

COMUNE DI TARANTO

(PROVINCIA DI TARANTO)

50019 Sesto Fiorentino
Via Tevere, 60
Telefono (055) 33671
FAX (055) 3367333
E-mail: inres@inres.coop.it

INRES
Istituto Nazionale
Consulenza, Progettazione, Ingegneria

PROPRIETA': COOP ESTENSE

OGGETTO: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU PENSILINE

ALLEGATO	1	SCALA	DATA	REVISIONE
			AGOSTO 2011	
TITOLO	- RELAZIONE ESPOSIZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI			STUDIO DI PROGETTO Ing. Vincenzo Gigli

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. OPERE CIVILI ED INDUSTRIALI	3
2.1. Caratteristiche della Sezione di Scavo	4
3. TRASPORTO ENERGIA PRODOTTA.....	5
4. CARATTERISTICHE ELETTROMECCANICHE DELLA LINEA DI PROGETTO.....	5
5. CAMPI ELETTRICI E CAMPI MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (ELF).....	5
5.1. Definizioni e unità di misura.....	5
6. ASPETTI NORMATIVI	6
6.1. “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” n. 36 del 22 Febbraio 2001	6
6.2. D.P.C.M. 8 luglio 2003.....	6
6.3. Le linee elettriche	7
6.4. Linee elettriche interrate a MT	7
7. CALCOLO E VERIFICA DEI CAMPI ELF EMESSI DALLA LINEA INTERRATA IN ESAME	8
7.1. CONDIZIONI DI CARICO ED IPOTESI DI CALCOLO.....	9
7.2. RISULTATI DEL CALCOLO E CONCLUSIONI PER IL CAVIDOTTO INTERRATO.....	9
8. CAMPI ELETTRICI E CAMPI MAGNETICI NELLE CABINE MT/BT	10
8.1. CALCOLO E VERIFICA DEI CAMPI ELF EMESSI CONDIZIONI DI CARICO ED IPOTESI DI CALCOLO	10
8.2. RISULTATI DEL CALCOLO E CONCLUSIONI PER LA CABINA ELETTRICA FV01 E FV02 .	11
8.3. CALCOLO PER CABINA ELETTRICA FV01	11
8.4. CALCOLO PER CABINA ELETTRICA FV02	12
8.5. CONCLUSIONI.....	12

1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la progettazione esecutiva di un campo fotovoltaico su Pensiline in località Taranto via per Montemesola km 10. Per “campo” si intende l'insieme di tutti i blocchi o sottocampi che costituiscono l'impianto fotovoltaico. La potenza nominale del campo fotovoltaico progettato, così come meglio descritto negli elaborati grafici e nella relazione tecnica allegata, è pari a **1.962,00 kWp**.

Per la realizzazione del tracciato in progetto non si prevedono particolari interferenze con l'utilizzo antropico del luogo né tantomeno rilevanti interferenze di tipo ambientale.

L'intensità del campo elettrico in un punto dello spazio circostante un singolo conduttore è correlata alla tensione ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto dal conduttore. L'intensità del campo induzione magnetica è invece proporzionale alla corrente che circola nel conduttore ed inversamente proporzionale alla distanza. Nel caso di terne elettriche, il campo elettrico e di induzione magnetica sono dati dalla somma vettoriale dei campi di ogni singolo conduttore. Nel caso di macchine elettriche i campi generati variano in funzione della tipologia di macchina (es. trasformatore) ed anche del singolo modello di macchina. In generale si può affermare che il campo generato dalle macchine elettriche decade nello spazio più velocemente che con il quadrato della distanza.

Il rapido decadimento consente un modesto valore dell'esposizione media anche dei soggetti più esposti, ovvero dei lavoratori addetti alla manutenzione delle linee e delle macchine elettriche dell'impianto.

I valori di campo indotti dalle linee e dalle macchine possono confrontarsi con le disposizioni legislative italiane.

