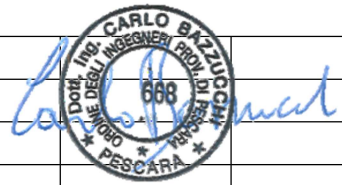


00	28/10/2020	PRIMA EMISSIONE	G. Ravizzotti	A. Ramundi	C. Bazzucchi
N.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONI	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
CODIFICA ELABORATO					
RUFX19800B1831550					




**RELAZIONE SULLE SITUAZIONI DI POTENZIALE INTERFERENZA
ELETTROMAGNETICA CON METANODOTTI E LINEE DI
TELECOMUNICAZIONE**

**REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 150 kV
DI BOVINO E RELATIVI RACCORDI LINEE
REDAZIONE DEL PIANO TECNICO DELLE OPERE (PTO)**

REVISIONI					
				Team LIN-STZ DTCS-PRI	A. Limone DTCS-PRI
	N.	DATA	DESCRIZIONE	ESAMINATO	ACCETTATO

NUMERO E DATA ORDINE: 4000069461 del 02/10/2018

MOTIVO DELL'INVIO: PER ACCETTAZIONE PER INFORMAZIONE

CODIFICA ELABORATO		
RUFX19800B1831550		

Questo documento contiene informazioni di proprietà Terna Rete Italia S.p.A. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. È vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Terna Rete Italia S.p.A.
This document contains information proprietary to Terna Rete Italia 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 Rete Italia S.p.A. is prohibit.

INDICE

1	PREMESSA	3
2	INTRODUZIONE	3
2.1	Concetti fondamentali di interferenza elettromagnetica	4
3	NATURA DEI DISTURBI ELETTROMAGNETICI	5
4	LIMITI DI ACCETTABILITA' DELL'INTERFERENZA	5
5	NORME DI RIFERIMENTO	5
5.1	CEI 103-6 – Limiti relativi alla sicurezza (delle persone).....	5
5.2	CEI 103-6 – Limiti relativi al danno agli impianti.....	6
5.3	CEI 103-6 – Valori ammissibili in casi speciali	7
5.4	CEI 103-6 – Applicazione dei limiti	7
5.5	CEI 304-1 – Procedura di valutazione interferenza con tubazioni metalliche	7
5.6	CEI 304-1 – Limiti relativi alla sicurezza (delle persone).....	8
5.7	CEI 304-1 – Limiti connessi al danno per il sistema di tubazioni	8
6	METODI DI CALCOLO	9
6.1	Calcolo della FEM nei parallelismi con impianti di telecomunicazione	10
6.2	Calcolo della FEM nei parallelismi con tubazioni metalliche	10
7	PROVVEDIMENTI PER MITIGARE L'INTERFERENZA.....	11
7.1	Provvedimenti atti a ridurre gli effetti dell'induzione elettromagnetica sugli impianti di telecomunicazione..	11
7.2	Provvedimenti atti a ridurre gli effetti dell'induzione elettromagnetica sulle tubazioni metalliche	12
8	POSSIBILI INTERFERENZE	12
9	GESTIONE DELLE INTERFERENZE.....	13

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p align="center">RELAZIONE SULLE SITUAZIONI DI POTENZIALE INTERFERENZA ELETTROMAGNETICA CON METANODOTTI E LINEE DI TELECOMUNICAZIONE</p> <p align="center">REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 150 kV DI BOVINO E RELATIVI RACCORDI LINEE REDAZIONE DEL PIANO TECNICO DELLE OPERE (PTO)</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: RUFX19800B1831550 Rev.<00 ></p>	<p>Codifica Elaborato Proger: RUFX19800B1831550 Rev.<00 ></p>	

1 PREMESSA

La società Terna Rete Italia S.p.A. è la società concessionaria in Italia della trasmissione e del dispacciamento dell'energia elettrica sulla rete ad alta e altissima tensione, ai sensi del Decreto del Ministero delle Attività Produttive del 20 aprile 2005 (concessione).

TERNA, nell'espletamento del servizio dato in concessione, persegue i seguenti obiettivi generali:

- assicurare che il servizio sia erogato con carattere di sicurezza, affidabilità e continuità nel breve, medio e lungo periodo, secondo le condizioni previste nella suddetta concessione e nel rispetto degli atti di indirizzo emanati dal Ministero e dalle direttive impartite dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas;
- deliberare gli interventi volti ad assicurare l'efficienza e lo sviluppo del sistema di trasmissione di energia elettrica nel territorio nazionale e realizzare gli stessi;
- garantire l'imparzialità e neutralità del servizio di trasmissione e dispacciamento al fine di assicurare l'accesso paritario a tutti gli utilizzatori;
- concorrere a promuovere, nell'ambito delle sue competenze e responsabilità, la tutela dell'ambiente e la sicurezza degli impianti.

