

LINEA ELETTRICA AEREA A 132-150 kV SEMPLICE TERNA A TRIANGOLO
CONDUTTORI \varnothing 31,5 mm – EDS 12% - ZONA "B"

UTILIZZAZIONE DEL SOSTEGNO "M"
CALCOLO DELLE AZIONI ESTERNE SUL SOSTEGNO

Storia delle revisioni

| | | |
|---------|----------------|---|
| Rev. 00 | del 15/12/2005 | Prima emissione |
| Rev. 01 | del 27/07/2007 | A seguito sostituzione profili commerciali sui sostegni della serie aggiornato riferimento elaborato calcolo di verifica del sostegno |

| Elaborato | | Verificato | | Approvato |
|--------------------------|--|--------------------------|--|---------------------------|
| L. Alario ING/ILC/COL | | L. Alario ING/ILC/COL | | R. Rendina ING/ILC/COL |

m010CI-LG001-r02

CALCOLO ESEGUITO IN CONFORMITA' AL D.M. DEL 21/03/1988
DI CUI ALLA LEGGE N. 339 DEL 28/06/1986

PER IL CALCOLO DI VERIFICA DEL SOSTEGNO VEDERE
ELABORATO: **CESI prot. A7011179 – Rev.0 – Aprile 2007**

1) CARATTERISTICHE GENERALI

| | |
|------------------|--|
| Conduttore | All. Acc. \varnothing 31,5 mm (RQUT0000C2/1) |
| Corda di guardia | Acciaio rivestito di alluminio \varnothing 11,5 mm (LC 51), acciaio \varnothing 10,5 mm (LC 21/1) (*) |
| Isolatori | Vetro temprato a cappa e perno in catene di 9 elementi nelle sospensioni semplici e di 9 elementi nelle sospensioni doppie e amarri. |
| Tipo fondazione | In calcestruzzo a piedini separati |
| Messa a terra | Secondo le norme citate |
| Larghezza linea | 7 m tra i conduttori esterni |

2) CONDUTTORI E CORDA DI GUARDIA

2.1 CARATTERISTICHE PRINCIPALI

| | | CONDUTTORE | CORDA DI GUARDIA | CORDA DI GUARDIA |
|--|------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | RQUT0000C2/1 | LC 51 | LC 21/1 |
| MATERIALE | | All. Acc. | Acc.rivestito di All. | Acc. |
| DIAMETRO CIRCOSCRITTO (mm) | | 31,5 | 11,5 | 10,5 |
| SEZIONI TEORICHE | ALLUMINIO (mm ²) | 519,5 | - | - |
| | ACCIAIO (mm ²) | 65,8 | - | - |
| | TOTALE (mm ²) | 583,30 | 80,65 | 65,81 |
| MASSA UNITARIA (Kg/m) | | 1,953 | 0,537 | 0,517 |
| MODULO DI ELASTICITA' (N/mm ²) | | 68000 | 155000 | 175000 |
| COEFFICIENTE DI DILATAZIONE (1/°C) | | 19,4 X 10 ⁻⁶ | 13 X 10 ⁻⁶ | 11,5 X 10 ⁻⁶ |
| CARICO DI ROTTURA (daN) | | 16852 | 9000 | 10196 |

2.2 CONDIZIONE BASE E CONDIZIONE DERIVATA

- CONDIZIONE BASE

EDS: (Every Day Stress) 15°C, conduttore scarico

In detta condizione il tiro orizzontale è stato assunto costante al variare della campata equivalente della tratta (ovvero della campata reale per la corda di guardia). I valori di tiro per conduttore e corda di guardia sono:

| | | CONDUTTORE | CORDA DI GUARDIA | CORDA DI GUARDIA |
|---------------------------------------|-------|--------------|------------------|------------------|
| | | RQUT0000C2/1 | LC 51 | LC 21/1 |
| TIRO ORIZZONTALE T₀ | (daN) | 2025 | 1008 | 995 |

- CONDIZIONE DERIVATA

MSA: -5°C, vento alla velocità di 130 km/h

MSB: -20°C, manicotto di ghiaccio di 12 mm, vento alla velocità di 65 km/h.

(*) Corde di guardia di altra tipologia potranno essere utilizzate purchè vengano rispettati i valori massimi delle azioni trasmesse dalla corda indicata.

