



Tauw

COVER



3ba srl
Servizi di Progettazione
di Ingegneria Integrata a socio unico

CENTRO ENERGIA

**Progetto di ammodernamento con
miglioramento ambientale della Centrale
Termoelettrica Centro Energia Ferrara S.r.l.**

CENTRO ENERGIA FERRARA S.r.l.

Relazione interferenze elettromagnetiche

24 marzo 2020

Ns rif. 1667581LMA-V01_2020

Riferimenti

Titolo Progetto di ammodernamento con miglioramento ambientale della Centrale Termoelettrica Centro Energia Ferrara S.r.l. – Relazione CEI 0-2 per richiesta STMG

Cliente CENTRO ENERGIA FERRARA S.r.l.

EMISSIONE		CO-VER	Cod. 20003E00ET002		
00	24/03/2020	Emissione per autorizzazioni	D. Stangalino	O. Retini	D. Stangalino
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Numero di pagine 12

Data 24 Marzo 2020



Colophon

Tauw Italia S.r.l.
 Galleria Giovan Battista Gerace 14
 56124 Pisa
 T +39 05 05 42 78 0
 E info@tauw.com

Il presente documento è di proprietà del Cliente che ha la possibilità di utilizzarlo unicamente per gli scopi per i quali è stato elaborato, nel rispetto dei diritti legali e della proprietà intellettuale. Tauw Italia detiene il copyright del presente documento. La qualità ed il miglioramento continuo dei prodotti e dei processi sono considerati elementi prioritari da Tauw Italia, che opera mediante un sistema di gestione certificato secondo la norma

UNI EN ISO 9001:2015.



Ai sensi del GDPR n.679/2016 la invitiamo a prendere visione dell'informativa sul Trattamento dei Dati Personali su www.tauw.it.



Indice

1	Introduzione.....	4
2	Normativa di riferimento	4
3	Descrizione dell'impianto.....	5
4	Campi magnetici.....	5
4.1	Generalità.....	5
4.2	Campo magnetico prodotto dalla sottostazione	5
4.3	Campo magnetico prodotto dai cavi di alta tensione interni alla centrale	6
4.4	Campo magnetico prodotto dai trasformatori AT/MT – TR1 e TR2	8
4.5	Campo magnetico prodotto dai trasformatori di unità – TR-AUS1/2.....	8
4.6	Campo magnetico prodotto dai trasformatori ausiliari MT/BT TRA-TRB	9
4.7	Campo magnetico prodotto dai condotti sbarra a 15 kV	10
4.8	Campo magnetico prodotto dai cavi di media tensione a 6 kV	11
4.9	Campo magnetico prodotto dai condotti sbarre in bassa tensione	12
5	CAMPI ELETTRICI.....	12

ALLEGATI:

20003E00EL007 - planimetria distanze di prima approssimazione



1 Introduzione

Il presente documento ha come scopo la valutazione dei campi elettromagnetici prodotti dalle apparecchiature elettriche (sottostazione in aria, trasformatori, linee in cavo in alta e media tensione) installate presso il Centro Energia Ferrara S.r.l. sito all'interno del polo industriale di Ferrara.

Si tratta del progetto di modifica con miglioramento ambientale della esistente centrale Termoelettrica CEF che sarà trasformata in una centrale con turbine a gas in ciclo aperto con un limite termico massimo di 299 MWt.

La valutazione del campo magnetico consiste nella determinazione della distanza di prima approssimazione (nel seguito indicata con Dpa) in accordo alle prescrizioni del DPCM del 8 luglio 2003.

2 Normativa di riferimento

Nella stesura della presente relazione tecnica, sono state seguite le prescrizioni indicate e applicabili al caso specifico dalle seguenti norme:

- ✓ Decreto Ministeriale del 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne".
- ✓ Legge Quadro n. 36 del 22/02/01 e relativo DPCM 08-07-2003 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
- ✓ Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003: Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.
- ✓ Decreto Ministeriale 29 maggio 2008: Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.
- ✓ Norma CEI 106-11: "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003".
- ✓ Guida CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche".
- ✓ Guida CEI CLC/TR 50453 "Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza".
- ✓ DLgs 81/2008 del 9/4/2008 "Testo unico sulla sicurezza".
- ✓ Norma CEI EN 61936-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni".

