

Realizzazione di centrale idroelettrica ad acqua fluente su fiume Elsa.

Procedimento A.U.E. art.12 D. Lgs.387/03 e LR 39/05

RELAZIONE ELETTROMAGNETISMO



Loc. Granaiolo – Castelfiorentino (FI) Fiume Elsa

Committenza:

MERS s.a.s.

Via A. Pacinotti 6/A
Santa Croce S/Arno

Tecnico:

Geom.Fabio Scarpellini

Bagni di Lucca, Gennaio 2017



INDAGINE SULLA GENERAZIONE DI CAMPI
ELETTRO MAGNETICI DISPERSI DEL SITO DI
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA
ACQUA FLUENTE

GRANAIOLO 200 kW



di Marco Tulliani & C. sas

Via A. Padinotti, 6/A
Santa Croce S/Arno
56029 PISA

E-Mail: mers.sas@gmail.com

PEC: mers.sas@pec.it

C.F. e P.I. 02120290503

SITO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA ACQUA FLUENTE GRANAIOLO

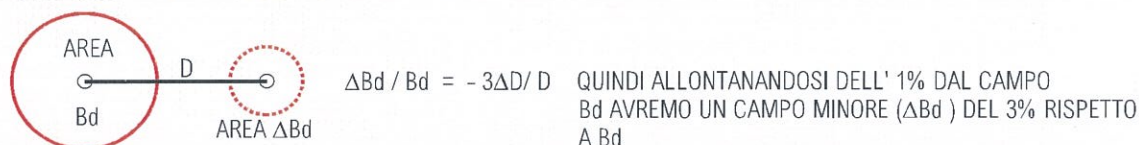
NELL' IMPIANTO SI POSSONO INDIVIDUARE QUATTRO ZONE CHE POTREBBERO GENERARE CAMPI MAGNETICI DISPERSI:

- 1 – GENERATORE SINCRONO A MAGNETI PERMANENTI COLLEGATO ALLA TURBINA IDRAULICA
- 2 – INVERTER PER LA CONVERSIONE DELL'ENERGIA PRODOTTA DAL GENERATORE SINCRONO AGLI STANDARDS DELLE RETI NAZIONALI.
- 3 - TRASFORMATORE BT/MT PER ADATTARE LA TENSIONE BT PRODOTTA DALL'INVERTER ALLA RETE MT PRESENTE SUL SITO.
- 4 – CABLAGGIATURE INTERNE BT E MT (SARANNO CHIAMATI TRATTI)