In detta condizione i tiri vengono ottenuti risolvendo la equazione del cambiamento di stato:

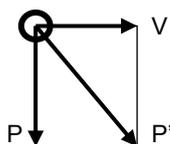
$$\alpha (\Theta_d - \Theta_b) + \frac{1}{S E} (T_d - T_b) = \frac{p'_d{}^2 L^2}{24 T_d^2} - \frac{p'_b{}^2 L^2}{24 T_b^2}$$

Ove:

- Θ_d = Temperatura della condizione derivata
- Θ_b = Temperatura della condizione base
- S = Sezione totale del conduttore
- E = Modulo di elasticità
- T_d = Tiro orizzontale della condizione derivata
- T_b = Tiro orizzontale della condizione base
- P'_d = Carico risultante per metro di conduttore nella condizione derivata
- P'_b = Carico risultante per metro di conduttore nella condizione base
- L = Campata equivalente (*) della tratta nel caso di conduttore ovvero campata reale nel caso di corda di guardia

I valori di spinta del vento per metro di conduttore, di peso per metro di conduttore e di carico risultante per metro di conduttore sono riportati nella seguente tabella:

| | | CONDUTTORE | CORDA DI GUARDIA | CORDA DI GUARDIA |
|-----------------------|----|--------------|------------------|------------------|
| | | RQUT0000C2/1 | LC 51 | LC 21/1 |
| CONDIZIONE EDS | V | 0 | 0 | 0 |
| | P | 1,9159 | 0,5268 | 0,5072 |
| | P' | 1,9159 | 0,5268 | 0,5072 |
| CONDIZIONE MSA | V | 2,2248 | 0,8123 | 0,7416 |
| | P | 1,9159 | 0,5268 | 0,5072 |
| | P' | 2,9361 | 0,9681 | 0,8985 |
| CONDIZIONE MSB | V | 0,9800 | 0,6269 | 0,6092 |
| | P | 3,3959 | 1,3264 | 1,2727 |
| | P' | 3,5345 | 1,4670 | 1,4110 |



V = spinta del vento per metro di conduttore (daN/m)

P = peso per metro di conduttore (daN/m)

$P' = \sqrt{v^2 + p^2}$ = carico risultante per metro di conduttore (daN/m)

(*) $L = \sqrt{\frac{\sum Li^3}{\sum Li}}$ ove le Li sono le campate reali comprese fra due successivi amari

3) UTILIZZAZIONE MECCANICA DEL SOSTEGNO

3.1 FORMULE PER IL CALCOLO DELLE AZIONI ESTERNE

Il calcolo del sostegno è stato eseguito tenendo conto delle azioni esterne dei conduttori e delle corde di guardia nelle due ipotesi **MSA** e **MSB**.

Le formule per il calcolo di tali azioni, sia per conduttori che per corde di guardia (supposti integri), sono le seguenti:

| | | | | |
|------------|---|--------------------|---|-----|
| Conduttori | { | Azione trasversale | $T = v C_m + 2 \operatorname{sen} \delta/2 T_0 + t^*$ | (2) |
| | | Azione verticale | $P = p C_m + K T_0 + p^*$ | (3) |

Ove:

- v = spinta del vento per metro di conduttore
- p = peso per metro di conduttore i valori di v e di p sono riportati in 2.2
- t* = spinta del vento su isolatori e morsetteria
- p* = peso di isolatori e morsetteria
- T₀ = tiro orizzontale nel conduttore

I valori di t* e p* sono riportati nella seguente tabella:

| | | CONDUTTORE | | CORDA DI GUARDIA | |
|------------|-------|------------|-----------|------------------|----------|
| | | t* | p* | t* | p* |
| MSA | (daN) | 60 | 70 | 0 | 0 |
| MSB | (daN) | 20 | 70 | 0 | 0 |

T₀ =Tiro orizzontale nel conduttore

I valori di T₀ sono riportati nella seguente tabella:

| | | CONDUTTORE | CORDA DI GUARDIA | CORDA DI GUARDIA |
|------------|-------|--------------|------------------|------------------|
| | | RQUT0000C2/1 | LC 51 | LC 21/1 |
| MSA | (daN) | 3204 | 1822 | 1731 |
| MSB | (daN) | 3992 | 2703 | 2646 |

