratensione, proteggendo le apparecchiature installate a valle finché, quando la tensione ritorna ai valori normali, lo scaricatore interrompe l'arco elettrico ripristinando le condizioni di normale funzionamento.

**Scaricatori spinterometrici**, sono costituiti da un isolatore su cui sono montate due aste metalliche regolate ad una distanza che dipende dalla tensione d'innescò (vedi fig.).



## Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.

Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

### **Impianto elettrico di servizio :**

Ogni locale dovrà essere dotato di adeguato impianto di illuminazione, realizzato secondo le norme vigenti, composto da almeno una plafoniera con tubo fluorescente di potenza non inferiore a 60 W e da una presa bipolare 16 A, 230 V, interbloccata con un interruttore magnetotermico differenziale In 16 A, Vn 230 V.

### **Impianto di terra**

L'impianto di terra di cabina sarà dimensionato imponendo la condizione :

$$R_t \times I_t \leq U_t$$

formula 2.6 descrizione termini :

$R_t$  = Indica la resistenza di terra, espressa in  $\Omega$ ;  
 $I_t$  = Indica la corrente di guasto convenzionale dato prodotto da ENTE FORNITORE, espressa in A;  
 $U_t$  = Indica la tensione di passo, espressa in V.

Dalla formula 2.6 ne deriva che :

$$R_t \leq U_t / I_t = 500 / 200 = 2.5 \Omega$$

Da tab. 2.V pag. 6.66 "tensione di contatto ammissibili per correnti di durata limitata", in corrispondenza del valore del tempo di eliminazione del guasto (0.2") ne corrisponde il valore di tensione di contatto ammissibile 500V.

$I_t = 350$  A - estinzione del guasto entro 5" (Dati Ente fornitore) [ $I_t = (0.003 \times L_1 + 0.2 \times L_2) \times U$  (dove :  $L_1$  è la somma di tutte le linee in cavo in partenza dalla stazione o centrale, mentre  $L_2$  è la somma di tutte le linee aeree in partenza dalla stazione o centrale e  $U$  è la tensione nominale della rete in kV)].

L'impianto di terra sarà costituito da una rete magliata quadrilatera i cui lati misurano m. 30x40 e dimensionata nei suoi elementi fondamentali risolvendo le relazioni a seguito riportate.

$$R = \frac{\rho}{4 \times r_1} + \frac{\rho}{L_t}$$

formula 2.6.1 descrizione termini :

$R$  = Indica la resistenza in  $\Omega$  della rete;  
 $\rho$  = Indica la resistività del terreno, espressa in  $\Omega m$ ;  
 $r_1$  = Indica il raggio della circonferenza. iscr. nella rete magliata , espressa in V;  
 $L_t$  = Indica la lunghezza totale dei conduttori della rete, espressa in metri.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Si ipotizza una resistività del terreno pari a 80  $\Omega\text{m}$ .

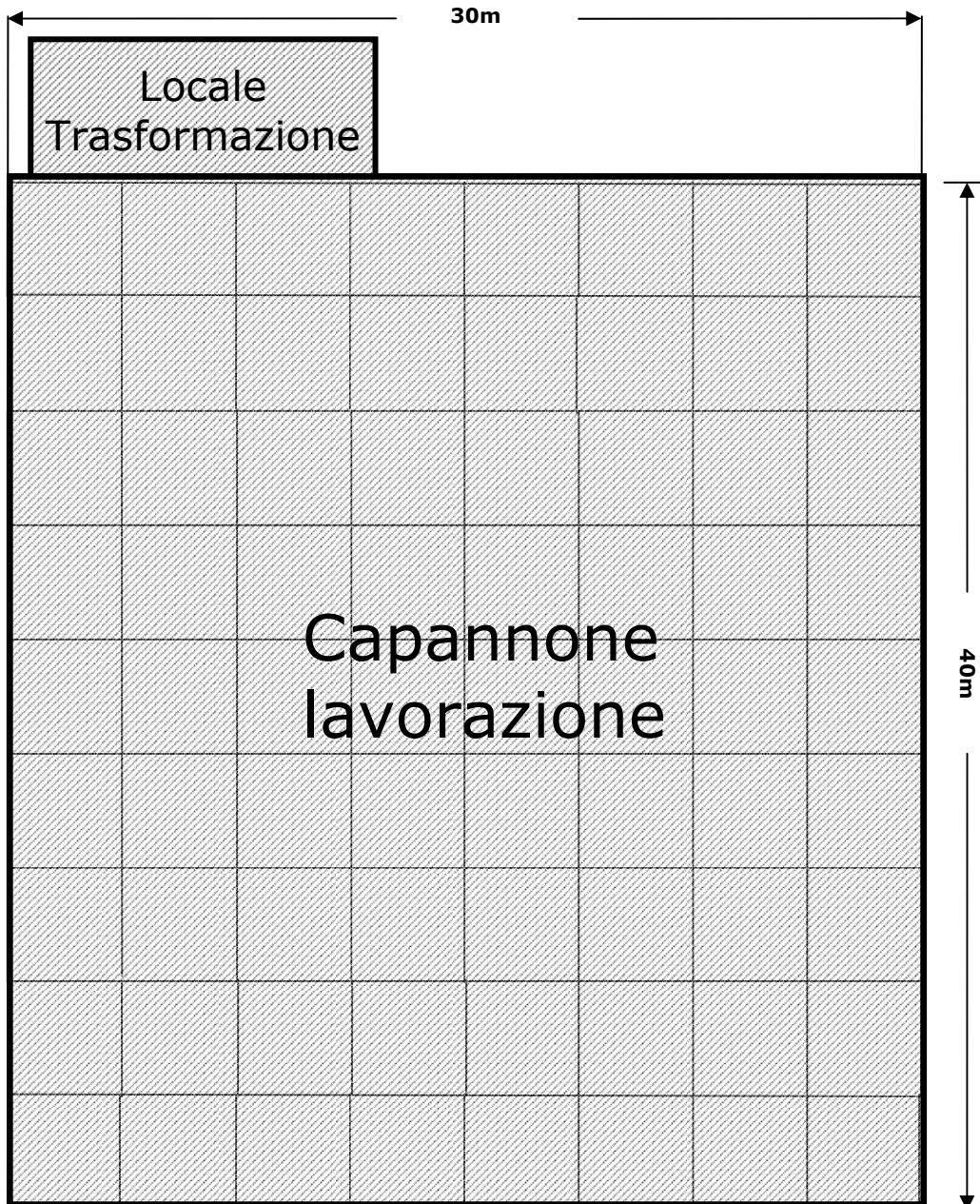


Fig. 1.0 geometria della rete magliata

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Dalla figura é chiara la lunghezza totale dei conduttori che formeranno la rete magliata.

$$L_t = 30 \times 10 + 40 \times 9 = 660 \text{ m}$$

Dalla formula della superficie della circonferenza iscritta nella maglia:

$$S = r_1^2 \times \pi$$

si ricava :

$$r_1 = \sqrt{(S/\pi)} = \sqrt{(1200/3.14)} = 19.54 \text{ m}$$

e sostituendo i valori nella 2.6.1 si trova:

$$R = \frac{80}{4 \times 19.54} + \frac{80}{1200} = 1.08 \ \Omega$$

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: ***Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).***

***Dimensionamento del gruppo elettrogeno :***

Per garantire la continuità del servizio in caso di mancanza della fornitura MT, ma anche durante la manutenzione del trasformatore, si é deciso di installare un gruppo elettrogeno (da ora in poi denominato G.E. ) della potenza di 720 kVA.

In caso di mancanza rete, un apposito quadro di inserzione automatica del G.E. commuterà l'intero carico elettrico dello stabilimento sulla linea di soccorso entro un minuto.

Il G.E. avrà le seguenti caratteristiche :

Modello: COELMO FDT13V

- capacità serbatoio 120 lt
- potenza elettrica servizio continuativo 720 kVA
- potenza elettrica servizio di intermittente 790 kVA
- tensione nominale trifase 400/230 V
- giri minuto 1500
- quadro elettrico automatico bordo macchina, per la gestione del G.E.

Si veda allegato "caratteristiche tecniche gruppo elettrogeno COELMO FDT13V".

