

**PROVE DA ESEGUIRE PER LA
CARATTERIZZAZIONE DI UN PANTOGRAFO A 3 kV_{cc}**

Parte	TITOLO
I	GENERALITÀ
II	PROVE AL BANCO
III	PROVE IN LINEA
IV	ALLEGATI TIPOLOGIE DI CATENARIE

A termine di legge la R.F.I. S.p.A. si riserva la proprietà di questo documento che non potrà essere copiato, riprodotto o comunicato ad altri senza esplicita autorizzazione.

Rev.	Data	Descrizione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
D	02-2008	Emissione per applicazione	Claudio Spalvieri	Alvaro Fumi
			<i>Claudio Spalvieri</i>	<i>Alvaro Fumi</i>

INDICE

PARTE I - GENERALITÀ	4
I.1 SCOPO.....	4
I.2 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
I.3 TABELLA DELLE PROVE.....	5
I.4 VALIDITA' DELLE CERTIFICAZIONI.....	7
I.5 STRUTTURA DEI CAPITOLI	7
 PARTE II - PROVE AL BANCO	 8
II.1 VERIFICA CAMPO DI VARIAZIONE SPINTA STATICA	8
II.1.1 Norme di riferimento.....	8
II.1.2 Descrizione generale della prova	8
II.1.3 Effettuazione delle prove.....	8
II.1.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati	8
II.1.5 Criteri di accettazione.....	9
II.2 CALIBRAZIONE DEL SISTEMA DI MISURA DELLE FORZE	10
II.2.1 Norme di riferimento.....	10
II.2.2 Descrizione generale della prova	10
II.2.3 Effettuazione delle prove.....	10
II.2.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati	11
II.2.5 Criteri di accettazione.....	11
II.3 CALIBRAZIONE DEL SISTEMA DI MISURA DELLE ALTEZZE	11
II.3.1 Norme di riferimento.....	11
II.3.2 Descrizione generale della prova	11
II.3.3 Effettuazione delle prove.....	11
II.3.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati	12
II.3.5 Criteri di accettazione.....	12
II.4 CALIBRAZIONE DEL SISTEMA DI MISURA DEGLI ARCHI	12
II.4.1 Norme di riferimento.....	12
II.4.2 Descrizione generale della prova	12
II.4.3 Effettuazione delle prove.....	13
II.4.3.1 Verifica della Densità di Potenza	13
II.4.3.2 Verifica del tempo di risposta	13
II.4.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati	13
II.4.5 Criteri di accettazione.....	13

PARTE III - PROVE DI LINEA.....	14
III.1 PORTANZA AERODINAMICA.....	14
III.1.1 Norme di riferimento.....	14
III.1.2 Descrizione generale della prova.....	14
III.1.3 Effettuazione delle prove.....	15
III.1.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati.....	15
III.1.5 Criteri di accettazione.....	16
III.2 FORZE DI CONTATTO.....	16
III.2.1 Norme di riferimento.....	16
III.2.2 Descrizione generale della prova.....	16
III.2.3 Effettuazione delle prove.....	16
III.2.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati.....	17
III.2.5 Criteri di accettazione.....	18
III.3 ALTEZZA DEL PUNTO DI CONTATTO E SOLLEVAMENTO RISPETTO ALLE CONDIZIONI DI RIPOSO DELLA LINEA DI CONTATTO.....	18
III.3.1 Norme di riferimento.....	18
III.3.2 Descrizione generale della prova.....	19
III.3.3 Effettuazione delle prove.....	19
III.3.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati.....	20
III.3.5 Criteri di accettazione.....	20
III.4 DISTACCHI DEL PUNTO DI CONTATTO TRAMITE LA MISURA DEGLI ARCHI ELETTRICI.....	21
III.4.1 Norme di riferimento.....	21
III.4.2 Descrizione generale della prova.....	21
III.4.3 Effettuazione delle prove.....	22
III.4.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati.....	22
III.4.5 Criteri di accettazione.....	23
III.5 VERIFICA TEMPO DI ABBASSAMENTO PANTOGRAFO.....	24
III.5.1 Norme di riferimento.....	24
III.5.2 Descrizione generale della prova.....	24
III.5.3 Effettuazione delle prove.....	24
III.5.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati.....	25
III.5.5 Criteri di accettazione.....	25
PARTE IV - ALLEGATI TIPOLOGIE DI LINEA DI CONTATTO.....	26
IV.1 LINEA DI CONTATTO PER LINEE TIPO 440.....	26
IV.2 LINEA DI CONTATTO PER LINEE TIPO 540.....	27

PARTE I - GENERALITÀ

I.1 SCOPO

La presente Specifica Tecnica descrive le prove da effettuare su di un pantografo, al fine della sua caratterizzazione per l'utilizzo sulla rete di RFI alla tensione continua di 3 kV_{cc}.

Le prove richieste per la caratterizzazione del pantografo sono state suddivise in:

- prove al banco;
- prove in linea.

I pantografi sono suddivisi per classi e caratterizzati con le relative velocità massime consentite, come descritto nella tabella 1:

Classe A	Classe B	Classe C
≤ 160 Km/h	≤ 200 Km/h	≤ 250 Km/h

Tab. 1 - Classi dei pantografi e relative velocità consentite

Il pantografo, affinché possa essere oggetto delle verifiche descritte nella presente Specifica Tecnica, deve avere preventivamente superato tutte le prove richieste dalla norma CEI EN 50206-1.

In particolare ci si riferisce ai primi 3 gruppi di prove riassunte in tabella D.1 della norma citata:

- prove di serie;
- prove di tipo (obbligatorie e supplementari);
- prove di investigazione.

Le Prove combinate, indicate al 4° gruppo della tabella D.1 sopra menzionata, prove da eseguire durante l'esercizio in linea, sono oggetto della presente Specifica Tecnica e vengono descritte nella Parte III.

I metodi e le prove preliminari di taratura e calibrazione degli strumenti vengono eseguiti al banco prova preliminarmente alle prove in linea e sono descritte nella Parte II della presente Specifica Tecnica.

L'effettuazione delle prove dovrà essere corredata da adeguata documentazione contenente tra l'altro:

- caratteristiche della strumentazione di misura e loro taratura;
- relazione descrittiva di ogni singola prova contenente i risultati registrati.

RFI si riserva di richiedere integrazioni o approfondimenti alla suddetta documentazione.