TERNA pertanto, nell'ambito dei suoi compiti istituzionali, predispone annualmente il Piano di Sviluppo della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) sottoposto ad approvazione da parte del Ministero dello Sviluppo Economico. Ai sensi della Legge 23 agosto 2004 n. 239, al fine di garantire la sicurezza del sistema energetico e di promuovere la concorrenza nei mercati dell'energia elettrica, la costruzione e l'esercizio degli elettrodotti facenti parte della rete nazionale di trasporto dell'energia elettrica sono attività di preminente interesse statale e sono soggetti a un'autorizzazione unica, rilasciata dal Ministero dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e previa intesa con la Regione o le Regioni interessate, la quale sostituisce autorizzazioni, concessioni, nulla osta e atti di assenso comunque denominati previsti dalle norme vigenti, costituendo titolo a costruire e ad esercire tali infrastrutture in conformità al progetto approvato. TERNA, nell'ambito dei suoi compiti istituzionali e del vigente Piano di Sviluppo della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), approvato dal Ministero dello Sviluppo Economico, per tramite della Società Terna Rete Italia S.p.A. (Società del Gruppo TERNA costituita con atto del Notaio Luca Troili Reg.18372/8920 del 23/02/2012), intende realizzare la nuova Stazione Elettrica (di seguito S.E.) a 150 kV di Bovino nella Provincia di Foggia. Alla nuova stazione si collegheranno raccordi "entra-esce" per il collegamento con la linea Terna 150kV "Orsara-Bovino".

La realizzazione della nuova stazione e dei relativi raccordi si è resa necessaria a valle della richiesta di connessione di RFI, della sua nuova sottostazione elettrica alla RTN, nata per lo sviluppo dell'Alta Velocità.

2 INTRODUZIONE

Scopo del presente documento è presentare una disamina delle interferenze elettromagnetiche (tensioni indotte) che i suddetti raccordi in entra-esce possono generare sulle linee di telecomunicazione e sulle condutture metalliche dei metanodotti.

Poiché tuttavia non sono ad oggi disponibili tutti i parametri richiesti dalla normativa in vigore per una valutazione puntuale di ogni sotto servizio (geometria, tipologia dei cavi o delle tubazioni interferite, ecc.) ne consegue che nelle successive fasi progettuali dovranno essere studiate tutte le soluzioni atte a mitigare gli effetti da interferenza su tutti i sotto servizi che non dovessero rispettare le condizioni di sicurezza nel seguito individuate.

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p align="center">RELAZIONE SULLE SITUAZIONI DI POTENZIALE INTERFERENZA ELETTROMAGNETICA CON METANODOTTI E LINEE DI TELECOMUNICAZIONE</p> <p align="center">REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 150 kV DI BOVINO E RELATIVI RACCORDI LINEE REDAZIONE DEL PIANO TECNICO DELLE OPERE (PTO)</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: RUFX19800B1831550</p> <p align="right">Rev.<00 ></p>	<p>Codifica Elaborato Proger: RUFX19800B1831550</p> <p align="right">Rev.<00 ></p>	

Da una disamina del tracciato degli elettrodotti, al documento DUFX19800B1831556 "Inquadramento su CTR", risulta la presenza di una conduttura metallica di metanodotto, mentre non vi sono linee di telecomunicazione adiacenti o in attraversamento. La presente relazione valuta in ogni caso entrambe le due casistiche.

2.1 Concetti fondamentali di interferenza elettromagnetica

Con interferenza elettromagnetica si intende il fenomeno in base al quale una linea elettrica in corrente alternata genera su conduttori metallici posti nelle vicinanze, tensioni e correnti indotte. La linea inducente è costituita da una o più linee di trasporto di energia o da linee di trazione ferroviaria, mentre la linea indotta è costituita da linee di telecomunicazione, tubazioni metalliche, ecc.

I parametri elettrici che caratterizzano la linea inducente ai fini della descrizione di questo fenomeno sono la tensione, che genera interferenza per accoppiamento elettrico, e la corrente, che genera interferenza per accoppiamento magnetico. L'accoppiamento elettrico è presente solo in caso di linee inducenti aeree e manifesta i suoi effetti solo su linee indotte aeree poste nelle immediate vicinanze delle linee inducenti. L'accoppiamento magnetico invece è presente nel caso di linee inducenti aeree e interrate e può manifestare i suoi effetti anche a notevoli distanze dalle linee inducenti.

