

00	05/09/2016	PRIMA EMISSIONE	Capra D.	Pertot C.	Capra D.
REV	DATA	DESCRIZIONE REVISIONI	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO



CESI S.p.A.
Via Rubattino 54 Milano - Italia
Tel: +39 02 21251 - Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it

Valutazione dell'induzione magnetica della stazione elettrica 380/220/132 kV di Fusina 2.

COMMITTENTE Terna Rete Italia	ELABORATO N. B6000203	NOME FILE RU35311ABCR10580.pdf	SCALA --	FOGLIO --
-------------------------------------	--------------------------	-----------------------------------	-------------	--------------

NUMERO E DATA ORDINE:

MOTIVO DELL'INVIO: PER APPROVAZIONE PER INFORMAZIONE

SCALA DI STAMPA: -	SOSTITUISCE IL:	SOSTITUITO DAL:
--------------------	-----------------	-----------------

REVISIONI					
	00	05/09/2016	ING-REA APRINE	ING-REA APRINE	Approvato con mail del 05/09/2016
	N.	DATA	ESAMINATO TERNA/EXT	ACCETTATO UNITA' TERNA	RIFERIMENTO ACCETTAZIONE

TIPOLOGIA DELL'ELABORATO	CODIFICA DELL'ELABORATO	 T E R N A G R O U P
RELAZIONE	RU35311ABCR10580	
PROGETTO	TITOLO	
FUSINA 2	STAZIONE ELETTRICA FUSINA2 Valutazione dell'induzione magnetica della stazione elettrica 380/220/132 kV di Fusina 2	
RICAVATO DAL DOC. TERNA		
CLASSIFICAZIONE DI SICUREZZA		

NOME DEL FILE	SCALA CAD	FORMATO A4	SCALA	FOGLIO 01 di 11
RU35311ABCR10580.pdf				

Questo documento contiene informazioni di proprietà terna S.p.A. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Terna S.p.A.

This document contains information proprietary to Terna S.p.A. and it will have to be used exclusively for the purposes for which it has been furnished. Whichever shape of spreading or reproduction without the written permission of Terna S.p.A. is prohibited.

Cliente Terna Rete Italia SpA**Oggetto** Calcolo dell'induzione magnetica generata dalla nuova stazione elettrica di Fusina II.**Ordine** Attivazione: n° 4000058223 del 30/11/2015 (Pos. 110) – ING116 – AGEFISICI INGEGNERIA - Verifica dei limiti di legge per il rumore ed i campi elettromagnetici emessi da S.E. ed elettrodotti**Note**

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 12 **N. pagine fuori testo** 0**Data** 05/09/2016**Elaborato** ESC - Capra Davide
B6000203 3293 AUT**Verificato** ESC - Pertot Cesare
B6000203 3840 VER**Approvato** ESC - Capra Davide (Project Manager)
B6000203 3293 APP**CESI S.p.A.**Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.itCapitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2016 by CESI. All rights reserved

Indice

1	TITOLO DEL PRIMO CAPITOLO	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
---	---------------------------------	---------------------------------------

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	05/09/2016	B6000203	Prima emissione

1 SOMMARIO

Il presente rapporto illustra i risultati della valutazione dei campi magnetici associabili al progetto della stazione elettrica "Fusina II" sita nel territorio del comune di Venezia, al fine di verificare il rispetto del DPCM dell'8 luglio 2003 [1].

I risultati dei calcoli effettuati indicano che il campo magnetico generato dalla nuova stazione si mantiene inferiore all'obiettivo di qualità di 3 μ T imposto dal DPCM sopra richiamato.

2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Il progetto di razionalizzazione della rete elettrica AT nelle aree di Venezia e Padova, prevede la realizzazione di due nuove sezioni a 380 e 220 kV in blindato nella esistente stazione AT di Fusina II, in comune Venezia. La stazione attuale realizza solo la funzione di smistamento e non dispone quindi di autotrasformatori. Il progetto prevede l'installazione di due autotrasformatori 400/230 kV da 400 MVA e di un autotrasformatore 400/135 kV da 250 MVA. Lo studio predittivo dell'induzione magnetica generata dalla stazione, oggetto della presente relazione, è a completamento della documentazione tecnica costituente il Piano Tecnico delle Opere della stazione elettrica di Fusina 2.

