

AGROFOTOVOLTAICO ARGENTONE

AGRICOLTURA 4.0

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA
COLLOCATO SU STRUTTURA DI IRRIGAZIONE A SERVIZIO DI IMPIANTO AGRICOLO DI
DI POTENZA IN GENERAZIONE PARI A 25,467 MW E POTENZA IMMESSA IN RETE
PARI A 25,001 MW, **DENOMINATO "AFV ARGENTONE AGRICOLTURA 4.0"**

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA di BRINDISI
COMUNE di ORIA (Br)
opere connesse nel COMUNE DI ERCHIE (Br) contrada "Tre Torri"
Località ubicazione impianto AFV: Masseria Argentone - Oria (Br)

PROGETTO DEFINITIVO
Id AU HOS2I51



Tav.: 04.2a	Titolo: RELAZIONE OPERE ELETTRICHE Interferenza linea AQP	
Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
0	A4	H0S2I51_DocumentazioneSpecialistica_04.2a

Progettazione:	Committente:
ENERWIND s.r.l. Via San Lorenzo 155 - cap 72023 MESAGNE (BR) P.IVA 02549880744 - REA BR-154453 - enerwind@pec.it	TRE TORRI ENERGIA s.r.l. Piazza del Grano n.3 - 39100 BOLZANO (BZ) p. iva 0305799214 - REA BZ 283988 tretorrienergia@legalmail.it
MSC innovative solutions s.r.l.s. Via Milizia n.55 - 73100 LECCE (ITALY) P.IVA 05030190754 - msc.innovativesolutions@pec.it	SOCIETA' DEL GRUPPO FRI-EL GREEN POWER S.p.A. Piazza della Rotonda, 2 - 00186 Roma (RM) - Italia Tel. +39 06 6880 4163 - Fax. +39 06 6821 2764 Email: Info@fri-el.it - P. IVA 01533770218
Ing. Santo Masilla iscritto all'Ordine Ing. di Brindisi al n.478	

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Aprile 2022	Prima emissione	M.S.C. S.r.l.s.	Santo Masilla	Tre Torri Energia S.r.l.

INTERFERENZA RETE AQP

La presente relazione tecnica ha per oggetto lo studio delle interferenze elettromagnetiche delle linee elettriche in Media Tensione, che dovranno erigersi a seguito dell'approvazione del progetto Agrovoltaico denominato ARGENTONE AGRICOLTURA 4.0 di proprietà della Società TRE TORRI ENERGIA srl con sede legale in Bolzano Piazza del Grano n.3, con le/la condotta dell'Acquedotto Pugliese S.p.A interferita in agro di Oria (Br) in corrispondenza della p.lla 26 e 74 del foglio di mappa 64 Comune di Oria (Br) (vedi elaborato HOS2I51_ElaboratoGrafico_4-19).

Il cavidotto MT attraverserà trasversalmente la condotta AQP nel punto indicato intercettato (

- 1) Fascia di suolo tra la cabina di Smistamento la Cabina C di Campo. Caratteristiche della linea MT esterna 30Kv. (coordinate 722164 X – 4482710 Y) E) tratto tubazione 60m
Presenza trasformatore e parallelismo: distanza 43



Fig. 1 Inquadramento campo agrovoltaico – Cerchio rosso interferenza linea AQP

Lo studio delle interferenze elettromagnetiche ha lo scopo di analizzare le eventuali zone di pericolo entro le quali sono richiesti particolari misure di protezione contro la fulminazione di persone e danni, nonché disturbi al sistema interferito, rispettando i provvedimenti organizzativi per la tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori, ai sensi del D. Lgs. 81 del 09/04/2008.

Lo studio delle interferenze elettromagnetiche sarà eseguito in conformità alla Norma CEI EN 50443 che fornisce i limiti relativi all'interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche in corrente alternata su tubazioni metalliche.

La presente relazione è basata sui seguenti presupposti:

- l'impianto interferente e quello interferito siano interferenti secondo le grandezze caratteristiche di progetto (funzionamento normale e/o esercizio ordinario);

- l'impianto interferente e quello interferito siano interferenti secondo le grandezze fuori progetto (funzionamento in caso di guasto).

Si presuppone inoltre che:

- l'impianto interferito sia continuamente sottoposto a controllo e sorveglianza attraverso le misure puntuali atte a verificare la corrispondenza di quanto calcolato con le reali condizioni di esercizio, in base alle variazioni periodiche dei carichi di rete;

- che il personale addetto all'esercizio e alla manutenzione dell'impianto interferito sia informato dei pericoli presenti negli impianti, sia addestrato e fornito di mezzi adeguati per le attività di competenza, in particolare, l'avvicinarsi a distanze inferiori a quelle previste dalle vigenti disposizioni di legge (artt. 83 e 117 del D.lgs. 81/08 e D. lgs. 106/09) al sistema interferente.

LOCALIZZAZIONE DELLE INTERFERENZE TRA LE DUE INFRASTRUTTURE LINEA MT e LINEA AQP

Lo studio è stato redatto tenendo conto delle distanze tra le due infrastrutture visibili nell'allegata Planimetria.

In Figura 1 sono rappresentate le due infrastrutture e le relative interferenze.