***La commutazione da rete a soccorso, in caso di mancanza di rete, é affidata al quadro elettrico di inserzione, equipaggiato (vedi schema unifilare quadro QIG) con una centralina di commutazione automatica/manuale BTicino M7000CB/EVO (vedi allegato "M700CB, scheda tecnica").***

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Dimensionamento impianto elettrico B.T.**

Come precedentemente trattato alla pagina 8 al par. "distribuzione elettrica" la distribuzione sarà articolata come segue:

- Circuito capannonene industriale  $P_{inst.} = 440kW; \cos\varphi = 0.8;$
- Circuito palazzina uffici  $P_{inst.} = 23kW; \cos\varphi = 0.9;$
- Circuito ricovero mezzi e illuminazione esterna  $P_{inst.} = 115kW; \cos\varphi = 0.9;$

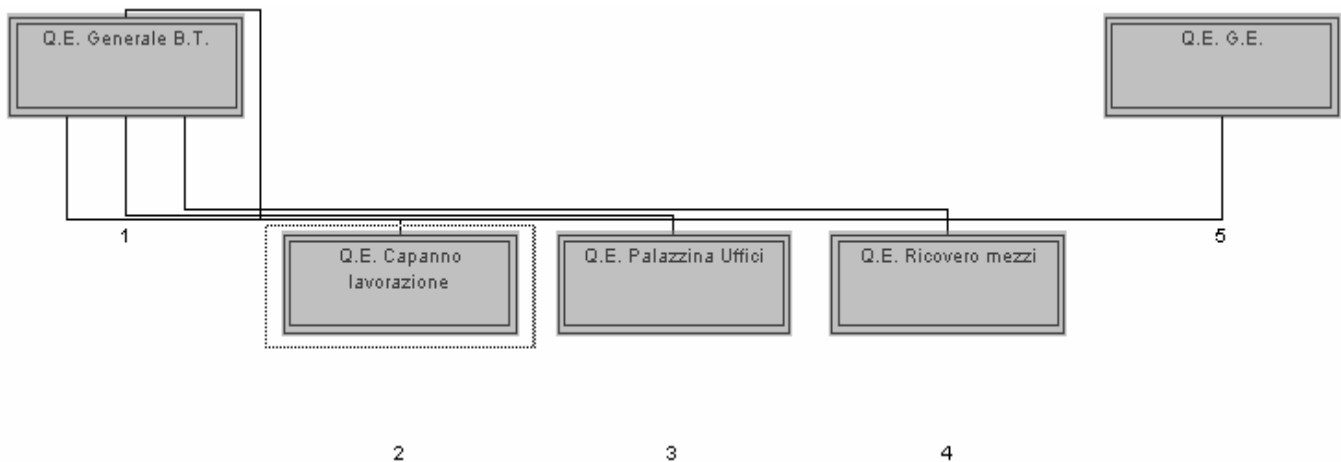


Fig. 1.1 Schema della distribuzione dell'impianto.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Dimensionamento delle condutture e degli apparecchi di protezione e sezionamento (tratte Quadro Elettrico Generale -> Quadri elettrici Terminali):**

Dopo l'attenta analisi dei carichi e delle potenze richieste, si procederà al dimensionamento delle condutture elettriche (cavi).

Si procede al calcolo delle correnti dei singoli circuiti al fine del dimensionamento dei montanti che collegano i quadri di reparto :

- Reparto Capannone lavorazioni - Q.E.C.
- Reparto Palazzina Uffici - Q.E.U.
- Reparto Ricovero Mezzi - Q.E.R.

con il quadro generale di B.T. (leggi Q.E.BT).

Nella tabella sotto riportata sono state inserite le caratteristiche utili al calcolo della corrente nominale di circuito (leggi  $I_b$ ) e della sezione della conduttura elettrica che sarà del tipo FG7OR (vedi pagg. successive per la designazione).

<b>n°</b>	<b>Circuito</b>	<b>Potenza Elettrica [kW]</b>	<b>V [A]</b>	<b>I<sub>b</sub> [A]</b>	<b>Cosφ</b>	<b>I<sub>cc</sub> [A]</b>	<b>S [mm<sup>2</sup>]</b>
2	Alimentazione capannone lavorazione	440	400	793	0.9	13200	6x(1x185)/2x(1x150)
3	Alimentazione palazzina uffici	23	400	37	0.9	2300	4x(1x6)
4	Alimentazione ricovero mezzi e illuminazione esterna	115	400	185	0.9	8500	3x(1x95)/1x(1x50)

*tab 1.4 "caratteristiche elettriche dei circuiti"*

Dove :

n° = Indica numero circuito;

Circuito = indica il nome del circuito;

Potenza elettrica = indica la potenza richiesta dal carico elettrico espressa in kW;

V<sub>n</sub> = Indica la tensione di esercizio espressa in Volt;

I<sub>b</sub> = Indica la corrente impiegata dal circuito espressa in Ampere;

Cosφ = Indica il fattore di potenza del carico elettrico;

I<sub>cc</sub> = Indica la corrente di corto circuito nel punto a valle linea espressa in Ampere;

FG7OR = Indica la sigla del cavo che verrà utilizzato (vedi pagg. successive per la designazione);

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Il calcolo della corrente del circuito ( $I_b$ ) é stato effettuato utilizzando la formula:

$$I_b = P_{\text{elettrica}} / (\sqrt{3} \times V_n \times \cos\varphi) =$$

*formula 2.8 descrizione termini :*

$I_b$  = Indica la corrente impiegata dal circuito espressa in Ampere;  
 $P_{\text{elettrica}}$  = indica la potenza richiesta dal carico elettrico espressa in kW;  
 $V_n$  = Indica la tensione di esercizio espressa in Volt;  
 $\cos\varphi$  = Indica il fattore di potenza del carico elettrico;

La corrente di corto circuito ( $I_{cc}$ ) a fondo linea é stata calcolata tenendo conto che l'impianto utilizza una distribuzione del tipo TN-S (3F+N+PE) (dove **T** rappresenta lo stato del centro stella del trasformatore collegato a terra; **N** rappresenta lo stato delle masse collegate al neutro; **S** rappresenta la presenza del conduttore di protezione PE).

$$I_{CC \text{ fondo linea}} = (15 \times U \times S) / L =$$

*formula 2.9 descrizione termini :*

$I_{cc}$  = Indica la corrente di corto circuito nel punto a valle linea espressa in Ampere;  
 $U$  = Indica la tensione di esercizio stellata se linea monofase o trifase con neutro distribuito mentre concatenata se trifase senza neutro, espressa in Volt;  
 $S$  = Indica la sezione del cavo espressa in mm<sup>2</sup>;  
 $L$  = Indica la lunghezza della linea espressa in m.

La formula sopra citata tiene conto di :

- una diminuzione della tensione di alimentazione del 20%;
- un possibile aumento della temperatura ambiente che comporti una maggiore resistività, anche del 50% rispetto a quella a 20°C;
- reattanza della conduttura trascurabile rispetto alla resistenza.

Il valore risultante sarà il potere di interruzione in funzione del quale gli interruttori a fondo linea verranno scelti.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Scelta delle condutture e degli apparecchi di protezione e sezionamento :**

La scelta delle condutture sarà adoperata in maniera tale da soddisfare la condizione imposta dalla norma CEI 64-8 :

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

*formula 3.1 descrizione termini :*

I<sub>b</sub> = Indica la corrente del circuito espressa in Ampere;  
I<sub>n</sub> = Indica la corrente nominale dell'interruttore, espressa in Ampere;  
I<sub>z</sub> = Indica la corrente max ammissibile sul cavo, espressa in Ampere;

pertanto vista la tab. 1.4 "caratteristiche elettriche dei circuiti" pag. 33 del presente progetto, si possono utilizzare i valori di I<sub>b</sub> e ricavare poi da catalogo online BTicino "interruttori automatici MEGATIKER" - tab. 3.XXI<sub>A</sub> pag. 8-44 "determinazione di I<sub>0</sub> per cavi interrati isolati in PVC i EPR" ; i rispettivi valori di I<sub>n</sub> e I<sub>z</sub>, tali da soddisfare la sopra citata condizione.

La scelta degli apparecchi di protezione e sezionamento sarà tale da soddisfare la condizione sul sovraccarico imposta dalla norma CEI 64-8 :

$$I_f \leq 1,45 I_n$$

*per interruttori non regolabili*

$$I_f \leq 1,25 I_r$$

*per interruttori regolabili*

*formula 3.2 descrizione termini :*

I<sub>f</sub> = Indica la corrente convenzionale di intervento entro un tempo stabilito dalla norma, espressa in Ampere;  
I<sub>n</sub> = Indica la corrente nominale dell'interruttore, espressa in Ampere;  
I<sub>r</sub> = Indica la corrente di regolazione, espressa in Ampere;

Praticamente, soddisfacendo la prima condizione, la seconda risulta automaticamente soddisfatta.

Soddisfatte le condizioni per il sovraccarico, bisogna soddisfare anche la condizione sulle sovracorrenti (integrale di Joule) anch'essa imposta dalla norma CEI 64-8 :

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

*formula 3.3 descrizione termini :*

I = Indica la corrente I<sub>n</sub>, espressa in Ampere;  
t = Indica il tempo di apertura dei contatti dell'interruttore, espressa in s;  
K = Indica un coefficiente legato al materiale isolante del cavo EPR = 143 - PVC = 115;  
S = Indica la sezione del cavo, espressa in mm<sup>2</sup>.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

*L'energia specifica passante (per unità di resistenza) é l'energia che l'interruttore é in grado di lasciar passare durante l'estinzione dell'arco prodotto dall'apertura dei contatti.*

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Circuito :**

Alimentazione capannone lavorazione

**Tensione nominale / Potenza elettrica / Cosφ :**

400V / 440kW / 0.9 rit.

**Corrente Ib :**

dalla formula 2.8 sostituendo si ricava la corrente nominale del circuito : 773A

**Scelta dell'apparecchio di protezione e del cavo:**

dalla formula 3.1 sostituendo :

$$(773 \leq 800 \leq 6 \times 323) \text{ A}$$

Da "catalogo online BTICINO - MEGATIKER" si ricava la corrente nominale dell'interruttore e le sue caratteristiche elettriche (vedi allegato):

- Interruttore automatico elettronico scatolato MA800ES (cod. prod. T7814A800E) – 4P;
- tensione nominale Ue / tensione nominale di isolamento Ui 690V;
- corrente nominale In 800A;
- Sganciatore termico regolabile  $0,8 \div 1 \text{ In}$ ;
- Potere di interruzione 400/415V ~ 50kA.

tab. 3.XXI<sub>A</sub> pag. 8-44 "determinazione di I<sub>0</sub> per cavi interrati isolati in PVC i EPR" e da "catalogo online LA TRIVENETA CAVI" si ricava la corrente massima ammissibile sul cavo e le sue caratteristiche :

- Cavo FG7OR 0,6/1kV UNIPOLARE (segue designazione pagg. successive);
- Sezione di fase 185mm<sup>2</sup> sezione di neutro 120mm<sup>2</sup>
- Corrente massima ammissibile conduttore di fase I<sub>ZF</sub> 323A;
- Corrente massima ammissibile conduttore di neutro I<sub>ZN</sub> 268A
- Tipo di posa : cavo interrato a contatto (1 cavo per tubo);
- Numero di cavi 6 x (1x185) / 2 x (1x120)mm<sup>2</sup>.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Circuito :**

Alimentazione palazzina uffici

**Tensione nominale / Potenza elettrica / Cosφ :**

400V / 23kW / 0.9 rit.