3 Descrizione dell'impianto

Il progetto di modifica con miglioramento ambientale della esistente centrale termoelettrica CEF consiste nello smantellato della esistente centrale e nella installazione di n.2 turbine a gas in ciclo semplice accoppiate a generatori sincroni con una potenza elettrica di 63 MW cadauno.

I nuovi generatori saranno installati all'interno dell'area dell'attuale centrale elettrica, dove saranno connessi con condotto sbarri ai trasformatori elevatori (step-up) e tramite cavi in alta tensione con posa interrata alla sottostazione AT.

I servizi ausiliari di centrale saranno alimentati dai trasformatori ausiliari derivati con connessione rigida dai condotti sbarre in uscita dai generatori.

4 Campi magnetici

4.1 Generalità

L'intensità del campo magnetico prodotto dagli elettrodotti (sia linee in cavo che conduttori nudi aerei) e/o dalle apparecchiature elettriche installate nelle sottostazioni elettriche può essere calcolata con formule approssimate secondo i modelli bidimensionali indicati dal DPCM 8/7/2003 e dal DM 29/5/2008.

La Norma CEI 106-11 costituisce una guida per la determinazione della fascia di rispetto per gli elettrodotti in accordo al suddetto DPCM.

La fascia di rispetto comprende lo spazio circostante un elettrodotto, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, dove l'induzione magnetica è uguale o maggiore dell'obiettivo di qualità.

Secondo la Legge 36/01 e il DPCM 8/7/03 allegato A l'obiettivo di qualità corrisponde al limite di 3 μ T da rispettare nella costruzione dei nuovi elettrodotti.

Dalla proiezione al suolo della fascia di rispetto si ottiene la Dpa (distanza di prima approssimazione) misurata tra la proiezione al suolo del baricentro dei conduttori e la proiezione al suolo della fascia di rispetto.

Infine si tenga presente che l'intensità del campo magnetico è funzione dell'intensità della corrente e della distanza tra i conduttori e diminuisce all'aumentare della distanza dal baricentro dei conduttori. A favore della sicurezza per il calcolo della fascia di rispetto il DM 29/5/2008 impone si utilizzi la portata massima dell'elettrodotto e/o delle linee in cavo, e non la corrente di massimo impiego. La portata massima è definita in funzione delle caratteristiche costruttive delle apparecchiature e delle linee elettriche.

4.2 Campo magnetico prodotto dalla sottostazione

Secondo il DM 29/5/2008 (art. 5.2.2) per le sottostazioni in genere la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso.

Considerando le sbarre principali in tubolare di alluminio di diametro 100/86 mm, con una distanza tra le fasi di 2,2 m (valore unificato dal codice di rete di Terna per le stazioni a 132 kV), con una corrente nominale delle sbarre di 647 A (corrispondente alla potenza installata di 148 MVA), si



ottiene una fascia di rispetto e quindi una Dpa (distanza di prima approssimazione) di 13 m, oltre la quale l'induzione è inferiore ai 3 microtesla e quindi nei limiti di legge imposti dalla normativa nazionale (obiettivo di qualità del DPCM 8/7/03).

I 13 m vanno calcolati dal baricentro dei conduttori e quindi dalla fase centrale delle sbarre in aria. La proiezione al suolo di tale fascia di rispetto determina la distanza di prima approssimazione Dpa che risulta essere quindi di 13 m.

4.3 Campo magnetico prodotto dai cavi di alta tensione interni alla centrale

Le caratteristiche del cavo di alta tensione utilizzato all'interno della centrale per il collegamento dei trasformatori elevatori alla sottostazione sono di seguito riportate:

Tipo di cavo:	ARE4H1E 87/150 kV
Formazione:	3x(1x400) mm ²
Tipo di isolamento:	XLPE (polietilene reticolato)
Materiale:	alluminio
Schermo:	rame
Sezione schermo:	95 mm ²
Guaina esterna:	polietilene
Tensione nominale d'isolamento:	87/150 kV
Tensione massima permanente di esercizio:	170 kV
Frequenza:	50 Hz
Portata:	540 A
Diametro esterno:	62,8 mm

Il calcolo delle fasce di rispetto è stato eseguito in accordo con quanto previsto dal Decreto 29 Maggio 2008 del ministero dell'Ambiente e relativo allegato, valutando:

- la distanza di prima approssimazione (DPA) generata dal cavo in oggetto,
- la fascia di rispetto calcolata ad 1m dal suolo.