2. OPERE CIVILI ED INDUSTRIALI

L'allacciamento alla rete elettrica nazionale sarà garantito mediante cavidotto interrato tra la cabina primaria esistente denominata “CABINA COOP” e due nuove cabine di consegna a servizio dell'impianto fotovoltaico denominate “Cabina FV01” e “Cabina FV02”.

Il cavidotto MT in oggetto, ubicato come detto nel territorio comunale di Taranto, sarà realizzato nella sede stradale dove sono ubicate le pensiline del campo fotovoltaico; il cavidotto presenta una lunghezza di circa 500 m, il tratto parte dalla cabina esistente di consegna dell'Ente Distributore, arriva fino alla Cabina primaria “CABINA COOP” e poi si dirige alle cabine fotovoltaiche “Cabina FV01” e “Cabina FV02”. Oggetto del presente studio è questo secondo tratto di nuova installazione per la connessione delle nuove due cabine FV01 e FV02. Il cavidotto sarà realizzato in ottemperanza alle specifiche ENEL, sarà completamente interrato in cavidotto in PVC spiralato a doppia camera.

L'elettrodotta in cavo interrato in oggetto costituisce l'elemento di collegamento tra la cabina Primaria “CABINA COOP”, e la sezione MT delle due cabine : “Cabina FV01” e “Cabina FV02”.

L'elettrodotta dovrà assicurare una portata pari alla potenza nominale dell'impianto in oggetto.

INRES S.c.

Istituto Nazionale

Progettazione, Consulenza, Ingegneria

La linea sarà completamente realizzata in cavo interrato, in modo da ridurre al minimo l'impatto ambientale. I cavi utilizzati saranno del tipo unipolare ad elica avvolta ad isolamento solido estruso con conduttori di alluminio, aventi una sezione nominale non inferiore a 185 mm².

L'isolamento sarà costituito da miscela a base di polietilene reticolato (XLPE) o, in alternativa, da miscela elastomerica reticolata ad alto modulo a base di gomma sintetica (HEPR), qualità G7 rispondente alle norme CEI 20-11 e 20-13: in entrambi i casi la temperatura di esercizio del cavo sarà pari a 90° C. Lo schermo elettrico è in semiconduttore estruso sull'isolante. Lo schermo fisico è in alluminio, a nastro, con o senza equalizzazione. La guaina protettiva può essere in polietilene o PVC.

Dati Nominali di Funzionamento dell'Elettrodotta in Cavo Interrato

- Tensione nominale 20 kV
- Frequenza nominale 50 Hz
- Corrente di impiego 55 A
- Corrente massima di esercizio 160 A
- Potenza massima trasmissibile 2.0 MW

2.1. Caratteristiche della Sezione di Scavo

L'elettrodotta in cavo interrato è alloggiata all'interno di uno scavo, di dimensioni opportune, così come indicato nella Tavola FV02, alla profondità di 1.1 m.

I cavi saranno quindi interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di circa 1.1 m, con disposizione delle fasi a trifoglio e configurazione degli schermi solid bonded.

Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di media, sarà posato un cavidotto per i servizi della cabina di consegna. Il cavidotto sarà posato contestualmente alla stesura del cavo ad una profondità di circa 60 cm.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata. Saranno protetti e segnalati superiormente da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da tegola di protezione in vetroresina. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto.

Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

In accordo alla normativa vigente, l'elettrodotta interrato sarà realizzato in modo da escludere, o rendere estremamente improbabile, la possibilità che avvenga un danneggiamento dei cavi in tensione provocato dalle opere sovrastanti (ad esempio, per rottura del sistema di protezione dei conduttori). Una volta realizzata la trincea si procederà con la posa dei cavi, che arriveranno nella zona di posa avvolti su bobine.

Al termine delle fasi di posa e di rinterro si procederà alla realizzazione degli interventi di ripristino. La fase comprende tutte le operazioni necessarie per riportare il territorio attraversato nelle condizioni ambientali precedenti la realizzazione dell'opera.

