

Caratteristiche tecniche degli elettrodotti necessarie al calcolo delle fasce di rispetto e disponibilità dei dati

Cuccia P., Ferrero D.

Terna DSC/IDC/AES Torino, Via Botticelli 139, 10154 Torino, paolo.cuccia@terna.it
Terna MAN/AOT Torino, Corso Regina Margherita 267, 10143 Torino, davide.ferrero@terna.it

INTRODUZIONE

Le reti per la trasmissione e distribuzione primaria dell'energia elettrica, a causa dei flussi di potenza che hanno la necessità di vettoriare, in Italia sono esercite a tensione non inferiore a 120 kV, rientrano quindi nella classificazione delle norme CEI come "sistemi elettrici di III categoria" (> 30 kV). I nodi di queste reti sono le stazioni elettriche, che possono avere funzione di smistamento, distribuzione, trasformazione e/o collettore di produzione, mentre le linee ed i trasformatori costituiscono i collegamenti delle reti stesse.

I componenti delle reti elettriche, in quanto fonti di campo elettromagnetico a frequenza industriale, debbono sottostare alla legislazione vigente in materia di CEM, che, come è noto, sono influenzati dalla disposizione spaziale dei conduttori, nonché dai flussi di corrente che li percorrono e dalle differenze di potenziale rispetto al suolo o a possibili recettori: queste sono le informazioni che il proprietario/gestore della rete fornisce per la stima dei valori di esposizione e per il calcolo delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

LEGISLAZIONE IN MATERIA E DEFINIZIONE DI FASCIA DI RISPETTO

Per "**fasce di rispetto**" si intendono quelle definite dalla **Legge 22 febbraio 2001 n° 36**, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità a di cui al **D.P.C.M. 08/07/2003**.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT, sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e delle Tutela del Territorio e del Mare.

Con **Decreto 29 maggio 2008** (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, come descritta nell'allegato APAT alla legge. In tale allegato si definisce "**fascia di rispetto**" come: "*lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità*". In pratica spiega come calcolare la distanza dagli elettrodotti affinché sia rispettato l'obiettivo di qualità di 3 μ T richiesto dal Dpcm 08/07/03 per i nuovi insediamenti che vengono costruiti (o ristrutturati) presso elettrodotti preesistenti oppure nel caso di costruzione di nuovi elettrodotti nelle vicinanze di edifici preesistenti. All'interno della fascia di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario oppure adibito a qualsiasi altro uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore giornaliere (esempio uffici, negozi...).

DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE E PROCEDURA DI LEGGE

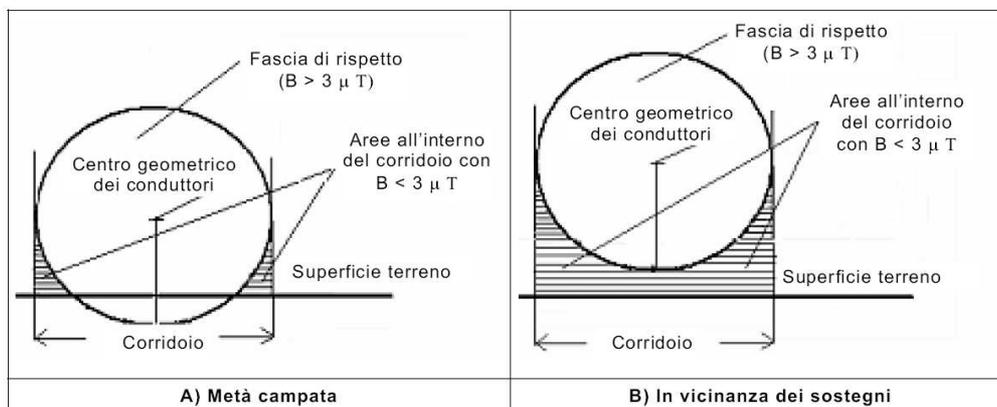
Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede una **distanza di prima approssimazione**, definita come "*la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto*".

Calcolando la Dpa si rientra quindi sicuramente nei limiti imposti dalla fascia di rispetto. Mentre però la fascia di rispetto è definita come un volume, la Dpa è una semplice distanza. Con la fascia di rispetto, a differenza del calcolo della Dpa, si trovano a livello del terreno distanze limite inferiori dalla linea e quindi si hanno a disposizione porzioni di terreno in più su cui si rispetta il limite di campo magnetico su cui poter costruire, ma il calcolo è più complesso rispetto al calcolo della Dpa e necessita di validi software di simulazione.

