



Comune di Villacidro

Provincia del Sud Sardegna
Regione Sardegna



PROGETTO INTEGRATO DI PRODUZIONE ENERGETICA E AGRICOLA "PRIMMARIU EST" E "PRIMMARIU OVEST"
POTENZA NOMINALE 6 MW (TICA 249893159) + 6MW (TICA 249893261)
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

PROPONENTE

GRV SOLAR Sardegna 1 S.r.l. Via
Durini 9, 20122 MILANO
PEC: grvsolarsardegna1@legalmail.it



OGGETTO

RELAZIONE ELETTROMAGNETICA E DPA

TIMBRI E FIRME



STUDIO ROSSO
INGEGNERI ASSOCIATI

VIA ROSOLINO PILO N. 11 - 10143 - TORINO
VIA IS MAGLIAS N. 178 - 09122 - CAGLIARI
TEL. +39 011 43 77 242
studiorosso@legalmail.it
info@sria.it
www.sria.it

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE	
DATA	Dicembre/2021	
COD. LAVORO	441/SR20	
TIPOL. LAVORO	V	
SETTORE	G	
N. ATTIVITA'	01	
TIPOL. ELAB.	RG	
TIPOL. DOC.	E	
ID ELABORATO	16	
VERSIONE	00	

REDATTO

Ing. Giorgio Efisio DEMURTAS

CONTROLLATO

Ing. Giorgio Efisio DEMURTAS

APPROVATO

ing. Roberto SESENNA

ELABORATO

V1.16

INDICE

1	OGGETTO.....	2
2	CONSIDERAZIONI PRELIMINARI.....	2
3	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
4	DEFINIZIONI.....	5
5	LIMITI DI ESPOSIZIONE E VALORI DI ATTENZIONE	6
6	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	7
7	MODELLO DI CALCOLO	8
7.1	PREMESSA	8
7.2	BASE TEORICA	8
7.3	CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO.....	10
8	CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO GENERATO DAL CAVIDOTTO MT 15 KV	11
9	CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO GENERATO DALLA CABINA DI SMISTAMENTO.....	12
10	CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO GENERATO DALLA CABINA DI CONSEGNA E SEZIONAMENTO.....	12
11	CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO GENERATO DALLE CABINE DI TRASFORMAZIONE	13
11.1	STIMA DPA PER CABINE COMPLESSE (POTENZE SUPERIORI A 630kVA)	13
12	RISULTATI DEI CALCOLI.....	15
12.1	EMISSIONE CAVIDOTTO MT:	15
12.2	EMISSIONE CABINA DI SMISTAMENTO	16
12.3	EMISSIONE CABINA DI CONSEGNA E SEZIONAMENTO.	16
12.4	EMISSIONE CABINA DI TRASFORMAZIONE	16
12.5	EMISSIONE CABINA PRIMARIA	16

1 OGGETTO

Il presente studio è finalizzato al calcolo preventivo delle emissioni elettromagnetiche non ionizzanti determinate dalle installazioni elettriche previste dal progetto di un due nuovi impianti di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza di 6 MW cadauno denominati Primmariu Est e Primmariu Ovest.

Entrambi gli impianti saranno allacciati alla rete di Distribuzione tramite una linea interrata in MT a 15 kV per ciascun impianto e realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in antenna da cabina primaria AT/MT VILLACIDRO. Ai fini della valutazione delle emissioni elettromagnetiche verrà calcolata la DPA considerando la sovrapposizione degli effetti dei CEM dei due impianti.

Verrà inoltre effettuata la valutazione delle emissioni elettromagnetiche e la DPA sia per le cabine di Trasformazione che per la cabina Smistamento che ospiterà Trasformatore da 100 kVA.

2 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

La popolazione ed i lavoratori sono esposti a campi elettromagnetici prodotti da una grande varietà di sorgenti che utilizzano l'energia elettrica a varie frequenze.