Considerando una posa interrata a trifoglio alla profondità di 1,5 m si ottiene una distanza di prima approssimazione Dpa di 1,7 m.

Il valore dell'induzione a 1 m dal suolo risulta di 1,4 microtesla e quindi inferiore all'obiettivo di qualità (3 microtesla).

Il tracciato è stato pertanto eseguito tenendo conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a 3 μ T.

In Fig. 1 è riportata la curva a 3 μ T lungo una sezione perpendicolare al tracciato del cavo, calcolata alla piena portata.

Dalla suddetta curva si deduce una distanza di prima approssimazione (DPA) di circa 1,7 m per parte.

Il reale andamento dell'induzione magnetica ad 1 m di altezza dal suolo è invece riportato in Fig. 2; si nota che a 1 m dal suolo il valore massimo dell'induzione magnetica generata dal cavo è pari a circa 1,14 μ T, pertanto a tale altezza i valori sono sempre inferiori all'obiettivo di qualità di 3 μ T.

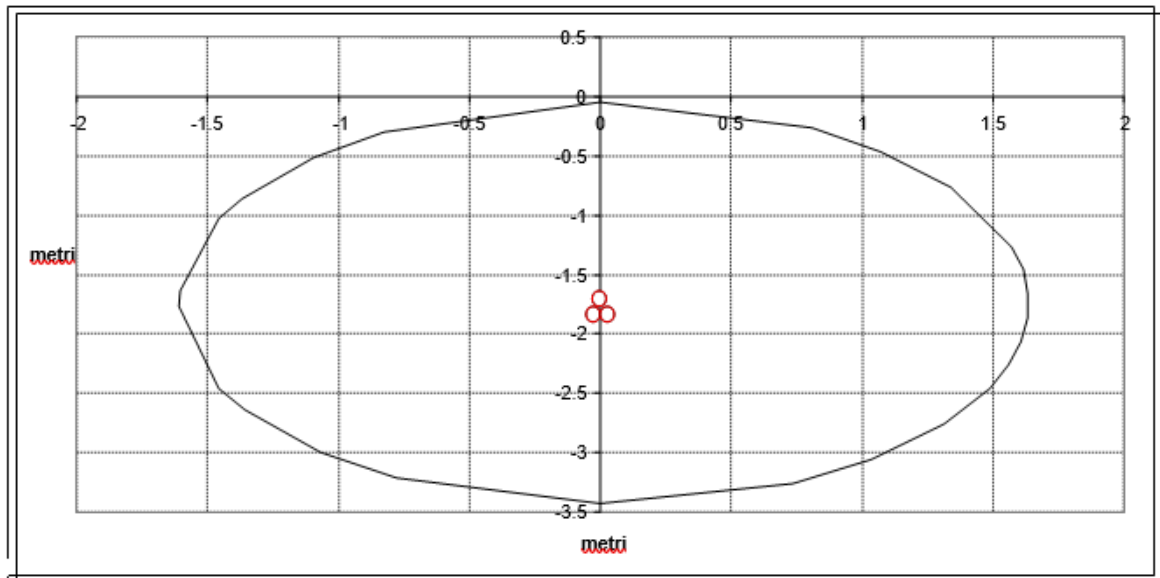


Fig. 1: curva a $3 \mu\text{T}$ in una sezione perpendicolare al tracciato del cavo