Il calcolo della Dpa è ovviamente più semplice e consente di applicare quanto previsto dalla Guida CEI

106-11¹ che si basa sul modello bidimensionale semplificato, valido per conduttori orizzontali paralleli. Inoltre, basandosi su formule semplici e tabelle contenute nel Decreto, è possibile tenere conto anche di casi particolari ma abbastanza frequenti quali incroci, cambi di direzione o parallelismi con altre linee. In questi casi si passa da un concetto di distanza di prima approssimazione ad un'area di prima approssimazione (Apa), introducendo degli incrementi percentuali delle semifasce imperturbate.

Fig. 1 - differenza di limiti imposti sul territorio tra calcolo della Dpa e fascia di rispetto – (Fonte guida CEI 106-11)



Tale distanza, secondo quanto previsto dal Decreto, può essere valutata combinando la configurazione dei conduttori, la fase e la portata in corrente che fornisca il risultato più cautelativo sull'intera linea anche se tale configurazione non corrispondesse ad alcuna campata reale. La fascia ottenuta mediante il calcolo della Dpa si riporta su planimetria, georeferenziata e con approssimazione di 1 m.

Nei singoli casi specifici, in cui, per un nuovo elettrodotto in progetto, all'interno della Dpa rientrano edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario oppure adibito a qualsiasi altro uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore giornaliere oppure in caso in cui un richiedente intenda costruire ad una distanza da una linea elettrica esistente inferiore alla Dpa, l'autorità competente (il Comune), può chiedere al gestore della rete cui appartiene l'elettrodotto di eseguire il calcolo esatto della fascia di rispetto lungo le necessarie sezioni della linea, al fine di consentire una corretta valutazione dell'induzione magnetica.

DATI NECESSARI PER IL CALCOLO

Ai sensi dell'art. 6 comma 1 del DPCM 8 luglio 2003, come anche richiamato nell'allegato APAT, per determinare le fasce di rispetto per i nuovi elettrodotti si fa riferimento al valore di $3 \mu T$, mentre la corrente da utilizzare nel calcolo è:

- per le linee aeree con tensione superiore a 100 kV la portata di corrente in servizio normale viene calcolata ai sensi della norma CEI 11-60;
- per le linee in cavo la corrente da utilizzare nel calcolo è la portata in regime permanente così come definita nella norma CEI 11-17.

Solitamente, ai fini del calcolo della fascia di rispetto, si omettono verifiche del campo elettrico in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul Limite di esposizione nonché valore di attenzione pari a 5 kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

In teoria per calcolare il campo magnetico intorno ai conduttori occorre conoscere le correnti in termini di ampiezza e fase e la posizione nello spazio. Quest'ultima dipende da:

- ✓ configurazione di attacco dei conduttori ai due sostegni estremi di ogni campata, in termini di posizione reciproca e di altezza da terra, cosa che dipende dalla struttura del singolo sostegno;
- ✓ andamento del conduttore lungo la campata (eq. della catenaria $y = H \cdot \cosh(x/H)$) che dipende dal tiro in kg del conduttore, dal peso unitario del conduttore, dalla temperatura dalla lunghezza della campata.

Prima di eseguire il calcolo occorre quindi definire in quale casistica si ricade:

- calcolo della fascia di rispetto
- calcolo della Dpa

¹ "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo"

In caso di calcolo della Dpa l'andamento del conduttore lungo la campata non è necessario in quanto si basa sulla proiezione a terra dell'ingombro massimo della curva equilivello di $3 \mu\text{T}$ in corrispondenza dei punti della linea più cautelativi e quindi indipendente dall'altezza dei conduttori rispetto al terreno.

In pratica, ferma restando la necessità di associare ad ogni calcolo, sia di Dpa che di fascia di rispetto, la denominazione dell'elettrodotto, la tensione nominale e le informazioni necessarie per l'identificazione del tronco, della tratta o della campata dell'elettrodotto, i dati che il gestore fornirà sono:

- ✓ **per il calcolo della distanza di prima approssimazione**
 - portata in corrente in servizio normale
 - configurazione geometrica dei conduttori che comporta la maggiore estensione della fascia di rispetto lungo l'intero tronco.