**Corrente Ib :**

dalla formula 2.8 sostituendo si ricava la corrente nominale del circuito : 37 A

**Scelta dell'apparecchio di protezione e del cavo:**

dalla formula 3.1 sostituendo :

$$(37 \leq 40 \leq 44) \text{ A}$$

Da "catalogo online BTICINO – Btdin45" si ricava la corrente nominale dell'interruttore e le sue caratteristiche elettriche (si allegano caratteristiche tecniche):

- Interruttore magnetotermico Btdin 45;
- Caratteristica C
- tensione nominale Ue 400 V;
- corrente nominale In 40 A;
- Potere di interruzione 400/415 V ~ 4,5 kA.

tab. 3.XXI<sub>A</sub> pag. 8-44 "determinazione di I<sub>0</sub> per cavi interrati isolati in PVC i EPR" e da " catalogo online LA TRIVENETA CAVI" si ricava la corrente massima ammissibile sul cavo e le sue caratteristiche :

- Cavo FG7OR 0,6/1kV UNIPOLARE (segue designazione pagg. successive);
- Sezione di fase 6mm<sup>2</sup> sezione di neutro 6 mm<sup>2</sup>
- Corrente massima ammissibile conduttore di fase I<sub>ZF</sub> 44 A;
- Corrente massima ammissibile conduttore di neutro I<sub>ZN</sub> 44 A
- Tipo di posa : cavi unipolari in tubo interrato;
- Numero di cavi 4 x (1x6) mm<sup>2</sup>.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Circuito :**

Alimentazione ricovero mezzi e illuminazione esterna

**Tensione nominale / Potenza elettrica / Cosφ :**

400V / 115kW / 0.9 rit.

**Corrente Ib :**

dalla formula 2.8 sostituendo si ricava la corrente nominale del circuito : 185 A

**Scelta dell'apparecchio di protezione e del cavo:**

dalla formula 3.1 sostituendo :

$$(185 \leq 250 \leq 268) \text{ A}$$

Da "catalogo online BTICINO - MEGATIKER" si ricava la corrente nominale dell'interruttore e le sue caratteristiche elettriche (si allegano caratteristiche tecniche):

- Interruttore automatico elettronico scatolato ME250B (cod. prod. T7234BA/250) – 4P;
- tensione nominale  $U_e$  / tensione nominale di isolamento  $U_i$  500 V;
- corrente nominale  $I_n$  250 A;
- Sganciatore termico regolabile  $0,64 \div 1 I_n$ ;
- Sganciatore magnetico regolabile  $10 I_n$ ;
- Potere di interruzione 400/415 V ~ 25 kA.

tab. 3.XXI<sub>A</sub> pag. 8-44 "determinazione di  $I_0$  per cavi interrati isolati in PVC i EPR" e da " catalogo online LA TRIVENETA CAVI" si ricava la corrente massima ammissibile sul cavo e le sue caratteristiche :

- Cavo FG7OR 0,6/1 kV UNIPOLARE (segue designazione pagg. successive);
- Sezione di fase 120 mm<sup>2</sup> sezione di neutro 70 mm<sup>2</sup>
- Corrente massima ammissibile conduttore di fase  $I_{zF}$  268 A;
- Corrente massima ammissibile conduttore di neutro  $I_{zN}$  198 A
- Tipo di posa : cavi unipolari interrati a contatto (1 cavo per tubo);
- Numero di cavi 3 x (1x120) / 1 x (1x70) mm<sup>2</sup>.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: ***Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).***

***Dimensionamento delle condutture e degli apparecchi di protezione e sezionamento (tratte Quadri elettrici terminali -> Carichi):***

Il quadro elettrico capannone (Q.E.C) sarà così dimensionato; da tab. 1.0 "caratteristiche dei carichi installati nel reparto capannone lavorazioni", si possono evincere le caratteristiche elettriche dei carichi ed in funzione di queste, saranno dimensionate le condutture e gli apparecchi di protezione e sezionamento.

Al presente quadro verranno attestate le seguenti linee :

- Arrivo linea BT;
- Alimentazione trituratori (n° 2);
- Alimentazione nastri trasportatori (n°10);
- Alimentazione impianto vagliatore;
- Alimentazione carro ponte;
- Alimentazione compressore aria;
- Alimentazione pressa compattatrice;
- Alimentazione circuiti illuminazione (n° 3);
- Alimentazione prese monofase (n°20);
- Alimentazione prese trifase (n°20);
- Alimentazione unità trattamento aria;
- Alimentazione automazione porte;
- Alimentazione caricabatterie veicoli elettrici.

A seguire verrà effettuato il dimensionamento della conduttura e degli apparecchi di protezione e sezionamento per i singoli circuiti. Tutti gli interruttori dovranno avere un potere di interruzione minimo di 11 kA (vedi calcoli tab. 1.4 "caratteristiche elettriche dei circuiti" pag.33).

**Il procedimento per il dimensionamento e le condizioni da soddisfare sono le medesime descritte a pag. 35 formule 3.1 - 2.6 - 2.7.**

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

La posa dei cavi é del tipo entro passerella perforata con grado di protezione IP40.

Cavo scelto del tipo FG7OR UNI/MULTIPOLARE (segue designazione pagg. successive).

Segue tab. 1.5 "caratteristiche elettriche delle condutture e delle protezioni dei carichi installati nel reparto capannone lavorazioni".

Si allegano le schede tecniche delle apparecchiature scelte per la protezione delle condutture.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

<b>Circuito :</b>	<b>V<sub>n</sub> [V]</b>	<b>P<sub>elettrica</sub> [kW]</b>	<b>Cosφ</b>	<b>I<sub>b</sub> [A]</b>	<b>Modello interruttore</b>	<b>I<sub>n</sub> [A]</b>	<b>S [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>I<sub>zF</sub> [A]</b>	<b>I<sub>zN</sub> [A]</b>	<b>N° cavi</b>
Sezionatore generale	400	440	0.9	793	MW1600 - 4P	1000	Vedi tab. 1.4 pag. 33			
Trituratori Satrind F1315	400	11	0.85	20	2x Btdin 250	32	6	43	43	2x (5G6mm <sup>2</sup> )
Nastri trasportatori	400	4	0.83	18	10x Btdin 250	25	4	35	35	10x (5G4 mm <sup>2</sup> )
Impianto vagliatore	400	130	0.8	235	MA400	250	95/50	268	175	3x(1x95)/1x50mm <sup>2</sup> + 1G25 mm <sup>2</sup>
Carro Ponte 4ton	400	75	0.85	125	ME160B	160	35/25	144	117	3x(1x35)/1x50mm <sup>2</sup> + 1G25mm <sup>2</sup>
Compressore aria 100lt	400	7.5	0.85	12	Btdin 250	16	4	35	35	5G4 mm <sup>2</sup>
Carica batterie	400	100	0.9	160	ME250B	250	50/25	175	117	3x(1x50)/1x25mm <sup>2</sup> + 1G25mm <sup>2</sup>
Pressa compattatrice	400	40	0.8	73	MA125	100	25/16	117	88	3x(1x25)/1x16mm <sup>2</sup> + 1G25mm <sup>2</sup>
Circuiti illuminazione	230	6	0.9	10	3x Btdin 250	10	4	35	35	3G4 mm <sup>2</sup>
Prese monofase	230	3	0.9	16	20x Btdin 250	16	4	35	35	3G4 mm <sup>2</sup>
Prese trifase	400	8	0.9	32	20x Btdin 250	32	10	66	66	5G10 mm <sup>2</sup>
Unità Trattamento Aria	400	15	0.8	27	Btdin 250	32	10	66	66	5G10 mm <sup>2</sup>

tab. 1.5 "caratteristiche elettriche delle condutture e delle protezioni dei carichi installati nel reparto capannone lavorazioni" (continua a pag. successiva)

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Automazione porte	400	2.5	1	4	2x Btdin 250	10	2,5	28	28	2x 5G2,5 mm <sup>2</sup>
Batteria di rifasamento 1	400	278kVAR	**	168	MW250B – 3P	250	50/25	175	117	3x(1x50)/1x25mm <sup>2</sup> + 1G25mm <sup>2</sup>
Batteria di rifasamento 2	400	278kVAR	**	168	MW250B – 3P	250	50/25	175	117	3x(1x50)/1x25mm <sup>2</sup> + 1G25mm <sup>2</sup>

tab. 1.5 "caratteristiche elettriche delle condutture e delle protezioni dei carichi installati nel reparto capannone lavorazioni"