I suddetti tiri sono stati ottenuti mediante la equazione del cambiamento di stato e rappresentano i massimi valori che il tiro assume nella suddetta ipotesi:

per i conduttori in un intervallo di campate equivalenti pari a 200 ÷ 800 m

per le corde di guardia in un intervallo di campate reali pari a 100 ÷ 1000 m

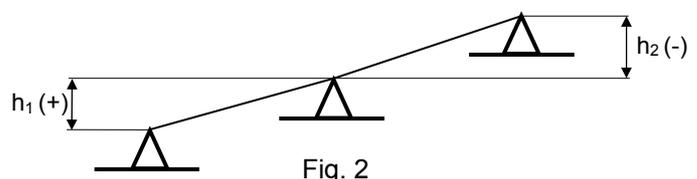
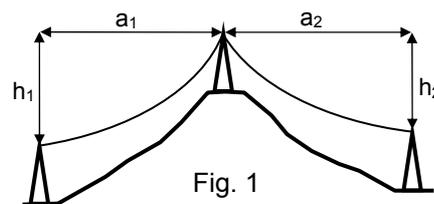
caratteristiche geometriche del picchetto:

- C_m = campata media
- δ = angolo di deviazione
- K = costante altimetrica (*)

(*) L'espressione di K è la seguente:

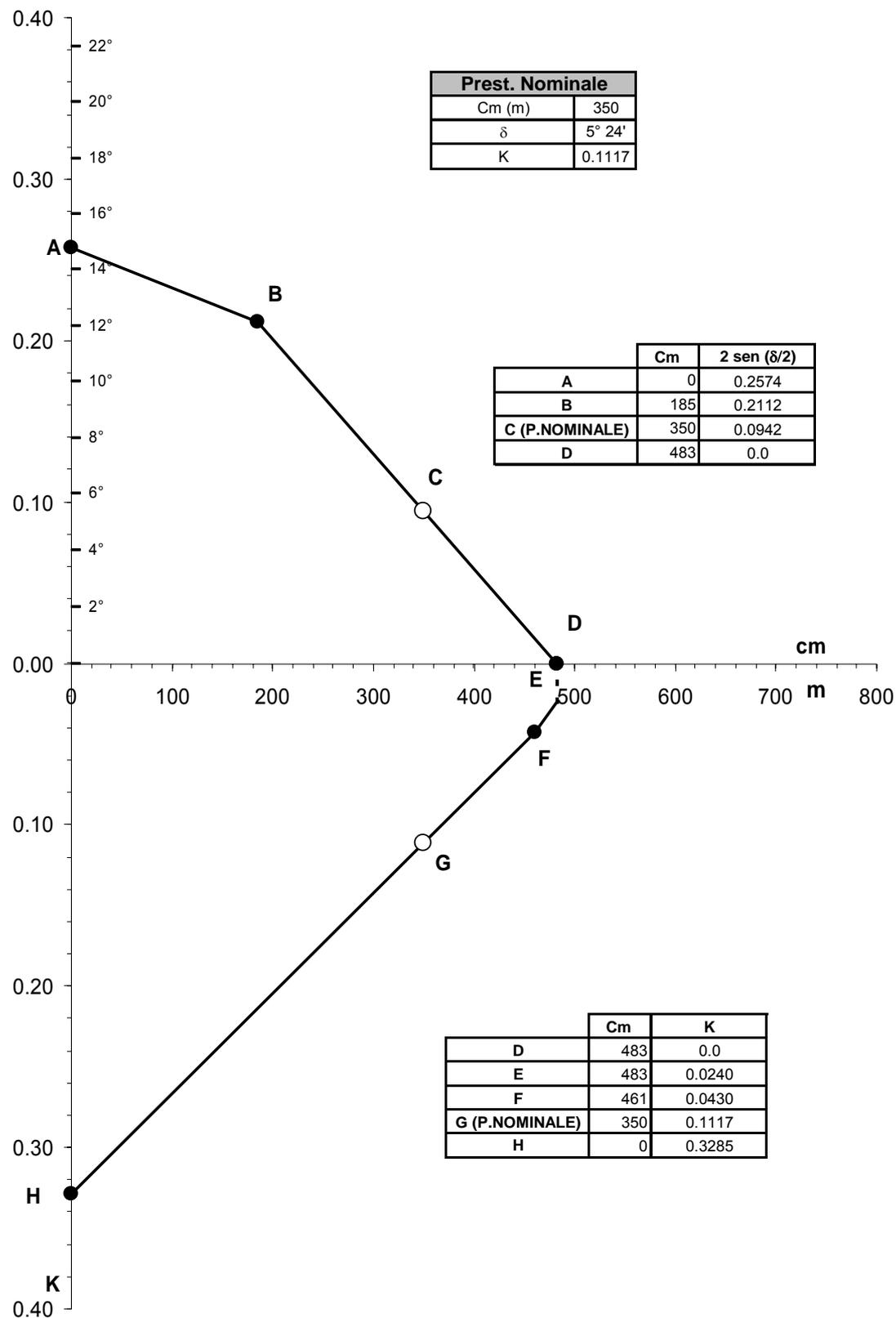
$$k = \frac{h_1}{a_1} + \frac{h_2}{a_2} \quad (\text{vedi fig.1})$$