Tali campi, variabili nel tempo, occupano la parte dello spettro elettromagnetico che si estende dai campi statici alle radiazioni infrarosse. In questa gamma di frequenze (0 Hz - 300 GHz) i fenomeni di ionizzazione nel mezzo interessato dai campi sono trascurabili: pertanto le radiazioni associate a queste frequenze rientrano in quelle cosiddette radiazioni non-ionizzanti. Alle più basse frequenze, quando i campi sono caratterizzati da variazioni lente nel tempo, per esempio alle frequenze industriali di 50/60 Hz, o, più in generale, quando l'esposizione ai campi elettromagnetici avviene a distanze dalla sorgente piccole rispetto alla lunghezza d'onda, i campi elettrici e i campi magnetici possono essere considerati indipendentemente. Alle frequenze più alte o, più in generale, a distanze elevate rispetto alla lunghezza d'onda, i campi elettrici e i campi magnetici sono strettamente correlati tra di loro: dalla misura di uno di essi si può in genere risalire all'altro.

Negli ultimi decenni l'uso dell'elettricità è aumentato considerevolmente, sia per la distribuzione dell'energia elettrica sia per lo sviluppo dei sistemi di telecomunicazione, con conseguente aumento dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

I campi variabili nel tempo più comuni a cui le persone sono permanentemente esposti sono quelli derivanti dai sistemi di generazione, trasmissione, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica a 50/60 Hz, dai sistemi di trazione ferroviaria (0 Hz, 16 2/3 Hz e 25 Hz), dai sistemi di trasporto pubblico (da 0 Hz a 3 kHz) e dai sistemi di telecomunicazione (trasmettitori radiofonici e televisivi, ponti radio a microonde, stazioni radiobase per telefonia mobile, radar, ecc.).

La popolazione è esposta anche a campi di bassa intensità prodotti da apparecchiature domestiche (forni a microonde, televisori, videoterminali, ecc.) o industriali (azionamenti elettrici, apparecchi ad induzione, automobili elettriche, ecc.).

Per proteggere la popolazione dagli eventuali effetti nocivi dell'esposizione ai campi elettromagnetici prodotti da tali sorgenti, sono stati sviluppati in ambiti nazionali e internazionali diversi tipi di linee-guida: esse sono generalmente basate sull'individuazione di valori da non superare per alcune grandezze di base, derivanti da valutazioni biologiche (grandezze interne al corpo, quali la densità di corrente e la sovratemperatura corporea), cui corrispondono altre grandezze derivate esterne, facilmente misurabili e calcolabili, quali il campo elettrico e il campo magnetico.

L'esposizione umana dipende non solo dall'intensità dei campi elettromagnetici generati, ma anche dalla distanza dalla sorgente.

Nel caso specifico, non esistendo sorgenti di emissione ad alta frequenza, si analizza l'entità del campo elettromagnetico generato dalle installazioni elettriche al fine di verificare che i valori di campo siano minori di quelli ammessi dalla legge per salvaguardare la salute pubblica.

In particolare poiché gli elettrodotti e sottostazione di trasformazione e distribuzione produrranno campi elettromagnetici a bassa frequenza verranno valutati gli effetti delle radiazioni alle frequenze industriali di 50 Hz.

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

- Legge 22 Febbraio 2001, n. 36 – “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- D.P.C.M. 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”.
- D.M. 29/05/2008 (G.U. del 05/07/2008) – “Ministero dell’Ambiente e della tutela del territorio e del mare – Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- Allegato al D.M. 29/05/2008 (G.U. del 05/07/2008) – “Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici (APAT) - Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.
- Legge Regionale 12 Giugno 2006, N.9 (Art.54) “Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali”.
- Delibera regionale del 25 Marzo 2010, N 12/24 “avente per oggetto “Direttive regionali in materia di inquinamento elettromagnetico”.
- “CEI ENV 50166-1 1997-06 - Esposizione umana ai campi elettromagnetici Bassa frequenza (0-10 kHz)”.
- “CEI 11-60 2000-07 - Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV”.
- “CEI 211-6 2001-01 - Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”.
- “CEI 106-11 2006-02 - Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 Luglio 2003 (Art. 6). Parte 1 Linee elettriche aeree o in cavo.
- “CEI 211-4 2008-09 - Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche”.