<b>Circuito :</b>	<b>V<sub>n</sub> [V]</b>	<b>P<sub>elettrica</sub> [kW]</b>	<b>Cosφ</b>	<b>I<sub>b</sub> [A]</b>	<b>Modello interruttore</b>	<b>I<sub>n</sub> [A]</b>	<b>S [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>I<sub>zF</sub> [A]</b>	<b>I<sub>zN</sub> [A]</b>	<b>N° cavi</b>
Sezionatore generale	400	440	0.9	793	MW1600 - 4P	1000	Vedi tab. 1.4 pag. 33			
Circuiti illuminazione	230	2	0.9	10	Btdin45	10	2,5	43	43	3x(3G2.5mm <sup>2</sup> )
Prese monofase	230	3	0.9	16	Btdin45	16	4	35	35	10x(3G4 mm <sup>2</sup> )
Unità trattamento aria	400	6	0.9	10	Btdin45	16	4	35	35	(5G4 mm <sup>2</sup> )
Circuito di sorveglianza	230	1	1	2	Btdin45	6	1,5			(3G1.5 mm <sup>2</sup> )

tab. 1.6 "caratteristiche elettriche delle condutture e delle protezioni dei carichi installati nel reparto palazzina uffici"

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

<b>Circuito :</b>	<b>Vn [V]</b>	<b>P<sub>elettrica</sub> [kW]</b>	<b>Cosφ</b>	<b>I<sub>b</sub> [A]</b>	<b>Modello interruttore</b>	<b>In [A]</b>	<b>S [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>I<sub>ZF</sub> [A]</b>	<b>I<sub>ZN</sub> [A]</b>	<b>N° cavi</b>
Sezionatore generale	400	115	0.9	185	MW250 - 4P	250	Vedi tab. 1.4 pag. 33			
Circuito illuminazione Esterna	230	6,6	0.9	32	Btdin45	40	6	52	52	3x(3G2.5mm <sup>2</sup> )
Circuito illuminazione ricovero mezzi	230	4,8	0.9	23	Btdin45	32	4	35	35	10x(3G4 mm <sup>2</sup> )
Prese monofase	230	3	0.9	16	Btdin45	20	4	35	35	10x(3G4 mm <sup>2</sup> )
Prese trifase	400	4,5	0.9	16	Btdin45	20	4	35	35	10x(3G4 mm <sup>2</sup> )
Compressore aria 100lt	400	7.5	0.85	12	Btdin45	16	4	35	35	10x(3G4 mm <sup>2</sup> )
Carica batterie	400	100	0.9	160	ME250B	250	50/25	175	117	3x(1x50)/1x25 mm <sup>2</sup> +1G25mm <sup>2</sup>
Centrale idrica	400	15	0.8	42	Btdin45	50	10	66	66	3G10 mm <sup>2</sup>
Centrale antincendio	400	20	0.8	56	Btdin45	63	10	77	77	3G16 mm <sup>2</sup>

tab. 1.7 "caratteristiche elettriche delle condutture e delle protezioni dei carichi installati nel reparto capannone lavorazioni"

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

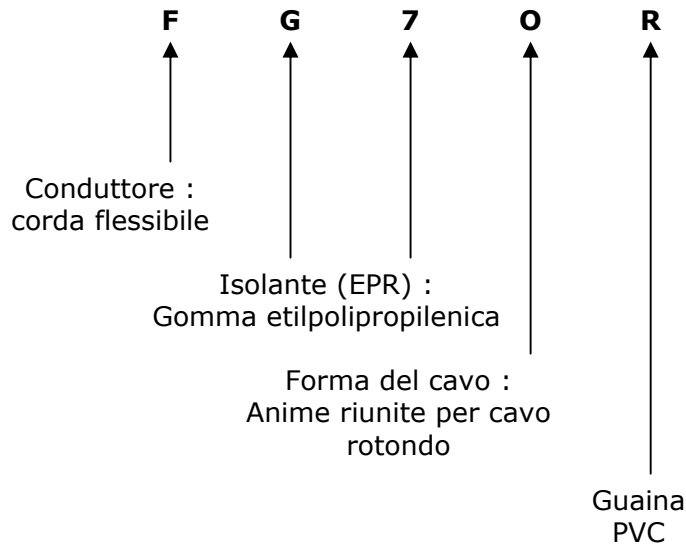
*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Tipo di condutture :**

Le condutture elettriche dell'impianto saranno del tipo :

**FG7OR :**



La presente nomenclatura é stata estrapolata dalla norma CEI – UNEL 35011.

*Seguono le caratteristiche del cavo.*

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Caratteristiche del cavo (da catalogo on-line LA TRIVENETA CAVI):**

Adatti per impianti di segnalamento e comando nell'industria, nei cantieri, nell'edilizia residenziale.

Con possibilità di posa fissa all'interno ed all'esterno.

Installazione su murature e strutture metalliche, su passerelle, tubazioni, canalette e sistemi simili.

E' ammessa la posa interrata, anche se non protetta. (CEI 20-67)

Tensione nominale  $U_0/U$ : 0,6/1 kV;

Temperatura massima di esercizio: 90°C (da tab. 3.XIII pag. 8-33 "massime temperature di funzionamento dei materiali isolanti (tab.52D – Cei 64.8)" si legge il valore);

Temperatura massima di corto circuito: 250°C;

Temperatura minima di posa: 0°C;

Raggio minimo di curvatura consigliato: 6 volte il diametro del cavo;

Massimo sforzo di trazione consigliato: 5 kg per mm<sup>2</sup> di sezione del rame.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Posa di cavi elettrici isolati, in cavidotto e/o interrati :**

Per l'interramento dei cavi elettrici, si dovrà procedere nel modo di seguito descritto.

- Sul fondo dello scavo andrà posto un letto di sabbia, vagliata e lavata, dello spessore di almeno 10 cm, sul quale si dovrà distendere poi il cavo (o i cavi) senza premere e senza farlo affondare nella sabbia.
- In corrispondenza della generatrice superiore dei cavi si dovrà stendere un altro strato di sabbia dello spessore di almeno 5 cm, pertanto lo spessore finale complessivo della sabbia dovrà risultare di almeno 15 cm più il diametro dei cavi.
- Sulla sabbia così posta in opera, si dovrà infine disporre una fila continua di mattoni pieni, bene accostati fra loro e con il lato maggiore secondo l'andamento dei cavi se questi costituiranno un fascio di larghezza non superiore a 5 cm o, viceversa, in senso trasversale per una larghezza superiore a 5 cm (generalmente con più cavi).

Sistemati i mattoni, si dovrà procedere al rinterro, compattando al meglio e trasportando a rifiuto il materiale eccedente dall'iniziale scavo.

Per la determinazione della profondità di posa sarà applicato il concetto di avere il cavo (o i cavi) posto sufficientemente al sicuro da possibili scavi di superficie, per riparazioni di manti stradali o cunette eventualmente soprastanti, o per movimenti di terra nei tratti a prato o a giardino.

Di massima sarà però osservata la profondità di almeno 80 cm, misurata sull'estradosso della protezione di mattoni.

Per la posa interrata delle tubazioni, valgono le prescrizioni precedenti per l'interramento dei cavi elettrici (naturalmente senza la sabbia e senza la fila di mattoni, il rinterro ecc.).

Le tubazioni dovranno risultare con i singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari o flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: ***Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).***

Il diametro interno della tubazione dovrà essere non inferiore a 1,3 volte il diametro del cavo o del cerchio circoscritto ai cavi.

Per la canalizzazione dei cavi si dovranno prevedere adeguati pozzetti sulle tubazioni interrate e apposite cassette sulle tubazioni non interrate.

Le distanze fra tali pozzetti e cassette sarà stabilito in rapporto alla natura e alla grandezza dei cavi da canalizzare.

- ogni 30 m circa se rettilineo;
- ogni 15 m circa in presenza di almeno una curva.

I cavi non dovranno subire curvature di raggio inferiore a 6 volte il loro diametro (vedi caratteristiche del cavo).

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Dimensionamento dell'impianto di rifasamento automatico del tipo localizzato.**

L'impianto di rifasamento sarà dimensionato in funzione dei carichi che posseggono un  $\text{fdp} < 0.9$ , nel nostro caso essi sono concentrati nel capannonene lavorazione.

In quella sede verrà installato e sarà dimensionato per la potenza attiva assorbita dai carichi siti nello stesso capannone.

$$P_{\text{capannonene}} = 440 \text{ kW e } \cos\varphi = 0.8$$

da tab. 4.XXXVI pag. 8-116 si ricava, in corrispondenza del valore effettivo di  $\cos\varphi_0$  e teorico di  $\cos\varphi_1$ , il valore del coefficiente K per il quale deve essere moltiplicata la potenza attiva assorbita, ottenendo così il valore della potenza reattiva che la batteria di condensatori dovrà assorbire.

Pertanto ne deriva che:

- $\cos\varphi_0 = 0.81$
- $\cos\varphi_1 = 0.9$
- $K = 0.240$

$$Q = P \times K = 440000 \times 0.240 = 105.6 \text{ kVAR}$$

Da catalogo "Quadri automatici di rifasamento AN100 – SAR light" (vedi allegato) , si sceglie :

- batteria automatica di rifasamento mod. Y 140 4121;
- potenza reattiva assorbita nominale 125 kVAR;
- tensione nominale 400 V;
- corrente nominale condensatori  $I_c$  180 A
- Frequenza nominale 50 Hz

E' inoltre equipaggiato con:

- **Sezionatore tripolare sottocarico con interblocco della porta;**
- **Fusibili di protezione (P.I. 100 kA);**
- **Teleruttori tripolari**
- **Inseritore a microprocessore tipo MHR5 (vedi allegato "caratteristiche tecniche "MHR5")**

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: ***Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).***

L'inserzione della batteria di rifasamento è assicurata da un dispositivo (leggi inseritore) automatico a gradini, governato da apposita centralina che misura continuamente il  $\cos\phi$  sulla distribuzione verso il capannonene lavorazioni e provvede a parzializzare la batteria di condensatori.