Inoltre nell'elaborato progettuale HOS2151_ElaboratoGrafico_4_19 "*Planimetria linea MT*" sono rappresentate in maniera più chiara tutte le linee elettriche interrate MT interessate. Il progetto non prevede la realizzazione di linee elettriche aeree. Alla data di redazione della presente non si evince la natura della condotta AQP indagata. Si da atto della nota della Società proprietaria AQP prot. 25311/2021 in cui si fa riferimento alla condotta denominata "*Gran Sione Leccese e suo raddoppio*" corrispondente alle p.lle 26 e 74 del foglio 64 del Comune di Oria. Non sono stati forniti i dati di base previsti dal Disciplinare AQP. Per il presente studio si presuppone che la condotta sia di natura metallica (acciaio o ghisa) diametro 900m. In sede esecutiva saranno eseguite delle misure in campo alla presenza di AQP.

Norme di riferimento

Di seguito si elencano i principali riferimenti normativi, in forma non esaustiva, ad utilizzo per le necessarie valutazioni del rischio di folgorazione e/o di danno e disturbo a cose e persone.

CEI EN 50443	<i>Effetti delle interferenze elettromagnetiche sulle tubazioni causate da sistemi di trazione elettrica ad alta tensione in corrente alternata e/o da sistemi di alimentazione ad alta tensione in corrente alternata</i>
Linea Guida CIGRE' n. 95	<i>Guide on the influence of high voltage AC power systems on metallic pipelines 1995.</i>
CEI 103-6	<i>Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto.</i>
CEI EN 50522 CEI EN 61936 Luglio 2011	<i>Messa a terra degli impianti a tensione superiori a 1 kV in c.a..</i>
CEI 11-1	<i>Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.</i>
DPCM del 17/04/2008	<i>Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto.</i>
Norme interne	<i>Disciplinare AQP</i>

Tipi di accoppiamenti da considerare

Le norme CEI EN 50443 specificano i tipi di accoppiamento da considerare nella condizione di normale esercizio della linea elettrica in c.a. e nella condizione di guasto della linea elettrica in c.a. Per una qualsiasi tubazione metallica interrata vale quanto segue:

Accoppiamento induttivo Accoppiamento conduttivo	Condizione di normale esercizio della linea elettrica in c.a.
Accoppiamento induttivo Accoppiamento conduttivo	Condizione di guasto della linea elettrica in c.a.

L'accoppiamento conduttivo deve essere considerato in caso di attraversamento o avvicinamento ad una distanza minore di 20 m.

Effetti della interferenza elettromagnetica tra linee elettriche e condotte metalliche.

Le norme CEI EN 50443 specificano gli effetti di interferenza da considerare, nella condizione di normale esercizio e nella condizione di guasto della linea elettrica in c.a.

Tabella 1 – Effetti dell'interferenza da considerare.

<i>Effetto dell'interferenza</i>	<i>Condizioni di esercizio</i>	<i>Condizioni di guasto</i>
Pericolo	Si	Si
Danno	Si	Si
Disturbi	Si	No

Tabella 2. Effetti dell'interferenza da considerare

Come specificato dalle Norme CEI EN 50443 nella Tabella 2, in tutti i casi ove sia richiesto, i risultati dell'interferenza sono la tensione rispetto alla terra remota e la differenza di potenziale al giunto.

Limiti delle tensioni indotte

Sicurezza delle persone

Le Norme CEI EN 50443 nella 3, indicano, in caso di guasto, i limiti per la tensione, per diverse durate di tempo di guasto, causata dall'interferenza in relazione al pericolo per le persone:

<i>Durata del guasto [s]</i>	<i>Tensione (valore efficace) [V]</i>
$t \leq 0.1$	2000
$0.1 < t \leq 0.2$	1500
$0.2 < t \leq 0.35$	1000
$0.35 < t \leq 0.5$	650
$0.5 < t \leq 1$	300
$1 < t \leq 3$	150
$t > 3$	60

Tabella 2 – CEI EN 50443.

Danni alle tubazioni

Come specificato dalle Norme CEI EN 50443 in caso di guasto per una durata minore di 1s, la tensione che si stabilisce tra tubazione metallica e terra remota causata dall'interferenza non deve superare i 2000 V.

In condizioni ordinarie di esercizio la tensione che si stabilisce tra tubazione metallica e terra remota causata

dall'interferenza non deve superare i 60 V.

Disturbi alle apparecchiature connesse al sistema di tubazioni

Come specificato dalle Norme CEI EN 50443, alla frequenza fondamentale può essere tollerata una tensione che si stabilisce tra tubazione metallica e terra remota causata dalle interferenze di 60 V.