Per linee elettriche trifasi le correnti circolanti nelle tre fasi sono in genere equilibrate; ciò si traduce nel fatto che l'interferenza elettromagnetica in condizione di funzionamento normale delle linee inducenti è solitamente trascurabile e comunque manifesta effetti solo su linee indotte estremamente vicine alle linee inducenti. In condizione di guasto monofase a terra viceversa, le correnti sono non solo di valore più elevato, ma totalmente squilibrate. Quest'ultima risulta essere quindi la situazione fondamentale di interferenza elettromagnetica che deve essere esaminata.

E' necessario distinguere tra i risultati dell'interferenza e gli effetti dell'interferenza.

Con risultati dell'interferenza si intendono le grandezze elettriche, con i relativi valori numerici, che caratterizzano l'ammontare dell'interferenza sulla linea indotta: si tratta sostanzialmente di tensioni e correnti indotte. I risultati rappresentano un elemento cardine dell'interferenza elettromagnetica perché permettono di individuarla quantitativamente in maniera oggettiva: ciò spiega perché gli accordi tra gli enti proprietari degli impianti inducenti e degli impianti indotti, esplicitati dalle Norme Tecniche, definiscono i limiti da applicare ai risultati dell'interferenza che si manifestano sull'impianto indotto.

L'approccio metodologico con cui è trattata l'interferenza elettromagnetica differisce in modo sostanziale dall'approccio con cui è affrontata la compatibilità elettromagnetica (EMC), a cui spesso l'interferenza elettromagnetica è associata. In EMC l'impianto inducente e quello indotto sono considerati indipendentemente gli uni dagli altri. L'impianto inducente non deve emettere più di un certo limite di emissione; l'impianto indotto deve resistere fino ad un certo limite di immunità: la compatibilità elettromagnetica è assicurata in senso statistico dal fatto che i limiti di emissione sono adeguatamente inferiori ai limiti di immunità.

Nell'interferenza elettromagnetica non esiste un concetto analogo al limite di emissione, ma solo il concetto analogo al limite di immunità dell'impianto indotto: la verifica del rispetto di tale limite deve essere però esaminata caso per caso.

Gli effetti dell'interferenza sono ciò che le tensioni e correnti indotte possono produrre sull'impianto indotto e sulle persone che si trovano a contatto con esso. In funzione del valore assunto dai risultati e di altre condizioni, quali il tipo di servizio svolto dall'impianto indotto e la presenza di persone a contatto con l'impianto indotto, si possono manifestare danni all'impianto, perturbazioni al suo funzionamento (fino all'interruzione del servizio svolto dall'impianto), pericoli per le persone a contatto con l'impianto indotto.

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p>RELAZIONE SULLE SITUAZIONI DI POTENZIALE INTERFERENZA ELETTROMAGNETICA CON METANODOTTI E LINEE DI TELECOMUNICAZIONE</p> <p>REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 150 kV DI BOVINO E RELATIVI RACCORDI LINEE REDAZIONE DEL PIANO TECNICO DELLE OPERE (PTO)</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: RUFX19800B1831550</p> <p style="text-align: right;">Rev.<00 ></p>	<p>Codifica Elaborato Proger: RUFX19800B1831550</p> <p style="text-align: right;">Rev.<00 ></p>	

Il concetto principe associato agli effetti definiti precedentemente ed ai limiti di interferenza stabiliti dalle Norme è il seguente:

- rispetto dei limiti significa che l'interferenza, pur producendo risultati non nulli, non produce effetti, ovvero non produce danni, perturbazioni, non da luogo a pericoli per le persone. In sintesi, il soddisfacimento dei limiti significa che l'interferenza è accettabile.

3 NATURA DEI DISTURBI ELETTROMAGNETICI

Gli effetti delle tensioni e correnti elettriche prodotte dalle interferenze elettromagnetiche conducono alla valutazione di tre tipi di accoppiamento:

- capacitivo, che tiene conto dell'effetto del campo elettrico;
- induttivo, che tiene conto degli effetti legati al campo magnetico;
- conduttivo, che tiene conto del campo di conduzione dovuto alle correnti nel terreno.

4 LIMITI DI ACCETTABILITA' DELL'INTERFERENZA

Per definire i valori limite di accettabilità dell'interferenza è necessario considerare i seguenti effetti dell'interferenza, sia in condizioni ordinarie di esercizio che in condizioni di guasto:

- pericolo per le persone;
- danni agli impianti, alla condotta metallica ed alle apparecchiature elettriche/elettroniche connesse;
- disturbi alle apparecchiature elettriche/elettroniche connesse ad impianti e condotta.