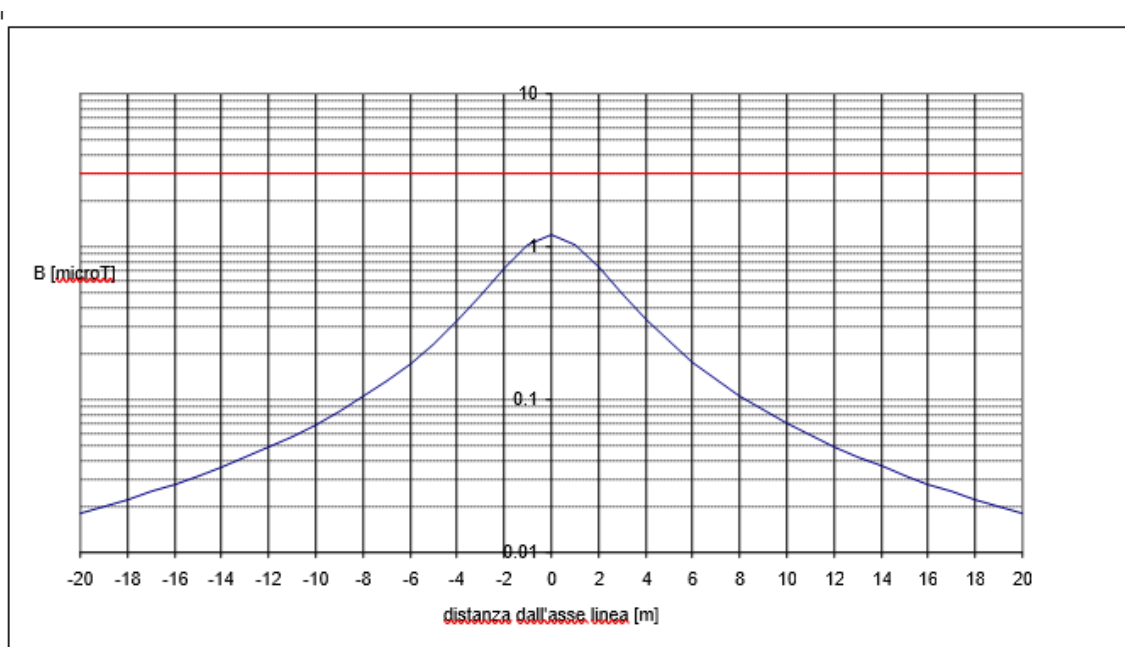


Fig. 2: andamento dell'induzione magnetica in una sezione perpendicolare al tracciato del cavo, calcolata ad 1 m dal suolo

4.4 Campo magnetico prodotto dai trasformatori AT/MT – TR1 e TR2

Le caratteristiche dei trasformatori elevatori sono di seguito indicate:

Potenza nominale	kVA	59/65000
Tensione nominale primaria	kV	131
Tensione nominale secondaria	kV	11,5
Regolazione		$\pm 4 \times 2\%$
Commutatore		Sotto carico
Gruppo vettoriale		YNd11
Impedenza di corto circuito (alla potenza e rapporto nominale)	Vcc	8,3
Sistema di raffreddamento		ONAN-ONAF

La valutazione del campo magnetico è stata effettuata recependo alcune indicazioni del rapporto CLC/TR 50453 e della Guida CEI 211-4, in quanto nel D.M. 29 maggio 2008 “Metodi numerici per il calcolo delle fasce di rispetto” non viene contemplato questo particolare caso.

Le indicazioni delle suddette pubblicazioni permettono di poter effettuare le seguenti considerazioni:

- ✓ I valori più significativi del campo magnetico a frequenza di rete sono dovuti alla corrente che circola nei terminali a bassa tensione.
- ✓ Il campo magnetico del trasformatore, prodotto dalle correnti che circolano negli avvolgimenti può essere trascurato.

Sulla base di queste considerazioni, dato che l'avvolgimento secondario del trasformatore è collegato al condosbarre a 11,5 kV proveniente dal generatore, possiamo prendere come riferimento il valore calcolato per il condotto sbarre di media tensione (vedi paragrafo dedicato).

In analogia al paragrafo 5.1.4.5 del decreto 29 Maggio 2008 incrementiamo la distanza di prima approssimazione di 1,5 volte per eventuali cambi di direzione, ottenendo un valore di 25,5 m.

In conclusione la distanza di prima approssimazione (Dpa) del singolo trasformatore elevatore risulta essere di 25,5 m.

4.5 Campo magnetico prodotto dai trasformatori di unità – TR-AUS1/2

Le caratteristiche dei trasformatori di unità sono di seguito indicate:

Potenza nominale	kVA	5000
Tensione nominale primaria	kV	11,5
Tensione nominale secondaria	kV	6,3
Regolazione		$\pm 2 \times 2,5\%$
Commutatore		A vuoto
Gruppo vettoriale		Dyn1

Impedenza di corto circuito (alla potenza e rapporto nominale)	V _{cc}	8
Sistema di raffreddamento		ONAF

Sulla base delle considerazioni esposte al paragrafo 4.5, si può ritenere che i valori più significativi sono quelli prodotti dai cavi elettrici di media tensione collegati all'avvolgimento secondario.

