

POSSIBILI APPROCCI PER LA DETERMINAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO RELATIVA AD ELETTRODOTTI AEREI SECONDO LA CIRCOLARE MINISTERIALE DEL 15 NOVEMBRE 2004

1 Premesse

Nella circolare del Ministero dell'Ambiente relativa alla determinazione delle fasce di rispetto pertinenti ad una o più linee elettriche (*protocollo DSA/2004/25291 del 15 novembre 2004*) si specifica che:

1. la corrente da assumere sulle linee è quella specificata dalla norma CEI 11-60;
2. le linee possono essere descritte con fasci di conduttori rettilinei ed indefiniti come descritto nella norma CEI 211-4;
3. le fasce di rispetto sono costituite dalla proiezione verticale al livello del suolo delle superfici di isocampo di induzione magnetica relative all'obiettivo di qualità di 3 microtesla in termini di valore efficace;
4. in caso di presenza di più linee elettriche si devono considerare le condizioni di fase relativa tra le linee elettriche intersecantisi o vicine.

Sebbene a prima vista la definizione della procedura sembri sufficientemente dettagliata, in realtà esistono molti casi reali in cui sorgono difficoltà per la sua applicazione. Ad esempio l'utilizzo di un modello di elettrodotto con conduttori rettilinei ed indefiniti può risultare insoddisfacente in alcuni casi particolari, tra cui:

- linee che presentano forti cambi di direzione;
- linee che si intersecano o comunque vicine, ma non parallele;

Un'ulteriore difficoltà, di carattere più generale, è legata alla definizione dalle condizioni di fase relativa tra linee elettriche vicine che non sempre sono stabili nel tempo. D'altra parte le relazioni di fase hanno grande importanza per la determinazione della fascia, specialmente nel caso di terne di elettrodotti che condividono i sostegni (doppia terna).

Vengono di seguito presentati alcuni esempi di applicazione della procedura provvisoria per la determinazione delle fasce di rispetto. Questi esempi si riferiscono ad alcuni delle linee che per prime sono state rappresentate nel prototipo di archivio degli elettrodotti in corso realizzazione.

2 Fasce di rispetto per una singola linea

2.1 Linea con forti cambi di direzione

Sono stati presi in considerazione tre diversi metodi per la determinazione delle fasce di rispetto.

Il primo metodo (**metodo A**) consiste nell'applicazione della procedura provvisoria solo in corrispondenza dei sostegni. In particolare, per ogni linea si considerano tante sezioni di calcolo quanti sono i sostegni. Ciascuna sezione viene orientata come il piano di giacenza dei punti di sospensione del sostegno, che in genere coincide con il piano verticale che biseca l'angolo formato dagli assi delle campate che fanno capo al sostegno. Su ogni sezione si considerano dei conduttori rettilinei ed indefiniti, ortogonali al piano della sezione (e quindi orizzontali), passanti per i punti di sospensione. Il calcolo della fascia di rispetto viene dunque eseguito presso ogni sostegno, secondo l'algoritmo descritto dalla norma 211-4. La fascia di rispetto si ottiene congiungendo gli estremi della fascia trovati presso ciascun sostegno.

Il secondo metodo (**metodo B**) è una evoluzione del metodo A. Le sezioni di calcolo sono quelle considerate nel metodo A, questa volta però i conduttori non vengono rappresentati con delle rette ma piuttosto con delle coppie di semirette. Le semirette non sono in genere ortogonali alla sezione di calcolo considerata, ma sono ciascuna parallela all'asse della campata dei conduttori che rappresentano. Nel caso di sostegni posti in tratti rettilinei di elettrodotto i risultati, tranne che in casi molto particolari, sono equivalenti a quelli ottenuti con il metodo A. Nel caso di sostegni posti presso cambi di direzione della linea invece, l'utilizzo di semirette conduttrici permette di tenere

conto della perdita di simmetria della distribuzione di campo magnetico rispetto all'asse della linea dovuta al cambio di direzione dei conduttori.

Il **metodo C** è una ulteriore evoluzione e consiste nel considerare, oltre alle sezioni di calcolo presso i sostegni (conduttori modellati con semirette), anche alcune sezioni poste in uno o più punti intermedi lungo ciascuna campata. Su ciascuna delle sezioni intermedie i conduttori sono modellati come rettilinei ed indefiniti, paralleli all'asse della campata e passanti per l'effettivo punto di intersezione delle catenarie con il piano della sezione. Tali sezioni intermedie sono state aggiunte per tenere conto del fatto che l'effetto della curva è apprezzabile solo in prossimità della curva stessa e dunque se si determina la fascia congiungendone i vertici determinati presso i soli sostegni, la perdita di simmetria della distribuzione di campo che si verifica solo presso la curva si propaga lungo una campata.