Per le prove che prevedono elaborazioni statistiche dei dati dovrà essere altresì prodotta la registrazione non elaborata della effettiva misurazione, correlata con le grandezze di interesse.

I.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Ogni tipologia di prova dovrà necessariamente rispettare, come condizioni minimali, la metodologia ed i valori imposti dalla Norme in vigore; in particolare ci si riferisce alle seguenti:

- STI - “Specifiche Tecniche di Interoperabilità per il sottosistema energia del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità” allegato alla “Decisione” della Commissione europea 2002/733/CE del 30 maggio 2002.
- CEI EN 50119 - “Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Linee aeree di contatto per trazione elettrica” Ed. 2002.
- CEI EN 50206-1 - “Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie, metropolitane - Materiale rotabile -Pantografi: Caratteristiche e prove - Parte 1: Pantografi per ferrovie” Ed. 1999.
- CEI EN 50317 - “Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Sistemi di captazione della corrente - Requisiti e convalida delle misure dell'interazione dinamica tra pantografo e linea aerea di contatto” Ed. 2004 e V1 Ed. 2005.
- CEI EN 50367 - “Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Sistemi di captazione di corrente - Criteri tecnici per l'interazione tra pantografo e linea aerea (per ottenere il libero accesso)” Ed. 2007.

I.3 TABELLA DELLE PROVE

Nella tabella 2 sono indicate le prove richieste per la certificazione di pantografi nelle rispettive classi.

Classi	A	B	C
II. 1 - Verifica campo di variazione spinta statica	♦	♦	♦
II. 2 - Calibrazione del sistema di misura delle forze		♦(#)	♦(#)
II. 3 - Calibrazione del sistema di misura delle altezze	♦	♦	♦
III. 1 - Portanza aerodinamica	♦	♦	♦
III. 2 – Forze di contatto		♦(#)	♦(#)
III. 3 - Altezza del punto di contatto e sollevamento rispetto alle condizioni di riposo della catenaria	♦	♦	♦
III. 4 - Distacchi del punto di contatto tramite la misura degli archi elettrici	♦	♦	♦
III. 5 - Temperature degli striscianti	♦	♦	♦
III. 6 - Verifica tempo di abbassamento pantografo	♦	♦	♦

Tab. 2 - Prove richieste per la certificazione di pantografi

(#) Nota sulla misura delle forze di contatto:

La misura delle forze di contatto è obbligatoria solo per i pantografi in classe B e C che per la prima volta eseguono le prove sulle linee gestite da RFI.

La misura delle forze è altresì obbligatoria per i pantografi già omologati in classe B o C, ma presentati con sostanziali modifiche.

Fermo restando il preventivo parere favorevole del Gestore Infrastruttura alle modifiche richieste o apportate, si intende sostanziale una delle seguenti modifiche:

- sostituzione completa della testa del pantografo o sua variazione in peso di oltre il 15 %;
- trasformazione completa del sistema di sollevamento, da spinta aerodinamica a spinta impressa o viceversa;
- modifica della sospensione primaria tale da alterarne in modo evidente la geometria e le masse, mentre è consentita l'introduzione/modifica degli spoiler per la correzione aerodinamica;
- modifica del sistema di smorzamento e/o sostituzione tipologia smorzatore.

I.4 VALIDITA' DELLE CERTIFICAZIONI

La certificazione del pantografo in Classe A, ottenuta su un qualsiasi rotabile, è valida su tutti i mezzi di trazione fino alla velocità massima di 160 km/h; nel caso in cui l'omologazione sia stata ottenuta a velocità inferiori, il pantografo potrà essere utilizzato su qualsiasi rotabile fino alla velocità a cui è stato caratterizzato.

La certificazione del pantografo in Classe B è valida solo per il mezzo di trazione su cui è stato caratterizzato e può circolare fino alla velocità massima di 200 km/h; nel caso in cui l'omologazione sia stata ottenuta a velocità inferiori il pantografo potrà essere utilizzato, esclusivamente sul mezzo su cui è stato caratterizzato, fino alla velocità a cui è stato provato. Il pantografo omologato in Classe B potrà essere utilizzato su qualsiasi rotabile fino alla velocità di 160 km/h.

La certificazione del pantografo in Classe C è valida solo per il mezzo di trazione su cui è stato caratterizzato e può circolare fino alla velocità massima di 250 km/h; nel caso in cui l'omologazione sia stata ottenuta a velocità inferiori il pantografo potrà essere utilizzato, esclusivamente sul mezzo su cui è stato caratterizzato, fino alla velocità a cui è stato provato. Il pantografo omologato in Classe C potrà essere utilizzato su qualsiasi rotabile fino alla velocità di 160 km/h.

Ogni pantografo omologato dovrà essere corredato della seguente documentazione:

- nominativo che identifica la famiglia, la versione del modello o tipo ed il numero di serie del dispositivo in prova;
- disegni di insieme e ingombri quotati;
- distinta completa di tutte le parti che costituiscono il pantografo;
- documentazione ed eventuale attrezzatura speciale per la messa a punto e la taratura;
- identificazione di tutti gli smorzatori e di tutti gli elementi elastici (tipologia, ingombri, caratteristiche e numeri di serie);
- disegni quotati delle appendici aerodinamiche e loro applicazione;
- disegni degli organi di strisciamento;
- elenco dei materiali utilizzati per gli striscianti, con indicazione del relativo peso.

I.5 STRUTTURA DEI CAPITOLI

Ogni capitolo della Parte II e della Parte III è così strutturato:

- norme di riferimento;
- descrizione generale della prova;
- effettuazione delle prove;
- elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati;
- criteri di accettazione.

PARTE II - PROVE AL BANCO

Tali prove sono propedeutiche per le prove in linea.

II.1 VERIFICA CAMPO DI VARIAZIONE SPINTA STATICA

II.1.1 Norme di riferimento

EN 50206-1 – Paragrafo 4.4.

EN 50367 – Paragrafo 7.1

II.1.2 Descrizione generale della prova

Per l'effettuazione della presente prova, laddove il pantografo sia provvisto di ammortizzatore, questo ultimo deve risultare scollegato.

Per i pantografi a spinta aerodinamica il test prevede la regolazione delle molle affinché la spinta statica sia pari a quella nominale, ad una apertura del quadro che corrisponde ad una altezza di lavoro dal piano del ferro di 5,20 m per la caratterizzazione dei pantografi in classe A e B e di 5,10 m per i pantografi in classe C.