Nella sua configurazione finale alla stazione afferiranno gli elettrodotti provenienti da:

- Fusina C.le Gruppo 3-4 aereo a 380 kV in singola terna,
- Dolo 1 e Dolo 2 aereo a 380 kV in doppia terna,
- Fusina C.le Gruppo 1-2 aereo a 220 kV in doppia terna,
- Stazione IV interrato a 220 kV,
- Stazione V interrato a 220 kV,
- Malcontenta interrato a 220 kV,
- TAG 1-2 interrato a 132 kV,
- TAG 3-4 interrato a 132 kV,
- Desolfatore 1 interrato a 132 kV,
- Desolfatore 2 interrato a 132 kV,
- Villabona interrato a 132 kV,
- F. idrogeno interrato a 132 kV,
- Alcoa interrato a 132 kV.

In Figura 1 è riportata la rappresentazione schematica della stazione elettrica nella sua configurazione finale.



Figura 1 – Planimetria della stazione "Fusina II". In rosso i collegamenti a 380 kV, verde i collegamenti a 220 kV e in azzurro i collegamenti a 132 kV.

3 CONDIZIONI DI CARICO

Come è noto, l'induzione magnetica¹ è direttamente proporzionale all'intensità della corrente che circola nei conduttori degli impianti elettrici.

Nella tabella seguente sono riportati i valori del carico in corrente considerato per ciascuna linea elettrica afferente alla stazione di Fusina II. Per gli elettrodotti aerei è stata considerata la "Portata in Corrente in Servizio Normale" riferita alla Zona B - periodo F, come definito dalla norma CEI 11-60 [2].

¹ L'induzione magnetica B , anche chiamata densità del flusso magnetico, è espressa in Tesla o sottomultipli come il μT (10^{-6} T). Essa è una grandezza di uso più comune del campo magnetico H (espresso in A/m) ed è direttamente correlata a quest'ultimo attraverso la relazione $B = \mu \cdot H$ dove μ rappresenta la permeabilità magnetica del mezzo (che per l'aria assume il valore di $4\pi \times 10^{-7}$ henry/m). Nella presente relazione il termine campo magnetico viene spesso usato come sinonimo di induzione magnetica.

Provenienza	Tensione [kV]	Portata in corrente [A]
Fusina C.le Gruppo 3-4	380	2280
Dolo 1 e Dolo 2	380	2310
Fusina C.le Gruppo 1-2	220	710
Stazione IV	220	1400
Stazione V	220	1400
Malcontenta	220	1400
TAG 1-2	132	1000
TAG 3-4	132	1000
Desolforatore 1	132	1000
Desolforatore 2	132	1000
Villabona	132	1000
F. idrogeno	132	1000
Alcoa	132	1000

La stazione sarà inoltre equipaggiata con due autotrasformatori da 400 MVA (400 kV/230 kV) la cui corrente nominale è pari a 578 A sul lato a 400 kV e pari 1005 A sul lato a 230 kV.

Sarà inoltre installato un autotrasformatore da 250 MVA (400 kV/150 kV) per il quale è stata considerata una corrente nominale pari 361 A sul lato a 400 kV e pari a 963 A sul lato a 150 kV.

Le condizioni di carico scelte per le simulazioni devono essere considerate estremamente cautelative poiché prevedono, per tutte le linee elettriche presenti, le condizioni di portata massima e lo stesso verso dei flussi di potenza. Nelle condizioni reali di esercizio i flussi di potenza potranno avere versi diversi dando luogo a "compensazioni" che risulteranno in una riduzione del campo magnetico totale.

4 CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Allo scopo di predire i valori di campo magnetico associabili all'impianto in progetto, è stato realizzato il modello elettrico tridimensionale degli elettrodotti e dei circuiti elettrici di stazione utilizzando il codice di calcolo "Ampere3D", sviluppato dal CESI, per il calcolo dei campi magnetici a frequenza industriale generati da elementi circuitali arbitrariamente disposti nello spazio (vedi [3], [4], [5]).

Il codice di calcolo sopra citato rappresenta ogni conduttore del circuito elettrico simulato come un insieme di segmenti di lunghezza finita disposti in modo tale da approssimare anche eventuali andamenti non rettilinei. L'applicazione delle leggi di "Biot-Savart" ai conduttori di lunghezza finita, congiuntamente all'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti, consente la determinazione del campo magnetico in ogni punto dello spazio.

Il modello è stato validato per confronto sia con i risultati sperimentali disponibili in letteratura [6] sia con quelli ottenuti mediante formule analitiche approssimate (valevoli cioè solo per assegnate distribuzioni bidimensionali dei conduttori [7]) evidenziando una buona corrispondenza fra misure e simulazioni ed un buon accordo fra i valori del campo calcolati con i due metodi.