3. TRASPORTO ENERGIA PRODOTTA

L'energia generata e trasformata in Media sarà trasportata, per mezzo di linea in cavidotto dalla cabina di consegna dell'impianto alla stazione di consegna indicata dal Gestore della Rete di Trasporto Nazionale. Il cavidotto seguirà preferenzialmente la viabilità podereale esistente in modo da rispettare le necessarie distanze dai centri abitati per mantenere gli effetti della induzione magnetica nei limiti consentiti dalle vigenti leggi. La progettazione esecutiva e la costruzione dell'impianto verranno effettuate in osservanza delle Norme per l'esecuzione delle linee elettriche esterne di cui al regolamento di esecuzione della Legge 28.06.1986 n° 339 approvato con D.M. del 21.03.1988 e del D.P.C.M. del 23.09.1992 (Limiti massimi di esposizione ai campi elettrici e magnetici) e della Norma CEI 11-17 inerente gli Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica in cavo.

4. CARATTERISTICHE ELETTROMECCANICHE DELLA LINEA DI PROGETTO

L'impianto sarà allacciato alla rete di Distribuzione MT con tensione nominale di 20 kV tramite cabina di consegna esistente. La linea da posare avrà le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale: 20 kV
- Frequenza : 50Hz
- Conduttori: linea in cavo Cu 185 mmq
- Isolamento: gomma etilenpropilenica
- Profondità di interrimento del cavo:
 - su strada asfaltata pubblica :> di metri 1,10.
 - su strada sterrata o terreno agricolo:> di metri 1,10.

5. CAMPI ELETTRICI E CAMPI MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (ELF)

5.1. Definizioni e unità di misura

Quando si parla di campi elettrici e campi elettromagnetici a bassa frequenza ci si riferisce a quei campi compresi nell'intervallo 0 Hz e 3 kHz. In questo studio ci riferiamo ai campi a frequenza industriale generati dall'utilizzo dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz: la frequenza della rete elettrica. Sorgenti di campi ELF sono le linee elettriche per il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica e gli impianti per la trasformazione di tale energia nonché tutte quelle applicazioni alimentate a corrente elettrica di uso medico, industriale, civile e domestico (elettrodomestici). I campi elettrici e magnetici a 50 Hz si comportano come due agenti fisici separati la cui presenza si fa risentire in una regione dello spazio vicino alla sorgente i cui effetti devono essere analizzati separatamente. Il campo elettrico (E) dipende principalmente dalla tensione a cui funziona la sorgente. La sua intensità viene espressa in volt per metro (V/m). Il campo magnetico (H) dipende principalmente dalla corrente che circola nella sorgente. La sua intensità si esprime in ampere per metro (A/m) ma è anche espressa in termini di una grandezza

INRES S.c.

Istituto Nazionale

Progettazione, Consulenza, Ingegneria

corrispondente l'induzione magnetica indicata con la lettera B che si misura in tesla (T) e nei suoi sottomultipli il millitesla (mT) un millesimo di tesla, il microtesla (μT) un milionesimo di tesla. Inoltre si definiscono: esposizione, la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici di origine artificiale; limite di esposizione, il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti; valore di attenzione, valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici, e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate; obiettivi di qualità, valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

6. ASPETTI NORMATIVI

6.1. “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” n. 36 del 22 Febbraio 2001

La protezione dalle radiazioni è garantita in Italia dalla “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” n. 36 del 22 Febbraio 2001, che definisce:

- esposizione: la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici o a correnti di contatto di origine artificiale;
- limite di esposizione: 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 [...omissis...];
- valore di attenzione: 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 [...omissis...];
- obiettivi di qualità: i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo stato [...omissis...] ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

6.2. 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. Con tale D.P.C.M. vengono fissati: Limiti di esposizione e valori di attenzione: induzione magnetica non superiore a $100 \mu\text{T}$ e campo elettrico non superiore a 5 kV/m , intesi come valori efficaci. A titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, 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 $10 \mu\text{T}$, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. Obiettivi di qualità: nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere è fissato

INRES S.c.

Istituto Nazionale

Progettazione, Consulenza, Ingegneria

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.