5 NORME DI RIFERIMENTO

L'elenco delle principali Norme di riferimento alle quali si rimanda per le informazioni di dettaglio non esplicitamente riportate nella presente relazione è:

- **CEI 103-6** – Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto;
- **CEI 304-1**– Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche. Identificazione dei rischi e limiti di interferenza.

Di seguito si descrivono i contenuti delle Norme in relazione agli argomenti trattati nel presente documento.

5.1 CEI 103-6 – Limiti relativi alla sicurezza (delle persone)

In condizione di guasto monofase a terra della linea elettrica i limiti da rispettare per la protezione da shock elettrici di persone che possono entrare in contatto con qualunque elemento metallico dell'impianto di telecomunicazione, sono espressione della combinazione dei valori limite di tensione indotta verso terra e della durata del guasto. Tali valori, estratti dalla Norma CEI 103-6 punto 2.1.02, sono riportati nella seguente Tabella 1.

Codifica Elaborato Terna:

RUFX19800B1831550

Rev.<00 >

Codifica Elaborato Proger:

RUFX19800B1831550

Rev.<00 >

Durata del guasto [s]	Tensioni ammissibili [V _{eff}]
$t \leq 0,1$	2000
$0,1 < t \leq 0,2$	1500
$0,2 < t \leq 0,35$	1000
$0,35 < t \leq 0,5$	650
$0,5 < t \leq 1$	430
$t > 1$	60

Tabella 1 – Limiti relativi alla sicurezza delle persone in contatto con qualunque elemento metallico dell'impianto di telecomunicazione, in condizioni di guasto monofase a terra della linea elettrica

I limiti sopra indicati in Tabella 1 si applicano in qualsivoglia posizione.

In condizioni di normale funzionamento del sistema elettrico, il nostro Paese non ha ritenuto necessario dotarsi di una normativa specifica riguardante l'interferenza elettromagnetica tra linee elettriche e linee di telecomunicazione, riferendosi la Norma CEI 103-6 esplicitamente per la sola situazione di guasto della linea elettrica inducente.

5.2 CEI 103-6 – Limiti relativi al danno agli impianti

a) In condizione di guasto della linea di durata ≤ 1 s, i valori ammissibili sono i seguenti:

- La tensione tra un elemento conduttore dell'impianto di telecomunicazione e la terra di riferimento non deve superare in qualsivoglia posizione il valore di:
 1. 650 V_{eff} per impianti in cavo a cp. simmetriche;
 2. 2000 V_{eff} per impianti in cavo a cp. coassiali;
 3. 2000 V_{eff} per impianti in cavo a fibra ottica.

In presenza di tele alimentazione in corrente continua su alcuni conduttori dell'impianto di telecomunicazione, i valori ammissibili sono adeguatamente diminuiti in modo tale che la somma aritmetica del valore di picco della tensione indotta verso terra ammissibile per quei conduttori e del valore della tensione verso terra dovuta alla tele alimentazione, sia inferiore ai valori sopra indicati in 1) e 2) moltiplicati per 1,41.

- La tensione tra due elementi conduttori qualsivoglia dell'impianto di telecomunicazione, in una qualsiasi posizione, non deve superare il valore di tenuta dell'isolante interposto fra gli elementi: il suddetto valore non può essere comunque inferiore a 430 V_{eff}

b) In condizione di guasto della linea elettrica di durata > 1 s, i valori ammissibili sono i seguenti:

- La tensione tra un elemento conduttore dell'impianto di telecomunicazione e la terra di riferimento non deve superare in una qualsiasi posizione il valore di 150 V_{eff};
- La tensione tra due elementi conduttori qualsivoglia dell'impianto di telecomunicazione, in qualsiasi posizione, non deve superare il valore di 150 V_{eff}.

 <p>T E R N A G R O U P</p>	<p>RELAZIONE SULLE SITUAZIONI DI POTENZIALE INTERFERENZA ELETTROMAGNETICA CON METANODOTTI E LINEE DI TELECOMUNICAZIONE</p> <p>REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 150 kV DI BOVINO E RELATIVI RACCORDI LINEE REDAZIONE DEL PIANO TECNICO DELLE OPERE (PTO)</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: RUFX19800B1831550</p> <p style="text-align: right;">Rev.<00 ></p>	<p>Codifica Elaborato Proger: RUFX19800B1831550</p> <p style="text-align: right;">Rev.<00 ></p>	

5.3 CEI 103-6 – Valori ammissibili in casi speciali

I valori ammissibili di cui ai paragrafi 2.1 (2.1.02 della Norma CEI 103-6) e 2.2 (2.1.03 della Norma CEI 103-6) possono essere superati in casi eccezionali quando uno studio approfondito della situazione di interferenza (calcoli, misure) mostri l'impossibilità pratica del loro rispetto.