In realtà sono presenti due batterie di rifasamento tali da garantirne la presenza di almeno una durante gli interventi di manutenzione preventiva / correttiva.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Da "catalogo online BTICINO – MEGASWITCH" si ricava la corrente nominale del sezionatore e le sue caratteristiche elettriche (vedi allegato) – (Essi saranno installati nel Q.E.C. al fine di garantire il sezionamento delle linee in caso di manutenzione):

- Sezionatore MW250B – 3P;
- tensione nominale  $U_e$  / tensione nominale di isolamento  $U_i$  500V;
- corrente nominale  $I_n$  250 A (in quanto l'interruttore per normativa deve essere dimensionato per  $1.45 \times I_{C_{eff.}}$ );
- Potere di interruzione 400/415V ~ 25kA.

La batteria sarà provvista di resistenze di scarica in osservanza della norma che prescrive che per impianti di rifasamento alimentati in I<sup>a</sup> categoria, la tensione ai capi del gruppo di condensatori deve essere  $\leq 50V$  entro 60 secondi dalla messa fuori tensione della batteria di condensatori.

Per il dimensionamento delle resistenze di scarica rapida, si risolverà l'equazione seguente:

$$V_t = V_0 \times e^{-\frac{t}{rc}}$$

formula 3.4 descrizione termini :

- $V_t$  = Indica il valore efficace della tensione, espresso in Volt ( $V \times \sqrt{2}$ );  
 $V_0$  = Indica il valore di tensione all'istante  $t=0$ ;  
 $t$  = indica il tempo entro il quale deve diminuire la tensione, espresso in secondi;  
 $r$  = indica il valore della resistenza, espresso in  $\Omega$ ;  
 $c$  = indica il valore della capacità del condensatore, espresso in  $\mu\text{Farad}$ .

Dal quale ne deriva :

$$r = \frac{-t}{c \times \log \frac{V_0}{V_t}} = \frac{-60}{829 \times 10^{-6} \times \ln \frac{50}{400 \times \sqrt{2}}} \approx 30.000 \Omega$$

Dalla formula :

$$C = Q / (3 \times \omega \times V^2) = 125.000 / (3 \times (2\pi 50) \times 400^2) = 829 \mu\text{F}$$

Che é il valore della capacità dei condensatori che saranno collegati a triangolo.

Utilizzeremo delle resistenze commerciali da 33 k $\Omega$ .

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Dovranno essere dimensionate per una potenza dissipata pari a :

$$P=V^2/r = 400^2/33 \times 10^3 \approx 5 \text{ W}$$

Si allega schema unifilare teorico della batteria di rifasamento.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Protezione da contatti diretti e indiretti**

**La protezione da contatti diretti** si realizza proteggendo mediante isolamento le parti attive, oppure apponendo involucri o barriere. Nel caso in cui la protezione avvenga senza alcun apparecchio di interruzione automatica del circuito, allora sarà obbligatorio l'impiego di componenti della classe II (o con isolamento equivalente).

Da tab. 2.III pag. 6-60 "protezione contro i contatti diretti", in corrispondenza del tipo di protezione TOTALE, nella classificazione del tipo di protezione si legge INVOLUCRO O BARRIERA; esse hanno la finalità di "impedire il contatto con parti attive". Sempre nella tabella si citano le modalità con il quale deve avvenire la protezione "Tutte le parti attive devono essere protette con involucri o barriere tali da assicurare un grado di protezione minimo IPXXB (inaccessibilità al dito di prova).

*La rimozione di involucri o barriere deve essere possibile solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo oppure mediante sezionamento delle parti attive interbloccate con la portella di accesso".*

Limitazioni di impiego NESSUNA.

**La protezione da contatti indiretti** si realizza coordinando impianto di terra e dispositivi differenziali, tale che siano soddisfatte le condizioni di sicurezza prescritte dalla norma CEI 64-8

$$Z_g \times I_{\Delta n} \leq U_0$$

*formula 3.5 descrizione termini :*

$Z_g$  = Indica l'impedenza dell'anello di guasto espressa in  $\Omega$ ;  
 $I_{\Delta n}$  = Indica la corrente di intervento dell'interruttore differenziale espressa in mA;  
 $U_0$  = Indica la tensione nominale a terra espressa in V.

Occorrerà pertanto che le lunghezze e le sezioni dei circuiti siano commisurate alla corrente di intervento delle protezioni entro 0,4 s. in modo da soddisfare la condizione suddetta.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Impianto di terra**

L'impianto di terra sarà del tipo misto ad anello e a picchetti. Esso sarà costituito dalle seguenti componenti :

dalla tab. 3.VII pag. 6-76 "dimensioni minime prescritte per i componenti dei dispersori per impianti di I categoria (norma CEI 64-8/5)"

**PER LA POSA NEL TERRENO**, in colonna 5, alla riga "CONDUTTORE CORDATO", corrisponde la sezione di 35 mm<sup>2</sup>.

**PER INFISSIONE NEL TERRENO**, in colonna 5, alla riga "PICCHETTO IN PROFILATO", corrisponde la dimensione trasversale di 50 mm e lo spessore di 5 mm.

- Corda di rame nuda interrata S=35 mm<sup>2</sup>;
- n° 6 dispersori a croce L=2 m (4 posti ai vertici del rettangolo componente lo stabilimento industriale e 2 ai punti mediani del rettangolo);
- Collettore di terra (barra di rame dimensioni 30x3x0.5 cm) situato in cabina, equipaggiato con sezionatore di terra (per eventuali misure);
- Pozzetti di ispezione con fondo cavo 50x50 cm con coperchio carrabile.

Dalla lista delle componenti si può sviluppare un calcolo ipotetico di resistenza di terra.

Sostituendo formula 3.5 :

$$Z_g \leq U_0/I_{\Delta n} = 400/0.03 = 13.333 \Omega$$

La condizione sarà quindi soddisfatta se l'impianto offrirà una resistenza minore di 13.333 Ω;

L'impianto sarà progettato in maniera tale che la sua resistenza sia :

$$R_{picchetti} = \rho/L = 80/2 = 40 \Omega$$

formula 3.6

Essendo i picchetti in parallelo, in quanto la distanza tra l'uno e l'altro supera di gran lunga quella di 6-7L (L= lunghezza del dispersore stesso), la resistenza totale dei dispersori é uguale a :

$$R_{tot} = R_t/n = 40/6 = 6.66 \Omega$$

formula 3.6.1

Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.

Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

La resistenza totale dell'anello realizzato dalla corda sarà data dalla seguente formula :

$$R_{\text{anello}} = 1.5 \times (\rho/L_1) = 1.5 \times (80/(110 \times 2 + 60 \times 3)) = 0.3 \Omega$$

formula 3.6.2

formula 3.6 – 3.6.1 – 3.6.2 descrizione termini :

- R = Indica la resistenza totale, espressa in  $\Omega$ ;
- $\rho$  = Indica la resistività del terreno, espressa in  $\Omega \text{ m}$ ;
- n = numero dei dispersori in parallelo;
- L = Indica la lunghezza del dispersore a croce, espressa in metri;
- $L_1$  = Indica la lunghezza totale dei conduttori della rete, espressa in metri.

L'impianto di terra concorre, unitamente alle protezioni differenziali installate, alla protezione da contatti diretti. Per un'ulteriore diminuzione della resistenza di terra potranno essere utilizzate le armature dei pilastri, a condizione che siano state assicurate al potenziale della maglia di terra, a mezzo elettrosaldatura.

Si provvederà in tal caso alla presenza di apposita staffa sporgente dal pilastro, anch'essa elettrosaldata all'armatura dello stesso e recante la necessaria foratura per l'ancoraggio delle eventuali corde di terra provenienti da quadri e canalette.

All'impianto di terra verranno collegate tutte le masse ordinarie ed estranee, nel locale cabina sarà installato un collettore formato da una barra di rame di adeguate dimensioni, al quale verrà attestato il conduttore equipotenziale dell'impianto di terra di cabina, dell'impianto di terra di stabilimento, il centro stella del trasformatore, e tutte le tubazioni in ingresso (Gas - Acqua).

Prima della messa in servizio, dovrà essere verificata la misura della resistenza di terra, sezionando l'impianto tramite l'apposito sezionatore di terra ed utilizzando il metodo Voltamperometrico.

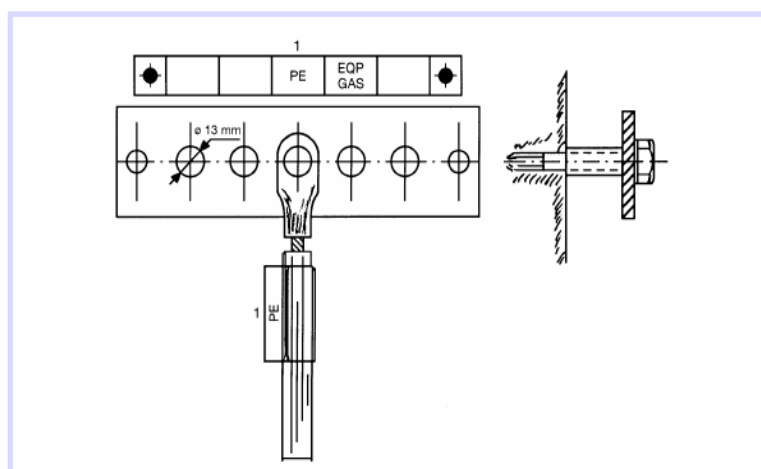


Fig. 1.3 "esempio di geometria del collettore di terra"

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Flusso Luminoso Capannone lavorazioni**

$$\phi_{tot} = \frac{300 \times 1200}{0.6 \times 0.8 \times 0.9} \approx \mathbf{833 \text{ lm}}$$

Si utilizzeranno proiettori industriali DISANO (mod. 1170 ARGON).