II.1.3 Effettuazione delle prove

La forza statica nominale deve essere misurata direttamente sotto la sospensione dell'archetto durante un ciclo completo di sollevamento e abbassamento ad una velocità massima di 0,05 m/s.

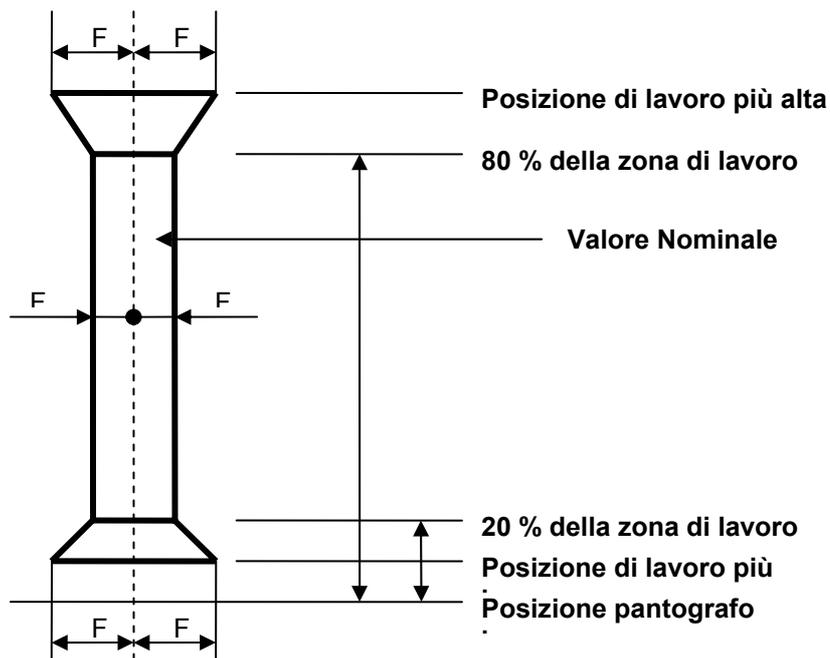
A tale proposito si deve mettere in atto un sistema di misura in grado di operare nel rispetto di quanto indicato al punto II.1.5.

II.1.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati

Le elaborazioni della prova non richiedono la costituzione del campione statistico.

II.1.5 Criteri di accettazione

Tenendo conto dei valori indicati nella Specifica di Funzionamento del pantografo, il test va eseguito nel rispetto dei limiti indicati in figura 1. Il valore nominale della forza statica deve essere compreso tra 90 e 120 N in conformità alla EN 50367.



LIVELLI DI ACCETTAZIONE:

Pantografo con comando senza molle (spinta impressa)

Classi	A	B	C
Forza F_1 (N)	10	10	10
Forza F_2 (N)	15	15	15

Pantografo con comando con molle (spinta aerodinamica)

Classi	A	B	C
Forza F_1 (N)	7	7	7
Forza F_2 (N)	10	10	10

Fig. 1 - Campo di variazione della forza statica

II.2 CALIBRAZIONE DEL SISTEMA DI MISURA DELLE FORZE

II.2.1 Norme di riferimento

EN 50317 – Paragrafi 6.3, 6.5 e 6.6;

EN 50367 – Paragrafo 7.2.

II.2.2 Descrizione generale della prova

La prova viene eseguita con una apertura del quadro a circa il 50 % della zona di lavoro, eccitando il pantografo sui portastriscianti, con una forza alternata di ampiezza e frequenza conosciuta applicata sia in posizione centrale che in posizione laterale spostata di 25 cm rispetto all'asse dell'archetto. Tale prova viene eseguita per una gamma di frequenze.

Il pantografo già strumentato deve essere monitorato con l'aggiunta di due celle di carico campione, applicate direttamente sui punti di eccitazione del pantografo.

In accordo con la Norma EN 50317 – Paragrafo 6.3, prima di eseguire la prova per la definizione della funzione di trasferimento devono essere determinati i guadagni K_i , da assegnare agli accelerometri, che meglio ottimizzano la correzione della massa inerziale degli archetti.

II.2.3 Effettuazione delle prove

La forza applicata deve avere un valore costante pari al valore della forza quasi statica, data dalla formula (vedi III.1.5):

$$F_m = 0,00097 * v^2 + 110 \quad (\text{N})$$

calcolata nelle condizioni di velocità massima di prova. La velocità di marcia (v) è espressa in km/h.

A questa forza dovrà essere sovrapposta una forza alternata tale che la sua componente fondamentale abbia una ampiezza (picco-picco) pari al 30% della forza quasi statica di cui sopra.

Le frequenze di prova devono essere eseguite da 1 Hz fino a 20 Hz con gradini di 0,5 Hz.

La trasformata di Fourier dovrà essere calcolata mediante una finestra di tipo "flat top", con almeno 4 cicli di osservazione per tutte le frequenze, una volta che il sistema si è stabilizzato alla frequenza di prova.

I valori delle forze e delle accelerazioni devono essere acquisiti, in accordo con la Norma EN 50317 – Paragrafo 6.6, con campionamento minimo di 200 Hz.

II.2.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati

Le elaborazioni della prova non richiedono la costituzione del campione statistico.

II.2.5 Criteri di accettazione

La funzione che esprime il calcolo dell'accuratezza Acc % nella misura delle forze, in accordo con la Norma EN 50317 – Paragrafo 6.5, è la seguente:

$$\text{Acc}\% = \left(1 - \frac{1}{(f_n - f_1)} \sum_{i=1}^{n-1} (f_{i+1} - f_i) \left|1 - \frac{F_{\text{misurata}}}{F_{\text{applicata}}}\right|\right) \times 100\%$$

Nel range di misura indicato al punto II.2.3 il parametro Acc% deve essere:

$$\text{Acc \%} \geq 90\%$$

II.3 CALIBRAZIONE DEL SISTEMA DI MISURA DELLE ALTEZZE

II.3.1 Norme di riferimento

EN 50317 – Paragrafo 7.2

II.3.2 Descrizione generale della prova

La prova viene eseguita eccitando il pantografo con un movimento sinusoidale, di ampiezza e frequenza controllate, in modo da produrre contemporaneamente oscillazioni e spostamento verticale nel range di esercizio previsto.