Nei casi in cui i valori che si decide di accettare siano superiori a quelli indicati al 2.1.02, debbono essere adottate norme di esercizio particolari, tali che il pericolo di danno per le persone non risulti aumentato.

5.4 CEI 103-6 – Applicazione dei limiti

In relazione all'applicazione dei limiti, si sottolineano i seguenti aspetti:

- I limiti di interferenza per la situazione di guasto monofase a terra devono essere confrontati con le tensioni indotte da ciascuna linea presente in quanto si suppone che la probabilità di guasto contemporaneo delle linee inducenti sia estremamente bassa o, in altri termini, che una sola linea inducente alla volta sia in condizioni di guasto;
- I limiti relativi al pericolo per le persone si applicano a tutti i punti della linea di telecomunicazione con l'ipotesi che codeste persone indossino vestiario comune e non dispongano di dispositivi di protezione individuale contro le tensioni, ad esempio guanti isolante;
- I limiti relativi al danno alla linea di telecomunicazione si applicano a qualsivoglia posizione lungo la linea.

5.5 CEI 304-1 – Procedura di valutazione interferenza con tubazioni metalliche

Per valutare l'accettabilità di una situazione di interferenza prodotta da una linea in corrente alternata su una tubazione metallica si applica la procedura riportata nella Norma CEI 304-1 che deve essere svolta due volte, cioè considerando le interferenze di breve durata (dovute alla linea elettrica in condizione di guasto) e le interferenze di lunga durata (dovute alla linea elettrica in condizioni di esercizio).

Nel caso di linea elettrica aerea, i tipi di accoppiamento con la conduttura metallica da considerare sono:

- In condizione di normale funzionamento o di guasto: capacitivo. In tal caso la tensione elettrica trasmessa alla struttura metallica dipende essenzialmente dalla tensione di funzionamento della rete elettrica, dalla distanza tra i due sistemi e delle condizioni di funzionamento. Le tubazioni metalliche interrato non sono soggette a questo particolare tipo di accoppiamento;
- In condizioni di guasto: induttivo e conduttivo (quest'ultimo deve essere considerato in caso di attraversamento o avvicinamento ad una distanza inferiore di 20 m);
- In condizione ordinaria di esercizio: induttivo e conduttivo (quest'ultimo deve essere considerato in caso di attraversamento).

5.6 CEI 304-1 – Limiti relativi alla sicurezza (delle persone)

Il valore efficace della tensione dovuta all'interferenza non deve eccedere in ogni punto accessibile alle persone i valori riportati nella seguente Tabella 2 nelle condizioni di guasto, mentre non deve superare il valore di 60V in condizioni ordinarie di esercizio della linea elettrica.

Durata del guasto [s]	Tensioni ammissibili [Veff]
$t \leq 0,1$	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 – Limiti relativi alla sicurezza delle persone in contatto con tubazioni metalliche in condizioni di guasto della linea elettrica

5.7 CEI 304-1 – Limiti connessi al danno per il sistema di tubazioni

Di seguito i limiti connessi al danno in condizioni di guasto e ordinarie di esercizio.

Condizioni di guasto

Se la durata del guasto è minore o uguale a 1 s:

- La tensione (valore efficace) causata dall'interferenza tra le tubazione metallica e la terra remota in ogni punto del sistema tubazioni, o la tensione tra qualsiasi elemento dell'apparecchiatura elettrica/elettronica connessa alla tubazione metallica e la terra remota, non deve essere superiore a 2000 V; valori maggiori di 2000 V possono essere accettati se l'impianto è in grado di resistere a tali e se esistono accordi in merito;
- La differenza di potenziale (valore efficace) su un giunto di isolamento non deve eccedere 2000 V.

Se la durata del guasto è maggiore di 1 s il limite è di 60 V.

Condizioni ordinarie di esercizio

Nelle condizioni ordinarie di esercizio la tensione (valore efficace) causata dall'interferenza tra la tubazione metallica e la terra remota, in ogni punto del sistema o la tensione di qualunque elemento dell'apparecchiatura elettrica/elettronica connessa alla tubazione metallica e la terra remota, non deve eccedere 60 V.