Dalla tab. 2.XVI pag. 7-19, "caratteristiche dei tipi più comuni di lampade al sodio ad alta pressione a <<luce bianca>>", si sceglie la lampada con potenza 400W (+ 100W reattore) le cui caratteristiche sono :

- Potenza nominale 400W + 100W reattore;
- Flusso luminoso 25.500 lm;
- Attacco E40;
- Durata 8000 ore;
- Temperatura di colore  $T_k=2.500^\circ\text{K}$ ;
- Tempo di accensione 5min;
- Decadimento del flusso luminoso, dopo 6000 ore, pari al 10% del valore iniziale.

Ricaviamo il numero di proiettori da impiegare ricorrendo alla seguente formula :

$$n^\circ_{lampade} = \Phi_{tot} / \Phi_{apparecchio} = \mathbf{833 / 25.500 \approx 33}$$

Saranno installati 33 apparecchi del tipo 1170 ARGON Disano con lampade attacco E40 400W, per un totale di potenza assorbita di 16500W.

**A pari flusso luminoso sarà installato un circuito di illuminazione fluorescente, che garantirà in caso di mancanza rete al ritorno l'accensione immediata, nell'attesa che i reattori dei proiettori si raffreddino (circa 5/10 min.).**

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Flusso Luminoso Palazzina Uffici :**

$$\phi_{tot} = \frac{500 \times 600}{0.6 \times 0.8 \times 0.9} \approx \mathbf{694 \text{ lm}}$$

Il presente valore dovrà essere ripartito uniformemente nelle separazioni che si effettueranno, per ricavare le stanze.

Si utilizzeranno plafoniere DISANO 852 SUPERCOMFORT T5.

Dalla tab. 2.X pag. 7-15, "caratteristiche dei tipi più comuni di lampade fluorescenti lineari", si scelgono tubi fluorescenti con potenza 3x36 W (+ 9 W reattore) le cui caratteristiche sono :

- Potenza nominale 36 W + 9 W reattore;
- Flusso luminoso 2350 lm;
- Durata 7500 ore;
- Temperatura di colore  $T_k = 2.700^\circ\text{K}$ ;

Ricaviamo il numero di proiettori da impiegare ricorrendo alla seguente formula :

$$n^\circ_{lampade} = \Phi_{tot} / \Phi_{apparecchio} = \mathbf{694 / (3 \times 2.350) \approx 99}$$

Saranno installati 99 apparecchi del tipo 852 SUPERCOMFORT T5 DISANO con lampade fluorescenti 3x36W, per un totale di potenza assorbita di  $\approx 13400\text{W}$ .

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Flusso Luminoso ricovero mezzi :**

$$\phi_{tot} = \frac{100 \times 360}{0.6 \times 0.8 \times 0.9} \approx \mathbf{83 \text{ lm}}$$

Si utilizzeranno proiettori industriali DISANO (mod. 1170 ARGON).

Dalla tab. 2.XVI pag. 7-19, "caratteristiche dei tipi più comuni di lampade al sodio ad alta pressione a <<luce bianca>>", si sceglie la lampada con potenza 400W (+ 100W reattore) le cui caratteristiche sono :

- Potenza nominale 400 W + 100 W reattore;
- Flusso luminoso 25.500 lm;
- Durata 8000 ore;
- Temperatura di colore  $T_k=2.500^\circ\text{K}$ ;
- Tempo di accensione 5min;
- Decadimento del flusso luminoso, dopo 6000 ore, pari al 10% del valore iniziale.

Ricaviamo il numero di proiettori da impiegare ricorrendo alla seguente formula :

$$n^\circ_{lampade} = \Phi_{tot} / \Phi_{apparecchio} = \mathbf{83 / 25.500 \approx 3}$$

Saranno installati 3 apparecchi del tipo 1170 ARGON Disano con lampade attacco E40 400W, per un totale di 1600 W.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Illuminazione di emergenza**

La presenza di ulteriori corpi illuminanti fluorescenti, alimentati da batterie in tampone, garantiranno il flusso luminoso minimo in caso di mancanza della fornitura primaria ed in attesa della presa in carico da parte del G.E. entro il tempo prestabilito di 60".

Alcuni di questi saranno equipaggiati con apposite sagome grafiche (leggi pittogrammi) indicanti gli accessi dell'area in oggetto.

E poiché i soccorritori equipaggiati con pittogrammi non potranno essere definiti parte dell'illuminazione di sicurezza, in quanto lo stesso pittogramma non permette l'adeguata diffusione del flusso luminoso, allora ognuno di essi sarà accoppiato ad un soccorritore con le caratteristiche sopra citate.

Si è scelto di utilizzare soccorritori da 18W tipo ELETTRA ACTIVA IP65, produttore OVA, le cui caratteristiche principali, riprese dal catalogo ondine, sono di seguito riportate:

- soccorritore emergenza OVA - ELETTRA ACTIVA IP65;
- batteria 6 V – 1,2 Ah Ni-Cd
- funzionamento **NON PERMANENTE**
- autonomia 1 h – ricarica entro 12 h
- lampada 18 W – flusso luminoso medio 210 lm
- grado di protezione IP65

Per ulteriori informazioni vedi allegato "Elettra IP65, caratteristiche tecniche".

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Dimensionamento dell'impianto fotovoltaico :**

**Premessa :**

La tecnologia fotovoltaica (F.V.) consente di trasformare direttamente in energia elettrica, l'energia associata alla radiazione solare. Essa sfrutta il cosiddetto effetto fotovoltaico, basato sulle proprietà di alcuni materiali semiconduttori (fra cui il silicio, elemento molto diffuso in natura) che, opportunamente trattati ed interfacciati, sono in grado di generare elettricità una volta colpiti dalla radiazione solare (senza quindi l'uso di alcun combustibile).

Il dispositivo più elementare capace di operare una conversione dell'energia solare è la cella fotovoltaica, in grado di produrre una potenza di circa 1,5 Watt in condizioni standard. Vale a dire quando essa si trova ad una temperatura di 25°C ed è sottoposta ad una potenza della radiazione pari a 1.000 W/m<sup>2</sup>.

Un pannello fotovoltaico tipo, formato da 36 celle, ha una superficie di circa mezzo metro quadrato ed eroga, in condizioni standard, circa 50W.

Il campo fotovoltaico è un insieme di moduli fotovoltaici, opportunamente collegati in serie ed in parallelo, in modo da ottenere i necessari valori di tensione e corrente.

La bassa densità energetica dell'energia solare unita al basso rendimento di conversione delle attuali celle F.V. necessita di grandi superfici per ottenere le energie necessarie per i comuni impieghi civili o industriali.

I sistemi fotovoltaici si distinguono in sistemi isolati (stand-alone) e sistemi collegati alla rete (grid connected).

Nei sistemi isolati, in cui la sola energia è quella prodotta dal FV, occorre prevedere un sistema di accumulo (in genere costituito da batterie del tipo di quelle per automobili, e dal relativo dispositivo di protezione e regolazione della carica), reso necessario dal fatto che il generatore FV può fornire energia solo nelle ore diurne, mentre solitamente la richiesta energetica si ha durante tutte le ore del giorno.

E' opportuno prevedere quindi un dimensionamento del campo fotovoltaico in grado di permettere, durante le ore di insolazione, sia l'alimentazione del carico, sia la ricarica delle batterie di accumulo.



**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Poiché l'energia prodotta dal generatore FV é sotto forma di corrente continua (CC), qualora si debbano alimentare apparecchi funzionanti con corrente alternata (CA), si rende necessario introdurre nel sistema un dispositivo elettronico, detto inverter, che provveda alla conversione da CC a CA.

Qualora tutti i carichi da alimentare siano funzionanti con CC, si potrà omettere la presenza dell'inverter.

Nei sistemi collegati alla rete, l'inverter é sempre presente mentre, al contrario degli impianti isolati, non é previsto il sistema di accumulo, poiché l'energia prodotta in eccedenza, durante le ore di insolazione, viene immessa nella rete. Viceversa, nelle ore notturne, il carico locale viene alimentato dalla rete: appositi contatori di energia, omologati, provvedono a misurare i flussi energetici coinvolti nello scambio.

Un sistema di questo tipo é, sotto il punto di vista della continuità del servizio, più affidabile di un sistema isolato.

Quindi possiamo riassumere dicendo che un impianto fotovoltaico, nel suo insieme, capta e trasforma l'energia solare disponibile e la rende utilizzabile per l'utenza sotto forma di energia elettrica.

Rispondiamo adesso a questa semplice domanda:

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Come funziona un pannello fotovoltaico?**

Alcuni materiali come il silicio possono produrre energia elettrica se irraggiati dalla luce solare. Una caratteristica fisica che ha consentito negli anni '50 la realizzazione della prima cella fotovoltaica della storia. Lo stesso nome "fotovoltaico" esprime in sé tutto il significato della scoperta, "foto" deriva da "luce", "voltaico" deriva da Alessandro Volta, inventore della pila elettrica.