6.3. Le linee elettriche

Le linee elettriche (elettrودotti) sono utilizzate per la trasmissione e la distribuzione dell'energia elettrica. Attualmente in Italia la distribuzione dell'energia elettrica avviene principalmente attraverso due tipologie di elettrodotti: Linee aeree – costituite da fili conduttori tesi in aria tra sostegni (tralicci) e fissati ad essi attraverso elementi isolanti.

Linee interrate – costituite da conduttori avvolti in appositi materiali isolanti in modo da permettere una maggiore vicinanza tra i conduttori senza il rischio di scariche.

Le due principali tipologie possono essere classificate in base alla tensione di esercizio, come di seguito riportato: **Linee elettriche di distribuzione ad alta tensione** (AT – in prevalenza 132 – 150 kV): partono dalle stazioni elettriche primarie ed alimentano le grandi utenze o le cabine primarie da cui originano le linee di distribuzione a media tensione; **Linee elettriche di distribuzione a media tensione** (MT – in prevalenza 15 – 20 kV): partono dalle cabine primarie ed alimentano le cabine secondarie e le medie utenze industriali. **Il presente studio si occuperà di linee interrate a media tensione (20 kV)**

6.4. Linee elettriche interrate a MT

Oltre a ridurre l'impatto paesaggistico i cavi interrati riducono in maniera significativa anche il campo elettrico ed il campo magnetico. I cavi delle linee interrate sono costituiti generalmente da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice ed un rivestimento protettivo. In genere i cavi con tensione di esercizio di 15/20 kV vengono posizionati nel terreno ad una profondità minima di 1 metro e possono essere disposti a terna piana (in piano ad alcuni centimetri di distanza l'uno dall'altro) o a trifoglio (ai vertici di un ipotetico triangolo e quindi attaccati l'uno all'altro). In prossimità delle linee elettriche si generano sempre un campo elettrico ed un campo magnetico a frequenza industriale (50Hz). L'intensità del campo elettrico dipende principalmente dalla tensione della linea e aumenta al crescere della tensione. Il valore efficace dell'intensità del campo elettrico prodotto in un punto da una linea di data tensione si mantiene costante. Hanno influenza sul campo elettrico, oltre che la tensione, la distanza dalla linea (presenta un massimo a qualche metro di distanza dall'asse della linea e decresce man mano che ci si allontana), la distanza dei conduttori da terra e la disposizione dei conduttori. Nel caso di linee elettriche interrate i campi elettrici già al disopra delle linee sono insignificanti e sempre minori rispetto alle linee aeree grazie all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno. Il campo magnetico di una linea elettrica dipende dall'intensità della corrente che circola nei conduttori. Poiché la corrente può variare nell'arco della giornata, della settimana o dell'anno anche l'intensità del campo magnetico varia di conseguenza. Hanno influenza sul campo magnetico oltre alla corrente anche la distanza dalla linea, la distanza dei conduttori da terra, la disposizione dei conduttori.

Il campo magnetico generato da una linea interrata si distribuisce in maniera diversa rispetto a quello generato da una linea aerea di tensione e di corrente corrispondente per diversi motivi. In primo luogo risulta diversa la distanza minima che separa i conduttori stessi da terra (almeno 1 metro). A causa di

INRES S.c.

Istituto Nazionale

Progettazione, Consulenza, Ingegneria

questo risulta che il valore massimo di campo magnetico prodotto dall'elettrodotto interrato al disopra dei cavi risulta confrontabile, se non addirittura maggiore, di quello prodotto da un elettrodotto aereo di pari caratteristiche elettriche.

Tuttavia essendo diversa anche la distanza che separa i vari conduttori tra loro (pochi centimetri), si ha che, non appena ci si allontana dalla linea, i valori di campo magnetico prodotti dall'elettrodotto interrato si riducono assai più rapidamente di quelli dell'elettrodotto aereo.