Il pantografo, già strumentato, deve essere monitorato con l'aggiunta di uno o due trasduttori di spostamento campione, applicati direttamente sul portastriscianti o sui due portastriscianti del pantografo.

II.3.3 Effettuazione delle prove

Le aperture del quadro dovranno essere comprese fra il 30 e l'80 % della zona di lavoro del pantografo.

Al pantografo dovrà essere applicata una forza composta tale da eccitare contemporaneamente i due sistemi di rilevamento degli spostamenti del quadro e degli archetti.

In accordo con la Norma EN 50317 – Paragrafo 6.6, tutti i segnali degli spostamenti devono essere acquisiti con un campionamento di almeno 200 Hz e successivamente filtrati, in fase di elaborazione, con un filtro passa-basso tipo Butterworth, con frequenza di taglio a 20Hz, di ordine ≥ 6 .

II.3.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati

Le elaborazioni della prova non richiedono la costituzione del campione statistico.

II.3.5 Criteri di accettazione

L'errore E_{alt} , calcolato come differenza fra lo spostamento misurato dai sensori campione e dal sistema di misurazione dell'altezza del punto di contatto, deve essere:

$$|E_{alt}| \leq 10 \text{ mm}$$

II.4 CALIBRAZIONE DEL SISTEMA DI MISURA DEGLI ARCHI

II.4.1 Norme di riferimento

EN 50317 – Paragrafo 8.

II.4.2 Descrizione generale della prova

Per la rilevazione degli archi il sensore deve essere in grado di rilevare la luce ultravioletta emessa dal rame contenuto nei fili di contatto; in particolare deve essere usato un campo di lunghezza d'onda che comprenda il campo $220 \div 225 \text{ nm}$ oppure il campo $323 \div 329 \text{ nm}$.

Il sistema di misura deve essere insensibile alle radiazioni emesse dal sole e quindi deve avere una reiezione al campo con lunghezza d'onda maggiore di 330 nm.

Il tempo di risposta del sistema di misura, all'inizio e alla fine dell'arco, deve essere inferiore a 0.1 ms.

II.4.3 Effettuazione delle prove

II.4.3.1 Verifica della Densità di Potenza

Il rilevatore degli archi deve essere sensibile alla Densità di Potenza dell'arco più piccolo, che alla distanza di 5 m, per le catenarie a 3 kV c.c, emette $12,5 \mu\text{W}/\text{cm}^2 \pm 10 \%$.

Se la distanza (d) tra il sensore e la sorgente di luce differisce in esercizio dalla distanza di taratura (y), si deve essere eseguita una nuova taratura del rilevatore in accordo con la legge $1/d^2$.

Se ad esempio il sensore si troverà ad una distanza di 4 m dalla sorgente, la Densità di Potenza dell'arco più piccolo sarà $19,5 \mu\text{W}/\text{cm}^2 \pm 10 \%$

II.4.3.2 Verifica del tempo di risposta.

La prova va eseguita utilizzando una sorgente luminosa pulsante adeguata e si deve verificare che il segnale in tensione, a valle del sistema, presenta dei fronti di salita e discesa minori di 0,1 ms.

II.4.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati

Le elaborazioni della prova non richiedono la costituzione del campione statistico.

II.4.5 Criteri di accettazione

Il sistema deve essere in grado di rilevare gli archi minimi in relazione alla distanza effettiva dalla sorgente, ossia degli striscianti.

Il sistema non può essere accettato se, utilizzato alla distanza stabilita, non è in grado di rilevare gli archi minimi.

Il sistema non può essere accettato se i tempi di risposta degli archi, in salita e in discesa, sono maggiori di 0,1 ms.

PARTE III - PROVE DI LINEA

Da eseguire dopo il completamento delle prove al banco.

Per l'esecuzione delle prove in linea sono state individuate le seguenti tratte di prova per le diverse tipologie di linea di contatto:

Tipologia di linea di contatto	Allegato	Nord verso Sud	progressiva	Sud verso Nord	progressiva
440	IV.1	Milano --> Piacenza	195-204	Piacenza --> Milano	195-204
540	IV.2	DD.ma Orte --> Roma	44-24	DD.ma Roma --> Orte	36-56

Tab. 3 - tratte di prova

Per motivi dovuti ad esigenze di esercizio, RFI si riserva di modificare l'indicazione delle tratte di prova.

I pantografi delle classi A e B devono essere provati sulla linea di tipologia 440 (allegato IV.1), mentre i pantografi della classe C devono essere provati sulla linea di tipologia 540 (allegato IV.2).

III.1 PORTANZA AERODINAMICA

La prova di portanza è propedeutica a tutte le altre prove in linea.

III.1.1 Norme di riferimento

EN 50317 - Paragrafo 6.4;

EN 50367 - Paragrafo 7.2.

III.1.2 Descrizione generale della prova

Il test prevede la misura della spinta aerodinamica mediante la forza risultante sui cavi che vincolano il sollevamento del pantografo alla massima altezza consentita evitando di toccare la linea contatto.

Qualora si abbiano dei brevi tratti in cui il pantografo va in contatto con i conduttori i relativi dati dovranno essere esclusi dalle elaborazioni.

Per la prova di portanza aerodinamica del pantografo, questo deve essere configurato con l'interruttore di macchina aperto ed il treno deve essere spinto o trainato utilizzando il secondo dispositivo di captazione (che può essere una locomotiva di scorta o il secondo pantografo di un treno a composizione bloccata), fino alla massima velocità di prova.

Questo test permette di calcolare:

- la portanza sui due archetti e quindi la portanza totale
- la differenza di portanza fra gli archetti (anteriore – posteriore senso marcia)

Nel caso in cui sia prevista anche la misura della forza di contatto tramite le celle di carico, deve essere calcolato il parametro di correzione aerodinamica, ovvero il contributo aerodinamico dei soli archetti che deve essere sommato algebricamente alla forza totale di interazione pantografo catenaria misurata durante i test in linea, come previsto dalla Norma EN 50317 – Paragrafo 6.4.