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p>RELAZIONE SULLE SITUAZIONI DI POTENZIALE INTERFERENZA ELETTROMAGNETICA CON METANODOTTI E LINEE DI TELECOMUNICAZIONE</p> <p>REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 150 kV DI BOVINO E RELATIVI RACCORDI LINEE REDAZIONE DEL PIANO TECNICO DELLE OPERE (PTO)</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: RUFX19800B1831550</p> <p>Rev.<00 ></p>	<p>Codifica Elaborato Proger: RUFX19800B1831550</p> <p>Rev.<00 ></p>	

6 METODI DI CALCOLO

Nelle linee di trasmissione dell'energia elettrica gli accoppiamenti elettromagnetici hanno un notevole effetto sulle grandezze di regime (tensione e correnti) della linea ed inoltre possono dare luogo a tensioni e correnti su elementi conduttori che si trovano in prossimità della linea stessa.

Nella valutazione di questi effetti si tiene conto principalmente di tre tipi di accoppiamento:

- Accoppiamento capacitivo, che tiene conto dell'effetto del campo elettrico;
- Accoppiamento induttivo, che tiene conto degli effetti legati al campo magnetico;
- Accoppiamento conduttivo, che tiene conto del campo di conduzione dovuto alle correnti nel terreno.

Questi tre fenomeni possono manifestarsi contemporaneamente anche se nella maggior parte dei casi un tipo di accoppiamento è predominante rispetto agli altri due, permettendo l'adozione di metodi di calcolo semplificati che tengono conto solo di un tipo di accoppiamento.

L'accoppiamento capacitivo è legato all'esistenza di una capacità mutua tra il circuito inducente, costituito dalla linea elettrica con ritorno a terra, ed il circuito indotto. Tale capacità mutua è ininfluenza solo nel caso in cui entrambe le opere, inducente e indotta, siano aeree. In questi casi, tramite la capacità mutua, una tensione presente nel circuito inducente tra i conduttori dell'elettrodotto e la terra, produce tensioni e correnti indotte nel circuito indotto costituito dalla linea di telecomunicazione con ritorno a terra.

L'accoppiamento capacitivo non viene considerato in caso di condotte in tubazioni metalliche direttamente interrate.

L'accoppiamento induttivo è legato all'esistenza di una mutua induttanza tra due circuiti elettrici prossimi tra loro: a fronte di un circuito inducente costituito dalla linea elettrica con ritorno a terra, esiste un'induttanza mutua rispetto al circuito indotto, costituito da linea di telecomunicazione o tubazione metallica con ritorno a terra. Tale induttanza mutua è presente per tutte le combinazioni possibili di linea elettrica aerea o sotterranea e linea di telecomunicazione o tubazione metallica, siano esse aeree o sotterranee. Tramite tale mutua induttanza una corrente circolante nel circuito inducente costituito dalla linea elettrica con ritorno a terra produce tensioni e correnti indotte nel circuito indotto. Con riferimento a questo tipo di accoppiamento la situazione più gravosa è, in generale, quella che corrisponde alla condizione di guasto monofase a terra della linea elettrica, in quanto in questa circostanza la corrente inducente che circola nel circuito elettrodotto-terra, può raggiungere valori molto elevati dell'ordine di kA capaci di indurre tensioni massime anche dell'ordine di qualche kV. In condizioni di funzionamento normale della linea elettrica la corrente circolante nel circuito elettrodotto-terra ha invece valori dell'ordine di pochi Ampere, capaci normalmente di indurre tensioni massime di pochi Volt.

L'accoppiamento conduttivo è legato all'esistenza di conduttanza mutua tra il circuito inducente, costituito dalla linea elettrica con ritorno a terra, ed il circuito indotto: tale conduttanza mutua può esistere esclusivamente nel mezzo conduttivo utilizzato quale ritorno comune dai due circuiti inducente e indotto, dunque nel terreno. In pratica tale fenomeno può manifestarsi nei casi in cui la linea di telecomunicazione, o la tubazione metallica

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p>RELAZIONE SULLE SITUAZIONI DI POTENZIALE INTERFERENZA ELETTROMAGNETICA CON METANODOTTI E LINEE DI TELECOMUNICAZIONE</p> <p>REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 150 kV DI BOVINO E RELATIVI RACCORDI LINEE REDAZIONE DEL PIANO TECNICO DELLE OPERE (PTO)</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: RUFX19800B1831550 Rev.<00 ></p>	<p>Codifica Elaborato Proger: RUFX19800B1831550 Rev.<00 ></p>	

interrata, transitino in vicinanza di punti in cui vi è circolazione nel terreno di un significativo valore di corrente (guasto monofase a terra della linea inducente), tipicamente in vicinanza di un traliccio della linea aerea AT o in vicinanza di una sottostazione, in quanto attraverso il dispersore di terra del traliccio o della sottostazione, in condizioni di guasto dissimmetrico, la corrente di guasto fluisce a terra.