5 MODELLO DI CIRCUITO

All'interno della stazione elettrica sono stati modellati i portali di stazione ed i relativi collegamenti, i collegamenti con i trasformatori e le transizioni in cavo. Nel modello non sono stati considerati i collegamenti in blindato (GIS) poiché il campo magnetico da essi generato può essere considerato trascurabile (circa 1% del campo magnetico prodotto da cavi nelle medesime condizioni geometriche e di carico).

Gli elettrodotti aerei sono stati modellati dal portale di stazione fino al primo sostegno, mentre gli elettrodotti interrati sono stati modellati nel loro percorso all'interno della stazione fino ai primi tratti all'esterno della recinzione.

6 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

La stima del campo magnetico è stata effettuata su un'area di forma rettangolare di circa 300x250 m di lato secondo una griglia quadrata di calcolo pari a 2 m (circa 19000 punti di calcolo).

Si evidenzia che lo studio dell'andamento del campo magnetico all'interno della stazione va oltre gli scopi del presente documento. Le curve isolivello eventualmente rappresentate all'interno della stazione nelle figure seguenti devono quindi essere considerate solo indicative dell'andamento del campo magnetico.

I risultati delle simulazioni sono mostrati sotto forma di curve equilivello a 3 μT valutate a 1 m, 2 m, 5 m e 10 m dal suolo sovrapposte alla planimetria dell'area interessata (v. figure 2÷5 riportate di seguito).



Figura 2 – Curve isolivello del campo magnetico sul piano orizzontale a 1 m da terra a 3 μT (in blu), nell'area di calcolo considerata.



Figura 3 – Curve isolivello del campo magnetico sul piano orizzontale a 2 m da terra a 3 µT (in blu), nell'area di calcolo considerata.



Figura 4 – Curve isolivello del campo magnetico sul piano orizzontale a 5 m da terra a $3 \mu\text{T}$ (in blu), nell'area di calcolo considerata.



Figura 5 – Curve isolivello del campo magnetico sul piano orizzontale a 10 m da terra a $3 \mu\text{T}$ (in blu), nell'area di calcolo considerata.

7 CONCLUSIONI

È stato realizzato il modello circuitale della nuova s.e. di "Fusina II" e dei nuovi raccordi degli elettrodotti ad essa afferenti.

I calcoli effettuati evidenziano che le aree all'esterno della stazione interessate da livelli di induzione magnetica superiore a 3 μ T sono quelle in corrispondenza delle linee elettriche aeree ed interrate ad essa afferenti.

Si evidenzia per altro che nelle aree circostanti la stazione in progetto non sono presenti recettori sensibili.

Si ricorda per altro che la condizione di esercizio ipotizzata è puramente teorica poiché prevede che su tutti i tratti di sbarra transitino correnti pari alla portata massima. Essa non verrà mai raggiunta nell'esercizio dell'impianto e deve quindi essere considerata estremamente cautelativa.

Per quanto riguarda il campo elettrico generato dalla stazione in progetto, è noto come esso sia efficacemente schermato dalla recinzione esterna della stazione stessa e che quindi i livelli previsti nelle aree esterne rispetteranno ampiamente il limite di esposizione (5 kV/m) prescritto per la popolazione dal DPCM 8/7/2003 [1].

8 BIBLIOGRAFIA

- [1] DPCM 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"*.
- [2] Norma Tecnica CEI n° 11-60 del 2002: *"Portata al limite termico delle linee aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV."*
- [3] A. Geri, G. M. Veca, R. Conti: *"Calcolo del campo magnetico prodotto dai sistemi elettrici di potenza"*. 96a Riunione Annuale dell'AEI - Roma, 1995.
- [4] D. Capra, R. Conti, F. Deponti, N. Fanelli, L. Pedretti: *"CESI's experience in the areas of characterisation, assessment and reduction of human exposure to extremely low frequency electromagnetic fields"*. Atti del Convegno nazionale di ARPA-Ivrea su *"Problemi e tecniche di misura degli agenti fisici in campo ambientale"*. Ivrea, 3/5 aprile 2001. (in Radiation Protection Dosimetry - special issue).
- [5] D. Capra, R. Conti, F. Deponti, N. Fanelli, L. Pedretti: *"Metodi sperimentali e modelli numerici per la valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale: utili sinergismi"*, Riunione Generale AEI, Padova, 3-5 ottobre, 2001.
- [6] J.E. Bridges, M. Preache, *"Biological influences of power frequency electric fields - A tutorial review from a physical and experimental viewpoint"*. Proceedings of the IEEE, vol. 69, n° 9, September 1981.
- [7] W. T. Kaune and L. E. Zaffanella, *"Analysis of magnetic fields produced far from electric power lines"*, IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 7, n° 4, pp 2082-2089, October 1992.