La corrente secondaria del trasformatore è pari a 481,7 A e sono impiegati 2 cavi (1x300) mm² in parallelo per fase.

In corrispondenza dei terminali di media tensione i cavi di ogni fase sono tutti raggruppati insieme e collegati allo stesso terminale. La distanza tra i terminali di media tensione è di 350 mm.

Considerando come valore di corrente quella nominale dell'avvolgimento secondario del trasformatore (482 A), si ottiene un valore della distanza di prima approssimazione pari a 4,42 m.

In analogia al paragrafo 5.1.4.5 del decreto 29 Maggio 2008 incrementiamo la distanza di prima approssimazione di 1,5 volte per eventuali cambi di direzione, ottenendo un valore di 6,62 m.

In conclusione la distanza di prima approssimazione (Dpa) dei trasformatori di unità risulta essere di 6,62 m.

4.6 Campo magnetico prodotto dai trasformatori ausiliari MT/BT TRA-TRB

Le caratteristiche dei trasformatori ausiliari (TR-A, TR-B) sono di seguito indicate:

Potenza nominale	kVA	2500
Tensione nominale primaria	kV	6
Tensione nominale secondaria	kV	0,4
Regolazione		± 2 x 2,5%
Commutatore		A vuoto
Gruppo vettoriale		Dyn11
Impedenza di corto circuito (alla potenza e rapporto nominale)	V _{cc}	7
Sistema di raffreddamento		ONAN

Il trasformatore è collegato al quadro di bassa tensione per mezzo di un condotto sbarre isolato in aria da 4000 A, con una distanza tra le fasi di 40 mm.

Per il calcolo viene utilizzata la formula indicata nell'Art. 5.2.1 del Decreto 29 Maggio 2008, nella quale inserendo i suddetti valori si ottiene una fascia di rispetto e quindi una Dpa (Distanza di Prima Approssimazione) di 4,790 m, oltre la quale l'induzione è inferiore ai 3 microtesla.

In accordo alle prescrizioni dell'Art. 5.2 del Decreto 29 Maggio 2008 comma 2 lettera b) il valore della Dpa viene arrotondato al mezzo metro superiore, pertanto ne consegue un valore pari a 5 m.

Per ragioni di sicurezza la distanza di prima approssimazione (Dpa) di 5,00 m viene applicata al perimetro esterno del box, all'interno del quale è installato il trasformatore mt/bt, in analogia alle



prescrizioni della linea guida di ENEL per le cabine di trasformazione. La distanza di prima approssimazione si sviluppa in tutte le direzioni.

4.7 Campo magnetico prodotto dai condotti sbarra a 15 kV

I condotti sbarra a 11,5 kV che collegano i generatori ai trasformatori elevatori e ai trasformatori di unità sono realizzati a fasi segregate con conduttori di rame, con isolamento in aria e struttura di contenimento metallica.

Ogni conduttore è a sua volta contenuto all'interno di un involucro di alluminio di pari sezione, in modo che per effetto dei campi magnetici tale schermo sia percorso da corrente pari a quella del conduttore principale.

Le correnti indotte sugli involucri dei condotti hanno pertanto l'effetto di una completa schermatura del campo magnetico, che risulta nullo all'esterno dei condotti.

Il condotto sbarre ha le seguenti caratteristiche:

Tensione di isolamento: 17,5 kV

Conduttore: alluminio

Diametro esterno: 120 mm

Spessore: 8 mm

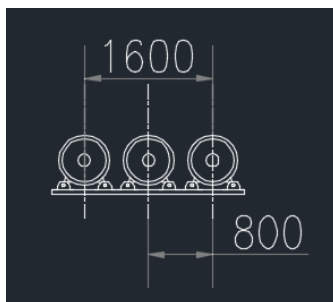
Involucro esterno: alluminio

Diametro: 540 mm

Spessore: 4 mm

Distanza tra le fasi: 800 mm

Portata: 3000 A



L'effetto schermante dei condotti sbarre dipende però dalla corrente che ricircola sugli involucri, la quale potrebbe essere differente dalla nominale per dissipazioni a terra o non corretta installazione. Ai fini cautelativi si può quindi considerare uno scenario in cui la corrente non sia schermata, per verificare la Dpa nelle condizioni peggiori.