6.1 Calcolo della FEM nei parallelismi con impianti di telecomunicazione

Il calcolo va effettuato per le linee di telecomunicazione che rientrano nella zona di influenza dell'elettrodotto a 150kV, fascia di 30m dall'asse di posa, in relazione alla procedura indicata dalla CEI 103-6 per l'ottenimento del valore della FEM indotta longitudinale e delle lunghezze dei parallelismi oltre le quali non risultano rispettati i limiti di tensione verso terra esposti in Tabella 1 del paragrafo 4.1 della presente relazione.

Per la stima della FEM indotta longitudinale e , nei conduttori della linea di telecomunicazione, si può adottare la seguente formula (CEI 103-6 para 3.1.05):

$$e = 2\pi f M I J k \cdot 10^{-3} \text{ [V]}$$

dove:

f = frequenza corrente di guasto;

M = modulo della mutua induttanza per unità di lunghezza [$\mu\text{H}/\text{km}$], stimata secondo quanto riportato in Appendice A della CEI 103-6;

l = lunghezza del parallelismo [km];

J = corrente di guasto [kA];

k = fattore di riduzione stimato al valore di 0,15 secondo quanto indicato in Appendice B, Tab. 7 della CEI 103-6.

6.2 Calcolo della FEM nei parallelismi con tubazioni metalliche

Il calcolo va effettuato per le tubazioni metalliche che incrociano o rientrano nella zona/corridoio di influenza dell'elettrodotto a 150kV sia nelle condizioni di guasto (che da origine a una FEM di elevata intensità ma di breve durata) che nelle condizioni di funzionamento normale (dove le FEM hanno minore intensità ma risultano permanenti).

Le distanze di interferenza tra tubazione e linea elettrica, in corrispondenza delle quali deve essere studiato l'effetto dell'interferenza, in relazione a quanto prevede la norma CEI 304-1, sono:

- Per le aree rurali una distanza di interferenza di 3000m tra la linea elettrica aerea e la tubazione metallica (nel caso di valori di resistività del terreno maggiori di 3000 $\Omega\cdot\text{m}$, il valore della distanza di interferenza è uguale in metri al valore della resistività del suolo);

Codifica Elaborato Terna: RUFX19800B1831550	Rev.<00 >	Codifica Elaborato Proger: RUFX19800B1831550	Rev.<00 >
---	-----------	--	-----------

- Nelle aree urbane la distanza di interferenza può essere diminuita, tenendo conto del fattore di riduzione ambientale delle tubazioni metalliche esistenti in tali aree, fino ad una distanza di 300m;
- Per linee elettriche in cavo sotterraneo si applica una distanza di interferenza di 30m.

Nel caso di incrocio tra tubazione e linea elettrica, si distinguono due possibili configurazioni in incrocio:

- Incrocio con angolo acuto tra linea e tubazione maggiore di 45°;
- Incrocio con angolo acuto tra linea e tubazione minore di 45°.

Mentre nel primo caso l'accoppiamento induttivo può essere trascurato, nel secondo caso bisogna considerare una tratta di tubazione che abbia un profilo di esposizione pari a 10m di distanza da ciascun lato della linea elettrica. Tale tratta sarà sostituita con una tratta equivalente parallela al sistema inducente e posta ad una distanza da esso di 6m.

L'interferenza per accoppiamento conduttivo è considerata in condizione di guasto monofase a terra della linea elettrica inducente, cioè quando una rilevante differenza di potenziale può comparire sullo strato isolante della tubazione a causa del valore locale del potenziale di terra, entrando la tubazione metallica nella "zona di influenza" dell'installazione elettrica.

Se la tubazione metallica è interrata non è soggetta ad accoppiamento capacitivo.

I modelli matematici da impiegarsi che consentono di calcolare l'impedenza mutua sono le equazioni di Carson-Clem. Per il calcolo della FEM per le linee elettriche aeree si dovrà tenere conto della presenza della fune di guardia.

7 PROVVEDIMENTI PER MITIGARE L'INTERFERENZA

Se i risultati di calcolo mostreranno che la tensione indotta non è superiore ai valori ammissibili, sia sugli impianti di telecomunicazione sia nelle tubazioni, non occorrerà adottare alcun provvedimento. In caso contrario si renderà necessario adottare provvedimenti onde riportare entro i valori ammissibili la tensione indotta.

7.1 Provvedimenti atti a ridurre gli effetti dell'induzione elettromagnetica sugli impianti di telecomunicazione

Per ridurre gli effetti dell'induzione elettromagnetica si possono adottare uno o più dei seguenti provvedimenti, scelti in base a criteri tecnici ed economici:

- Adozione di un cavo di telecomunicazione o di un cavo elettrico con fattore di riduzione adeguato;
- Uso, sulla linea di telecomunicazione, di limitatori di sovratensione;
- Uso, sulla linea di telecomunicazione, per quanto possibile, di trasformatori di separazione (traslatori) intermedi o terminali, o di trasformatori neutralizzatori;
- Adozione, sulla linea di telecomunicazione, per quanto possibile, di modalità di esercizio che riducano il valore della tensione indotta.