4 DEFINIZIONI

Per quanto riguarda la definizione delle grandezze elettromagnetiche di interesse si fa riferimento alla norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione, «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 kHz - 10 KHz, con riferimento all'esposizione umana».

Per quanto riguarda le definizioni di esposizione, limite di esposizione, valore di attenzione, obiettivo di qualità, elettrodotto, valgono le definizioni contenute all'art. 3 della Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 55 del 7 marzo 2001.

- a) esposizione: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;
- b) limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettera a)
- c) valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettere b) e c). Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;
- d) obiettivi di qualità sono: 1) i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8; 2) i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva mitigazione dell'esposizione ai campi medesimi;
- e) elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- f) esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici: è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- g) esposizione della popolazione: è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;

Le frequenze industriali che verranno valutate (50 Hz) sono attualmente regolamentate dal D.P.C.M. 08/07/2003, il quale stabilisce i limiti di esposizione in base agli effetti acuti e alle distanze minime degli elettrodotti dalle abitazioni e dagli ambienti a permanenza prolungata e i criteri di risanamento in tutte quelle situazioni che non rispettano i limiti di esposizione.

5 LIMITI DI ESPOSIZIONE E VALORI DI ATTENZIONE

Le disposizioni del DPCM del 8/07/2003 fissano i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

Nel medesimo ambito, il decreto stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

L'Art 3 definisce i limiti di esposizione ed i valori di attenzione:

*“1) Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di **100 μ T** per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.*

*2) A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di **10 μ T**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio”.*

L'Art 4 definisce gli obiettivi di qualità:

*“Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di **3 μ T** per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio”.*

6 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Gli impianti fotovoltaico denominato “Primmariu Est e Primmariu Ovest” saranno progettati per produrre energia elettrica in collegamento alla rete di E-distribuzione (impianto grid – connected). La potenza di picco di ogni singolo impianto, risulterà pari a 6 MW cadauno e sarà data dalla somma delle potenze degli inverter.

Tale potenza nominale coinciderà con la potenza in immissione richiesta (art. 1.1,dd del TICA) e con la potenza ai fini della connessione (art. 1.1, del TICA).

Gli impianti saranno allacciati alla rete di Distribuzione tramite una doppia linea interrata in MT a 15 kV e realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in antenna da cabina primaria AT/MT VILLACIDRO.

7 MODELLO DI CALCOLO

7.1 PREMESSA

Si analizza l'entità del campo elettromagnetico generato dalle installazioni elettriche al fine di verificare che il valori di campo siano minori di quelli ammessi dalla legge per salvaguardare la salute pubblica.

Alla frequenza di 50 Hz il campo elettrico (misurato in V/m) e quello magnetico (misurato in T) possono essere considerati disaccoppiati, e analizzati, dal punto di vista fisico-matematico, separatamente.

Per sua natura (costante dielettrica notevolmente diversa da quella dell'aria) il corpo umano ha eccellenti capacità schermanti nei confronti del campo elettrico. Il campo elettrico quindi ha, per i valori di campo generato da qualsiasi installazione elettrica convenzionale, effetti del tutto trascurabili (si consideri a tal proposito che solo in prossimità di linee AT a 400kV, tensione non raggiunta in Italia in nessuna linea di trasmissione AT, si raggiungono valori di 4kV/m prossimi al limite di legge per zone frequentate, valore che si abbatta in maniera esponenziale all'aumentare della distanza del conduttore). Il campo elettrico risulta essere proporzionale alla tensione dell'installazione elettrica.

Il corpo umano, avendo permeabilità magnetica relativa pari a quella dell'aria, non ha capacità schermanti contro il campo magnetico, il quale lo attraversa completamente rendendo i suoi effetti più pericolosi di quelli del campo elettrico. Il campo magnetico è proporzionale al valore di corrente che circola nei conduttori elettrici ed i valori di corrente che si possono avere nelle ordinarie installazioni elettriche possono generare campi magnetici che possono superare i valori imposti dalle norme

7.2 BASE TEORICA

Quando una corrente elettrica attraversa un conduttore produce un campo magnetico. La densità del flusso è il flusso magnetico prodotto per unità di superficie.

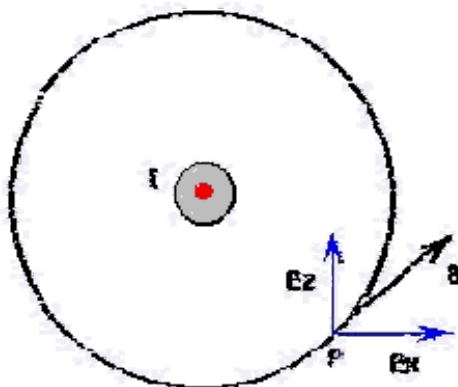
La densità di flusso magnetico B in un punto P prodotta da un conduttore lineare di lunghezza infinita e distante dal punto stesso, è espressa tramite la legge di Biot e Savart:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \quad [T]$$

Dove B_x e B_y , possono anche essere calcolati usando le seguenti equazioni:

$$B_x = B \cos \theta_x \quad B_y = B \cos \theta_y$$

Le funzioni trigonometriche sono calcolate secondo i riferimenti mostrati nelle figure seguenti:



essendo :

B – Induzione magnetica (Tesla = T) ($T = \text{Wb} / \text{m}^2$)

μ – permeabilità magnetica : $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$

ne segue:

$$B = \frac{2 \cdot I \cdot 10^{-7}}{r}$$

Calcolo

Nel caso in esame si hanno conduttori nei quali scorre un sistema di correnti trifasi:

$$I_1 = \sqrt{2} \cdot I \cdot \sin(\omega t)$$

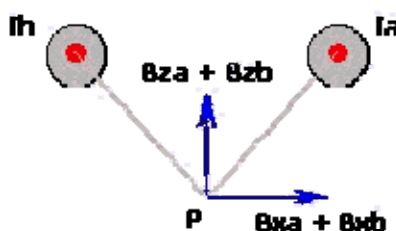
$$I_2 = \sqrt{2} \cdot I \cdot \sin(\omega t + 120)$$

$$I_3 = \sqrt{2} \cdot I \cdot \sin(\omega t - 120)$$

Con: $I = I_{\text{efficace}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$

Il campo totale nel punto considerato sarà la somma vettoriale dei campi generati dalle tre correnti. Poiché il campo magnetico è una entità vettoriale, le componenti secondo ciascun asse devono essere calcolate vettorialmente.

Nella figura seguente si riporta un esempio per due conduttori.



Il vettore induzione magnetica è dunque espresso dalla seguente equazione:

$$\vec{B} = \vec{B}_x \cos(\omega t + \theta_x) \cdot \hat{x} + \vec{B}_y \cos(\omega t + \theta_y) \cdot \hat{y} + \vec{B}_z \cos(\omega t + \theta_z) \cdot \hat{z}$$

il modulo di tale vettore è:

$$|\vec{B}| = \sqrt{\{B_x \cos(\omega t + \theta_x)\}^2 + \{B_y \cos(\omega t + \theta_y)\}^2 + B_z \cos(\omega t + \theta_z)\}^2}$$

Con le formule precedenti si calcola il valore istantaneo del campo, per ottenere il valore efficace si calcola il valore per differenti intervalli di tempo nel periodo.

$$B = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} B(t)^2 dt}$$

7.3 CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO

Il procedimento utilizzato si basa sui metodi standardizzati dal comitato Elettrotecnico Italiano (CEI 211-4 2008-09 - Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche)

Per i cavi interrati si è utilizzato un modello analogo.

I valori massimi delle correnti circolanti nelle diverse parti dell'impianto sono pertanto:

corrente massima 15 kV

462 A

Le assunzioni fatte appaiono abbastanza cautelative in quanto la corrente dell'impianto fotovoltaico può ridursi notevolmente in funzione della variabilità delle condizioni dell'irradiazione solare nell'arco della giornata (secondo il citato DPCM i limiti del campo sono da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore giornaliere nelle normali condizioni di esercizio).

8 CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO GENERATO DAL CAVIDOTTO MT 15 KV

Il campo elettrico generato dal cavidotto MT ha valori minori di quelli imposto dalla legge.

Questa affermazione deriva dalle seguenti considerazioni:

- I cavi utilizzati sono costituiti da un'anima in alluminio (il conduttore elettrico vero e proprio), da uno strato di isolante+semiconduttore, da uno schermo elettrico in rame, e da una guaina in PVC. Lo schermo elettrico in rame confina il campo elettrico generato nello spazio tra il conduttore e lo schermo stesso.
- Il terreno ha un ulteriore effetto schermante
- Il campo elettrico generato da una installazione a 15 kV è minore di quello generato da una linea, con conduttore non schermato (crudo), a 400 kV, il quale è minore ai limiti imposti dalla legge.

Non si effettua quindi un'analisi puntuale del campo generato ritenendolo trascurabile.

Per quanto riguarda il campo magnetico si considera per il calcolo cavidotto interrato una unica terna sulla quale passi la piena potenza dei due parchi fotovoltaici. In tale terna ipotetica circola una corrente che la più alta che si possa avere in nella rete MT degli impianti, quindi rappresenta la situazione più sfavorevole dal punto di vista della generazione del campo magnetico. Nei circuiti reali si avranno correnti minori e di conseguenza campi magnetici minori.

Si considera quindi la potenza di 12 MW, e una corrente sul singolo conduttore di 462 A alla tensione di 15kV

Nell'analisi si trascura inoltre l'effetto schermante del terreno.

Il valore calcolato, illustrato nei grafici allegati, sarà quindi sicuramente maggiore di quello effettivo.

9 CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO GENERATO DALLA CABINA DI SMISTAMENTO

Il D.M. 29/5/2008 prevede di applicare la procedura semplificata per calcolare la Distanza di Prima Approssimazione.

Sebbene la nostra cabina non è una cabina di trasformazione vera e propria in quanto non è presente il trasformatore di potenza, per cautela si è deciso di calcolare la DPA dalla cabina in quanto nella stessa è comunque presente un trasformatore 15 kV/400 V da 100 KVA necessario per i Servizi ausiliari.

Per il calcolo della DPA utilizzeremo pertanto le formule approssimate utilizzate nelle cabine di trasformazione.

Per tali cabine questa distanza si ottiene applicando la seguente formula:

$$DPA = 0,40942 * \sqrt{I} * X^{0,5241}$$

Dove:

DPA= Distanza di Prima Approssimazione [m]

I= corrente nominale secondaria del trasformatore [A]

x= diametro dei cavi in uscita dal trasformatore [m]

La formula è stata ottenuta considerando un sistema trifase percorso da una corrente pari alla corrente nominale del trasformatore, e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi in uscita dal trasformatore stesso.

Secondo il D.M. 29/5/2008 la formula può essere senz'altro applicata per le cabine a box di dimensioni circa 4x2m h=2,4÷2,7m con trasformatore fino a 630kVA.

Applichiamo la formula anche al caso in oggetto, in cui l'unica differenza risulta il trasformatore da 100kVA.

La corrente nominale secondaria del trasformatore risulta essere: I= 144 A

Considerando che si hanno 3 corde per fase da 25 mm², cavo di tipologia FG7(O)R, il diametro esterno di ciascun cavo è di 5,6mm; ipotizzando che i cavi siano posti orizzontalmente, il diametro massimo (distanza tra le fasi) si ottiene moltiplicando il diametro di un cavo per il numero di conduttori per fase.

Quindi risulta: x=0,0174 m.

10 CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO GENERATO DALLE CABINE DI CONSEGNA E SEZIONAMENTO

Le cabine di cui al presente capitolo saranno oggetto di consegna ad e-distribuzione durante le fasi di esercizio dell'impianto. La cabina di consegna, a discrezione di e-distribuzione, potrà prevedere al suo interno la presenza di un trasformatore 15 kV/400 V da 100 KVA necessario per eventuali allacciamenti BT dalla cabina. La cabina di sezionamento non prevede l'installazione di trasformatori al suo interno: le dimensioni ridotte della cabina non lo consentono. La similitudine di tali cabine con la cabina di smistamento, consente di assumere, con buon margine di sicurezza che la DPA delle stesse sia al massimo pari alla DPA calcolata per la cabina di cui al capitolo precedente.

11 CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO GENERATO DALLA CABINA DI TRASFORMAZIONE

Riguardo i trasformatori MT/BT il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore. Per distanze comprese tra 1 m e 10 m da un trasformatore in resina si può calcolare il valore del campo magnetico con la seguente formula (fonte SIEMENS):

$$B = 5 \frac{u_{cc}}{6} \sqrt{\frac{S_r}{630}} \left(\frac{3}{a}\right)^{2,8}$$

Dove U_{cc} è la tensione percentuale di cortocircuito; S_r è la potenza nominale del trasformatore (kVA);
 a è la distanza dal trasformatore.

La stima che ne deriva dalla formula è sovrastimata rispetto la realtà, ma permette di distanziare correttamente le macchine elettriche rispetto da eventuali luoghi con prolungate permanenze.

11.1 STIMA DPA PER CABINE COMPLESSE (POTENZE SUPERIORI A 630kVA)

Nel caso si debba stimare la DPA per un solo trasformatore di potenza superiore a 630 kVA si propone di utilizzare la formula riportata di seguito ipotizzando che tutta la corrente del lato bassa tensione sia canalizzata in un unico cavo collocato adiacente il muro interno della cabina, la formula non è altro che una derivazione della legge di Biot e Savart.

$$B = \frac{0.35 \cdot I \cdot D}{R^2}$$

Dove

I è la corrente circolante nei cavi in ampere (A)

D la distanza tra i conduttori in metri (m)

R la distanza dai cavi.

Come valore di corrente (I) occorre inserire la massima corrente circolante sul lato bassa tensione del trasformatore. La corrente si può calcolare con la formula seguente, di derivazione CEI per conduttori in rame, in funzione della potenza del trasformatore (P in kVA).

$$I = P/V \cdot \sqrt{3}$$

V tensione concatenata BT

La distanza D in metri (diametro conduttori) si può stimare se non conosciuta considerando la massima corrente circolante in un cavo in funzione della sezione fissata pari a 1,3 A/mm².

$$D = 0,0021 \cdot \sqrt{\frac{I}{4}}$$

Combinando le relazioni precedenti e sostituendo $B=3\mu T$ si ottiene la $R=DPA$ pari a:

$$DPA = 0.015 \cdot P^{0.75}$$

Il vantaggio di questa formula è quello di non dover cercare il diametro dei conduttori essendo calcolato matematicamente.

Analogamente si può stimare la D.P.A. di una cabina costituita da più trasformatori ipotizzando che tutta la corrente del lato bassa tensione sia canalizzata in un unico cavo collocato adiacente il muro interno della cabina.

$$DPA = 0.015 \cdot \left(\sum_i P_i \right)^{0.75}$$

12 RISULTATI DEI CALCOLI

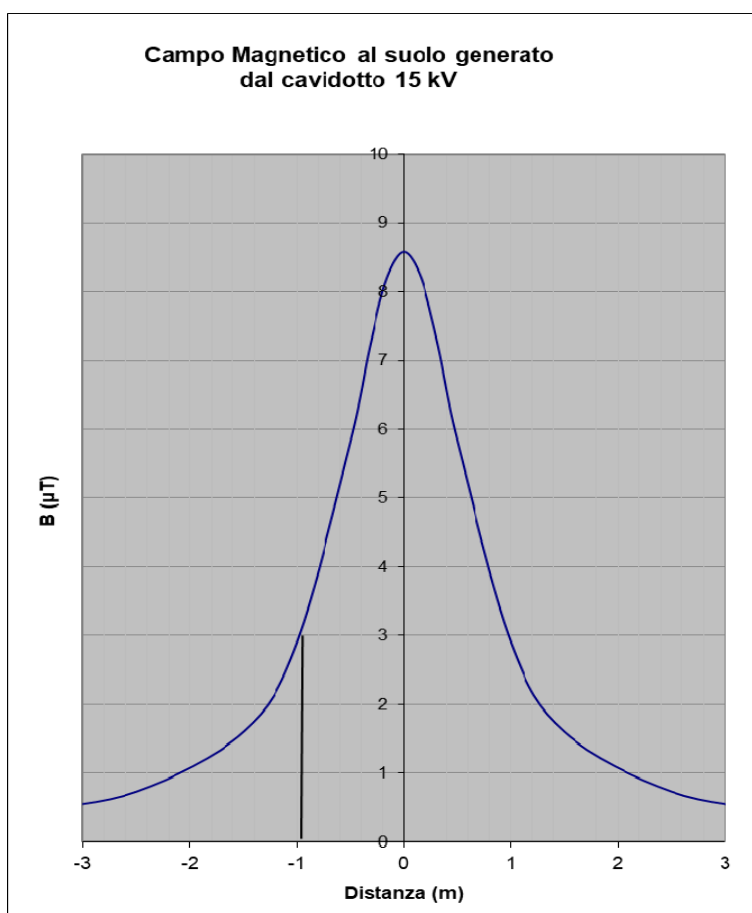
Solamente nel caso del cavidotto a 15 kV è stato calcolato il campo magnetico e successivamente la relativa DPA, mentre per la cabina di smistamento e la cabina di trasformazione è stata calcolata direttamente la DPA utilizzando le formule semplificate.

12.1 EMISSIONE CAVIDOTTO MT:

Campo Magnetico massimo (al suolo): $8,5 < 100 \mu\text{T}$

Campo Elettrico: trascurabile

L'installazione soddisfa i limiti di esposizione imposti dalla normativa vigente.



NB: Si noti come a circa 1 metro dall'asse del cavidotto MT si raggiunge l'obiettivo di qualità dei $3 \mu\text{T}$.

Nella fascia di rispetto dei $3 \mu\text{T}$ non risultano punti sensibili così come definiti dal DPCM del 8/07/2003 e vengono pertanto rispettati anche gli obiettivi di qualità oltre che i limiti legislativi;

12.2 EMISSIONE CABINA DI SMISTAMENTO

Applicando la formula descritta precedentemente e con i valori riportati nel capitolo 9 si ottiene:

$$Dpa = 0,40942 * x^{0,5241} * \sqrt{I}$$

DPA \cong 0,6 m

La fascia di rispetto si estende quindi per 0,6 m nell'intorno della cabina; oltre questa fascia l'induzione elettromagnetica assume valori al di sotto di 3 μ T.

12.3 EMISSIONE CABINE DI CONSEGNA E SEZIONAMENTO

La similitudine di tali cabine con la cabina di smistamento, consente di assumere, con buon margine di sicurezza che la DPA delle stesse sia al massimo pari alla DPA calcolata per la cabina di cui al paragrafo precedente.

DPA \leq 0,6 m

12.4 EMISSIONE CABINA DI TRASFORMAZIONE

Applicando la formula sottostante per la cabina di trasformazione da 3000 MVA si ottiene:

$$DPA = 0.015 \cdot P^{0.75}$$

DPA=6,08 m

La fascia di rispetto si estende quindi per circa 6 m nell'intorno della cabina; oltre questa fascia l'induzione elettromagnetica assume valori al di sotto di 3 μ T.

12.5 EMISSIONE CABINA PRIMARIA

Riguardo le emissioni della cabina primaria, il relativo calcolo della DPA e le verifiche ad essa correlate, si precisa che tale analisi è in capo ad altro proponente, capofila per la progettazione definitiva delle opere di rete.