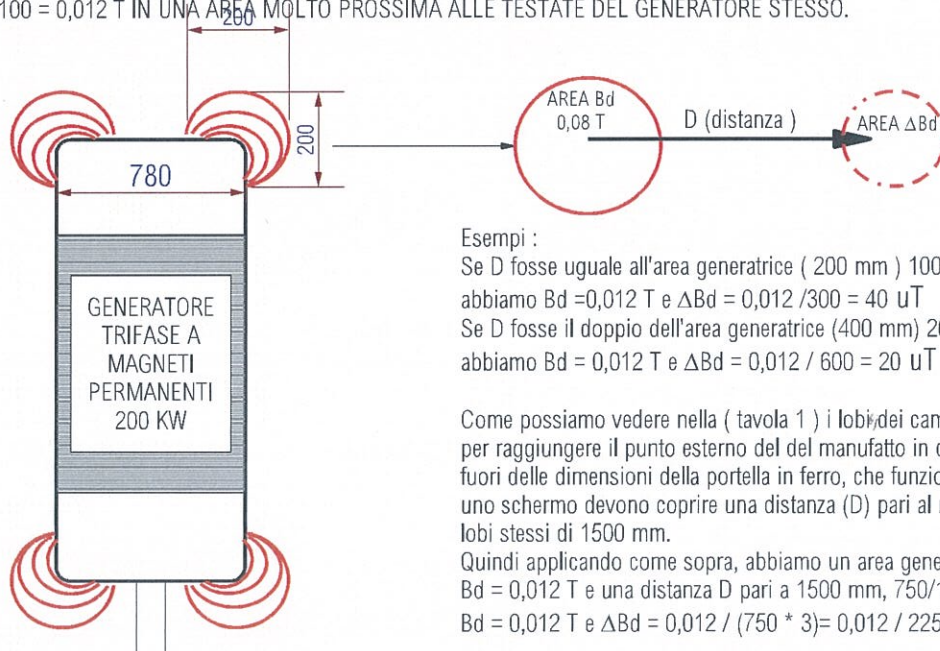
GENERATORE SINCRONO

MACCHINA RUOTANTE CON STATORE AVVOLTO, I MAGNETI PERMANENTI SONO POSIZIONATI SUL ROTORE. QUESTO TIPO DI MACCHINE ELETTRICHE, PER COSTRUZIONE FISICA HANNO CAMPI MAGNETICI DISPERSI MOLTO RIDOTTI ANCHE PERCHE' IL CAMPO DISPERSO PROVOCA UNA INDUTTANZA DISPERSA CHE NON CONTRIBUISCE ALLA GENERAZIONE ELETTRICA, ED AVENDO QUESTI RENDIMENTO MOLTO ELEVATO (ORDINE DEL 96 %), SI PUO' DEDURRE CHE I CAMPI NON CONCATENATI ALL'INTERNO DEL PROPRIO CIRCUITO MAGNETICO ATTIVO SONO NELL'ORDINE DEL 2 % E COMUNQUE INFERIORE O UGUALE AD 1/15 DEL CAMPO ATTIVO IL GENERATORE HA UN INVOLUCRO ESTERNO IN FERRO DI GROSSO SPESSORE CHE SERVE A CONTENERE IL FLUSSO DI LIQUIDO REFRIGERANTE,QUESTO PORTA IL FLUSSO DISPERSO AD 1/100 DEL CAMPO ATTIVO.

PER CAPIRE MEGLIO LA DINAMICA DEI CAMPI MAGNETICI DISPERSI, DIREMO CHE IL CAMPO (B_d) E' DIRETTAMENTE PROPORZIONALE ALL' AREA GENERATRICE E INVERSAMENTE PROPORZIONALE AL CUBO DELLA DISTANZA DI RILEVAMENTO. PER SEMPLIFICARE FAREMO L'ESEMPIO SOTTORIPORTATO :



PER QUANTIFICARE GLI ORDINI DI GRANDEZZA DIREMO CHE IL CAMPO GENERANTE ENERGIA ALL'INTERNO DEL CIRCUITO MAGNETICO DELLA MACCHINA RUOTANTE SIA MANTENUTO A 1, 2 T (Tesla), QUINDI IL FLUSSO NON CONCATENATO E DISPERSO SIA $1,2 / 100 = 0,012$ T IN UNA AREA MOLTO PROSSIMA ALLE TESTATE DEL GENERATORE STESSO.



NOTA : IL PUNTO DI MISURA DI TUTTI I DATI E' LA PARTE SUPERIORE (CALPESTABILE) DEL MANUFATTO IN C. A. TUTTI GLI ALTRI LATI SONO INTERRATI E QUINDI PIU' LONTANI RISPETTO ALLE AREE GENERATICI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI -VEDI TAVOLA 1-

SITO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA ACQUA FLUENTE GRANAIOLO INVERTER

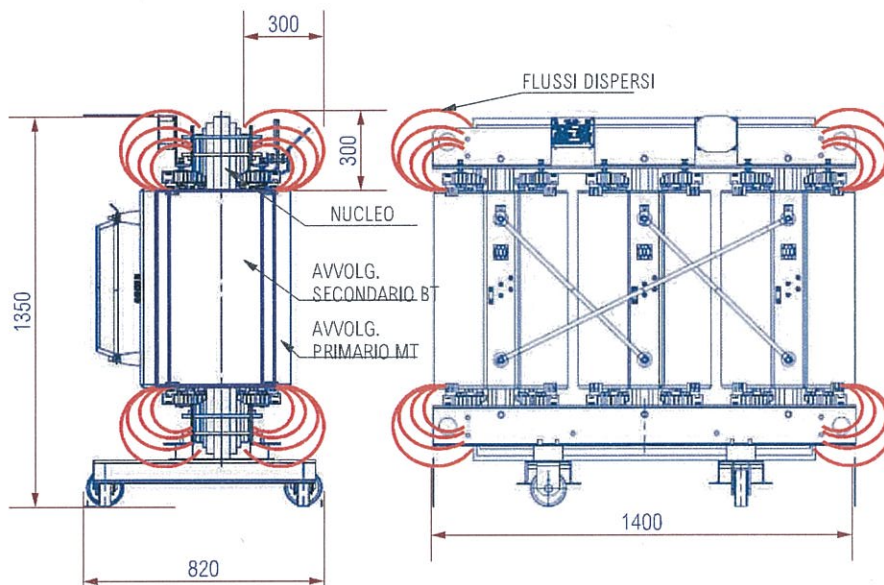
L'INVERTER PRESENTE NEL SITO E' UNA MACCHINA STATICA CHE PER PROPRIA COSTRUZIONE NON CONTRIBUISCE ALLE EMISSIONI DI CAMPI MAGNETICI DISPERSI.
E' CORREDATO DI DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' RILASCIATA DAL PRODUTTORE STESSO E RISPETTA LE SEGUENTI NORMATIVE PER LE "EMI" SIA RADIATE CHE CONDOTTE.