ove le campate "a" hanno sempre segno positivo ed i dislivelli "h" segno positivo o negativo secondo lo schema di fig. 2



3.2 DIAGRAMMA DI UTILIZZAZIONE DEL SOSTEGNO

$2 \text{ sen } (\delta/2)$



IL DIAGRAMMA DELIMITA

- a) Nel piano (C_m, δ) un insieme di punti ai quali corrisponde un'azione trasversale complessiva non superiore a quella di calcolo del sostegno (campo di utilizzazione trasversale)
- b) Nel piano (C_m, K) un insieme di punti ai quali corrisponde un'azione verticale complessiva non superiore a quella di calcolo del sostegno (campo di utilizzazione verticale)

Pertanto, affinché il sostegno possa essere impiegato in un picchetto di caratteristiche geometriche (C_{m_i}, δ_i, K_i) è necessario che i punti (C_{m_i}, δ_i) e (C_{m_i}, K_i) siano compresi rispettivamente nei campi di utilizzazione trasversale e verticale.

3.3 AZIONI PER IL CALCOLO DEL SOSTEGNO

Sono state determinate le azioni esterne per il calcolo del sostegno in condizioni MSA ed MSB, sia nell'ipotesi di conduttori e corda di guardia integri (ipotesi normale), sia nell'ipotesi di rottura di un conduttore o della corda di guardia secondo quanto prescritto dalle norme (ipotesi eccezionale).

IPOTESI NORMALE

- Azioni trasversali e verticali:

Sono stati considerati i massimi valori che si verificano nelle più gravose condizioni d'impiego del sostegno (vedi diagramma di utilizzazione)

- Azioni longitudinali:

per la corda di guardia (amarrata ad ogni sostegno) è stato considerato uno squilibrio di tiro per tenere conto della diversa lunghezza delle campate adiacenti al sostegno.

Per ogni picchetto si dovrà perciò verificare mediante (1) che la effettiva differenza di tiro in condizioni MSA e MSB, per la corda di guardia che si intende impiegare sia minore o eguale dei valori di squilibrio considerati per il calcolo del sostegno.

Per un indagine rapida sono stati costruiti i diagrammi di fig. 3 relativi alle corde di guardia, che tengono conto dei massimi squilibri.

Riportando in ascisse la campata maggiore (L_M) tra le due adiacenti al sostegno e in ordinata la minore (L_m), se il punto di coordinata (L_M, L_m) sta al disopra del diagramma la verifica è positiva poiché, lo squilibrio di tiro è minore di quello di calcolo.