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p>RELAZIONE SULLE SITUAZIONI DI POTENZIALE INTERFERENZA ELETTROMAGNETICA CON METANODOTTI E LINEE DI TELECOMUNICAZIONE</p> <p>REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 150 kV DI BOVINO E RELATIVI RACCORDI LINEE REDAZIONE DEL PIANO TECNICO DELLE OPERE (PTO)</p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: RUFX19800B1831550 Rev.<00 ></p>	<p>Codifica Elaborato Proger: RUFX19800B1831550 Rev.<00 ></p>	

Per quanto concerne l'impianto elettrico, sarà indispensabile procedere quanto più rapidamente possibile all'eliminazione dei guasti.

7.2 Provvedimenti atti a ridurre gli effetti dell'induzione elettromagnetica sulle tubazioni metalliche

Per ridurre gli effetti dell'induzione elettromagnetica si possono adottare uno o più dei seguenti provvedimenti, scelti in base a criteri tecnici ed economici:

- Posizionare la linea e la tubazione metallica abbastanza lontane l'una dall'altra: la distanza dipende dalla corrente inducente, dalla resistività del suolo e dalla lunghezza del parallelismo. Quando non è possibile fare questo, possono essere adottate misure di mitigazione specifiche sulla tubazione;
- *Strutture di protezione sulla tubazione metallica.* Sono utilizzate per accoppiamenti conduttivi; consistono in strutture di rivestimento della tubazione tali da non permettere alla corrente di ritorno a terra relativa alla linea elettrica di potenza di fluire nella tubazione;
- *Limitatori di sovratensioni (SPD).* Possono essere utilizzati per collegare la tubazione a terra o collegare le parti opposte di un giunto isolante per ridurre il valore di tensione che si presenta in condizioni di guasto o in particolari condizioni di esercizio molto gravose. Deve essere considerato che quando installati tra la tubazione e la terra per questi dispositivi è richiesto un collegamento a terra avente una bassa impedenza. Si deve altresì considerare che è necessario avere una opportuna differenza tra la tensione di intervento dell'SPD e la massima tensione indotta in condizioni di esercizio;
- *Giunti isolanti.* Possono essere inseriti a intervalli lungo la tubazione per realizzare una discontinuità elettrica riducendo la lunghezza dei tratti di tubazione che possono essere interferiti;
- *Connessioni di messa a terra.* Possono essere utilizzati per ridurre le tensioni indotte in condizioni di guasto e in condizioni ordinarie di esercizio.

8 POSSIBILI INTERFERENZE

Lungo il tracciato dei nuovi raccordi a 150kV, in relazione alle possibili interferenze, si apprezza quanto segue:

- non risulta la presenza di linee di telecomunicazione adiacenti o in attraversamento;
- è presente una conduttura metallica di metanodotto direttamente interrato in attraversamento ai nuovi raccordi 150kV all'esistente elettrodotto "Orsara-Bovino" e per l'esattezza:
 - Nella campata tra i sostegni dei due raccordi 3-5 e 4-6, a circa in prossimità di metà campata.

 <p>Terna Rete Italia T E R N A G R O U P</p>	<p align="center">RELAZIONE SULLE SITUAZIONI DI POTENZIALE INTERFERENZA ELETTROMAGNETICA CON METANODOTTI E LINEE DI TELECOMUNICAZIONE</p> <p align="center"><i>REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 150 kV DI BOVINO E RELATIVI RACCORDI LINEE REDAZIONE DEL PIANO TECNICO DELLE OPERE (PTO)</i></p>	
<p>Codifica Elaborato Terna: RUFX19800B1831550 Rev.<00 ></p>	<p>Codifica Elaborato Proger: RUFX19800B1831550 Rev.<00 ></p>	

9 GESTIONE DELLE INTERFERENZE

Ogni situazione di interferenza è relativa alla sicurezza di persone ed al danno o malfunzionamento degli impianti, quindi problematiche che devono essere gestite con attenzione, per essere sicuri che l'interferenza possa essere accettabile.

Considerato il fatto che generalmente una situazione di interferenza coinvolge due impianti, linea elettrica e linea di telecomunicazione o tubazione metallica, di differenti società, è necessario stabilire uno scambio efficiente ed affidabile di informazioni tra le parti, onde realizzare un censimento esaustivo degli impianti interferenti.