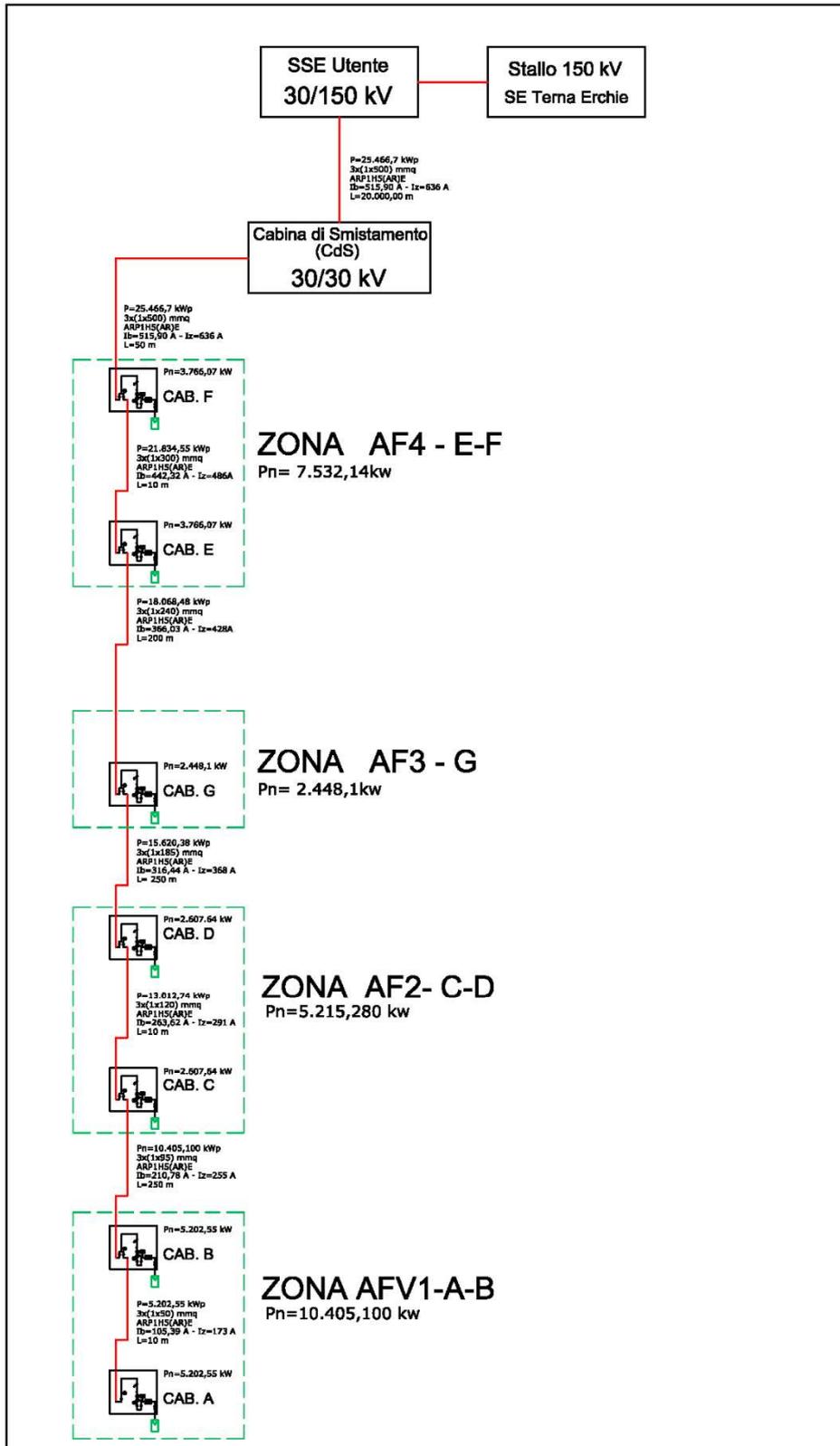
Situazioni d'interferenza e condizioni di verifica

Interferenze

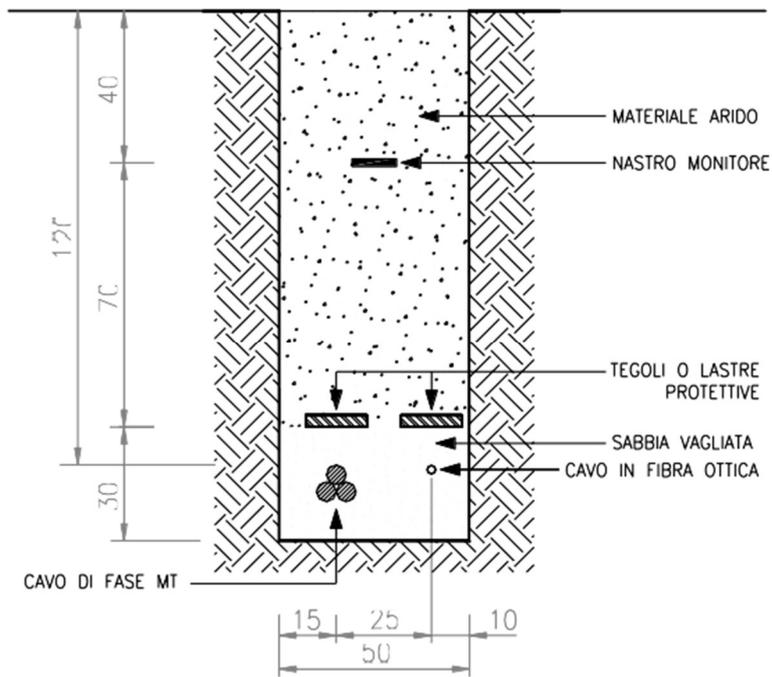
Ai fini della situazione d'interferenza, di seguito, si riportano le caratteristiche progettuali delle linee elettriche interferenti nella fascia di 50 m.