7. CALCOLO E VERIFICA DEI CAMPI ELF EMESSI DALLA LINEA INTERRATA IN ESAME

I campi ELF oltre che misurati possono essere stimati attraverso l'utilizzo di programmi di calcolo per la cui applicazione è necessaria la conoscenza di alcuni dati della linea elettrica. In particolare serve conoscere le caratteristiche geometriche della linea (diametro dei conduttori e loro reciproca posizione spaziale, distanza da terra), le sue caratteristiche elettriche (tensione, intensità di corrente) e la posizione (distanza e altezza) del punto dove devono essere valutati i campi rispetto ai conduttori della linea. Il calcolo che segue si rifà direttamente alle indicazioni della norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche" pubblicata dal Comitato Elettrotecnico Italiano nel luglio 1996. Trascurando il calcolo di verifica del campo elettrico che, per come detto in precedenza, risulta non significativo per le linee elettriche interrate, l'algoritmo di calcolo utilizzato per il calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge Biot-Savart che consente di calcolare in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo percorso da una corrente I attraverso la: $B = \mu_0/2\pi \times (I/r) \times (u_i \times u_r)$ Dove: r = distanza tra il conduttore e il punto di calcolo; $(u_i \times u_r)$ = prodotto vettoriale dei versori che indicano il verso della corrente e della relativa normale. Si faccia attenzione al fatto che nelle formule che seguono, l'induzione magnetica B viene misurata in microtesla (μT), le correnti I in ampère (A), le distanze in metri (m) e le superfici A in metri quadrati (m^2). Naturalmente B e I vanno intesi come valori efficaci.

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e dette (x_i, y_i) le coordinate del conduttore i -esimo, le componenti x e y totali dell'induzione magnetica generata nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

- $B_x = \mu_0/2\pi \times \sum I_i [(y - y_i)/((x - x_i)^2 + (y - y_i)^2)]$
- $B_y = \mu_0/2\pi \times \sum I_i [(x - x_i)/((x - x_i)^2 + (y - y_i)^2)]$

Nella verifica che segue altresì, a vantaggio delle misure di prevenzione sanitaria contro l'elettrosmog a tutela dei bambini, così come fissato dalla Circolare del Ministro dell'Ambiente 3 agosto 1999, la soglia massima di sicurezza di 0,2 microtesla (μT) per l'induzione magnetica.

7.1. CONDIZIONI DI CARICO ED IPOTESI DI CALCOLO

Per la trasmissione di energia elettrica interrata sono utilizzati (nella sezione di massimo carico) una fascia di cavi per media tensione. La fascia è formata da tre conduttori unipolari in rame ricotto non stagnato a corda rigida rotonda compatta, con tipo di isolatore ad alto modulo elastico e schermati sotto guaina di PVC e disposti in piano alla profondità di 1.1 m. Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. La riduzione così operata del campo elettrico consente agli individui di avvicinarsi maggiormente ai conduttori stessi, i quali come già detto sono di solito interrati a pochi metri di profondità. Poiché il campo elettrico risulta ampiamente entro i limiti di legge, sia nel caso della potenza effettiva calcolata sia nel caso di potenza nominale, non verrà considerato nei grafici che seguono. La disposizione dei cavi in opera è rettilinea. La corrente nominale, intesa come somma totale dei tre conduttori risulta $I = 160$ A; La tensione nominale $V = 20$ kV;



Schema Tipico posa dei cavi

7.2. RISULTATI DEL CALCOLO E CONCLUSIONI PER IL CAVIDOTTO INTERRATO

Nel caso in esame abbiamo un sistema trifase collegato a triangolo simmetrico ed equilibrato, con conduttori spazati d ; il campo per cavi rettilinei ha un andamento simile a quello dei Sistemi monofase con valore: $B = 0,346 \times (I \times d) / r_2$

I cavi di tipo RG7H1R sono intrecciati ad elica in modo da minimizzare l'induzione magnetica generata.

Per il cavo utilizzato abbiamo le seguenti specifiche

- Formazione 1 x 185mm²
- Diametro Conduttore 16mm.
- Spessore Isolamento 5,5 mm
- Diametro esterno 43,4 mm

La distanza tra due conduttori da considerare diventa:

$$d = ([\text{diametro esterno}] - [\text{diametro conduttore}]) = (43,4 - 16) = 27,4 \text{ mm}$$

Dalla relazione precedente si verifica $B = 0,2 \mu\text{T}$ alla distanza di $r_2 = 0,346 \times 43,3 \times 54,8 / 0,2 \Rightarrow r = 2,02 \text{ m}$

Come si può notare, il valore di qualità indicato nella Circolare del Ministero dell'Ambiente di $0,2 \mu\text{T}$ si raggiunge entro 2 m dall'asse del cavidotto mentre, quello indicato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 di $3 \mu\text{T}$ non si raggiunge mai. Ovviamente il cavo viene posato in profondità minima di 1m.

Per le considerazioni sopra svolte, per le indicazioni che vengono dalla letteratura scientifica e per le risultanze di calcolo, si può affermare che il costruendo cavidotto a 20 kV darà contributi in termini di campo elettrico e di induzione magnetica che nei riguardi delle abitazioni più prossime risulteranno al di

INRES S.c.

Istituto Nazionale

Progettazione, Consulenza, Ingegneria

sotto dei limiti di esposizione dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003 e che entro le fasce evidenziate nel precedente grafico non risultano risiedere ricettori sensibili.

8. CAMPI ELETTRICI E CAMPI MAGNETICI NELLE CABINE MT/BT

Nel caso in esame le due cabine MT/BT vengono installate all'esterno non in prossimità da zone abitate. Si applicano comunque i limiti del DPCM 8/7/03 che impongono come valori 3 μ T e 10 μ T. Per il calcolo proposto bisogna fare le seguenti considerazioni

- Il campo magnetico dipende dal valore della corrente e questa dipende dal carico
- I limiti si riferiscono a valori mediani misurati nell'arco delle 24 ore, nelle normali condizioni di esercizio

Nella nostra situazione nelle cabine MT/BT, il campo magnetico è più elevato in corrispondenza della linea che collega i trasformatori (uno per cabina) al quadro generale BT situato nelle cabine stesse. La verifica del rispetto dei limiti imposti dalle norme verrà eseguito per il tratto di linea sopra indicato che comporta il maggior contributo in termini di induzione magnetica.

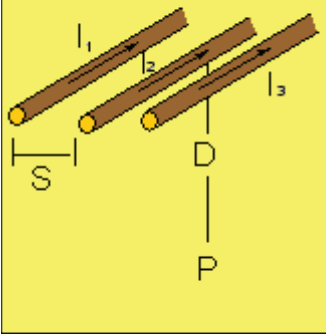
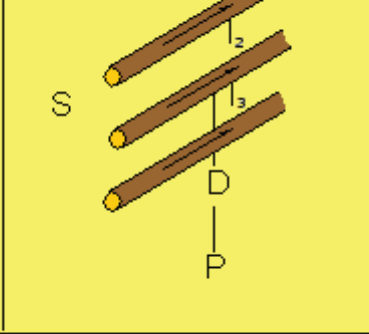
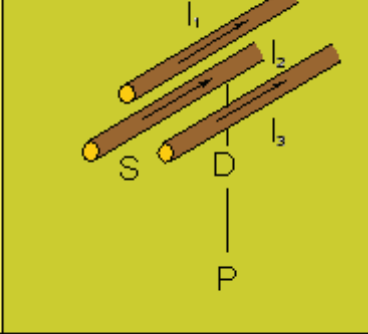
8.1. CALCOLO E VERIFICA DEI CAMPI ELF EMESSI CONDIZIONI DI CARICO ED IPOTESI DI CALCOLO

Per il collegamento del quadro di bassa tensione presente in cabina (Grid Board) con il secondario del trasformatore si utilizzano cavi di tipo FG7R.

La corrente nominale che scorre su ciascun conduttore nella situazione di massima produttività dell'impianto fotovoltaico sarà di:

$$I = \frac{A}{\sqrt{3} * V}$$

Ogni fase sarà composta da sei di conduttori di sezione 240mm². I sei conduttori di ogni fase saranno fascettati e successivamente le tre fasi di sei conduttori che uniscono il grid board con il secondario del trasformatore elevatore saranno posate nella vasca sottostante la cabina elettrica. La posa dei tre cavi sarà effettuata in orizzontale mantenendo la distanza minima tra i tre terne di conduttori. Il campo elettrico risulta ridotto essendo i cavi interessati percorsi da correnti in bassa tensioni. Dovranno invece essere valutati i campi di induzione magnetica generati essendo i valori di corrente elevati.

conduttori in piano	conduttori in verticale	conduttori a triangolo
		
$B_P (\mu T) = 0,346 \times I/D \times S/D$		$B_P (\mu T) = 0,245 \times I/D \times S/D$

Induzione magnetica generata nel punto P da una linea trifase con conduttori rettilinei, paralleli e correnti equilibrate e simmetriche (CEI 106-12)

8.2. RISULTATI DEL CALCOLO E CONCLUSIONI PER LA CABINA ELETTRICA FV01 E FV02

Nel caso in esame abbiamo un sistema trifase collegato a triangolo simmetrico ed equilibrato, con conduttori spaziati s; il campo per cavi rettilinei ha un andamento simile a quello dei Sistemi monofase con valore:

$$B=0,346 \times (I \times s)/D^2$$

I sei cavi per ogni fase sono di tipo FG7OR. Le tre fasi sono disposte a triangolo per minimizzare la distanza tra di esse.

Essendo il diametro di ogni cavo di circa 26mm si può assumere la distanza massima dei tre lati del triangolo formato di circa 60mm, quindi la distanza tra due conduttori da considerare diventa: d=60mm.

8.3. CALCOLO PER CABINA ELETTRICA FV01

La potenza attiva si assume pari alla potenza nominale del campo fotovoltaico sotteso alla cabina FV01. Quindi la corrente che scorre in ogni fase del lato BT del trasformatore sarà pari a:

$$I = \frac{981000}{\sqrt{3} * 400} = 1415,95A$$

La relazione applicabile al caso in esame è quindi la seguente:

INRES S.c.

Istituto Nazionale

Progettazione, Consulenza, Ingegneria

$$B = \frac{0,245 * 1415,95 * 0,06}{r * r}$$

Dove "r" è la distanza alla quale si calcola l'induzione magnetica

Dalla relazione precedente si verifica per la cabina FV01 che si ottiene un valore di induzione B=3 μT alla distanza di r >=2.6 m

8.4. CALCOLO PER CABINA ELETTRICA FV02

La potenza attiva si assume pari alla potenza nominale del campo fotovoltaico sotteso alla cabina FV02. Quindi la corrente che scorre in ogni fase del lato BT del trasformatore sarà pari a:

$$I = \frac{981000}{\sqrt{3} * 400} = 1415,95A$$

La relazione applicabile al caso in esame è quindi la seguente:

$$B = \frac{0,245 * 1415,95 * 0,06}{r * r}$$

Dove "r" è la distanza alla quale si calcola l'induzione magnetica

Dalla relazione precedente si verifica per la cabina FV01 che si ottiene un valore di induzione B=3 μT alla distanza di r >=2.6 m

8.5. CONCLUSIONI

Come si può notare il valore indicato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 di 3 μT non si raggiunge a distanza maggiore di 2.6m dalle cabine di nuova realizzazione. Ovviamente il cavo sarà posato all'interno della struttura che andrà a minimizzare ulteriormente i valori di induzione magnetica. Inoltre i calcoli sono stati effettuati per la situazione in cui l'impianto, si trova in condizioni di massima produttività e questo avviene solo durante le stagioni estive e per poche ore al giorno.

Per le considerazioni sopra svolte, per le indicazioni che vengono dalla letteratura scientifica e per le risultanze di calcolo, si può affermare che le cabine di trasformazione bt/MT dell'impianto fotovoltaico daranno contributi in termini di campo elettrico e di induzione magnetica che nei riguardi delle abitazioni più prossime risulteranno al di sotto dei limiti di esposizione dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003.