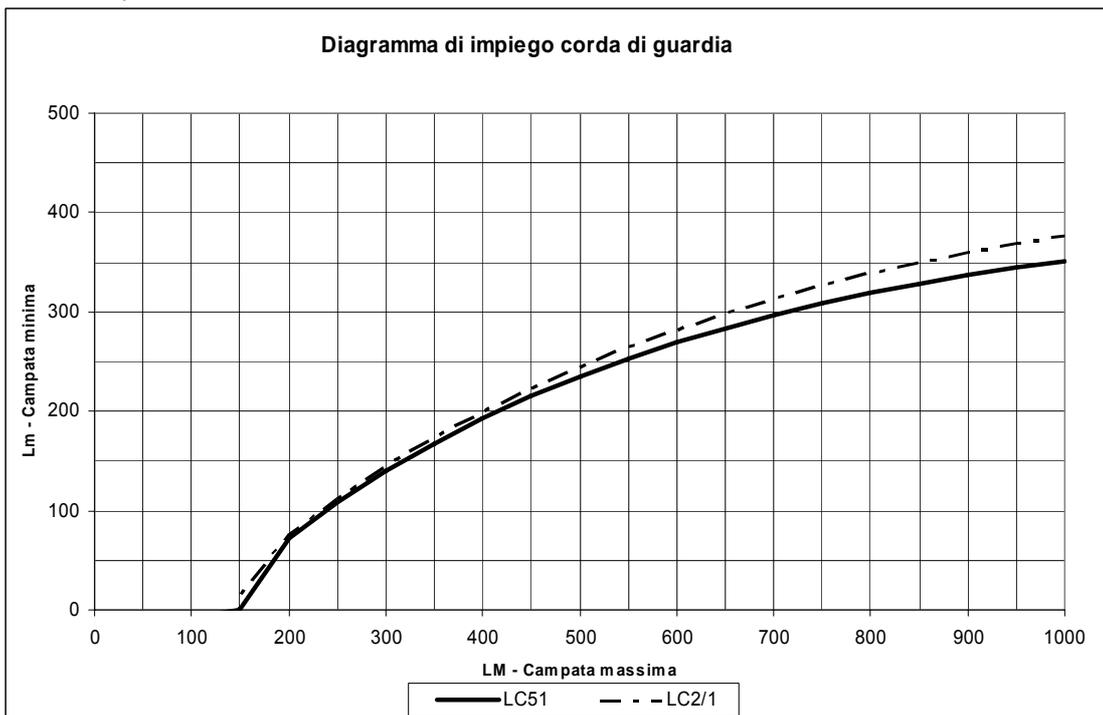


Fig.3

IPOTESI ECCEZIONALE:

- Azioni trasversali e verticali:

per i conduttori i valori sono stati ottenuti dimezzando le corrispondenti azioni in ipotesi normale (tali valori non risultano esattamente la metà in quanto nelle due ipotesi sono state mantenute costanti la spinta del vento su isolatori e morsetteria (t^*) ed il loro peso (p^*)).

Per le corde di guardia i valori sono stati ottenuti dimezzando le corrispondenti azioni in ipotesi normale.

- Azioni longitudinali:

sono state assunte pari al tiro T_0

VALORI DELLE AZIONI ESTERNE PER IL CALCOLO DEL SOSTEGNO

Sono riportati nella seguente tabella:

| IPOTESI | STATO DEI CONDUTTORI | CONDUTTORE RQ UT 0000C2/1 | | | CORDA DI GUARDIA LC51 (***) | | |
|-----------------------------|----------------------|------------------------------|--------|--------|--------------------------------|--------|--------|
| | | T(daN) | P(daN) | L(daN) | T(daN) | P(daN) | L(daN) |
| NORMALE | MSA -B | 1148 | 1123 | 0 | 535 | 599 | 240 |
| ECCEZIONALE (**) | MSA -B | 604 | 596 | 3204 | 268 | 299 | 1822 |
| NORMALE | MSB | 1048 | 1807 | 0 | 696 | 888 | 360 |
| ECCEZIONALE (**) | MSB | 534 | 939 | 3992 | 348 | 444 | 2703 |

(**) Rottura di uno dei tre conduttori o della corda di guardia. I valori indicati si riferiscono, ovviamente, al solo conduttore (o corda di guardia) rotto.

Mediante le relazioni (2) e (3) si può verificare che per tutte le terne di prestazioni geometriche ($C_m, \delta K$) tali che il punto ($C_m, \delta K$) sia compreso nel "campo di utilizzazione trasversale" e il punto (C_m, K) sia compreso nel "campo di utilizzazione verticale", le azioni trasversali e verticali (sia per i conduttori che per corde di guardia) nella condizione MSA e MSB risultino inferiori od eguali a quelle considerate per il calcolo del sostegno e riportate nella tabella precedente.

(***) Nel caso di utilizzo di corde di guardia di altra tipologia dovrà essere verificato il non superamento dei valori T, P, L , indicati.