EN 50178, EN 62109-1, EN 62109-2, AS/N3100,
AS/NZS 60950.1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3,
EN 61000-3-11, EN 61000-3-12

TRASFORMATORE BT/MT (con box di schermatura in rete metallica (tavola 1))

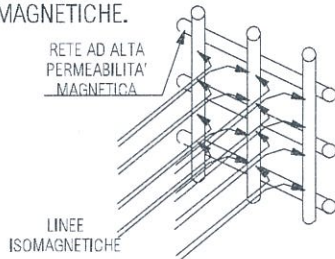
IL TRASFORMATORE PRESENTE NEL SITO, SERVE AD ADATTARE LA TENSIONE BT (400V TRIFASE) PRODOTTA DALL'INVERTER ALLA TENSIONE DI LINEA MT (15 KV). LA POTENZA DEL TRAFO E' 250 KVA.

QUESTO TRASFORMATORE HA UNA VCC (TENSIONE DI CTO-CTO) DI CIRCA 4-5%, QUESTO PARAMETRO RAPPRESENTA DUE GRANDEZZE, UNA GRANDEZZA E' LA RESISTENZA INTERNA DEGLI AVVOLGIMENTI CHE VALE 1,3% E L'ALTRA E' L'INDUTTANZA DI DISPERSIONE CHE APPUNTO PROVOCA CAMPI MAGNETICI DISPERSI NELL'AREA CIRCOSTANTE ALLA MACCHINA STESSA. IL CAMPO DISPERSO DA UN TRASFORMATORE COME QUELLO IMPIEGATO NEL SITO SI PUO' CONSIDERARE SIA IL 3,2 % (4,5-1,3) DEL CAMPO ATTIVO ALL'INTERNO DEL NUCLEO, QUINDI IPOTIZZANDO CHE IL NUCLEO SIA MANTENUTO AD UNA INDUZIONE DI LAVORO DI 1,4 T (Tesla). QUESTO FLUSSO DISPERSO HA UNA INTENSITA' DI ($1,4 \text{ T} \cdot 3,2\% = 44 \text{ mT}$) E SI MANIFESTA PRINCIPALMENTE SULLE TESTATE DELLE COLONNE AVVOLTE. VEDI DISEGNO.



IL TRASFORMATORE E' SEGREGATO ALL'INTERNO DI UNA STRUTTURA COMPOSTA DA UNA RETE IN FERRO DOLCE DI 40x40 mm CON FILO DIAMETRO 3 mm AD ALTA PERMEABILITA' MAGNETICA.

L'EFFETTO DI QUESTI MATERIALI AD ELEVATA PERMEABILITA' MAGNETICA E' IN GENERALE QUELLO DI CONVOGLIARE PREFERENZIALMENTE LE LINEE DI FLUSSO DEL CAMPO, ATTIRANDO QUINDI VERSO DI LORO LE LINEE ISOMAGNETICHE.



LA PERCENTUALE DI CATTURA DELLE LINEE ISOMAGNETICHE SI PUO' RICAVARE DAI SEGUENTI DATI :

| | |
|---|--|
| Permeabilità dell'aria | Permeabilità della rete Fe360 |
| $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ henry/metro}$ | $\mu_{r \text{ fe}} > 100 \text{ henry/metro}$ |
| Per produrre un campo di 0,01 T (10mT) occorrono: | |
| 8000 Aspire/metro in aria e circa 80 Aspire/metro nel ferro | |

QUINDI IL RAPPORTO DI ATTENUAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI DISPERSI SARA' $8000/80 = 100$. SE ALL'INTERNO DELLA STRUTTURA IN RETE ABBIAMO UN CAMPO DI CIRCA 44 mT, ALL'ESTERNO DELLA SCHERMATURA VI TROVEREMO :

$$44 \text{ mT} / 100 = 440 \text{ uT}$$

SITO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA ACQUA FLUENTE GRANAIOLO

ANCHE QUI VALE LO STESSO ESEMPIO DEL GENERATORE



Come possiamo vedere dalla tavola 1 (trasformatore con box in rete metallica), i flussi dispersi dal trafo trovano una distanza minima dal piano di calpestio esterno al manufatto in c.a. composta da due tratti, una quota (1000 mm) che è la distanza dell'area generatrice al piano superiore interno, l'altra lo spessore del piano superiore (300 mm).