Tenendo conto delle suddette informazioni si ottiene un valore della fascia di rispetto e quindi una Dpa (distanza di prima approssimazione) di 17 m, oltre la quale l'induzione è inferiore ai 3 microtesla.



4.8 Campo magnetico prodotto dai cavi di media tensione a 6 kV

I cavi di media tensione impiegati per i collegamenti delle apparecchiature elettriche di media tensione hanno le seguenti caratteristiche:

Tipo di cavo	unipolare
Conduttore:	rame ricotto stagnato secondo norma CEI 20-29
Forma conduttore:	corda rotonda compatta
Isolamento:	mescola etilenpropilenica di qualità G7 (HEPR)
Strati semiconduttori:	strati estrusi di materiale elastomerico semiconduttore
Schermo metallico:	rame non stagnato
Guaina esterna:	mescola termoplastica in PVC qualità Rz
Temperatura massima:	90 °C in condizioni di esercizio normali 250°C in condizioni di corto circuito
Posa:	interrata in tubo
Tensione nom. mass. impiego:	10 kV
Tensione tra fase e terra:	6 kV
Designazione del cavo:	RG7H1R 6/10 kV

Per il calcolo della Dpa sono state considerate le seguenti condizioni:

- ✓ Massima corrente per ogni singola linea, corrispondente alla massima portata dei cavi.
- ✓ Geometria in funzione del percorso cavi, ovvero banco tubi interrato ad una profondità variabile da 1,5 m a 1,1 m, con una terna in ogni tubo disposta a trifoglio, più linee adiacenti

Le formazioni per ciascuna linea di media tensione e i valori della fascia di rispetto e quindi della Dpa (distanza di prima approssimazione) sono di seguito indicati:

Formazione [mm ²]	Da	A	Diametro esterno [mm]	Portata [A] (NOTA 1)	Posa	Dpa [m]
2x3x(1x300)	TRAUS1	QMT	38,5	300	A trifoglio interrati	0,972
2x3x(1x300)	TRAUS2	QMT	38,5	300	A trifoglio interrati	0,972
3x(1x240)	QMT	TR-A	35,6	270	A trifoglio interrati	0,867
3x(1x240)	QMT	TR-B	35,6	270	A trifoglio interrati	0,867

Nota 1: valore di portata effettiva della singola terna.

Si precisa che i valori della Dpa sono stati calcolati considerando una sola terna di conduttori.

Per linee composte da più terne in parallelo si evidenzia che queste saranno posate in tubi distanziati tra loro di 2 volte il diametro esterno dei cavi oppure su passerelle distanziate di 300 mm in verticale e con una distanza di 2 volte il diametro tra due terne adiacenti. Quindi possono essere considerate come linee indipendenti.



4.9 Campo magnetico prodotto dai condotti sbarre in bassa tensione

I trasformatori mt/bt sono collegati al quadro di bassa tensione per mezzo di un condotto sbarre isolato in aria da 4000 A, con una distanza tra le fasi di 40 mm.

Con le suddette caratteristiche si ottiene una Dpa (Distanza di Prima Approssimazione) di:

Condotto sbarre trasformatore servizi ausiliari: 4,3 m

La distanza di prima approssimazione si sviluppa in tutte le direzioni.

5 CAMPI ELETTRICI

Tutti i componenti dell'impianto presentano al loro interno schermature o parti metalliche collegate all'impianto di terra, per cui i campi elettrici risultanti all'esterno sono del tutto trascurabili o nulli.

Tutti gli schermi o le masse metalliche saranno collegati a terra, imponendo il potenziale di terra, ovvero zero, agli stessi, col risultato di schermare completamente i campi elettrici.

Anche nel caso in cui gli effetti mitigatori delle schermature non dovessero essere totali, sicuramente le fasce di rispetto dovute ai campi elettrici saranno ridotte e ricadrebbero all'interno di quelle già calcolate per i campi magnetici.

Per le linee in cavo di alta e media tensione essendo i cavi schermati il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.