Cavidotto MT ARP1H5(AR)E -

Tratto	Conduttore	Tensione	Corrente	Diametro	Lungh.m	Tubazione AQP	Distanza m
Cabina S	Alluminio	30Kv	515,9	3x(1x500)	Parallelismo	183	40
Cabina B	Alluminio	30Kv	366,03	3x(1x240)	Parallelismo	120	36
Smistamento	Alluminio	30Kv	366,03	3x(1x240)	Perpendicolare	145	

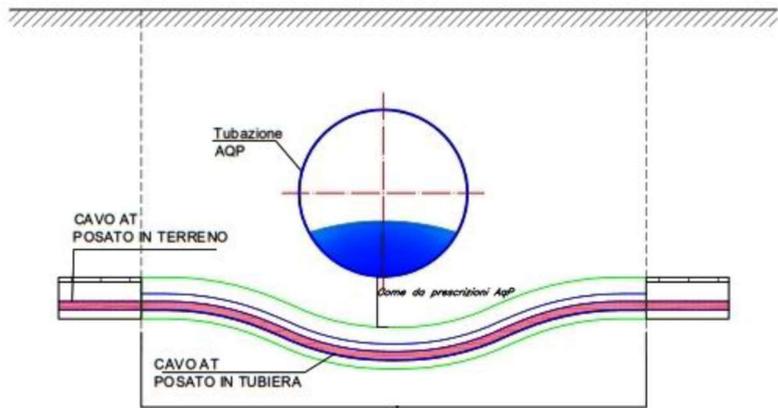
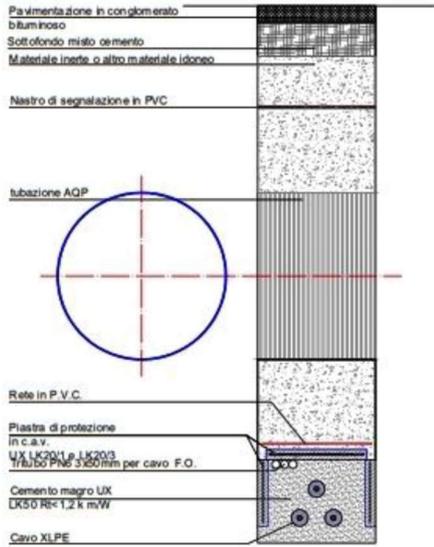


Schema a blocchi



Tipologia di interramento cavo MT 30Kv

TIPICO DI POSA INTERFERENZA AQP



In caso di parallelismi

In caso di attraversamento perpendicolare (TOC a 3m dalla condotta)

Verifiche

Come prescritto dalle Norme CEI EN 50443, la distanza da considerare per l'interferenza, tra la linea elettrica interrata in c.a. e la tubazione metallica, è di 50m.

Mentre non si eseguirà la verifica con accoppiamento conduttivo giacchè l'attraversamento avviene a distanza maggiore di 20 m.

Descrizioni dei fenomeni elettromagnetici di esercizio

Le linee elettriche possono funzionare in condizione ordinaria di esercizio o, in caso eccezionale, in condizione di guasto.

Nel seguito vengono individuate quali interferenze elettromagnetiche possono verificarsi sulla condotta. Le condizioni di interferenza possono aver luogo nelle condizioni di:

1. ordinario esercizio;
2. guasto monofase a terra.

Condizioni ordinaria di carico.

Nelle condizioni di esercizio ordinario le linee trifasi costituiscono, con buona approssimazione, un sistema simmetrico nelle tensioni ed equilibrato nelle correnti. Per distanze molto maggiori della distanza tra i conduttori di linea, il sistema equilibrato di correnti crea un campo magnetico variabile quasi nullo per cui anche una tensione indotta in quel punto risulta pressoché trascurabile. Tuttavia il calcolo verrà eseguito trascurando l'effetto di compensazione, per porsi nel caso peggiore possibile. Le condizioni di funzionamento delle linee elettriche interferenti sono rilevate dallo schema a blocchi e riportato nella Figura precedente.

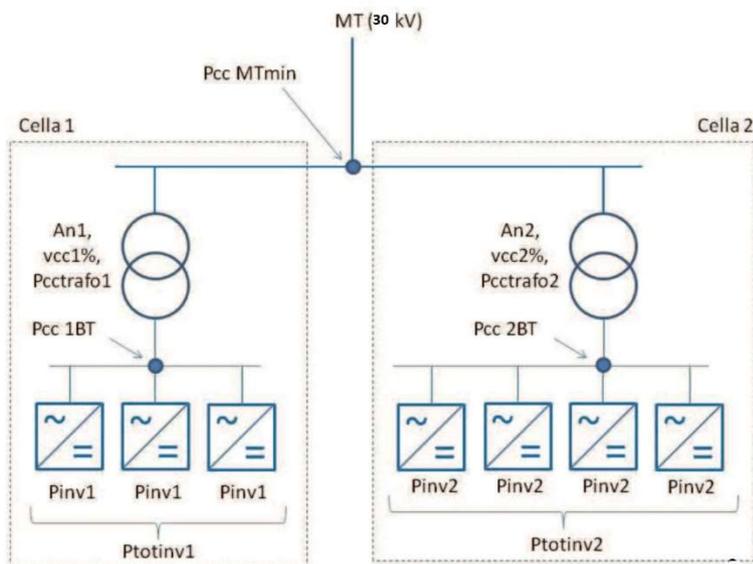
Per la corrente totale di guasto delle linee elettriche si è presa in considerazione la massima possibile della linea. Tale scelta, per la corrente di guasto, è, sicuramente, migliorativa rispetto a quella di considerare la corrente di guasto a terra nel punto di vicinanza della linea elettrica con la condotta.