III.1.3 Effettuazione delle prove

Le prove in linea vanno effettuate facendo riferimento alle seguenti condizioni:

a) relativamente alle caratteristiche del pantografo:

- se il pantografo può essere montato sulla locomotiva, sia in posizione anteriore che posteriore, rispetto al senso di marcia del treno, dovranno essere ripetute le prove in entrambe le condizioni;
- se è prevista la doppia captazione, il pantografo dovrà essere provato sia nella posizione anteriore che in quella posteriore ed alle distanze richieste per il suo funzionamento in linea;
- se il pantografo è di tipo asimmetrico deve essere provato in tutte le posizioni utilizzate in esercizio.

b) relativamente alle condizioni atmosferiche:

- le prove dovranno essere eseguite soltanto con vento entro i limiti di “regime di brezza”, corrispondente al grado 3 della scala Beaufort, equivalente ad una velocità massima di 19 km/h.

III.1.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati

Il campione statistico deve essere costituito da singole tratte percorse senza variazione di segno dell'accelerazione (accelerazione unidirezionale). Le rampe che costituiscono il campione dovranno essere almeno 4, di cui 2 per ogni senso di marcia del pantografo.

Tutti i dati acquisiti devono essere elaborati e rappresentati in funzione della velocità.

La presentazione a “nuvola di punti” deve essere corredata della curva ottenuta con la “approssimazione polinomiale del secondo ordine” e dei relativi coefficienti, applicando il metodo dei minimi quadrati.

III.1.5 Criteri di accettazione

La funzione che esprime il valore della forza media di contatto F_m in N, per sistemi alimentati a 3 kV_{c.c.}, in funzione della velocità di marcia (v) indicata in km/h, è la seguente:

$$F_m = 0,00097 * v^2 + 110 \quad (N)$$

Tale funzione è un riferimento assoluto globale per le forze di interazione fra pantografo e catenaria, quindi è anche il limite per la somma fra la spinta statica utilizzata e la spinta aerodinamica misurata.

III.2 FORZE DI CONTATTO

III.2.1 Norme di riferimento

EN 50119 – Paragrafo 5.2.1.2;

EN 50317 – Paragrafo 6;

EN 50367 – Paragrafo 7.2.

III.2.2 Descrizione generale della prova

Il test prevede la misura della forza scambiata fra il pantografo e la linea di contatto, alla velocità massima prevista dalla prova di caratterizzazione.

III.2.3 Effettuazione delle prove

Le prove in linea vanno effettuate facendo riferimento alle condizioni di esercizio ordinarie.

a) relativamente alle caratteristiche del pantografo:

- se il pantografo può essere montato sulla locomotiva, sia in posizione anteriore che posteriore, rispetto al senso di marcia del treno, dovranno essere ripetute le prove in entrambe le condizioni;
- se è prevista la doppia captazione, il pantografo dovrà essere provato sia nella posizione anteriore che in quella posteriore ed alle distanze richieste per il suo funzionamento in linea;
- se il pantografo è di tipo asimmetrico deve essere provato in tutte le posizioni utilizzate in esercizio.

b) relativamente alle condizioni atmosferiche:

- le prove dovranno essere eseguite soltanto con vento entro i limiti di “regime di brezza”, corrispondente al grado 3 della scala Beaufort, equivalente ad una velocità massima di 19 km/h.

III.2.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati

Tutti i dati acquisiti in funzione del tempo, devono essere elaborati ed essere rappresentati anche in funzione dello spazio, ossia della progressiva chilometrica, in modo che ogni evento particolare sia riconducibile anche alle condizioni della linea di contatto.

La presenza di dati anomali ripetitivi, localizzati lungo la progressiva chilometrica della tratta di test, deve essere evidenziata sul report di prova; in caso di accertata anomalia sulla linea di contatto (punto singolare) tali dati dovranno essere esclusi dal campione.

Su ogni linea campione, per ogni velocità di riferimento deve essere costituito un campione statistico; tale campione dovrà contenere il sottoinsieme dei dati acquisiti che presentano uno scostamento dalla velocità di riferimento entro ± 3 km/h.

Il campione dovrà contenere una quantità di dati pari ad una percorrenza equivalente di 30 km e contenere almeno il 70% della tratta di prova, rispettando per tutti i dati, i limiti di velocità esposti sopra.

Allo scopo di verificare i limiti di accettazione, su ogni campione statistico dovrà essere calcolata la funzione distribuzione statistica normale su intervalli di larghezza pari a 0.5 daN.

Tale funzione, rappresentata mediante istogramma, fornisce per quel campione statistico una figura tipicamente a campana, da cui si può desumere la deviazione standard σ .

Calcolato anche il valore medio della forza F_m applicata si ha un riscontro visivo immediato della funzione:

$$0,3 * F_m - \sigma > 0$$

Eventuali punti singolari, non coerenti per livello, si pongono agli estremi laterali della campana di distribuzione, con valori $< 0,1$ %, quindi per individuare il valore massimo della forza F_{MAX} si deve leggere il valore superiore della forza che corrisponde alla funzione distribuzione pari allo 0,1 %.

Nel report di prova deve comparire anche l'andamento della differenza fra le forze degli archetti, anteriore - posteriore per ogni senso marcia del treno; tale valore pur non essendo determinante ai fine del superamento delle prove, indica l'influenza delle forze longitudinali, dovute agli attriti di strisciamento e la resistenza dell'aria, che provocano una non uniforme distribuzione delle forze.

III.2.5 Criteri di accettazione

a) FORZA MASSIMA F_{MAX}

Il valore della forza massima F_{Max} è indicato nella norma EN 50119 al paragrafo 5.2.1.2 e per le linee di contatto alimentate in corrente continua i limiti sono indicati in tabella 4.

Velocità	Forza F_{Max}
Veloc. \leq 200 km/h	300 N
Veloc. $>$ 200 km/h	400 N

Tab. 4 - Limiti di Forza Massima

b) FORZA MEDIA F_m

La funzione che esprime il valore della forza media F_m in N, per sistemi alimentati in corrente continua, in funzione della velocità di marcia (v) indicata in km/h, è indicato nella norma EN 50367 al paragrafo 7.2 ed è la seguente:

$$F_m = 0,00097 * v^2 + 110 \quad (N)$$

c) PARAMETRO “ $0,3 * F_m - \sigma$ ”

Definito σ il valore dello scarto normale (o deviazione standard) della forza di contatto, la norma EN 50367, al paragrafo 7.2 stabilisce che deve sempre essere:

$$0,3 * F_m - \sigma > 0$$

III.3 ALTEZZA DEL PUNTO DI CONTATTO E SOLLEVAMENTO RISPETTO ALLE CONDIZIONI DI RIPOSO DELLA LINEA DI CONTATTO

III.3.1 Norme di riferimento

EN 50119 – Paragrafo 5.2.1.3;

EN 50317 – Paragrafo 7;

EN 50367 – Paragrafo 7.2.