- ✓ **per la determinazione della fascia di rispetto**
 - portata in corrente in servizio normale, o corrente utilizzata nel calcolo e criteri di individuazione della stessa;
 - coordinate georeferenziate
 - tipologia dei sostegni
 - disegno della testa dei sostegni;
 - posizione relativa delle coordinate dei punti di attacco rispetto ad un punto convenzionalmente scelto come "centro-sostegno".
 - altezza utile;
 - disposizione delle fasi per le doppie terne o le terne singole
 - tipo di conduttore e caratteristiche meccaniche;
 - parametro di tesatura della catenaria alla temperatura massima;
 - posizione e franco minimo nella campata;

Da sottolineare come per il calcolo puntuale della fascia di rispetto, riferita ad una data sezione trasversale all'interno della campata, la posizione spaziale dei conduttori dipende ancora dall'angolo di deviazione linea e di orientamento dei due sostegni che delimitano la campata in esame.

Per ogni linea elettrica aerea, esistente o in progetto, viene definito il cosiddetto "profilo della linea", dal quale si evince la maggior parte dei dati geometrici, quali l'altezza utile, il tipo di conduttori, il tipo di sostegno ed il parametro di tesatura.

TIPI DI SOSTEGNI

La configurazione di attacco dei conduttori ai due sostegni estremi di ogni campata, in termini di posizione reciproca e di altezza da terra dipende dalla struttura del singolo sostegno.

Tanto per rendere l'idea delle possibili configurazioni che i conduttori in AT possono assumere in corrispondenza dell'attacco ai sostegni, occorre considerare che:

- i livelli di tensione nominale disponibili sulla rete TERNA sono 132kV, 150 kV, 220 kV, 380 kV ed ogni livello di tensione contempla distanze in aria tra le fasi e strutture dei sostegni che possono essere assai diverse; ogni linea poi può essere concepita in singola terna (3 conduttori o fasci di conduttori) o in doppia terna (6 conduttori o fasci di conduttori);
- per un dato livello di tensione ed a seconda che la linea sia concepita in semplice terna o in doppia terna, esistono più tipologie di sostegni, scelti in base alle prestazioni meccaniche dovute a tiri, angoli, dislivelli, campate o esigenze varie, che a loro volta emergono dal progetto dell'intera linea;
- per ogni tipo di sostegno ci possono essere più tipologie di "teste" ossia dimensioni e configurazioni delle mensole (parti del sostegno alle quali sono collegati i conduttori tramite gli armamenti e le catene di isolatori), che determinano differenti possibili coordinate di attacco conduttore sul sostegno.

I sostegni possono avere altezze comprese solitamente tra i 12 m ed i 36÷45 m (a seconda del livello di tensione e marca del sostegno) intendendo per tale l'altezza utile ovvero quella del conduttore più basso rispetto a terra. Sono possibili anche altezze superiori.

Possono poi essere utilizzati, in particolari condizioni, anche sostegni di più recente concezione, come ad esempio sostegni di tipologia tradizionale a traliccio con mensole isolanti e, da ultimo, quelli tubolari a mensole isolanti; nati entrambi con distanze tra le fasi ridotte per necessità di contenere l'ingombro della linea, hanno il vantaggio di determinare un ridotto impatto del campo magnetico.

Sono infine presenti sul territorio le più svariate configurazioni di sostegni derivati da quelli "standard" che vanno studiati caso per caso, basta pensare ai sostegni cosiddetti a bandiera (con le tre mensole una sopra l'altra da un solo lato), o a sostegni molto vecchi in cui le distanze tra i conduttori delle fasi possono essere ancora differenti.

Si riportano nel seguito a titolo di esempio alcuni schematici delle "teste" dei sostegni per i tre livelli di tensione in semplice terna. Si deduce quindi come non sia possibile schematizzare in un elenco esaustivo tutte le possibili configurazioni dei conduttori.

Fig. 3 - tipo di configurazione mensole di un sostegno 132 kV S.T.

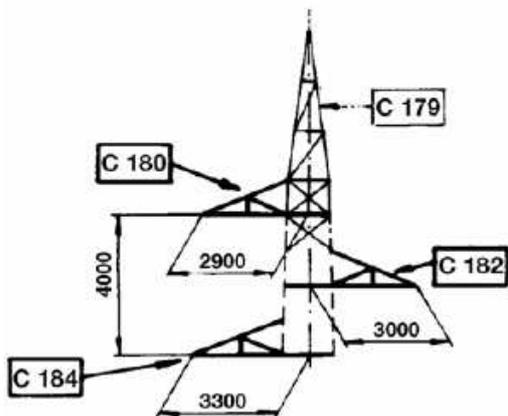


Fig. 4 - tipo di configurazione mensole di un sostegno 220 kV S.T.