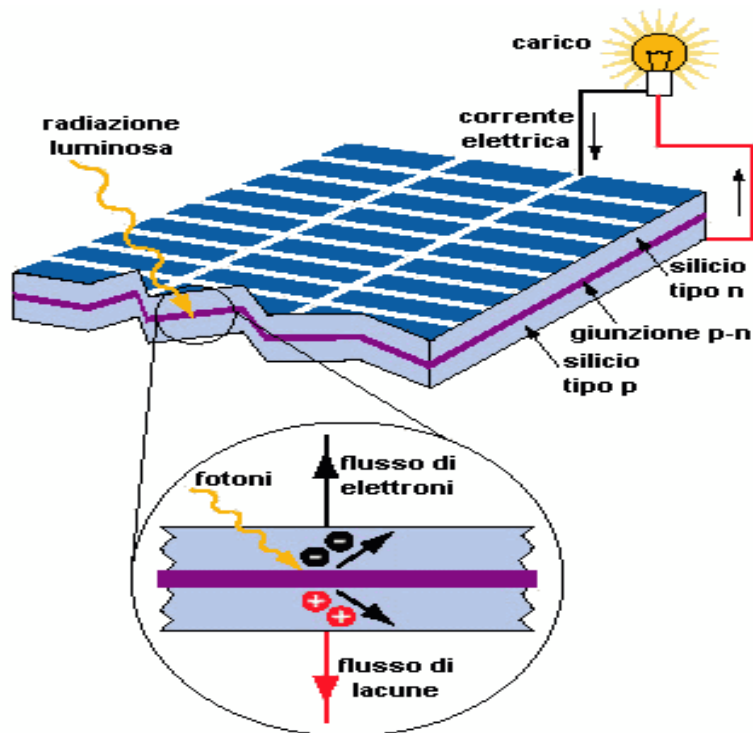


Fig. 1.4 "Effetto Fotovoltaico in una cella di silicio".

Gli anni successivi alla scoperta vedono il moltiplicarsi delle applicazioni delle celle FV, particolarmente nel campo dei satelliti artificiali per telecomunicazione ed in genere laddove occorre una fonte di energia durevole nel tempo e senza manutenzione.

Molti ripetitori radiotelevisivi, installati in zone non raggiunte dalla rete elettrica, si avvalgono dei pannelli solari Fotovoltaici come fonte di alimentazione primaria. L'abbinamento a gruppi di batterie elettrochimiche (gel piombo-calcio), assicura la continuità dell'esercizio anche nelle ore buie o di scarsa insolazione.

Ovviamente occorre tenere conto di questi fattori per il corretto dimensionamento e della superficie captante e del gruppo tampone.

## Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.

Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Le celle fotovoltaiche, collegate tra loro in serie, formano un pannello fotovoltaico che é possibile installare sui tetti e sulle coperture in genere, ovvero ovunque ci sia un irraggiamento diretto dei raggi solari. I pannelli fotovoltaici stanno ottenendo rapidamente il favore dei consumatori. Il vantaggio é evidente.

Investendo in un impianto fotovoltaico domestico, si abbatte il costo dell'energia elettrica per almeno 20 anni (durata media di un impianto FV). In Germania, grazie all'introduzione del **Conto Energia**, i proprietari dei pannelli solari fotovoltaici, rivendono l'energia prodotta in eccedenza ai gestori del servizio elettrico, realizzando così un reddito commisurato alla quantità di kWh ceduti alla rete.

Riassumendo:

- 1) I pannelli fotovoltaici sono installati sulle coperture delle costruzioni ed in genere ovunque ci sia un'esposizione diretta ai raggi solari (es. terrazze, cortili, terreni ecc.).
- 2) La luce solare é trasformata in energia elettrica alternata, usufruibile per tutte le normali attività domestiche.
- 3) L'energia elettrica prodotta in eccedenza, rispetto al fabbisogno, viene venduta alla società elettrica come credito da applicare sulla bolletta elettrica. Questo quadro si amplierà radicalmente quando l'Italia approverà il "conto energia" in base al quale chiunque potrà rivendere l'energia prodotta dai pannelli solari ottenendo in cambio un reddito netto (profitto). Attualmente é possibile soltanto compensare il proprio fabbisogno.
- 4)

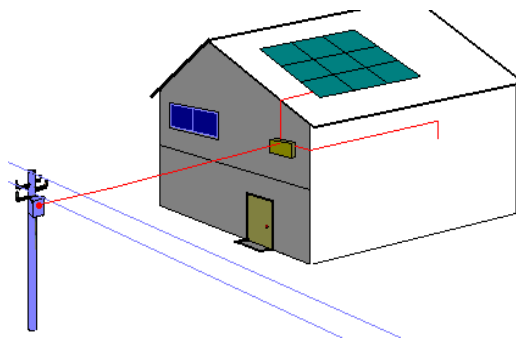


Fig. 1.5 "Rappresentazione semplificata di interconnessione con la rete elettrica primaria"

## Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.

Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

### Valori numerici tipici:

**Un pannello fotovoltaico**, costituito da singole celle poste in serie/parallelo, puo' arrivare a fornire una potenza di circa **200 Watt** a **26 V<sub>cc</sub>**. Questo e' da intendersi come valore di picco (**W<sub>p</sub>**).

Le uscite elettriche (+ -) dei singoli moduli sono disaccoppiate con l'impiego di diodi di potenza sul polo positivo, al fine di impedire che un pannello possa diventare carico elettrico di quello adiacente, a causa di parziale ombreggiatura e con conseguente danneggiamento delle celle.

Indirettamente si ottiene anche un effetto di bilanciamento del carico elettrico su tutti i moduli interconnessi.

Sebbene sia possibile inserire tutti i moduli in un unico parallelo a **24 V<sub>cc</sub>**, la corrente circolante, per una potenza di **2000 W<sub>p</sub>**, raggiungerebbe un valore pari a **2000/24 = 83,3 A**.

Conseguentemente il gruppo di conversione **CC/CA** dovrebbe essere dimensionato per tali correnti, con costi e dimensioni (dovuti alla necessita di raffreddare il gruppo di conversione) notevoli.

Per convenienza si raggiungono valori di tensione di alcune centinaia di Volt riducendo cosi' la corrente nel primario FV.

### **Quanta energia possiamo produrre?**

La percentuale di utilizzo dell'energia solare dipende dal luogo geografico. Infatti la radiazione solare non raggiunge la superficie terrestre sempre allo stesso modo. L'**irraggiamento** (l'energia su unita di superficie nell'unita di tempo, misurata in kWh/m<sup>2</sup>/giorno) e influenzato dalle condizioni climatiche locali (nuvolosità, foschia, ecc.) e dipende dalla latitudine del luogo: cresce quanto più ci si avvicina all'equatore.

In Italia lo sfruttamento e possibile praticamente ovunque, ma e al Sud che l'irraggiamento e più elevato.

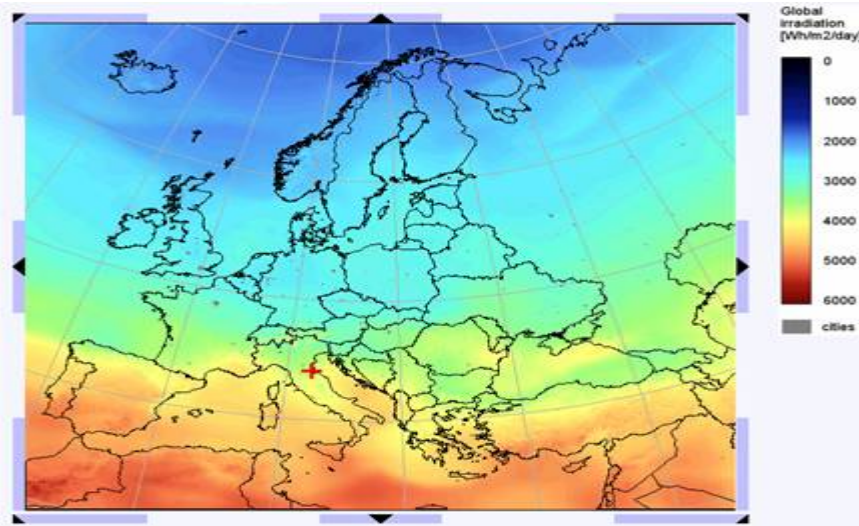
Il valore medio annuale varia dai 3,6 kWh/m<sup>2</sup>/giorno della Pianura Padana ai 4,7 kWh/m<sup>2</sup>/giorno del centro Sud e ai 5,4 kWh/m<sup>2</sup>/giorno della Sicilia (vedi figura).

(fonte: ENEA "L'energia fotovoltaica", Quaderni di sviluppo sostenibile n.22, Roma, 2002)

Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.