III.3.2 Descrizione generale della prova

Il test é eseguito misurando direttamente l'altezza del punto di contatto rispetto al profilo del binario.

Prima di effettuare le misure del sollevamento dinamico del filo di contatto, occorre acquisire i dati del posizionamento statico della linea di contatto, ad una velocità ≤ 50 km/h, con una spinta di circa $2 \div 3$ daN, senza captare corrente.

Per non turbare la linea di contatto, il treno deve essere spinto o trainato da una seconda locomotiva, ubicata ad una distanza di almeno 130 m fra i due pantografi.

Nelle corse prova successive, con il pantografo da provare in presa, si potrà acquisire l'altezza del punto di contatto, comprensivo del sollevamento dovuto alle spinte dinamiche.

Tale sollevamento sarà calcolato tramite un confronto puntuale, relativamente alla progressiva chilometrica, con i dati acquisiti della linea di contatto a riposo.

Il test prevede la misura dei sollevamenti del filo di contatto, alle varie velocità stabilite, senza esclusione della velocità massima della prova.

I sollevamenti più critici del filo di contatto sono quelli in corrispondenza dei punti di sospensione del filo di contatto e delle campate di regolazione e in prossimità degli scambi. Al fine di poter selezionare questi punti critici, rispetto al sollevamento continuo del filo di contatto, è necessario conoscere, all'interno delle tratte di prova, tutte le progressive teoriche esatte dei suddetti punti.

III.3.3 Effettuazione delle prove

Le prove in linea vanno effettuate facendo riferimento alle condizioni di esercizio ordinarie.

a) - relativamente alle caratteristiche del pantografo:

- se il pantografo può essere montato sulla locomotiva, sia in posizione anteriore che posteriore, rispetto al senso di marcia del treno, dovranno essere ripetute le prove in entrambe le condizioni;
- se è prevista la doppia captazione, il pantografo dovrà essere provato sia nella posizione anteriore che in quella posteriore ed alle distanze richieste per il suo funzionamento in linea;
- se il pantografo è di tipo asimmetrico deve essere provato in tutte le posizioni utilizzate in esercizio.

b) - Relativamente alle condizioni atmosferiche:

- le prove dovranno essere eseguite soltanto con vento entro i limiti di "regime di brezza", corrispondente al grado 3 della scala Beaufort, equivalente ad una velocità massima di 19 km/h.

III.3.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati

Tutti i dati acquisiti in funzione del tempo, devono essere elaborati e poter essere rappresentati anche in funzione dello spazio, ossia della progressiva chilometrica, in modo che ogni evento particolare sia riconducibile anche alle condizioni della linea di contatto.

La presenza di dati anomali ripetitivi, localizzati lungo la progressiva chilometrica della tratta di prova, deve essere evidenziata sul report di prova; in caso di accertata anomalia sulla linea di contatto (punto singolare) tali dati dovranno essere esclusi dal campione.

Su ogni linea campione, per ogni velocità di riferimento deve essere costituito un campione statistico; tale campione dovrà contenere il sottoinsieme dei dati acquisiti che presentano uno scostamento dalla velocità di riferimento entro ± 3 km/h.

Il campione dovrà contenere una quantità di dati pari ad una percorrenza equivalente di 30 km e contenere almeno il 70% della tratta di prova, rispettando per tutti i dati, i limiti di velocità esposti sopra.

Da ogni campione statistico descritto sopra, contenente tutti i dati relativi ai sollevamenti continui del filo di contatto, dovrà essere estratto un sottoinsieme che contiene solo i sollevamenti relativi alle progressive coincidenti con i punti di sospensione del filo di contatto, con una approssimazione massima della progressiva di ± 50 cm.

Allo scopo di verificare i limiti di accettazione, su ogni campione statistico dovrà essere calcolata la funzione distribuzione statistica normale su intervalli di larghezza pari a 0,1 cm.

A partire dal sottoinsieme che contiene solo i sollevamenti relativi ai punti di sospensione del filo di contatto, si determina il valore massimo del sollevamento S_{MAX} (considerando anche il valore di E_{alt} di cui al paragrafo II.3.5).

III.3.5 Criteri di accettazione

Il valore S_{MAX} relativo al sollevamento del filo di contatto nei punti di sospensione deve rispettare i valori indicati nella tabella 5 in funzione delle tipologie di pantografi.

Classi	A	B	C
Sollevamento massimo sotto sospensione S_{Max} (mm)	≤ 65	≤ 95	≤ 100

Tab. 5 - Valori limite di sollevamento

III.4 DISTACCHI DEL PUNTO DI CONTATTO TRAMITE LA MISURA DEGLI ARCHI ELETTRICI

III.4.1 Norme di riferimento

EN 50317 – Paragrafo 8

EN 50367 – Paragrafo 7.2

III.4.2 Descrizione generale della prova

Il test è eseguito misurando le durate dei distacchi del pantografo, associandole alle emissioni ultraviolette emesse dagli archi generati durante i distacchi stessi.

Il sensore degli archi deve essere collocato sempre dietro al pantografo in relazione al senso di marcia, pertanto è opportuno posizionare un sensore per ognuno dei due lati del pantografo, anteriore e posteriore senso marcia, in modo da poter rilevare gli archi in entrambi i sensi.

Ciascun rilevatore deve essere collocato preferibilmente ad una distanza d , dal punto di generazione degli archi, compresa fra $3,5 \div 5,5$ m.

Tale distanza deve consentire di conservare una elevata sensibilità ed una apertura del cono di lettura in grado di rilevare, sia gli archi spostati lateralmente (poligonazione) che verticalmente (variazione altezza della linea di contatto) con una tolleranza del 10% sul valore massimo (centrale).

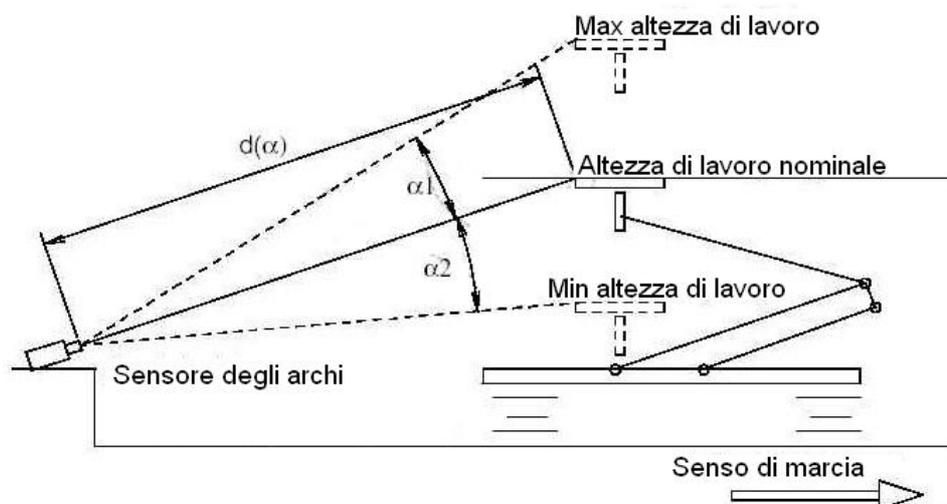


Fig. 2 – Posizionamento del rilevatore per archi

Il sensore degli archi deve avere una soglia minima di rilevamento che dipende dall'energia minima dell'arco che deve essere misurata; tali valori di soglia variano in relazione alla distanza fra il sensore ed il punto di generazione degli archi.

La misura dei distacchi è ritenuta valida nelle tratte in cui la corrente assorbita dal pantografo è almeno il 30% della corrente nominale.

I distacchi di durata < 5ms non vengono considerati.

Il test prevede la misura degli archi alla velocità massima di prova con tolleranza di ± 3 km/h.

III.4.3 Effettuazione delle prove

Le prove in linea vanno effettuate facendo riferimento alle condizioni di esercizio ordinarie.

a) - Relativamente alle caratteristiche del pantografo:

- se il pantografo può essere montato sulla locomotiva, sia in posizione anteriore che posteriore, rispetto al senso di marcia del treno, dovranno essere ripetute le prove in entrambe le condizioni.
- se è prevista la doppia captazione, il pantografo dovrà essere provato sia nella posizione anteriore che in quella posteriore ed alle distanze richieste per il suo funzionamento in linea;
- se il pantografo è di tipo asimmetrico deve essere provato in tutte le posizioni utilizzate in esercizio.

b) - Relativamente alle condizioni atmosferiche:

- le prove dovranno essere eseguite soltanto con vento entro i limiti di "regime di brezza", corrispondente al grado 3 della scala Beaufort, equivalente ad una velocità massima di 19 km/h.

III.4.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati

Tutti i dati acquisiti in funzione del tempo, devono essere elaborati e poter essere rappresentati anche in funzione dello spazio, ossia della progressiva chilometrica, in modo che ogni evento particolare sia riconducibile anche alle condizioni della linea di contatto.

In particolare gli archi uscenti devono essere rappresentati con dei segmenti, alla giusta progressiva, la cui ampiezza in ms è la durata degli archi stessi.

La presenza di dati anomali ripetitivi, localizzati nella progressiva chilometrica, deve essere evidenziata sul report di prova; in caso di accertata anomalia sulla linea di contatto (punto singolare) tali dati dovranno essere esclusi dal campione.

Su ogni linea campione, per ogni velocità di riferimento deve essere costituito un campione statistico; tale campione dovrà contenere il sottoinsieme dei dati acquisiti che presentano uno scostamento dalla velocità di riferimento entro ± 3 km/h ed il pantografo deve assorbire una corrente ≥ 30 % della corrente nominale.

Il campione dovrà contenere una quantità di dati pari ad una percorrenza equivalente di 30 km, rispettando per tutti i dati, i limiti di velocità e di corrente assorbita esposti sopra.

Prima di procedere con l'analisi statistica devono essere fatte le seguenti elaborazioni, rispettandone anche la seguente cronologia:

- tutte le coppie di archi ravvicinati che hanno un tempo di buio ≤ 1 ms diventano un arco unico
- tutti gli archi di durata < 5 ms, in accordo con la norma EN 50367 – Paragrafo 7.2, devono essere trascurati perché considerati ininfluenti ai fini dei disturbi correlati agli archi.

Sul campione statistico dei distacchi, elaborato come sopra, dovrà essere calcolata la funzione distribuzione statistica normale su intervalli di larghezza pari a 2,5 ms.

Sullo stesso campione si deve calcolare la somma dei tempi di distacco Σt_{dist} e l'intero tempo di osservazione T_{oss} ; la relazione che segue permette di calcolare l'indice **NQ**:

$$NQ = \frac{\sum t_{\text{dist}}}{T_{\text{oss}}} \times 100$$

III.4.5 Criteri di accettazione

In accordo con la norma EN 50367 – Paragrafo 7.2, la percentuale di archi NQ, espressa come il rapporto fra la durata degli archi nell'intera tratta ed il tempo totale di osservazione, deve essere inferiore ai valori riportati in tabella 6.

Classi	A	B	C
Indice di qualità NQ (%)	$\leq 0,1$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$

Tab. 6 - Valori limite per Indice di qualità NQ

III.5 VERIFICA TEMPO DI ABBASSAMENTO PANTOGRAFO

III.5.1 Norme di riferimento

EN 50206-1 – Paragrafo 4.8

III.5.2 Descrizione generale della prova

Tempo di distacco T_{dist}

Per le catenarie a tensione continua a 3 kV viene considerata la distanza di isolamento di 50 mm in conformità alla Tabella 9 della EN 50119.

La prova va effettuata sia da fermo che alla massima velocità di omologazione.

Nella prova da fermo l'apertura del quadro deve essere posizionata a circa il 50% del range di lavoro, mentre nella prova in linea, in velocità, l'apertura del pantografo sarà quella consentita in captazione.

Si applica al pantografo la spinta statica nominale e si invia alla relativa elettrovalvola il comando di abbassamento.

La misura del tempo va fatta considerando come istante iniziale quello in cui il comando elettrico arriva alla elettrovalvola e come istante finale quello in cui gli striscianti hanno percorso una distanza di 50 mm, pari alla distanza di isolamento.

Tempo di abbassamento T_{ab}

La prova va effettuata sia da fermo che alla massima velocità di omologazione.

Nella prova da fermo l'apertura del quadro deve essere posizionata a circa l'80% del range di lavoro, mentre nella prova in linea, in velocità, l'apertura del pantografo sarà quella consentita in captazione.