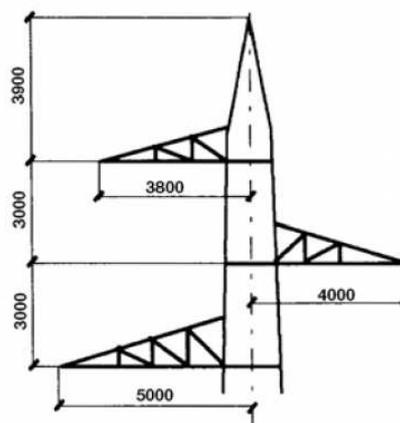


Fig. 5 - tipo di configurazione mensole di un sostegno 380 kV in sospensione

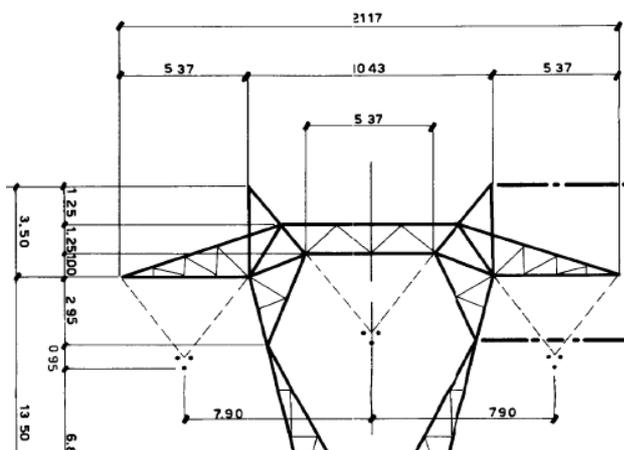
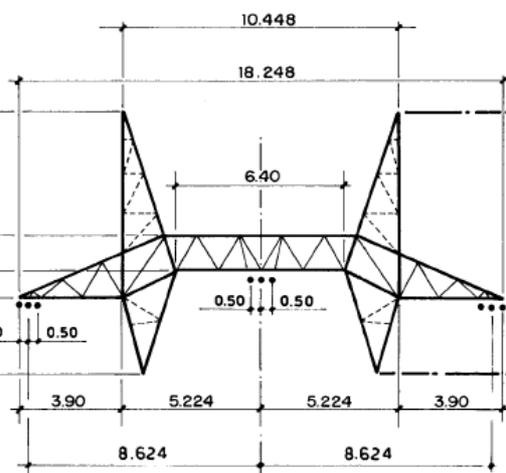
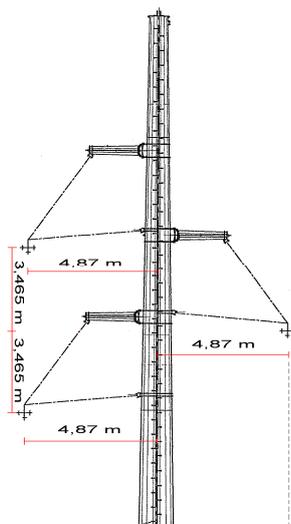


Fig. 6 - tipo di configurazione mensole di un tipo di sostegno 380 kV in amarro



Di seguito è riportata una tipica configurazione di sostegno monostelo tubolare. Si notino le distanze tra le fasi notevolmente ridotte, con una riduzione di circa 5m sulla DPA rispetto ad un sostegno di simile prestazione tradizionale.