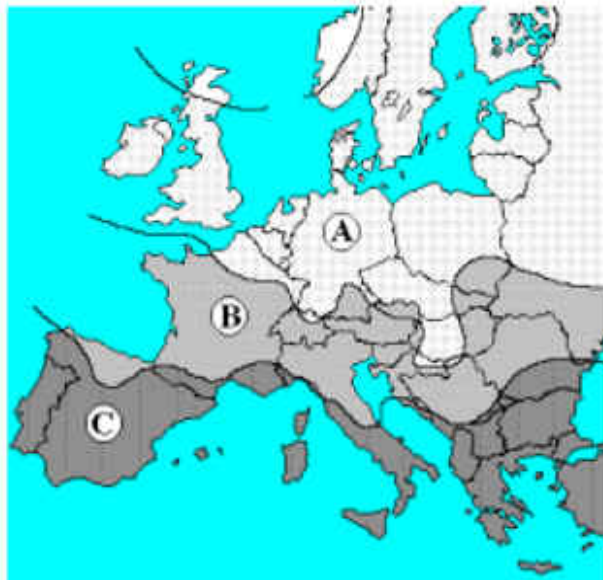
Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**



(Fonte EU-JRC <http://re.jrc.ecc.eu.int/pvgis/pv>).

Livelli di insolazione giornaliera in Europa (in kWh /m<sup>2</sup>)



Zona A: 2,4 –3,4 kWh/m<sup>2</sup>  
Zona B: 3,4 –4,4 kWh/m<sup>2</sup>  
Zona C > 4,4 kWh/m<sup>2</sup>

valori calcolati considerando un'inclinazione pari ai gradi di latitudine del sito, con faccia rivolta a Sud

Figura da: ENEA " Energia e Ambiente 2003 – Le fonti rinnovabili", Roma, 2003. pag. 295)

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Analisi delle superfici utilizzabili :**

Prima di iniziare il dimensionamento numerico, occorre fare delle considerazioni legate al luogo di installazione.

Gli studi sulla radiazione solare, sull'irraggiamento al suolo e sul principio di funzionamento delle celle fotovoltaiche, dimostrano, che la potenzialità dell'impianto dipende essenzialmente dall'insolazione e dalla temperatura. Il dato fondamentale dal quale si deve partire per il dimensionamento dell'impianto é L'INSOLAZIONE MEDIA GIORNALIERA su base MENSILE (misurato in kWh/m<sup>2</sup>).

Posizione luogo installazione (Sicilia) : Latitudine 38°, 7' NORD - Longitudine 13°,21' EST.

Irraggiamento medio giornaliero (fonte UNI 10349 prospetto : VIII pag. 12 – vedi allegato):

Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giug	Lugl	Ago	Sett	Ott	Nov	Dic
kWh/m <sup>2</sup> giorno	3.3	4.3	5.5	6.6	6.9	6.8	6.3	5.6	5.2	4.4	3.5	3

Dalla tabella risulta che l'irraggiamento medio giornaliero valutato per un anno solare é pari ad  $I_m = 5.38 \text{ kWh/m}^2$

I pannelli FV saranno posti sulla copertura, a falde, con una pendenza pari a 30° (angolo di tilt) ed orientati a SUD.

Saranno collegati in serie per raggiungere la tensione di esercizio di 400 Vcc. La scelta di questo valore nasce dall'esigenza di lavorare con correnti, nel circuito FV, di intensità moderate, sia per contenere la sezione dei cavi di interconnessione, che per ridurre la stress dei dispositivi di conversione CC/CA.

Conseguentemente il gruppo di conversione CC/CA, statico, accetta tensioni in ingresso (input range voltage) comprese tra 210 e 420V<sub>cc</sub>.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

La scelta del pannello FV di base é caduta sul mod. KYOCERA 200W che presenta un buon rapporto costo/prestazioni (KC200GHT-2, vedi allegato "caratteristiche tecniche pannelli solari Kyocera").

Si riportano le caratteristiche tecniche (per un irraggiamento solare di 1000 W/m<sup>2</sup> ed una temperatura ambiente di 25°C):

- Pannello solare KYOCERA – KC200GHT-2
- P<sub>max</sub> 200 W (+10% / - 5%)
- V<sub>max</sub> 26.3 V
- I<sub>max</sub> 7.61 A
- V<sub>circuito aperto</sub> 32.9 V

Si riportano le caratteristiche tecniche (per un irraggiamento solare di 800 W/m<sup>2</sup> ed una temperatura ambiente di 40°C):

- P<sub>max</sub> 142 W
- V<sub>max</sub> 23.2 V
- I<sub>max</sub> 6.13 A
- V<sub>circuito aperto</sub> 29.9 V

Le caratteristiche meccaniche del pannello sono :

- 54 celle FV per pannello
- Cella FV realizzata con silicio POLICRISTALLINO
- Lungh. x Largh. x Spess. 1425<sub>mm</sub> x 990<sub>mm</sub> x 36<sub>mm</sub>
- Peso 18.5 kg

Ognuno di esso é dotato di scatola di giunzione contenente morsettiera per connessione e diodo di protezione (anti-inversione) della polarità, con grado di protezione IP65 (norma CEI 70-1 "gradi di protezione IP". IP65 : 6 = protezione totale contro polvere e inaccessibilità al filo di prova, 5 = protezione contro i getti d'acqua).

Il cablaggio sarà effettuato con cavi unipolari FG7OR 4x50 mm<sup>2</sup> (I<sub>z</sub> = 154 A) posati entro canale metallico 100x50 IP40 (IP40 : 4 = protezione totale contro corpi solidi dimensioni maggiori 1mm e inaccessibilità al filo di prova, 0 = non protetto contro la penetrazione di liquidi).

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

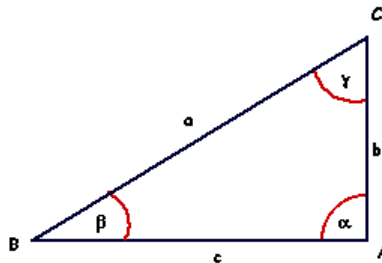
Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

**Copertura capannone :**

Si premette che per il calcolo della superficie utile al FV, sarà utilizzata soltanto la falda di copertura esposta a SUD.

L'altra non riceverebbe sufficiente irraggiamento solare a causa dell'inclinazione a nord.

Dalle misure in pianta del capannone (largh. 30 m x lung. 40 m), si ricava la proiezione della falda (15 m x 40 m) utile per il FV, considerando una pendenza di 30° ( $\beta$ ).



Poiché :  $c = a \cos \beta$  ; sarà :  $a = c / \cos \beta$

Quindi :

$$\text{largh. falda} = 15 / \cos 30^\circ = 17.32 \text{ m.}$$

al valore calcolato si aggiunge un extra di 0,5 m, a protezione dei muri e di supporto per la grondaia :

$$17.32 + 0.50 = 17,82 \text{ m}$$

Si procede allo sviluppo della superficie utile :

$$S \text{ utile} = \text{largh. falda} \times \text{lung. falda} = 17.82 \times 40 = 712,8 \text{ m}^2$$

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Ricaviamo il numero dei pannelli installabili sulla falda del capannone esposta a SUD:

$$\text{n}^\circ \text{ pannelli nel senso della lungh.} = \frac{\text{lungh. falda}}{\text{largh. pannello} + \text{largh. passaggio per manut.}} = 33$$

$$\text{n}^\circ \text{ pannelli nel senso della largh.} = \frac{\text{largh. falda}}{\text{lungh. pannello} + \text{lungh. passaggio per manut.}} = 10$$

Quindi si installeranno complessivamente 330 moduli FV, lasciando un margine di 20 cm tra gli stessi quale spazio di accessibilità per eventuali manutenzioni o sostituzioni.

Si realizzeranno serie di 15 moduli per un totale effettivo di 394,5 Vcc ( in condizioni di max. irraggiamento solare), a cui si deve sottrarre la caduta di tensione dovuta ai diodi di accoppiamento (15 x 0,6 = 9 Vcc).

Pertanto si considera una tensione di esercizio FV pari a 394,5 – 9 = 385,5 Vcc

**Attenzione: a circuito aperto la tensione salirà a 494 Vcc (in assenza di carico sul circuito FV).**

**Effettuare la messa fuori servizio ESCLUSIVAMENTE durante le ore notturne, oppure coprendo con teloni adatti i pannelli interessati alla manutenzione, tale da lavorare con tensioni di esercizio QUASI nulle.**

**Operare sempre in condizioni di massima sicurezza.**

Potenza max. disponibile = n.° serie x I<sub>serie</sub> x V<sub>serie</sub>

passando ai numeri : 22 x 7,61 x 384,5 = 65,381 kW.

**Giuseppe Gelsomino V<sup>a</sup> E Elettrotecnica ed Automazioni.**

*Tesi esame di stato anno scolastico 2006-2007.*

Oggetto: **Impianto elettrico a servizio di uno stabilimento industriale per la lavorazione finalizzata al recupero di parti elettroniche e materie provenienti da riciclo, servito in linea aerea M.T.(20kV).**

Per la conversione CC/CA si utilizzeranno due inverter FRONIUS (IG 400 - vedi allegato "caratteristiche tecniche inverter FRONIUS"), ai quali giungeranno le correnti ottenute dalla suddivisione simmetrica delle serie di pannelli. A questo provvederà un apposito quadro di arrivo, protezione e parallelo.

Tale scelta è stata dettata dalle caratteristiche di ingresso degli inverter i quali accettano una pot. Max di 52 kWp (per il modello IG 500) a fronte di una pot. Max. del FV di 65 kWp.

Caratteristiche tecniche degli inverter:

- Pmax ingresso 28 / 42 kWp
- Vmax ingresso 530 Vcc
- Imax ingresso 164 A
- Pmax uscita 32 kW
- V uscita 400 Vca / 50 Hz, (3F+N)
- Rendimento 93.6%
- Dimensioni H x B x S 605 x 606 x 2228 mm
- Peso 254 kg