Nelle figure 1 e 2 sono riportate le fasce di rispetto, ottenute utilizzando i tre metodi, presso un angolo pronunciato della linea a 132kV n.407 S.Lorenzo a Greve-Firenze Rifredi. In particolare in Fig. 1 sono confrontati i metodi **A** e **B** e si nota che le fascia in azzurro (metodo **B**) determinata modellando i conduttori con delle semirette, tiene conto del cambio di direzione.

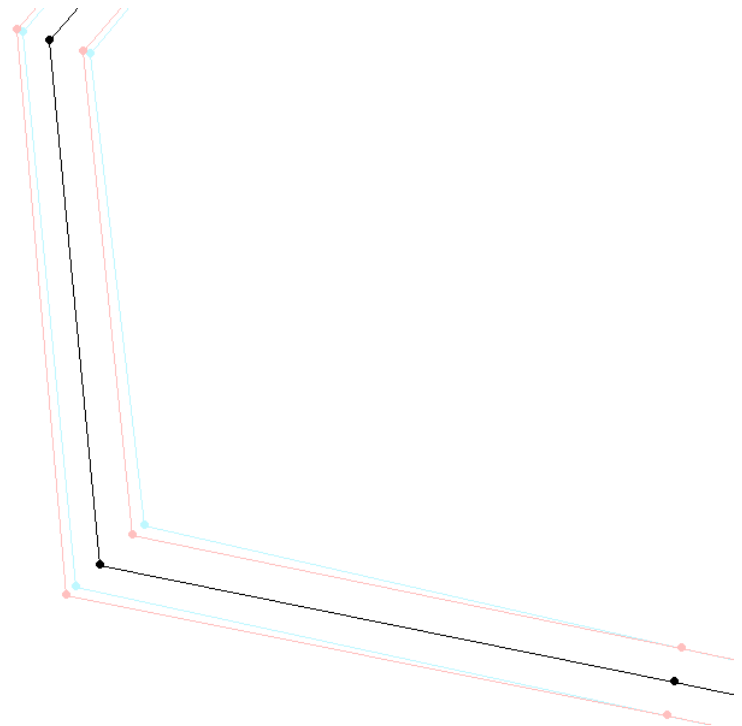


Fig. 1: Conduttori rettilinei indefiniti (**metodo A**, in rosa) semirette (**metodo B**, in azzurro)

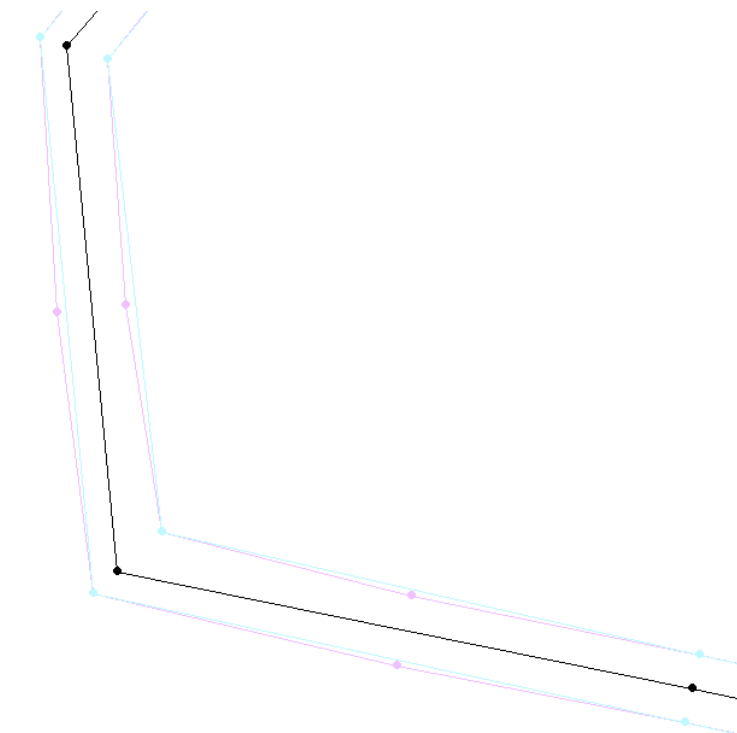


Fig. 2: Semirette, solo sostegni (**metodo B**, azzurro) semirette e punto intermedio (**metodo C**, magenta)

In Fig. 2 invece sono confrontati i metodi **B** e **C**; in questo caso si nota come mentre presso i sostegni i vertici delle fasce coincidono (in entrambi i casi i conduttori sono modellati con semirette), se si esegue il calcolo in punti intermedi della campata (metodo **C**, punti in magenta, nel caso illustrato si è considerato un punto a metà campata) i vertici della fascia si discostano sensibilmente dalle linee azzurre (metodo **B**) ottenute unendo i vertici determinati effettuando i calcoli solo presso i sostegni.