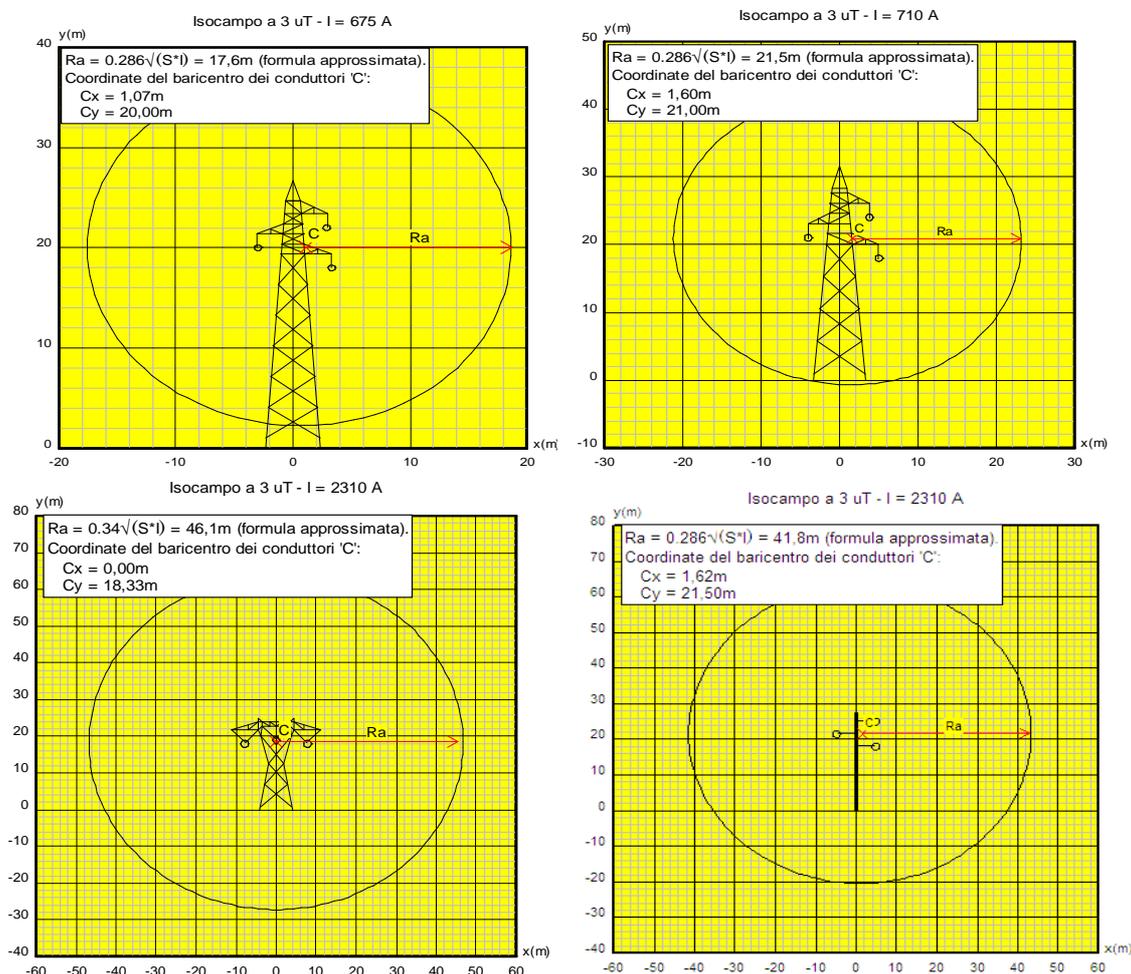
Fig. 8 - Esempio di sostegno tubolare monostelo per linea a 380 kV in sospensione semplice terna



ESEMPI CONCRETI DI FASCE DI RISPETTO CALCOLATE

Per il calcolo TERNA utilizza il programma "EMF Vers 4.0" modello bidimensionale sviluppato per T.E.R.N.A. da CESI in aderenza alla norma CEI 211-4. Si riportano nel seguito alcuni esempi di simulazioni che portano alla rappresentazione di mappe trasversali di induzione magnetica, o curve equilivello di campo.

Fig. 9 – In senso orario: 132 kV ST, 220kV ST, 380 kV ST tubolare a basso impatto, 380 kV tradizionale



DISPONIBILITÀ DELLE INFORMAZIONI

Si è detto che per il calcolo sia della Dpa che della fascia di rispetto la portata in corrente della linea viene calcolata ai sensi della norma CEI 11-60. Per la determinazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità, ai sensi del DPCM 8/7/2003, nel caso di elettrodotti esistenti in adiacenza ad insediamenti abitativi esistenti si considera la mediana dei valori di corrente nell'arco 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. Cautelativamente Terna fa riferimento al valore massimo di tale mediana nel periodo richiesto.

E' intuibile che le normali condizioni di esercizio della linea sono caratterizzate da una mediana di corrente sempre inferiore alla corrente corrispondente al limite termico della stessa: analoga considerazione varrà quindi per i corrispondenti valori dell'induzione magnetica. I valori delle correnti di esercizio degli elettrodotti sono forniti dal gestore della rete (Terna per la Rete di Trasmissione Nazionale).