A differenza della condizione ordinaria di esercizio, in caso di corto circuito monofase a terra, il campo magnetico e la tensione indotta a distanza dalla linea elettrica non sono trascurabili e bisogna calcolarli per verificare che la tensione indotta non superi i valori stabiliti dalla norma CEI EN 50443 per pericolo a persone, per danno e disturbo ad apparecchiature connesse alla tubazione.

Le condizioni di funzionamento, in caso di guasto monofase a terra, delle linee elettriche interferenti sono rilevabili dallo schema a blocchi e figura precedente.

Corrente di corto circuito

Nell'impianto di progetto i TR sono collegati ad un gruppo di invertire solitamente 2 a cui sono collegati in parallelo le stringhe dell'impianto fotovoltaico. Gli shelter del progetto ospitano le apparecchiature in figura e ogni area cobina contiene 4 shelter . La cabina E 2x3000KW – Cabina F 2x3000KW – Cabina D 2x2400KW – Cabina C 2x2400KW.



Partendo dai dati noti:

An1, An2: valori di potenza nomina dei trasformatori delle celle 1 e 2 ovvero negli shelter

vcc1%, vcc2%: valori di tensione di cortocircuito percentuale dei trasformatori delle celle 1 e 2

Pinv1, Pinv2: potenza nominale (in alternata) di ciascuno degli inverter connessi alle celle 1 e 2

Ptotinv1, Ptotinv2: potenza totale degli inverter connessi alle celle 1 e 2

Grandezze da calcolare:

Pcctrafo1, Pcctrafo2: valori di potenza di cortocircuito dei trasformatori 1 e 2

Pcc1BT, Pcc2BT: valori di potenza di cortocircuito in bassa tensione delle celle 1 e 2

PccMT: valore della potenza di cortocircuito in Media Tensione del sistema

Formule:

$$P_{cctrafo1} = (An1/vcc1\%) \times 100,$$

$$P_{cctrafo2} = (An2/vcc2\%) \times 100$$

$$P_{cc1BT} = 1 / ((1/P_{cctrafo1}) + (1/P_{ccMT})),$$

$$P_{cc2BT} = 1 / ((1/P_{cctrafo2}) + (1/P_{ccMT}))$$

Per il trasformatore la sua potenza di cortocircuito è calcolata per essere circa 25 volte la potenza totale (somma delle potenze) degli inverter (2x3000KW) ad esso connessi, cioè:

$$P_{cctrafo1} = 25 \times P_{totinv1},$$

$$P_{cctrafo2} = 25 \times P_{totinv2}$$

Condizione necessaria per garantire che la tensione di rete nel punto di connessione degli inverter abbia distorsione contenuta (<3 %) è che la potenza di cortocircuito in bassa tensione sia almeno pari a 15 volte il valore della potenza totale degli inverter, cioè che sia soddisfatte entrambe le due condizioni seguenti:

$$P_{cc1BT} > 15 \times P_{totinv1},$$

$$P_{cc2BT} > 15 \times P_{totinv2}$$

Per fare in modo che queste due condizioni siano soddisfatte, è sufficiente garantire che la potenza di cortocircuito in Media Tensione sia almeno pari al doppio della somma delle potenze di cortocircuito delle due celle di MT:

$$P_{ccMTmin} > 2 \times (P_{cctrafo1} + P_{cctrafo2}), \text{ cioè}$$

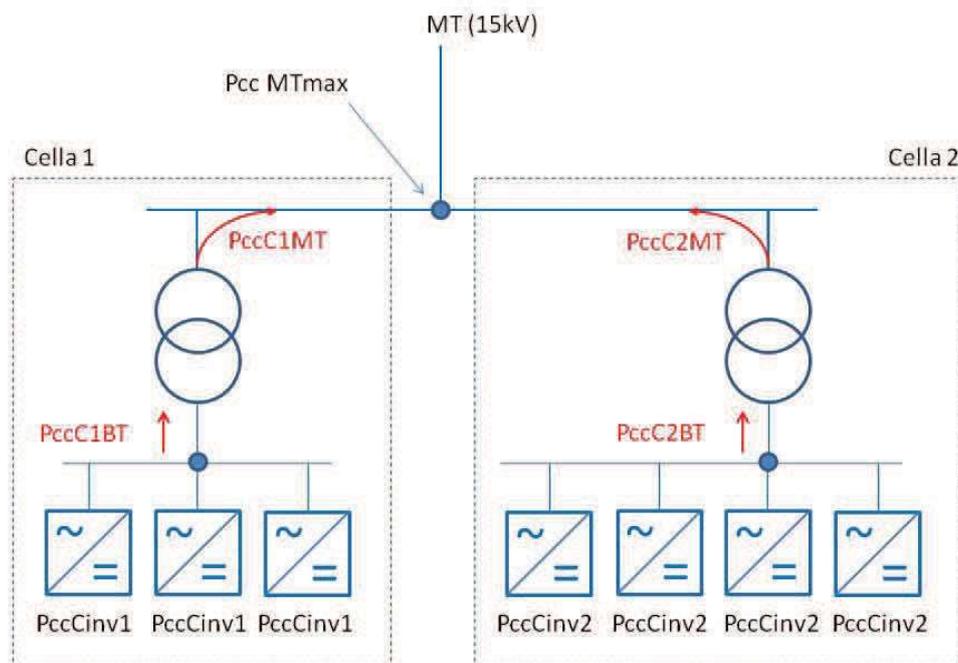
riportando tutto alla potenza totale degli inverter:

$$P_{ccMTmin} > 50 \times (P_{totinv1} + P_{totinv2})$$

Se le celle di MT sono 'N', la relazione si traduce in:

$$P_{ccMTmin} > 50 \times (P_{totinv1} + P_{totinv2} + \dots P_{totinvN})$$

Potenza massima di corto circuito



Schema apparecchiature in cc , tensione MT 30Kv

Dati Noti:

N1, N2 = numero di inverter connessi alle celle 1 e 2

PccCinv1, PccCinv2: contributo alla potenza di cortocircuito di ciascuno degli inverter connessi alle celle 1 e 2.

Grandezze da calcolare:

PccC1BT, PccC2BT: contributo alla potenza di cortocircuito in bassa tensione degli inverter connessi alla cella 1 e alla cella 2.

PccC1MT, PccC2MT: contributo alla potenza di cortocircuito in Media tensione degli inverter connessi alla cella 1 e alla cella 2.

PccMTmax: potenza di cortocircuito massima in MT

Il contributo alla potenza di cortocircuito di un inverter è pari a 1.5 volte la sua potenza nominale, cioè, in BT:

$$\begin{aligned} PccCinv1 &= 1.5 \times Pinv1, & PccCinv2 &= 1.5 \times Pinv2 \\ PccC1BT &= N1 \times PccCinv1, & PccC2BT &= N2 \times PccCinv2 \end{aligned}$$

Per riportare il contributo alla potenza di cortocircuito in MT, occorre considerare i trasformatori:

$$PccC1MT = 1 / ((1/ PccC1BT) + (1/PccTrafo1)), \quad PccC2MT = 1 / ((1/ PccC2BT) + (1/PccTrafo2))$$

La corrente massima di cortocircuito in MT, si calcola come somma della corrente minima di cortocircuito (determinata nel par. precedente), con i due contributi delle 2 celle.

$$PccMTmax = PccMTmin + PccC1MT + PccC2MT$$

Generalizzando al caso di N celle:

$$\mathbf{PccMTmax = PccMTmin + PccC1MT + PccC1MT + \dots PccCNMT}$$

Per ricavare la corrente di cortocircuito massima:

$$\mathbf{IccMTmax = PccMTmax / (U \times \sqrt{3})}$$

Considerando le configurazioni di calcolo riportate nella presente abbiamo:

Cabina di Smistamento – Linea MT Cc=150KA

Cabina EF- Inverter-Trafo-Linea MT Cc= 75KA

Cabina DC – Inverter-Trasfo-Linea MT Cc=75KA

Metodo di calcolo delle tensioni indotte

Il Campo elettrico e magnetico . I campi a frequenze basse (ELF), quali quelli che si manifestano nell'esercizio degli impianti fotovoltaici, sono quelli con frequenze fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz) e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono calcolati e misurati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche e la loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m). L'intensità dei campi è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Essi vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in Tesla. I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza. Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati.

L'algoritmo di calcolo del campo elettrico e del campo magnetico generati da una linea elettrica composta da un certo numero di conduttori è dettato dalla norma CEI 211-4.

Il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \cdot \vec{u}_r$$

λ = densità lineare di carica sul conduttore;

ϵ_0 = permittività del vuoto;

d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo;

\vec{u}_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore.

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori cilindrici, 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:

$$E_y = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[\frac{y - y_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{y + y_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$

L'algoritmo di calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge di Biot-Savart che consente di calcolare in un punto generico dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo percorso da una corrente I attraverso la:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi d} \cdot \vec{u}_i \vec{u}_r$$

Con

μ_0 = permeabilità magnetica del vuoto;

d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo;

\vec{u}_i e \vec{u}_r = versori unitari rispettivamente per il verso della corrente e della relativa normale.

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori cilindrici, 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:

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

Con le relazioni su esposte è possibile calcolare i valori di campo elettrico e campo magnetico generati da linee aeree ed interrate. Tuttavia nel caso di linee interrate la valutazione vale solo per il campo magnetico, in quanto, in linea con quanto espresso dalla norma CEI 211-4, il campo elettrico per linee in cavo interrato può essere considerato trascurabile per la presenza degli schermi dei cavi, del terreno e dei materiali costituenti le trincee e i cunicoli dei cavidotti.

L'elettrodotto è attraversato da tre correnti all'istante t , esse generano, nello spazio circostante, un campo di induzione magnetica B_T che è proporzionale, per la prima legge di Laplace, alle correnti circolanti nei conduttori dell'elettrodotto.

L'induzione magnetica B_T concatenandosi con l'acquedotto, (posto a una distanza "r") nel tratto di parallelismo, crea un flusso Φ proporzionale alle correnti circolanti nei conduttori dell'elettrodotta.

Per cui si può porre il valore del Campo di induzione magnetico come segue:

$$B_T = 0,346 (I \times d)/r^2$$

Nel concatenamento tra i due conduttori, cavo interrato e tubazione metallica, si suppone che il coefficiente di mutua induzione sia simmetrico fra i due circuiti.