È da notare che la struttura del sostegno, illustrata nella foto di Fig. 3, è simmetrica rispetto all'asse della linea e dunque la perdita di simmetria della distribuzione di campo rispetto all'asse della linea riscontrabile presso il sostegno è originata dal solo cambio di direzione e non da altri fattori. Nell'esempio illustrato si è considerato un solo punto intermedio lungo ciascuna campata ma se ne potrebbero considerare due o più. L'unica controindicazione viene dal fatto che le sezioni di calcolo dovrebbero essere orientate in modo da evitare sovrapposizioni con altre sezioni nel caso queste si trovino vicino a cambi di direzione pronunciati. Si tratta comunque di dettagli di carattere tecnico risolvibili con un adeguato investimento in termini di tempo.



Fig. 3: foto del sostegno considerato nelle figure 1 e 2.

2.2 Cambio di tipologia di sostegno

L'introduzione di punti intermedi lungo la campata può essere utile anche lontano da cambi di direzione della linea ed in particolare per rappresentare la situazione in cui, lungo un tratto rettilineo, vengano utilizzati in posizioni consecutive sostegni di tipologia differente.

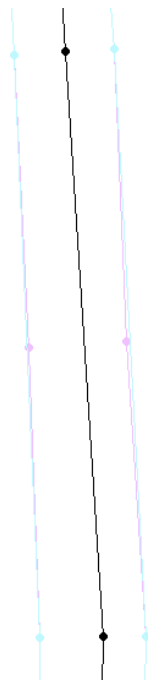


Fig. 4 : semirette, solo sostegni (**metodo B**, azzurro) semirette e punto intermedio (**metodo C**, magenta)

In Fig. 4 è illustrata la situazione in cui il calcolo presso una sezione intermedia da luogo a degli estremi di fascia diversi da quelli che si ottengono unendo i vertici determinati presso i soli sostegni. Ciò accade perché il cambio di tipologia di sostegno (le teste dei sostegni sono rappresentate nella figure 5 e 6) fa sì che le mutue distanze tra i conduttori cambino lungo la campata in modo diverso da come viene rappresentato secondo la modalità **B**. L'esempio di Fig. 4 si riferisce ad una campata della linea

a 132kV n.521 Porta a mare-Filettole.

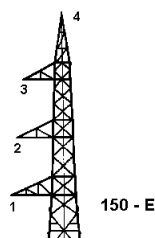


Fig. 5

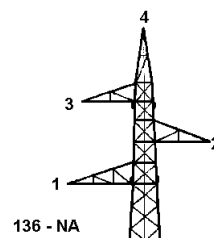


Fig. 6

Volendo raffinare ulteriormente il modello i conduttori potrebbero essere rappresentati con le relative catenarie. Questo potrebbe essere fatto a fronte di difficoltà tecniche superabili con un minimo di investimento. In particolare si dovrebbero prolungare le catenarie con delle semirette per tenere conto delle campate lontane. La metodologia per la determinazione della fascia rimarrebbe sostanzialmente invariata rispetto al caso in cui si modellino i conduttori con semirette ma sarebbe sicuramente più lenta. Per determinare il campo generato in un generico punto da un conduttore a catenaria è infatti necessario effettuare un'integrazione numerica mentre per il campo generato da una semiretta percorsa da corrente viene utilizzata la relativa espressione analitica.

C'è comunque da considerare il fatto che la procedura provvisoria svincola l'ampiezza della fascia dall'altezza sul terreno dei conduttori mentre è fortemente dipendente dalla mutua distanza tra di essi. Non ci si aspettano dunque grossi scostamenti tra le fasce ottenute con semirette e quelle ottenute con le catenarie visto che le mutue distanze tra i conduttori non dovrebbero variare in modo apprezzabile nei due casi. Implementare questo ulteriore metodo potrebbe comunque essere interessante sia come verifica, sia, in special modo, in relazione alla presenza di più linee elettriche vicine.

3 Fasce di rispetto per più linee

La presenza di più linee non parallele o che si intersecano è più problematica rispetto alla situazione con una sola linea, per diversi ordini di motivi.

Prima di tutto è necessario stabilire la relazione tra la fase delle correnti sulle linee. Questa non è detto sia nota e non è detto che rimanga stabile nel tempo. Inoltre, mentre è immediato determinare la disposizione delle fasi che genera la fascia più ampia per linee a doppia terna, cioè che condividono gli stessi sostegni, non lo è per linee vicine ma che non condividono i sostegni. In genere accade che, variando la configurazione delle fasi, la fascia di rispetto si allarga in alcuni punti e si stringe in altri.

Nel caso di più linee che non condividono i sostegni sarebbe sicuramente interessante modellare i conduttori con le relative catenarie. Infatti mentre per linee singole o per linee doppia terna anche con conduttori rettilinei (o a semirette) viene rappresentata correttamente la mutua distanza tra i conduttori *lungo tutta la campata*, nel caso di più linee non parallele, per rappresentare correttamente la mutua distanza tra i conduttori è necessario considerare il loro sviluppo sia sul piano orizzontale che su quello verticale.