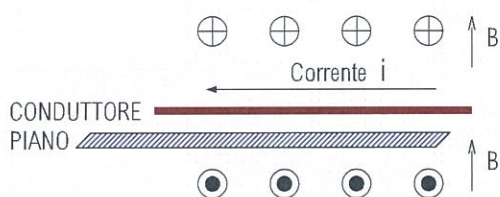
Quindi abbiamo un'area generatrice con $B_d = 440 \mu T$ e una distanza D pari a 1300 mm, 65/100 di $B_d(2000mm)$

$$B_d = 440 \mu T \text{ e } \Delta B_d = 440 / (65 * 3) = 440 / 195 = 2,25 \mu T$$

CABLAGGIATURE INTERNE

PER CAPIRE QUALE INTENSITA' DI FLUSSO ELETTROMAGNETICO PRODOTTO DAI VARI COLLEGAMENTI, LI ABBIAMO DIVISI IN (TRATTI). OGNI TRATTO DI CONDUTTORI E' PERCORSO DA INTENSITA' DI CORRENTE DIVERSA. PER DEFINIRE L'INTENSITA' DI CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DA UN CONDUTTORE RETTILINEO, USEREMO LA LEGGE DI BIOT-SAVART.

CONSIDERIAMO IL CONDUTTORE POSTO SUL PIANO DI FONDO DEL MANUFATTO IN C.A.



NELLA PARTE INFERIORE AL PIANO ABBIAMO IL CAMPO USCENTE E VIENE INDICATO DAL SIMBOLO \odot

NELLA PARTE SUPERIORE AL PIANO ABBIAMO IL CAMPO ENTRANTE E VIENE INDICATO DAL SIMBOLO \otimes

$$B = K_m * \frac{i}{r} = T \text{ (Tesla)}$$

B = intensità di campo (T) i = intensità di corrente (A)

r = distanza in m del punto di misura

$$K_m = \text{coeff. magn.} = \frac{\text{permeabilità magnetica del vuoto}}{2 \pi} = \frac{1,256 * 10^{-6}}{6,28} = 2 * 10^{-7}$$

TRATTO 1

PRENDIAMO IN ESAME IL TRATTO 1 (TAVOLA 1), QUESTI CONDUTTORI FORMANO UN SISTEMA TRIFASE EQUILIBRATO E ALLA MASSIMA POTENZA (200 KW) SARANNO PERCORSI DA UNA CORRENTE :

TENSIONE CONCATENATA DEL GENERATORE = 450 V (QUESTO PER GARANTIRE ALL'INVERTER UNA TENSIONE CONTINUA DI (450 * 1,35) 600 V).

CORRENTE CHE TRANSITA NEI CONDUTTORI = 256 A (200000 W / 450 V / 1,73).

IL PUNTO DI INTERESSE E' SEMPRE QUELLO PIU' CORTO, CIOE' IL PIANO SUPERIORE DI CALPESTIO DEL MANUFATTO IN C.A. VEDI TAVOLA 1.

SOSTITUENDO I PARAMETRI ALLA FORMULA, ABBIAMO : $2 * 10^{-7} * (256 / 3,3) = 15,5 \mu T$

TRATTO 2

PRENDIAMO IN ESAME IL TRATTO 2 (TAVOLA 1), QUESTI CONDUTTORI FORMANO UN SISTEMA TRIFASE EQUILIBRATO E ALLA MASSIMA POTENZA (200 KW) SARANNO PERCORSI DA UNA CORRENTE :

TENSIONE CONCATENATA DELL'INVERTER = 400 V 50 Hz

CORRENTE CHE TRANSITA NEI CONDUTTORI = 289 A (200000 W / 400 V / 1,73).

IL PUNTO DI INTERESSE E' SEMPRE QUELLO PIU' CORTO, CIOE' IL PIANO SUPERIORE DI CALPESTIO DEL MANUFATTO IN C.A. VEDI TAVOLA 1.

SOSTITUENDO I PARAMETRI ALLA FORMULA, ABBIAMO : $2 * 10^{-7} * (289 / 3,3) = 17,5 \mu T$

SITO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA ACQUA FLUENTE GRANAIOLO

TRATTO 3

PRENDIAMO IN ESAME IL TRATTO 3 (TAVOLA 1),QUESTI CONDUTTORI FORMANO UN SISTEMA TRIFASE EQUILIBRATO E ALLA MASSIMA POTENZA (200 KW)SARANNO PERCORSI DA UNA CORRENTE :

TENSIONE CONCATENATA DELL'INVERTER = 15000 V 50 Hz

CORRENTE CHE TRANSITA NEI CONDUTTORI = 7,7 A (200000 W / 15000 V / 1,73).