Se l'induzione magnetica B_T coinvolgesse un conduttore avvolto a spire, il potenziale V su di esso indotto sarebbe:

$$V = 2\pi \cdot f \cdot N \cdot S \cdot B_T$$

Dove:

f è la frequenza di rete;

N è il numero di spire coinvolte dal campo B ; S è la sezione delle spire.

Ovviamente la condotta in tubazione metallica non si comporta come una spira, per cui si assumeranno nel calcolo le ipotesi di seguito precisate.

Calcolo del valore di induzione magnetica

Si esegue il calcolo del valore di induzione magnetica. Con riferimento ai cavi MT interrati e per un sistema monofase bilanciato (corrente nulla al centro stella), come nel nostro caso il campo di induzione magnetica B ad una certa distanza "r" può essere

calcolato con la formula:

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

Dove

I è la corrente che percorre il cavo espressa in ampere

D è la distanza tra i conduttori che supporremo con buona approssimazione pari a 0,1 m (10 cm)

r è la distanza dal conduttore.

B è l'induzione magnetica espressa in μT

Per quanto concerne il valore massimo della corrente in considerazione del percorso dei cavidotti (vedi anche tavola allegata) verifichiamo di avere al più cavidotti (due terne parallele) che trasportano l'energia prodotta da generatori. Pertanto calcolando la corrente massima che attraversa i conduttori MT per il tratto finale della stazione di smistamento, con la formula

$$I_n = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos\phi}$$

Si ha $I = a$ 551,90 A

dove

$P_n = 25.466.700$ W

$V_n = 30 \times 10^3$ V

$\cos \phi = 0,98$

Calcolo della tensione indotta

$$V = 2\pi \cdot f \cdot N \cdot S \cdot BT$$

Dove:

f è la frequenza di rete;

N è il numero di spire coinvolte dal campo B ; S è la sezione delle spire.

Si ipotizza un diametro medio della condotta AQP di 0,9m ed un numero di spire 100.

Si esegue il calcolo sulla condizione 1) potenza di 25.466.700 MW che si verifica presso la cabina di smistamento e cavidotto MT esterno.

Calcoli eseguiti per l'interferenza linea MT parallela alla linea AQP

Dati	simbol	valore	unità
Corrente nominale cavo MT	I_n	551,9	A
Corrente di guasto monofase	I_g	54	kA
Distanza minima fra le infrastrutture	d	20	m
Frequenza di rete	f	50	Hz
Numero di spire a induzione uniforme	N	100	
Diametro media della condotta	D_{mc}	0,9	m
Risultati			
Induzione magnetica in condizioni di esercizio	B_t	0,0000050	T
Potenziale indotto in condizioni di esercizio	V	0,016 < 60	V
Induzione magnetica in condizioni di guasto monofase	B_{tg}	0,000047	T
Potenziale indotto in condizioni di guasto monofase	V_g	1,47 < 60	V

Calcoli eseguiti per l'interferenza linea MT attraversamento TOC / rete AQP

Dati	simbol	valore	unità
Corrente nominale cavo MT	<i>In</i>	366,3	<i>A</i>
Corrente di guasto monofase	<i>Ig</i>	54	<i>kA</i>
Distanza minima fra le infrastrutture	<i>d</i>	3	<i>m</i>
Frequenza di rete	<i>f</i>	50	<i>Hz</i>
Numero di spire a induzione uniforme	<i>N</i>	100	
Diametro media della condotta	<i>Dmc</i>	0,9	<i>m</i>
Risultati			
Induzione magnetica in condizioni di esercizio	<i>Bt</i>	0,00000330	<i>T</i>
Potenziale indotto in condizioni di esercizio	<i>V</i>	0,104<60	<i>V</i>
Induzione magnetica in condizioni di guasto monofase	<i>Btg</i>	0,00003114	<i>T</i>
Potenziale indotto in condizioni di guasto monofase	<i>Vg</i>	9,98<60	<i>V</i>

Si esegue il calcolo sulla condizione 2) potenza di 18.068,48 MW che si verifica presso la cabina G-C e cavidotto MT esterno.

Calcoli eseguiti per l'interferenza linea MT cabina / rete AQP

Dati	simbol	valore	unità
Corrente nominale cavo MT	<i>In</i>	366,3	<i>A</i>
Corrente di guasto monofase	<i>Ig</i>	18	<i>kA</i>
Distanza minima fra le infrastrutture	<i>d</i>	36	<i>m</i>
Frequenza di rete	<i>f</i>	50	<i>Hz</i>
Numero di spire a induzione uniforme	<i>N</i>	100	
Diametro media della condotta	<i>Dmc</i>	0,9	<i>m</i>
Risultati			
Induzione magnetica in condizioni di esercizio	<i>Bt</i>	0,00000017	<i>T</i>
Potenziale indotto in condizioni di esercizio	<i>V</i>	0,005<60	<i>V</i>
Induzione magnetica in condizioni di guasto monofase	<i>Btg</i>	0,00000865	<i>T</i>
Potenziale indotto in condizioni di guasto monofase	<i>Vg</i>	0,27<60	<i>V</i>

CONDIZIONE DI VERIFICA SODDISFATA

Conclusioni

Le modalità di funzionamento delle reti elettriche MT dell'impianto Agrovoltatico generano tensioni indotte sull'acquedotto che rientrano nei limiti imposti dalle normative nazionali vigenti, come si evince dalla tabella precedente. In caso di CC le protezioni in cabina assicurano l'isolamento elettrico del guasto.