Si applica al pantografo la spinta statica nominale e si invia alla relativa elettrovalvola il comando di abbassamento.

La misura del tempo va fatta considerando come istante iniziale quello in cui il comando elettrico arriva alla elettrovalvola e come istante finale quello in cui il quadro si arresta sugli appoggi.

III.5.3 Effettuazione delle prove

Le prove in linea vanno effettuate facendo riferimento alle condizioni di esercizio ordinarie.

- se il pantografo può essere montato sulla locomotiva, sia in posizione anteriore che posteriore, rispetto al senso di marcia del treno, dovranno essere ripetute le prove in entrambe le condizioni;

- se il pantografo è di tipo asimmetrico deve essere provato in tutte le posizioni utilizzate in esercizio.

Le prove devono essere fatte nelle condizioni indicate al punto III.5 .2 e devono essere eseguite sia da fermo che alla massima velocità del treno in prova.

III.5.4 Elaborazione dati: determinazione campione statistico e presentazione risultati

Le elaborazioni della prova non richiedono la costituzione del campione statistico.

III.5.5 Criteri di accettazione

Classi	A	B	C
Tempo di distacco T_{dist} (sec.)	≤ 3	≤ 3	≤ 3
Tempo di abbassamento T_{ab} (sec.)	≤ 10	≤ 10	≤ 10

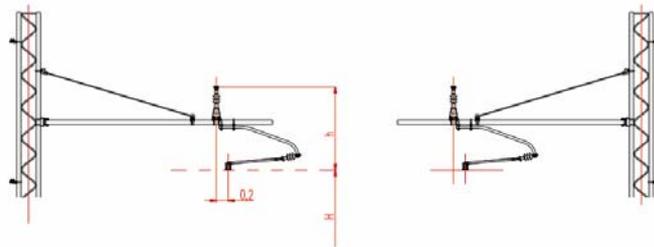
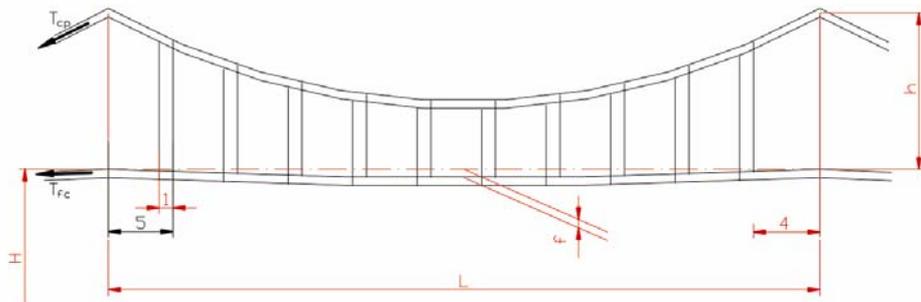
Tab. 7 - Valori limite tempo di distacco e tempo di abbassamento

PARTE IV - ALLEGATI TIPOLOGIE DI LINEA DI CONTATTO

IV.1 LINEA DI CONTATTO PER LINEE TIPO 440

**CATENARIA TIPO FR2
LINEA TRADIZIONALE**

*V_{max} = 200 km/h
ALIMENTAZIONE 3 kV c.c.
SEZIONE TOTALE = 440 mm²*

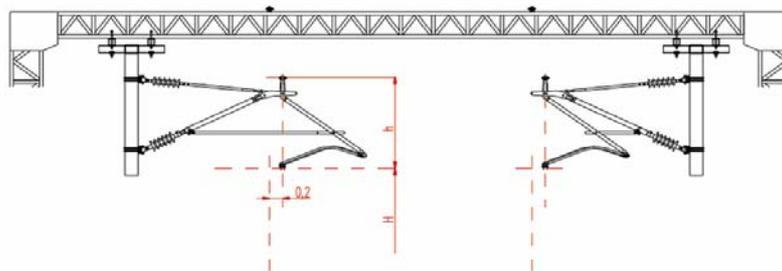
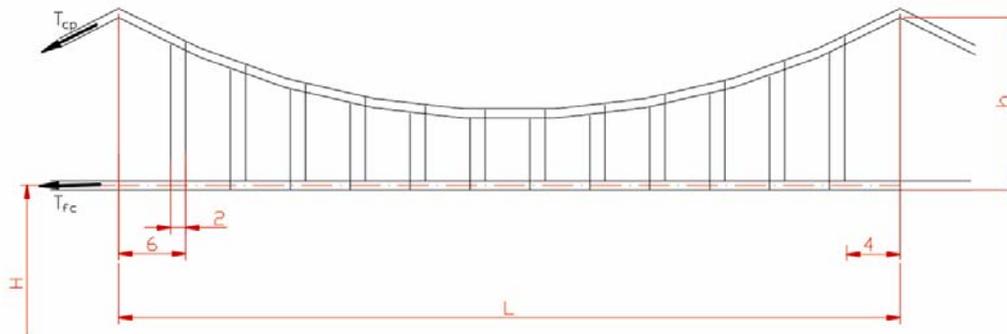


c_p =	<i>n. 2 corde portanti in Cu da 120 mm²</i>
f_c =	<i>n. 2 fili di contatto in Cu da 100 mm²</i>
T_{cp} =	<i>2 x 1125 daN regolate automaticamente</i>
T_{fc} =	<i>2 x 1000 daN regolati automaticamente</i>
L =	<i>60 m</i>
H =	<i>5,20 m</i>
h =	<i>1,40 m</i>
f =	<i>1/1000 di L</i>

IV.2 LINEA DI CONTATTO PER LINEE TIPO 540

CATENARIA TIPO FR7 LINEA DD.ma ROMA-FIRENZE NUOVA

*V_{max} = 250 km/h
ALIMENTAZIONE 3 kV c.c.
SEZIONE TOTALE = 540 mm²*



$c_p =$	<i>n. 2 corde portanti in Cu da 120 mm²</i>
$f_c =$	<i>n. 2 fili di contatto in Cu da 150 mm²</i>
$T_{cp} =$	<i>2 x 1500 daN regolate automaticamente</i>
$T_{fc} =$	<i>2 x 1875 daN regolati automaticamente</i>
$L =$	<i>60 m</i>
$H =$	<i>5,10 m</i>
$h =$	<i>1,25 m</i>
$f =$	<i>0</i>