IL PUNTO DI INTERESSE E' SEMPRE QUELLO PIU' CORTO, CIOE' IL PIANO SUPERIORE DI CALPESTIO DEL MANUFATTO IN C.A. VEDI TAVOLA 1.

SOSTITUENDO I PARAMETRI ALLA FORMULA , ABBIAMO :

$$2 * 10^{-7} * (7,7 / 1,95) = 0,78 \text{ uT}$$

TRATTO 4

PRENDIAMO IN ESAME IL TRATTO 4 (TAVOLA 1),QUESTI CONDUTTORI FORMANO UN SISTEMA TRIFASE EQUILIBRATO E SONO IL CAVIDOTTO CHE COLLEGA IL QUADRO MT INTERNO AL PUNTO DI CONSEGNA AL GESTORE DELLA RETE NAZIONALE. QUESTO CAVIDOTTO E' INTERRATO AD UNA PROFONDITA' DI 1000 mm.

TENSIONE CONCATENATA DEL CAVIDOTTO = 15000 V 50 Hz

CORRENTE CHE TRANSITA NEI CONDUTTORI = 7,7 A (200000 W / 15000 V / 1,73).

IL PUNTO DI INTERESSE E' SEMPRE QUELLO PIU' CORTO, CIOE' IL PIANO DI CALPESTIO DEL TRATTO INTERRATO VEDI TAVOLA 1.

SOSTITUENDO I PARAMETRI ALLA FORMULA , ABBIAMO :

$$2 * 10^{-7} * (7,7 / 1) = 1,54 \text{ uT}$$

Nota : i sistemi trifase hanno le correnti di fase non in fase tra loro ($\varnothing 120^\circ$) e quindi anche i campi generati hanno valori piu' bassi nelle medie.Comunque in questa analisi questo fattore non è stato considerato

IL D.P.C.M. 8 LUGLIO 2003 art. 3c 1

PONE DEI LIMITI DI INTENSITA' A QUESTI CAMPI ELETTROMAGNETICI :

| | | |
|--|-----------------|-------|
| Esposizione (popolazione) a campi con frequenza 50 Hz | limite rispetto | 10 uT |
| Esposizione (popolazione) a campi con frequenza 50 Hz | obietto qualità | 3 uT |

RIASSUMENDO, CONFRONTEREMO I DATI DI FLUSSO DISPERSO EMERSI DALLA NOSTRA RELAZIONE CON IL DATO PIU' SEVERO AMMISSIBILE : (obiettivo di qualità 3 uT)

| | | | |
|-------------------------------------|---------|----|-----------------------------|
| GENERATORE SINCRONO TRIFASE | 5,3 uT | SU | 3 uT non rientra nei limiti |
| TRASFORMATORE BT/MT (box di rete) | 2,25 uT | SU | 3 uT rientra nei limiti |
| TRATTO 1 | 15,5 uT | SU | 3 uT non rientra nei limiti |
| TRATTO 2 | 17,5 uT | SU | 3 uT non rientra nei limiti |
| TRATTO 3 | 0,78 uT | SU | 3 uT rientra nei limiti |
| TRATTO 4 | 1,54 uT | SU | 3 uT rientra nei limiti |

SITO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA ACQUA FLUENTE GRANAIOLO

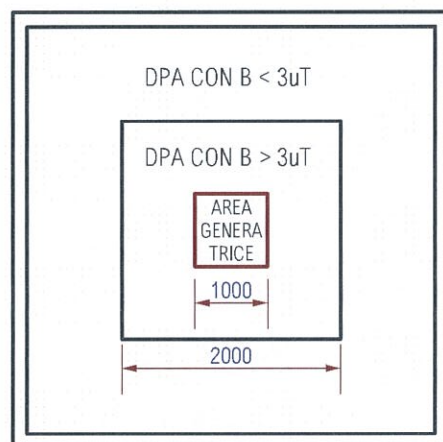
PER RIDURRE DRASTICAMENTE LE AREE GENERATRICI CHE NON RIENTRANO NEI LIMITI ($3\mu\text{T}$),
SE PUR VICINE ,VERRANNO INSERITE ALL'INTERNO DELLA COLATA DI C.A. RETI IN FERRO
40*40*3 mm AD ALTA PERMEABILITA' MAGNETICA, IN MODO DA SCHERMARE COMPLETAMENTE
IL SITO E PORTARE I LIVELLI DI CAMPO MAGNETICO DISPERSO ALMENO A 10 VOLTE INFERIORI I
VALORI SOPRA MENZIONATI.

CABINA MT DI CONSEGNA AL GESTORE DELLA RETE (UTENTE)

QUESTA CABINA E' COLLEGATA AL SITO DI PRODUZIONE TRAMITE L'ELETTRODOTTO INTERRATO (TRATTO 4)
I DATI ELETTRICI SONO IDENTICI AL QUADRO MT ALL'INTERNO DEL SITO :

| | |
|----------|---------------------------|
| TENSIONE | 15000 V CONCATENATI 50 Hz |
| CORRENTE | 7,7 A |

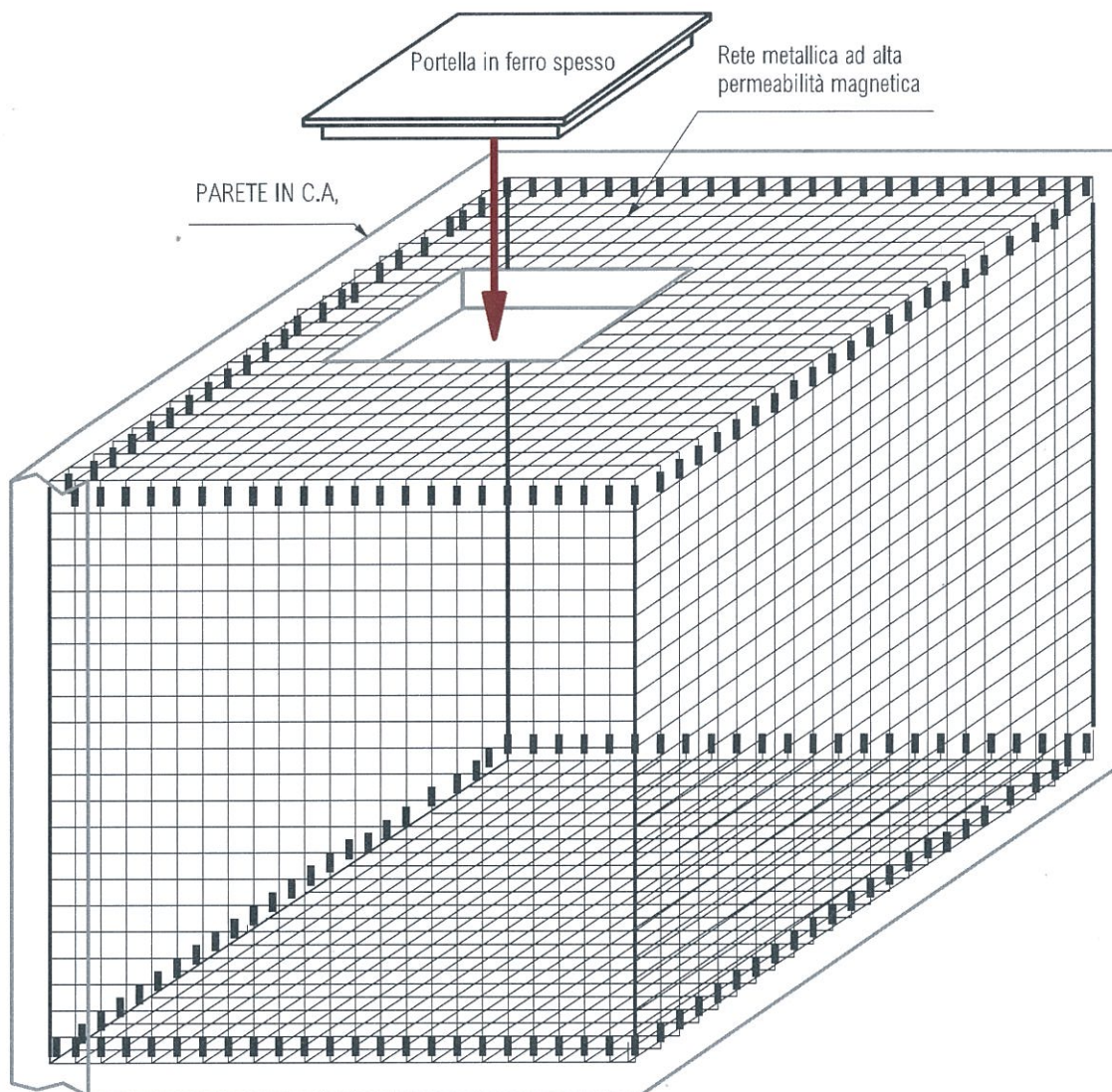
I MATERIALI CON CUI E' COSTRUITA LA CABINA NON HANNO IMPORTANZA, L'IMPORTANTE E' CHE LE
APPARECCHIATURE INTERNE SIANO A NON MENO DI 0,5 METRI DALLE SUPERFICI ESTERNE DEL MANUFATTO



Nota : ALL'INTERNO DELLA CABINA DI CONSEGNA (UTENTE) NON CI SONO TRASFORMATORI
MA SOLO SEZIONATORI, QUINDI QUESTI APPARECCHIATURE SI POSSONO CONSIDERARE
COME CONDUTTORI RETTILINEI.

SITO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA ACQUA FLUENTE GRANAIOLO

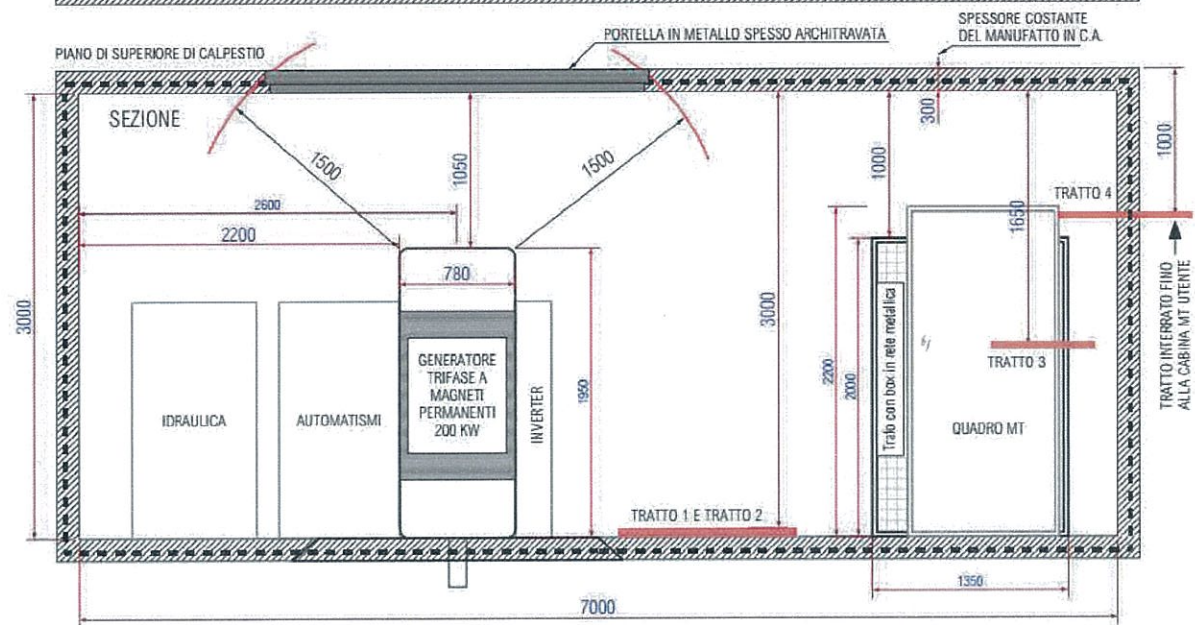
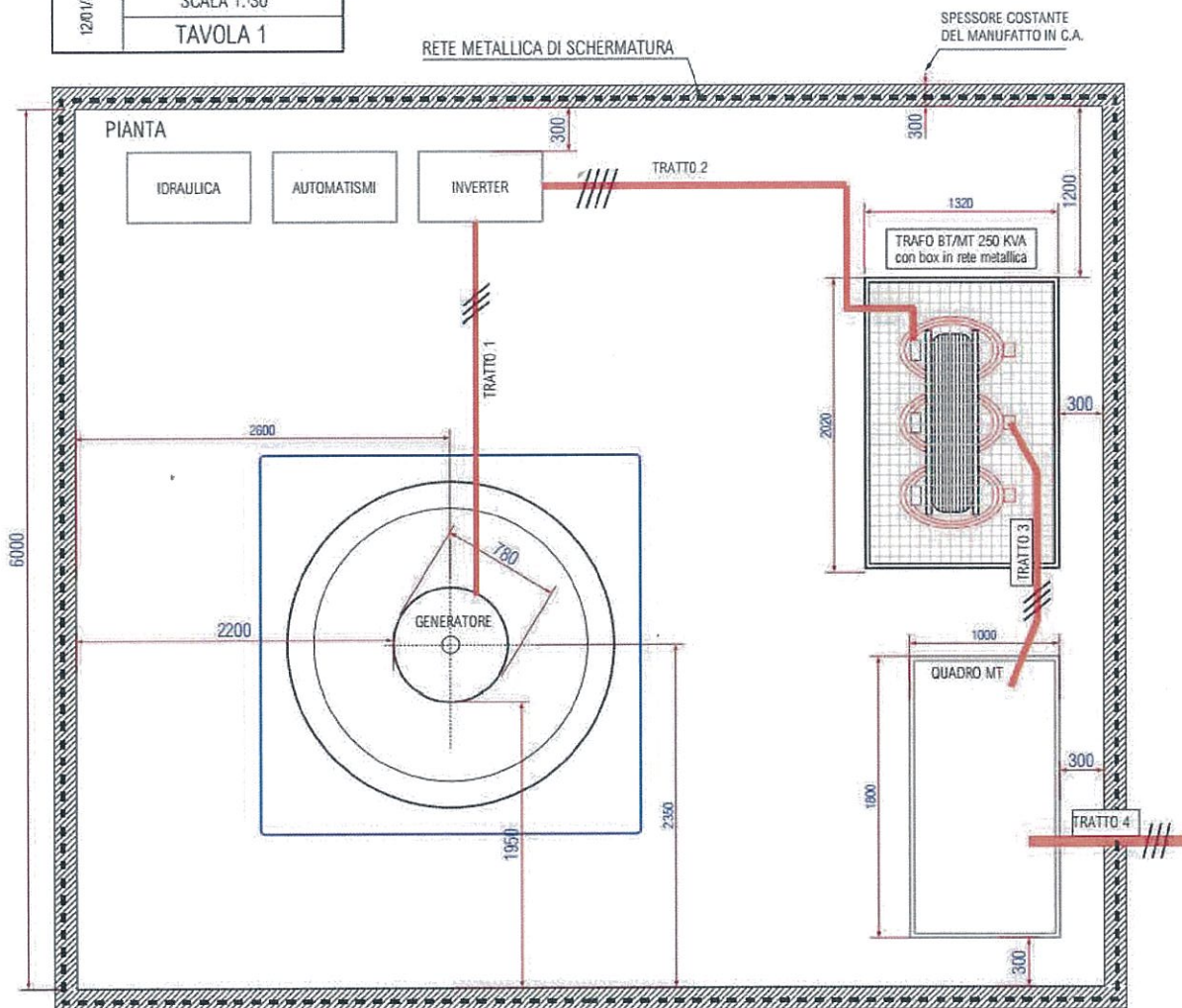
I PANNELLI DI RETE AD ALTA PERMEABILITA' MAGNETICA SARANNO CONNESSI TRA LORO
MECCANICAMENTE IN MODO DA FORMARE UNA SCHERMATURA SENZA INTERRUZIONI MAGNETICHE



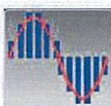
I NUOVI VALORI DEI CAMPI MAGNETICI DISPERSI SARANNO :

| | | | |
|-------------------------------------|----------|----|-------------------------|
| GENERATORE SINCRONO TRIFASE | 0,53 uT | SU | 3 uT rientra nei limiti |
| TRASFORMATORE BT/MT (box di rete) | 0,225 uT | SU | 3 uT rientra nei limiti |
| TRATTO 1 | 1,55 uT | SU | 3 uT rientra nei limiti |
| TRATTO 2 | 1,75 uT | SU | 3 uT rientra nei limiti |
| TRATTO 3 | 0,078 uT | SU | 3 uT rientra nei limiti |
| TRATTO 4 | 0,015 uT | SU | 3 uT rientra nei limiti |

| | |
|------------|---------------|
| 12/01/2017 | BDISP-TAVOLA1 |
| | SCALA 1:30 |
| | TAVOLA 1 |



**fashion
lamp s.r.l.**
Elettrotecnica
Trasformatori



Via C. Battisti, 47 Montebonello
50065 PONTASSIEVE (FI)
Tel. 055 8397529 r.a. Fax 055 8397432
P.IVA e Reg. Imp. IT 05169890489
Email info@fashionlamp.it internet www.fashionlamp.com



Certificate Number **10714**
ISO 9001

RELAZIONE A CURA DI
p.i. MASSIMO DUGINI