Tuttavia, stante i modesti valori delle tensioni indotte, non risulta strettamente obbligatorio ipotizzare drastici interventi di mitigazione per gli effetti degli accoppiamenti elettromagnetici.

In fase di esercizio sarà comunque d'obbligo, durante i normali controlli di conduzione e/o manutenzione sulla tubazione interferita e/o sulle apparecchiature elettriche connesse ad essi, l'utilizzare D.P.I. (es. calzature, guanti isolanti) contro scariche elettriche.

Sarà fatto obbligo, per il personale addetto all'esercizio e alla manutenzione dell'impianto interferito, di indottrinamento specialistico relativo ai pericoli presenti negli impianti di M.T., con addestramento teorico pratico specifico relativo alle norme comportamentali e all'uso dei mezzi adeguati per le attività di competenza, in particolare, per l'avvicinarsi a distanze inferiori a quelle previste dalle vigenti disposizioni di legge (artt. 83 e 117 del D.lgs. 81/08 e D. lgs. 106/09) al sistema interferente.

In accordo con AQP l'impianto interferito sarà continuamente sottoposto a controllo e sorveglianza attraverso le misure puntuali atte a verificare la corrispondenza di quanto calcolato con le reali condizioni di esercizio, in base alle variazioni periodiche dei carichi di rete.

Si riportano, di seguito, gli interventi consigliati per una migliore protezione della condotta in acciaio/ghisa. Si ritiene di consigliare il miglioramento dell'isolamento elettrico della condotta nei punti potenzialmente interessati dalle correnti indotte mediante:

- applicazione di vernice ricca di zinco o zinco metallico applicato a spruzzo (con spessori secondo UNI EN 545), in caso di rivestimento di zinco o sua lega;
- posa in opera di nastri di polietilene e manicotti termorestringenti di polietilene, in caso di rivestimento preesistente di polietilene;
- applicazione di resina poliuretanica, in caso di rivestimento preesistente di poliuretano;
- in alternativa, posa in opera di limitatori di sovratensione (SPD), posizionati in punti opportuni della condotta, stabiliti caso per caso da Acquedotto Pugliese, al fine di collegare la tubazione a terra, limitando in tal modo i valori di tensione generati sulla condotta in condizioni di guasto della linea elettrica;
- realizzazione di connessioni di messa a terra, al fine di ridurre le tensioni indotte, in condizioni di guasto e in condizioni ordinarie di esercizio;
- in alternativa alle precedenti tecniche di isolamento, adozione di tratti di condotta preesistente con nuovi tratti costituiti da tubazioni in ghisa sferoidale con rivestimento esterno in polietilene o poliuretano.

Per il rispetto delle distanze regolamentari in sede esecutiva sarà redatto in contraddittorio con l'ufficio tecnico di AQP la apposizione degli allineamenti al fine del rispetto delle distanze impartite dalla normative in vigore ed in particolare dell'art.8 della legge n.381 del 8 luglio 1904:

È VIETATO IN MODO ASSOLUTO, ED A CHIUNQUE:

A) DI ESEGUIRE OPERE O FATTI IN PROSSIMITÀ DEL CANALE PRINCIPALE E SUE DIRAMAZIONI, CAPACI DI ARRESTARE IL LIBERO DEFLUSSO DELLE ACQUE SUPERFICIALI, PRODUCENDO RISTAGNO, O CAPACI DI DETERMINARE FRANGIMENTI DI TERRENO;

B) DI ALTERARE IN QUALUNQUE MODO LA FORMA E LA CONSISTENZA DELLE ZONE E DEGLI ARGINI DELL'ACQUEDOTTO E FARVI PIANTAGIONI SUL PIANO E SULLE SCARPE;

C) DI FAR PIANTAGIONI DI ALBERI, SMOVIMENTI SUPERFICIALI DEL TERRENO, DEPOSITI DI MATERIALI OD ALTRO **A DISTANZA MINORE DI TRE METRI** DAL PIÙ VICINO CONFINE DI PROPRIETÀ DELL'ACQUEDOTTO;

D) DI PIANTARE SIEPI VIVE O MORTE E PALI A DISTANZA MINORE DI UN METRO DAL DETTO CONFINE;

E) DI FARE SCAVI E DI ESEGUIRE FABBRICHE DI QUALUNQUE MATERIALE A DISTANZA MINORE DI **DIECI METRI DAL DETTO CONFINE**, SALVO QUANTO È DISPOSTO NEL SUCCESSIVO COMMA G);

F) DI FAR DEPOSITI DI LETAME, CONCIMI, CALCI, RIFIUTI, IMMONDIZIE A DISTANZA MINORE DI METRI 60 DALL'ASSE DELL'ACQUEDOTTO O TUBULATURE LIBERE DI DIRAMAZIONI SECONDARIE, **E DI METRI 20 SE TRATTASI DI TUBULATURE METALLICHE;**

G) DI IMPIANTARE STALLE, PORCILI, LETAMAI E QUALUNQUE FABBRICA CONTENENTE MATERIE LURIDE A DISTANZE MINORI DI QUELLE INDICATE AL PRECEDENTE COMMA F).

In fase di progettazione esecutiva e realizzazione dell'opera saranno rispettate tutte le condizioni di sicurezza e prescrizioni imposte dall'AQP.