TERNA è concessionaria per le attività di trasmissione e dispacciamento dell'energia elettrica e nell'ambito di tali attività gestisce i flussi di energia e garantisce l'adempimento di ogni obbligo volto ad assicurare la sicurezza, l'affidabilità, l'efficienza del servizio, nonché la sicurezza e la continuità degli approvvigionamenti, assicurando l'imparzialità e la neutralità del servizio. Nell'espletamento di tali funzioni dispone, attraverso il sistema di controllo, dei valori della tensione, delle potenze attive e reattive transitanti sulle linee 380 kV, 220 kV e su parte delle linee a 150 kV e 132 kV della Rete di Trasmissione Nazionale.

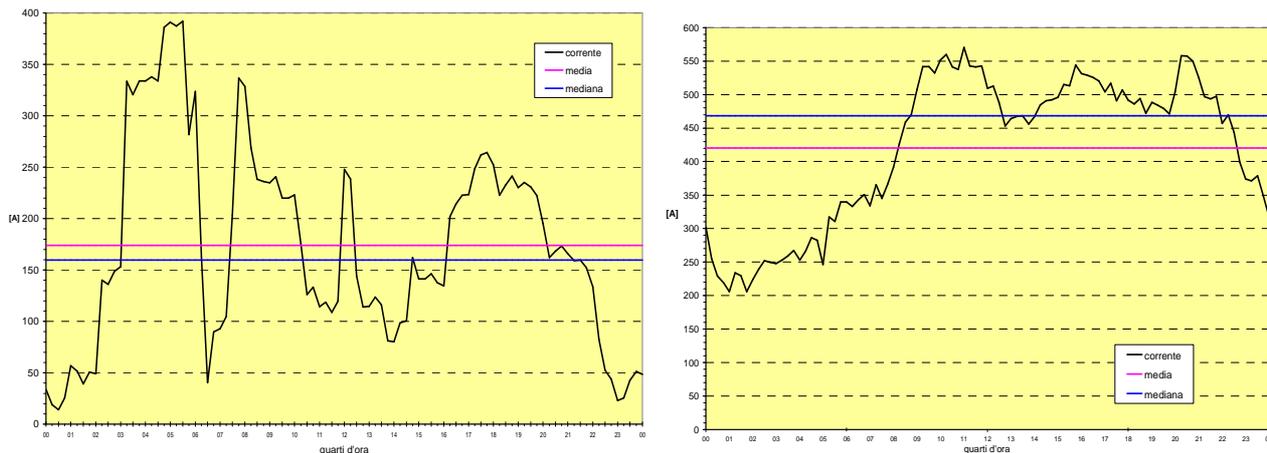
Come ordine di grandezza, Terna dispone direttamente dal suddetto sistema di controllo, di circa il 63% delle misure delle grandezze elettriche delle linee appartenenti alla RTN: le altre le richiede ai singoli proprietari (24% Enel Distribuzione, 13% altri), per poi inoltrarle al soggetto istituzionale che le ha richieste.

I dati archiviati, opportunamente elaborati, consentono, in condizioni di normale funzionamento dell'intero sistema, di calcolare i valori delle correnti con campionamento di 15 minuti, sulla base dei quali è possibile effettuare successive analisi di tipo statistico. La precisione dei dati telemisurati tuttavia è quella necessaria per l'attività di dispacciamento; ne consegue che, in relazione ad altre esigenze, per le quali sia richiesto un diverso grado di precisione, sarà necessario ricorrere a misure dirette delle grandezze da monitorare.

Circa la possibilità di diffondere i dati in questione, occorre precisare che gli stessi sono da considerarsi a tutti gli effetti "informazioni ambientali detenute da autorità pubbliche", per le quali limiti e condizioni di divulgazione sono regolati dal Decreto Legislativo n. 195/2005 "Attuazione della direttiva 2003/4/Ce sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale". Terna, infatti, ai sensi della presente legge, rientra fra le autorità pubbliche, in quanto concessionaria di pubblico servizio "(art. 2, comma 1, lett. b).

Nel seguito si riportano gli andamenti tipici della corrente per due linee di trasmissione.

Fig. 10 – Andamenti tipici delle correnti di due linee della rete a 380/220 kV



BIBLIOGRAFIA

- Norma CEI 11-60: "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV"
- Guida CEI 106-11: "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo"
- DPCM 8 luglio 2003
- Decreto 29 maggio 2008 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare