AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI E AUTOSTRADALI

CORSO PER "CONDUCENTI DI FILOVEICOLI" PER OPERATORI DI ESERCIZIO DELL'AZIENDA "T.U.A. TRASPORTO UNICO ABRUZZESE" DI PESCARA

Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

MODULO C) – STRUTTURE E FUNZIONAMENTO DELLE PARTI CHE COMPONGONO LE VETTURE FILOVIARIE

C.4) Verifica di isolamento dei vari componenti: pedane, rampe, mancorrenti, gradini, porte come da norma CEI 9-4;

C.5) Verifica delle prestazioni in marcia autonoma se prevista: efficienza della frenatura;

C.6) Verifica dei dispositivi automatici di rilevazione ed estinzione incendi;

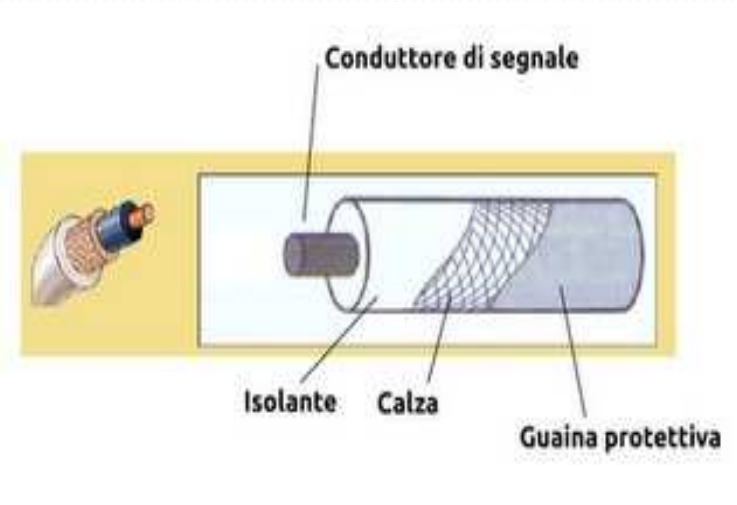
C.7) Verifica dell'efficienza dei dispositivi da impiegare/verificare in caso di emergenza o soccorso.

- Il concetto di isolamento.

- Il concetto di isolamento.

Tutti i componenti e i cavi garantiscono un doppio isolamento verso il telaio; il 1° isolamento è quello funzionale che viene monitorato attraverso le masse intermedie verso il telaio. Il 2° isolamento verso l'Alta Tensione dal telaio

CAVI ELETTRICI con doppio isolamento

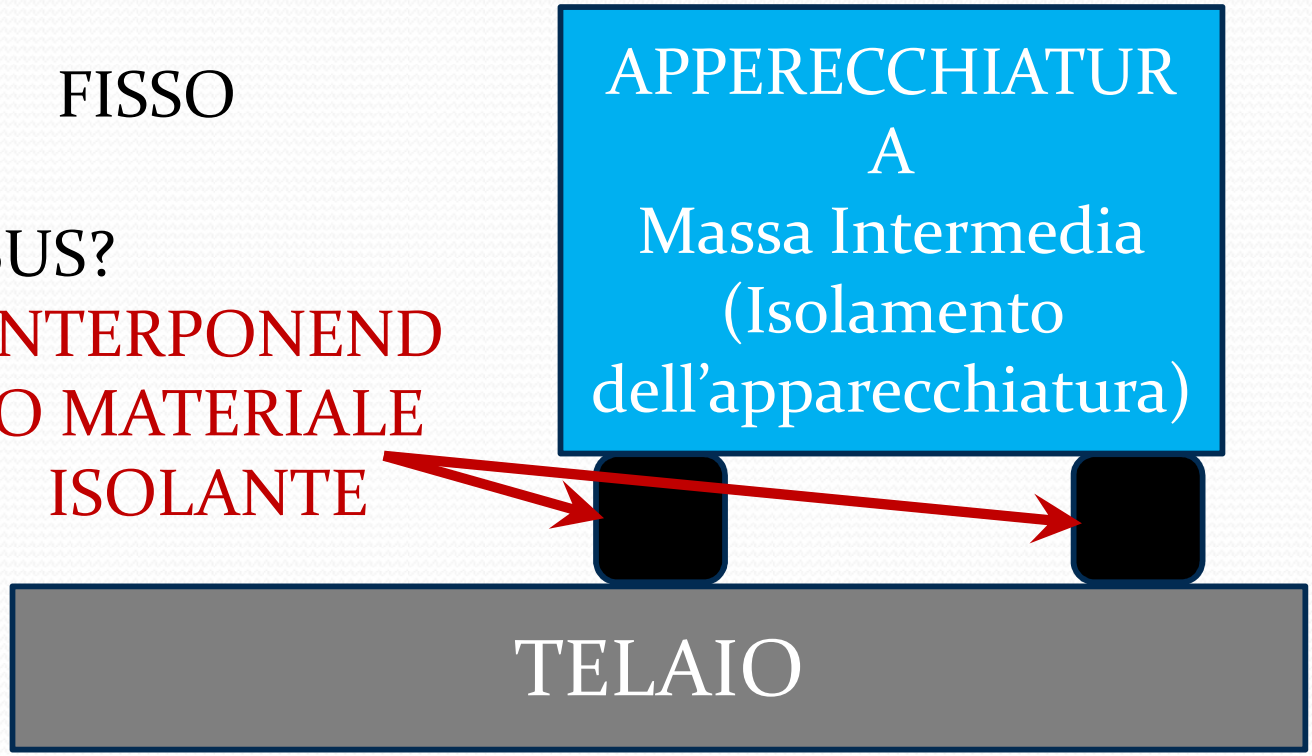


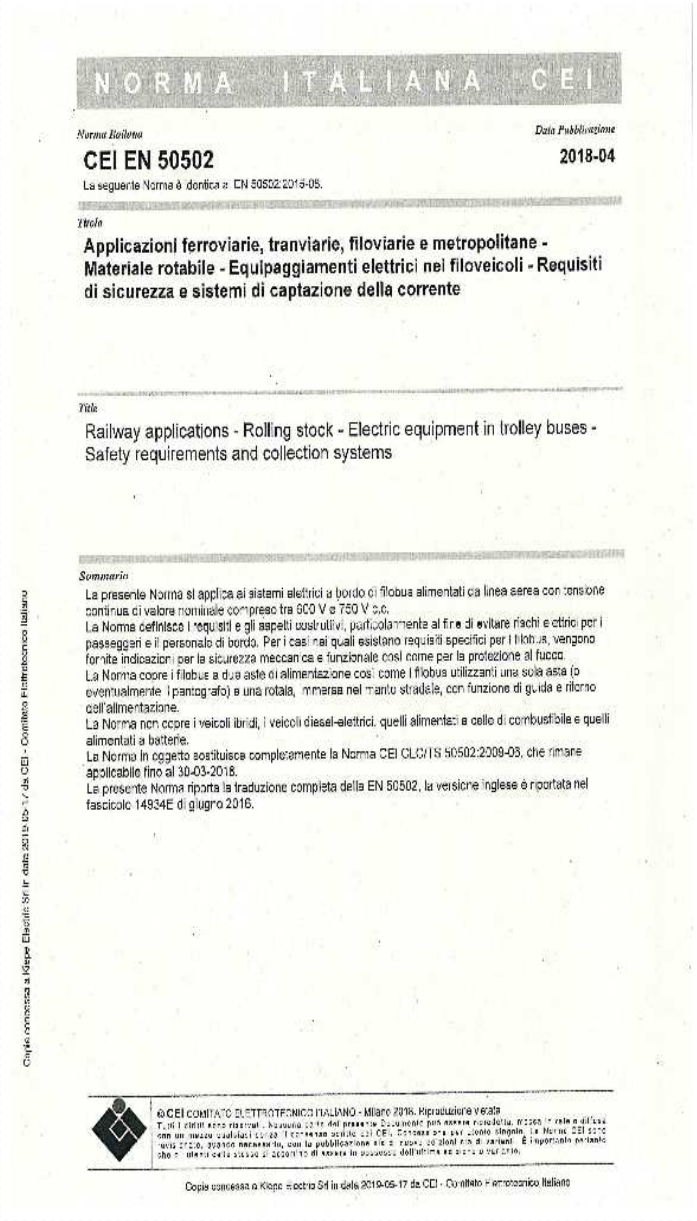
- Il concetto di isolamento.

COME UN'APPARECCHIATURA (COMPONENTE) SUL FILOBUS?

FISSO

INTERPONENDO MATERIALE ISOLANTE





NORMA ITALIANA CEI

Norma Ballotta — *Data Pubblicazione*

CEI EN 50502 — **2018-04**

La seguente Norma è identica a: EN 50502:2018-05.

Titolo

Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Materiale rotabile - Equipaggiamenti elettrici nei filoveicoli - Requisiti di sicurezza e sistemi di captazione della corrente

Title

Railway applications - Rolling stock - Electric equipment in trolley buses - Safety requirements and collection systems

Sommario

La presente Norma si applica ai sistemi elettrici a bordo di filobus alimentati da linea aerea con tensione continua di valore nominale compreso tra 600 V e 750 V c.c.
La Norma definisce i requisiti e gli aspetti costruttivi, particolarmente al fine di evitare rischi elettrici per i passeggeri e il personale di bordo. Per i casi nei quali esistono requisiti specifici per i filobus, vengono fornite indicazioni per la sicurezza meccanica e funzionale così come per la protezione al fuoco.
La Norma copre i filobus a due aste di alimentazione così come i filobus utilizzanti una sola asta (o eventualmente il pantografo) e una rotaia, immersa nel manto stradale, con funzione di guida e ritorno dell'alimentazione.
La Norma non copre i veicoli ibridi, i veicoli diesel-elettrici, quelli alimentati a bordo di combustibile e quelli alimentati a batterie.
La Norma in oggetto sostituisce completamente la Norma CEI CLC/TS 50502:2009-03, che rimane applicabile fino al 30-03-2018.
La presente Norma riporta la traduzione completa della EN 50502, la versione inglese è riportata nel fascicolo 14934E di giugno 2016.

Copia concessa a Klepe Electric Srl in data 2019-05-17 da CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano

© CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO - Milano 2018. Riproduzione vietata.
Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente Documento può essere riprodotta, inserita in un sistema di recupero o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico, per fotocopia, per registrazione o altrimenti, senza il preventivo consenso scritto della CEI. Nessuna responsabilità è assunta dalla CEI per quanto riguarda violazioni di brevetti che possono aver luogo con riferimento alla presente Norma. L'ultimo aggiornamento applicato è quello del fascicolo più recente in vigore.

Copia concessa a Klepe Electric Srl in data 2019-05-17 da CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano

3.5
isolamento principale
isolamento di sicurezza personale tra le parti elettriche che possono andare in tensione e la massa intermedia, per garantire la protezione di base contro le scosse elettriche

3.6
isolamento supplementare
isolamento di sicurezza personale tra la massa intermedia e la massa del veicolo

3.7
doppio isolamento
isolamento comprendente sia l'isolamento principale che l'isolamento supplementare

NOTA Secondo la EN 60077-1 l'isolamento principale e l'isolamento supplementare possono anche essere interscambiati (far riferimento anche alla Tab. 5).

3.8
isolamento funzionale
isolamento, con requisiti inferiori, non previsto per la sicurezza personale, che assicura il funzionamento dell'installazione

NOTA Fino a un certo livello, la sua concezione è specificata nelle norme di prodotto.

3.3
massa
parte conduttrice di un componente elettrico che risulta accessibile e che non è in tensione in condizioni normali, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto

NOTA 1 Le apparecchiature definite in 5.6.1 come componenti di autobus normali non sono coperte da questa definizione.

NOTA 2 Le parti conduttrici del telaio e della carrozzeria sono definite come la massa del filoveicolo.

3.4
massa intermedia
parte conduttrice compresa tra due parti isolanti di un'apparecchiatura a doppio isolamento (protezione, involucro, ecc.) che non deve comunque essere accessibile al pubblico

4.1.2 Tensioni di servizio

Le apparecchiature devono funzionare alle tensioni del sistema di linee aeree di contatto specificate nella EN 50163:

–	U_n	tensione nominale	600 V	750 V
–	U_{Ne}	gamma delle tensioni assegnate (da 0.67 U_n a 1.2 U_n)	da 400 V a 720 V	da 500 V a 900 V
–	U_{max1}	tensione massima permanente	720 V	900 V
–	U_{max2}	tensione massima non permanente	800 V	1 000 V < 5 min

NOTA In Francia, Belgio e Regno Unito si applicano regolamenti nazionali diversi (EN 50163), che tuttavia non si applicano ai filoveicoli.

Per gli impianti di lavaggio dei veicoli, in base alla EN 50122-1 la massima tensione ammessa è 120 V in c.c. (Banda di tensione II). In questo caso, l'impianto di lavaggio dei veicoli non fa parte dell'officina in cui la massima tensione ammessa è 60 V in c.c. (Banda di tensione I).

5.1 Criteri di protezione e di sicurezza elettrica

5.1.1 Criteri di protezione contro i contatti diretti e indiretti

Nella progettazione e costruzione dei filoveicoli devono essere adottarti i migliori criteri e accorgimenti per evitare, o quantomeno limitare ad un livello minimo non pericoloso, tutte le tensioni di contatto e in particolare le differenze di potenziale tra la massa del filoveicolo e i potenziali di terra, nonché per rilevare le dispersioni prima che le associate tensioni raggiungano un livello pericoloso.

I valori limite per le tensioni di contatto sono specificati nella EN 50122-1. I valori limite per le correnti di shock elettrico sono specificati nella serie IEC 60479.

NOTA In Svizzera, per le tensioni di contatto si applicano valori limite differenti (SR 734.2).

Ovunque possibile, si devono applicare le prescrizioni della EN 50153.

Dal momento che il massimo potenziale di rischio è presente quando si tocca l'esterno del veicolo, le prescrizioni della EN 50153 di un doppio isolamento verificabile sono completate da un terzo isolamento nell'area delle porte, dove i passeggeri potrebbero più facilmente entrare a contatto con le tensioni.

Se possibile, il doppio isolamento dovrebbe essere progettato in modo tale che un guasto non possa attraversare i due percorsi nel medesimo momento.

Le distanze tra gli strati dell'isolamento, in base al materiale e al grado di inquinamento, sono realizzate secondo la EN 50124-1.

Per l'isolamento esterno assicurarsi sempre che parte dell'isolamento rimanga protetto dall'umidità o dallo sporco. Se questo non fosse possibile, si devono scegliere distanze maggiori e/o materiali diversi, a causa di valori più elevati di resistenza dell'isolamento minimo in sistemi senza collegamento di protezione (vedi Tab. 6).

La Fig. 1 fornisce una visione d'insieme del doppio isolamento richiesto per questo tipo di veicolo nella EN 50153 così come per il terzo isolamento delle porte.

L'espansione dell'isolamento principale a un doppio isolamento si applica sempre a tutti e tre i tipi di interfaccia del componente:

- Isolamento supplementare dell'assieme meccanico;
- Isolamento supplementare del modulo di alimentazione;
- Isolamento supplementare delle interfaccia di segnale.

5.1.2 Gradini, puntelli, corrimano, rampe e pedane di accesso

Per impedire che le persone che salgono o scendono dal veicolo avvertano sensazioni di scarica della massa del veicolo superiori alla soglia di percezione, le aree di ingresso devono essere provviste di materiali isolanti come impedenze di protezione.

I gradini, i puntelli e i corrimano in corrispondenza di tutte le porte devono essere isolati dalla massa del veicolo o realizzati in materiale isolante. Le rampe e le pedane di accesso per i disabili devono essere isolate dalla massa del veicolo.

Le aree di ingresso devono essere progettate con bordi di gocciolamento all'estremità della base di appoggio e con un foro per lo smaltimento dell'acqua che vi penetra. Si deve impedire il contatto diretto dell'acqua superficiale con altre parti della massa del veicolo.

La funzione di impedenza di protezione delle aree di ingresso deve essere assicurata da regolare pulizia delle stesse e dall'esame a vista del materiale da parte di personale qualificato. Per evitare l'usura chimica del materiale, si devono selezionare i detergenti.

Durante l'esame a vista il materiale deve essere esaminato da vicino per rilevare qualsiasi danno che possa influire sulle proprietà dielettriche, come ad es. fratture, fessurazioni o fori a punta di spillo (6.2.5). Le proprietà dielettriche del materiale devono essere conformi alle prescrizioni per l'isolamento principale indicate in 6.2.

Si richiede un esame a vista delle aree di ingresso pulite e lo si include nella procedura di prova di isolamento periodica indicata in 6.4.

5.1.3 Porte e maniglie

Tutte le ante delle porte ed i relativi accessori, con l'esclusione delle apparecchiature di comando e controllo non accessibili al pubblico, devono essere isolate dalla massa del veicolo o costruite con materiale isolante.

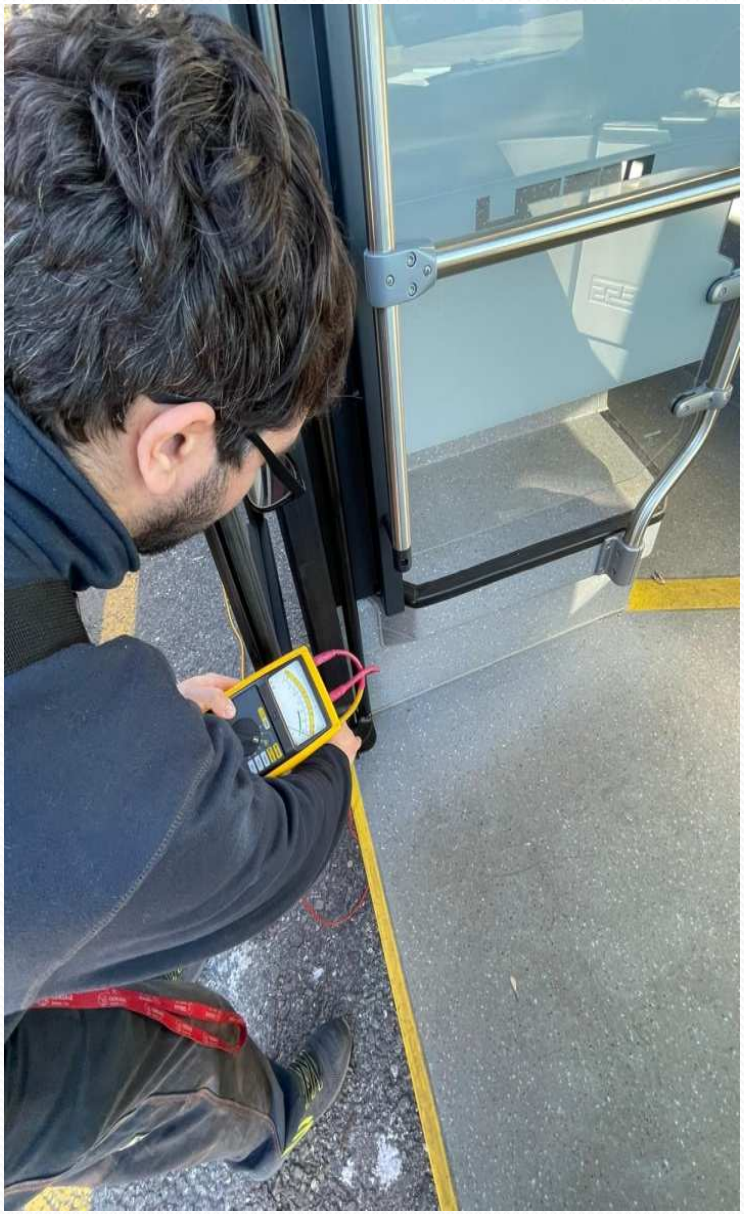
Per fornire distanze di isolamento superficiali sufficienti, si raccomandano maniglie in plastica oppure porte scorrevoli esterne senza maniglie.

- Verifiche di isolamento dei vari componenti:
  pedane, rampe, mancorrenti, gradini.

ANSFISA
AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI E AUTOSTRADALI

CORSO "CONDUCENTI FILOVEICOLI" PER AGENTI "TUA TRASPORTO UNICO ABRUZZESE"

POLITECNICA S.R.L.

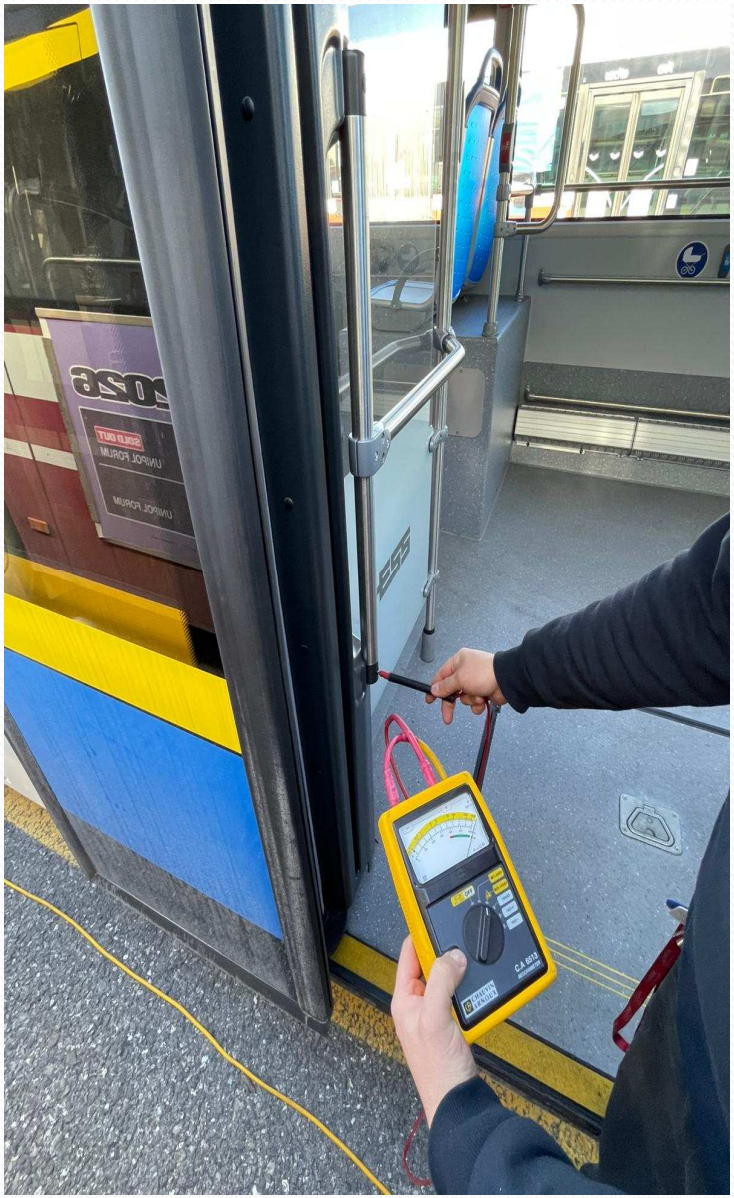


Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI E AUTOSTRADALI

CORSO "CONDUCENTI FILOVEICOLI" PER AGENTI "TUA TRASPORTO UNICO ABRUZZESE"

POLITECNICA S.R.L.

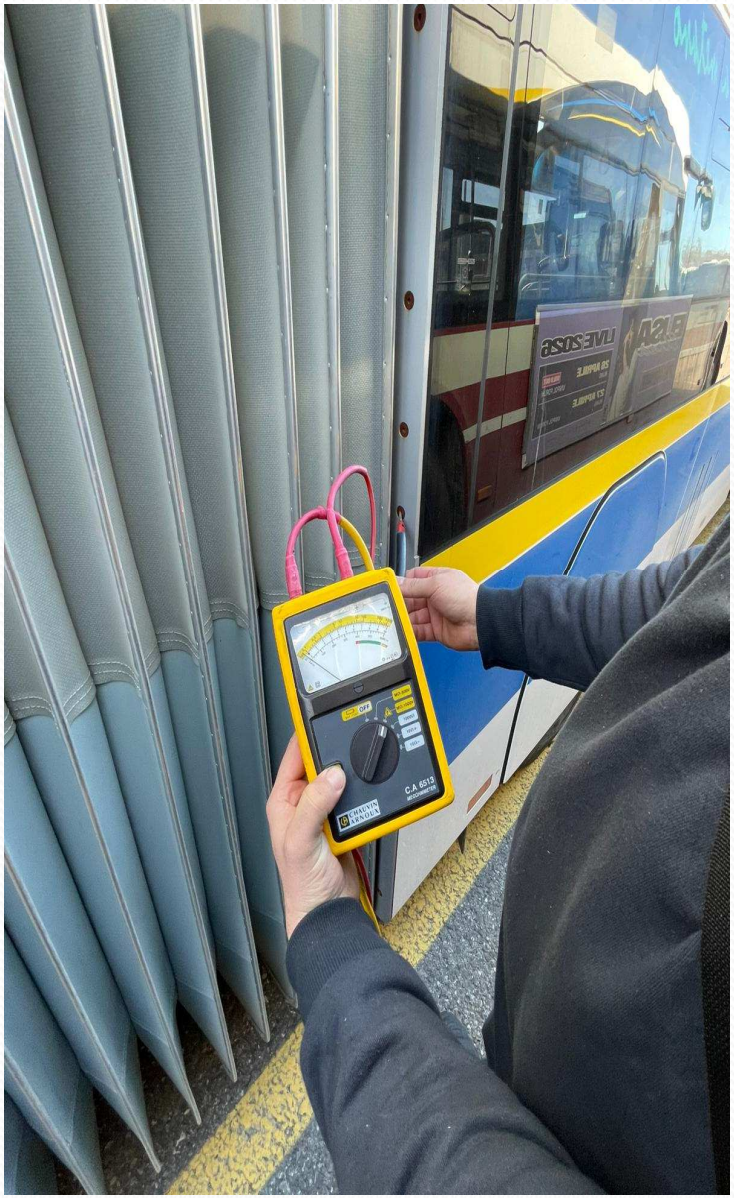


Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

CORSO "CONDUCENTI FILOVEICOLI" PER AGENTI "TUA TRASPORTO UNICO ABRUZZESE"

ANSFISA
AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI E AUTOSTRADALI

POLITECNICA S.R.L.

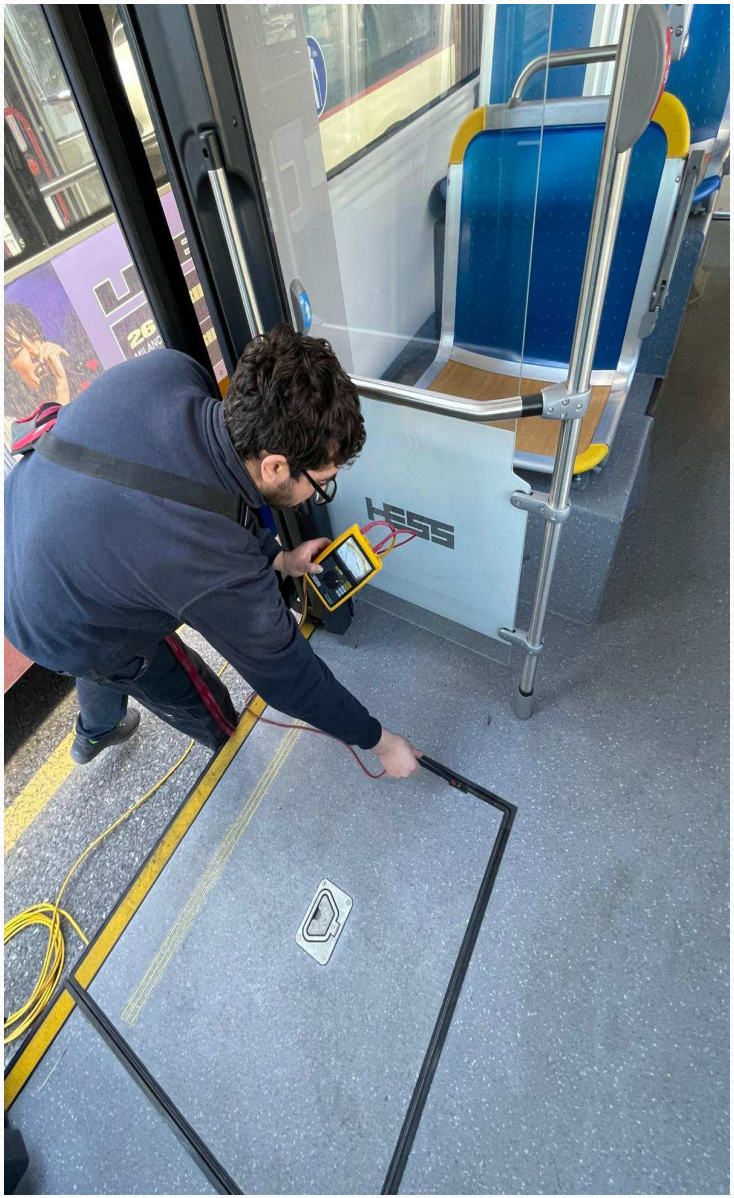


Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

ANSFISA
AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI E AUTOSTRADALI

CORSO "CONDUCENTI FILOVEICOLI" PER AGENTI "TUA TRASPORTO UNICO ABRUZZESE"

POLITECNICA S.R.L.

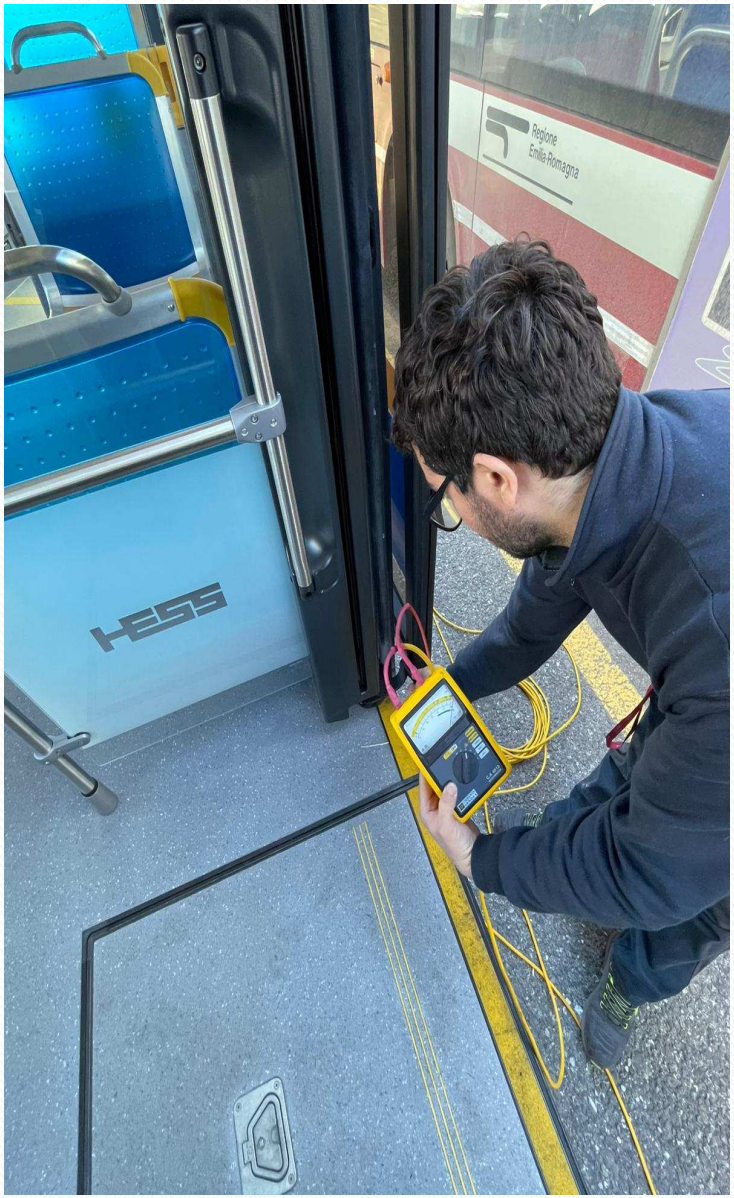


Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

ANSFISA
AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI E AUTOSTRADALI

CORSO "CONDUCENTI FILOVEICOLI" PER AGENTI "TUA TRASPORTO UNICO ABRUZZESE"

POLITECNICA S.R.L.

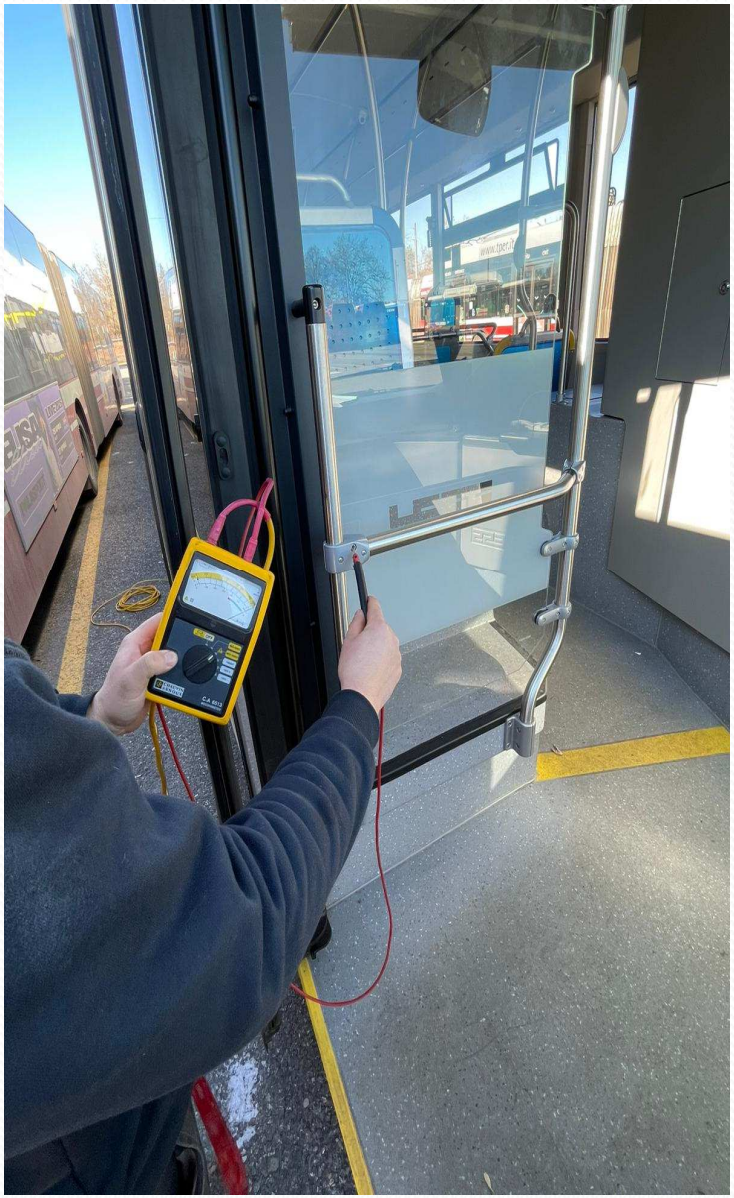


Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

ANSFISA
AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI E AUTOSTRADALI

CORSO "CONDUCENTI FILOVEICOLI" PER AGENTI "TUA TRASPORTO UNICO ABRUZZESE"

POLITECNICA S.R.L.



Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

La marcia autonoma.

Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

La marcia autonoma: descrizione del funzionamento con Diesel-Generatore.

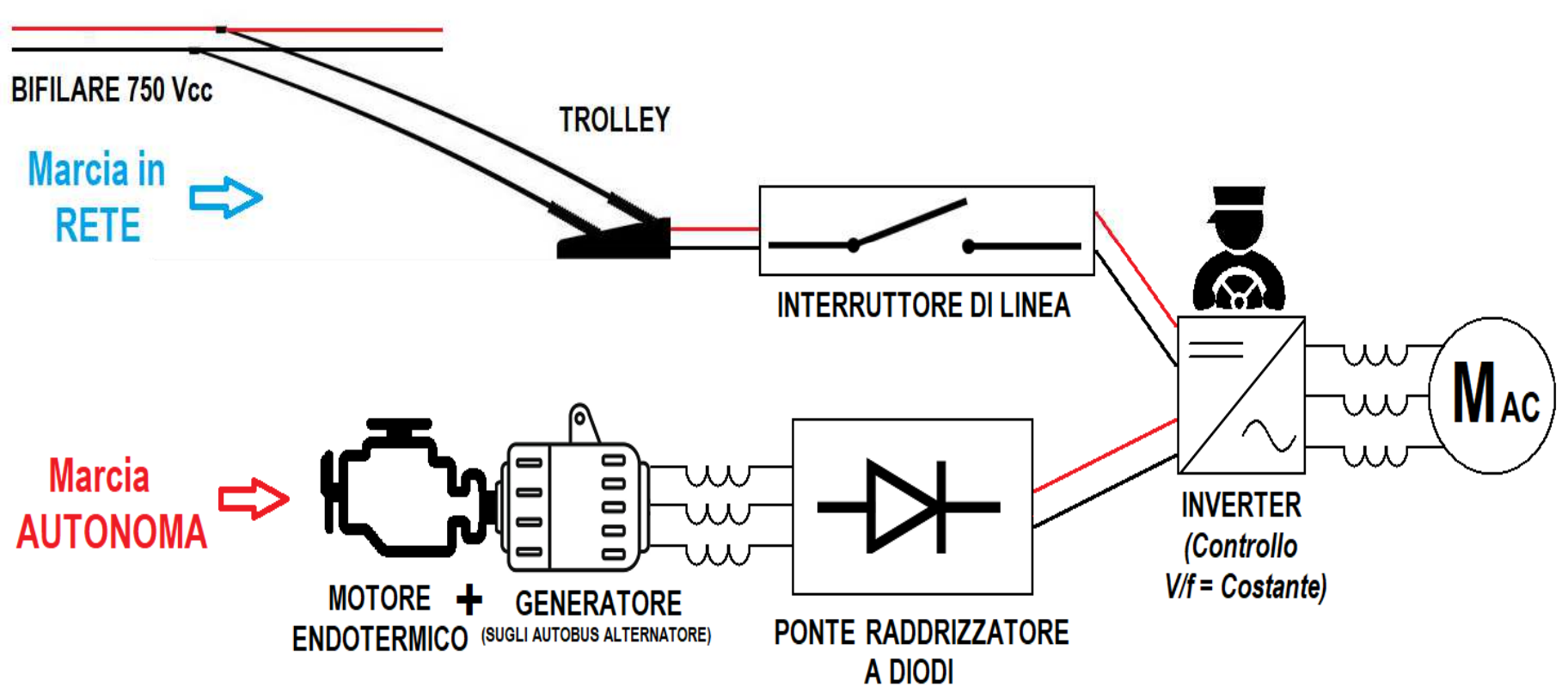
Veicolo dotato di Marcia Autonoma (**con aste distaccate dal bifilare**) realizzata mediante:

GRUPPO MOTOGENERATORE tipo "KIRSCH **APU 100DIPME Euro V-Parma**" con potenza elettrica di 100 kVA, costituito da un Motore a ciclo diesel (turbocompresso) tipo "IVECO N40 ENT 526-F4AE3481D*" con potenza di 118 kW a 2700 giri/min, e da un Generatore sincrono a magneti permanenti 12 poli raffreddato ad acqua tipo "Kirsch **PME 100/250/120**" con potenza 100 kVA e gruppo raddrizzatore, Tensione finale di uscita variabile da 400 a 900 Vcc, Corrente nominale 143A;

oppure in alternativa:

BATTERIA DI SUPERCAPACITORI, composta da 4 moduli collegati in serie, ciascuno da 63F (Farad) a V_{max} 125 Vcc, per un totale di 500 Vcc e 15,75F, in grado di alimentare il sistema di trazione per brevi tratti.

La marcia autonoma (diesel + generatore)

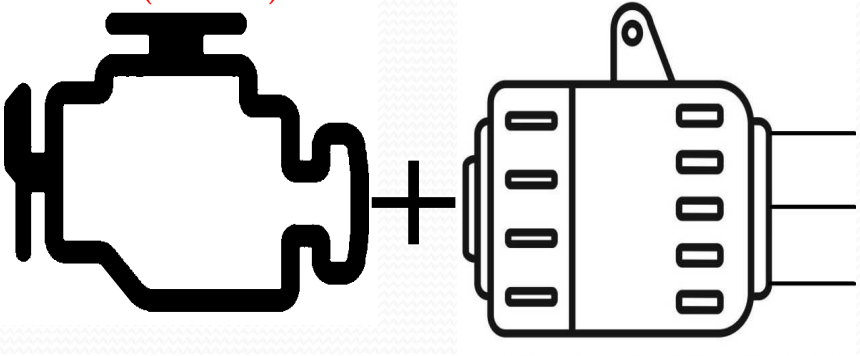


La marcia autonoma (diesel + generatore)

MOTOGENERATORE DI CORRENTE ALTERNATA TRIFASE

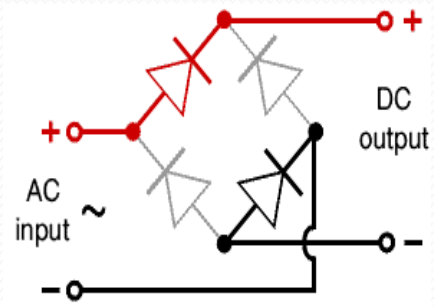
MOTORE ENDOTERMICO (DIESEL)

GENERATORE ELETTRICO (ALTERNATORE SUGLI AUTOBUS)

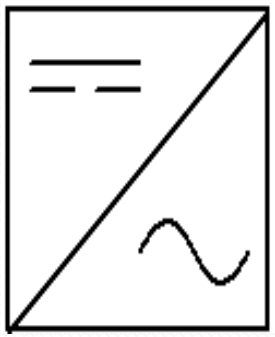


AC

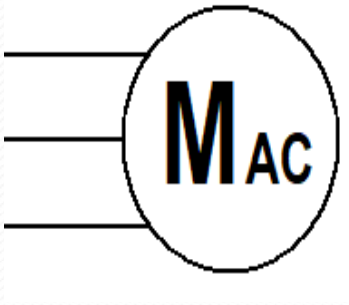
PONTE RADDRIZZATORE A DIODI



CC



INVERTER



MOTORE ELETTRICO DI TRAZIONE



Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

La marcia autonoma: descrizione del funzionamento con Batterie di Trazione.

Veicolo dotato di equipaggiamento che consente una marcia con sorgente ausiliaria di energia elettrica diversa dalla linea aerea di contatto.

La marcia autonoma (con aste distaccate dal bifilare) è realizzata alimentando il filoveicolo con un sistema di batterie a tecnologia LTO. Le batterie di trazione vengono ricaricate quando il veicolo è collegato alla linea aerea sia in movimento (IMC In Motion Charging) sia da fermo. Non è prevista alcuna presa per la ricarica da terra.

Il sistema di batterie è composto da: **3** "**Battery Pack**" IMPACT mod. 640-195-A-00-640, **1** "**Dc/Dc Converter**" ENIKA Tipo 640-195-D-00-641, **1** "**Unità raffreddamento**" TECHNOTRANS mod. 640-195-E-00-641, **1** "**Modulo sezionatore**" Master Box IMPACT mod. 640-195-X-00-641, **1 modulo Safety Box** IMPACT mod. 640-195-S-00-641. Costruttore del sistema: ditta IMPACT. L'energia complessiva accumulabile dai tre pacchi batteria è pari a 45,2 kWh. Il sistema è raffreddato a liquido tramite una unità dedicata (CU) posta sul tetto ed alimentata elettricamente in maniera diretta dal sistema batterie. mediante un convertitore Dc Dc galvanicamente isolato. L'intero sistema batterie , convertitore e CU costituiscono una massa intermedia unica.

La marcia autonoma: descrizione del funzionamento con Batterie di Trazione.

Il sistema batteria dialoga con gli apparati di trazione mediante CAN bus dedicati ed isolati, e controlla costantemente i parametri funzionali delle batterie, la temperatura, la tensione e lo stato di carica. Il sistema integra anche tutte le funzioni di sicurezza elettrica e termica. La modularità del sistema semplifica le operazioni di manutenzione e riparazione. Le batterie vengono ricaricate durante la marcia da linea e, a potenza ridotta per evitare il surriscaldamento locale della linea aerea a V=0 Km/h, anche in deposito quando il veicolo è abilitato e connesso alla linea aerea (IMC In Motion Charging).

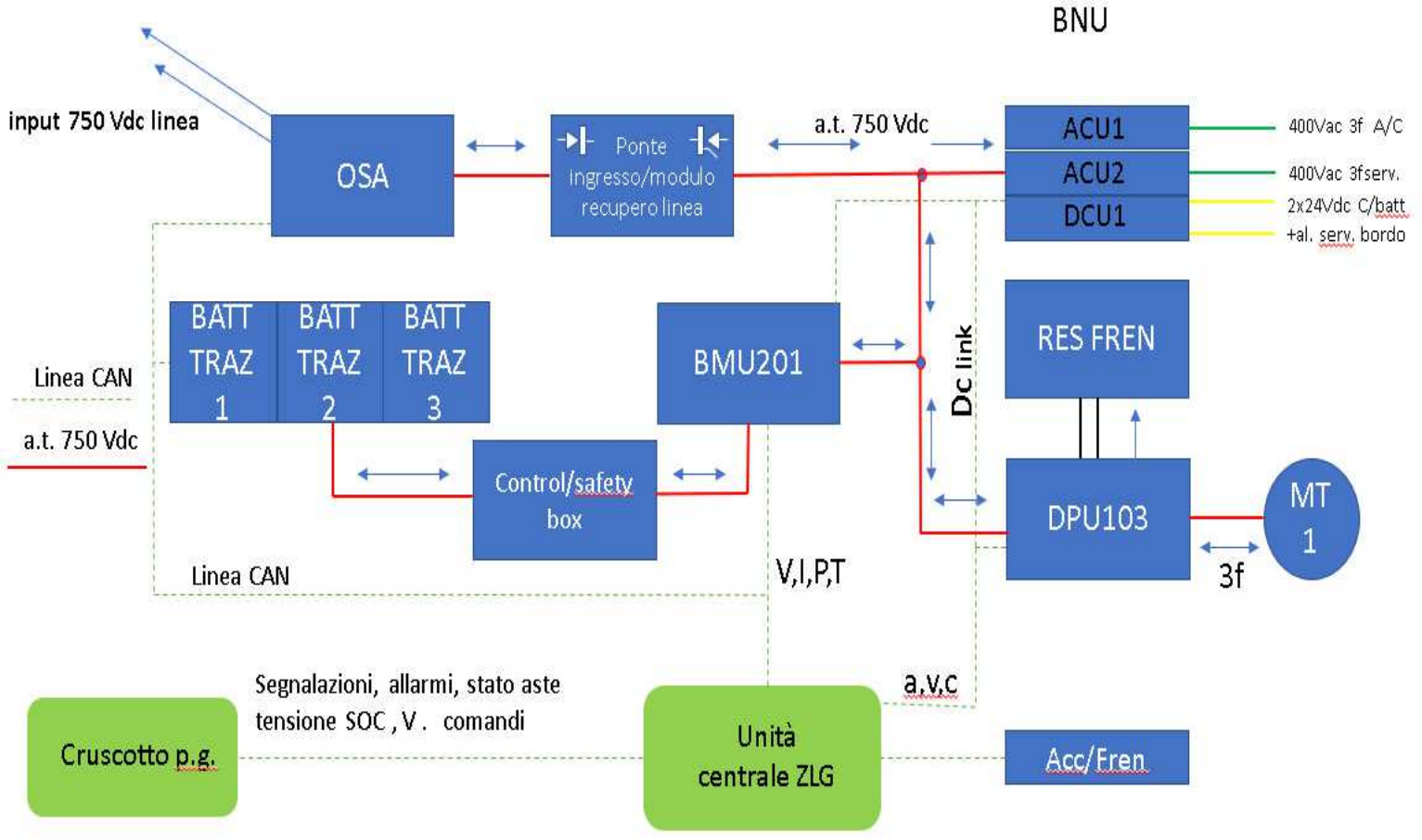
Il funzionamento in marcia autonoma con batterie di trazione avviene, sempre e solo staccando le aste di captazione dell'alimentazione di linea (aste abbassate), premendo il tasto selettore sulla posizione "Batteria". Dopo qualche secondo l'entrata di detta modalità è confermata da una icona sul display del cruscotto. In questo stato i teleruttori di ogni singola batteria si sono chiusi e i tre pacchi batteria sono attivati e connessi tra loro in parallelo e pronti ad erogare energia. L'energia delle batterie viene resa al DC link tramite il convertitore BMU210 che in questo modalità inverte il suo modo di funzionamento rispetto a quello della marcia da linea, fungendo da "scaricatore" e regolatore del flusso energetico proveniente dalle batterie verso il DC link stesso. L'energia delle batterie è sufficiente per la regolare marcia in esercizio del veicolo anche a pieno carico e per l'alimentazione di tutti i servizi ausiliari di bordo.

La marcia autonoma: descrizione del funzionamento con Batterie di Trazione.

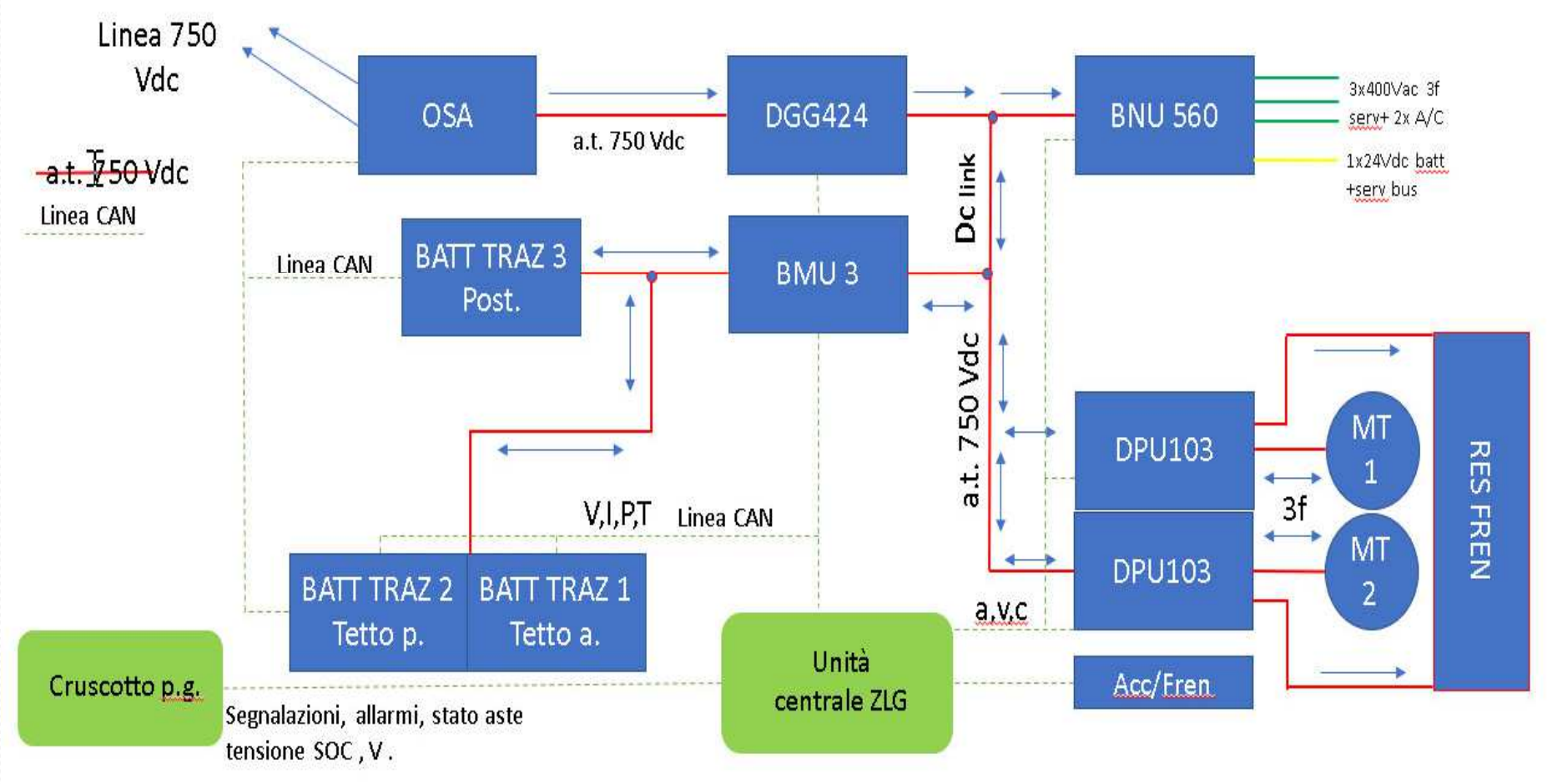
In marcia con batterie le prestazioni complessive del veicolo e dei suoi circuiti ausiliari sono analoghe a quelle ottenibili in marcia da linea. Al posto guida è riportata la percentuale istantanea di energia residua nelle batterie.

La gestione bidirezionale dell'energia da e per le batterie è affidata al convertitore BMU 210 controllato dall'unità centrale. Le principali grandezze funzionali sono parametrizzabili. Anche in modalità batteria, l'energia di frenatura viene recuperata. In caso di avaria del convertitore BMU 210 o dei sistemi di sicurezza delle batterie è prevista una modalità di emergenza temporizzata, attivabile tramite interruttore piombato sul cruscotto che, bypassando il convertitore stesso e le sue sicurezze, consente l'alimentazione diretta dalle batterie al DC link per la movimentazione del veicolo per un tempo massimo di 60 sec., dopodiché si disattiva. La reiterazione di detta operazione va eseguita con cautela in quanto si tratta di un funzionamento di emergenza volto a consentire esclusivamente lo sgombero di tratti di strada particolarmente critici.

La marcia autonoma (batterie di trazione)



La marcia autonoma (batterie di trazione)



La marcia autonoma:

Limiti funzionali e problemi connessi.

Il comportamento del conducente.

Dispositivi antincendio.

Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

Efficienza dei dispositivi di emergenza.

Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

- Comando Centrale di Emergenza ("Fungo")

A cosa serve?

Permette con un unico comando la messa in sicurezza del filoveicolo

Cosa fa?

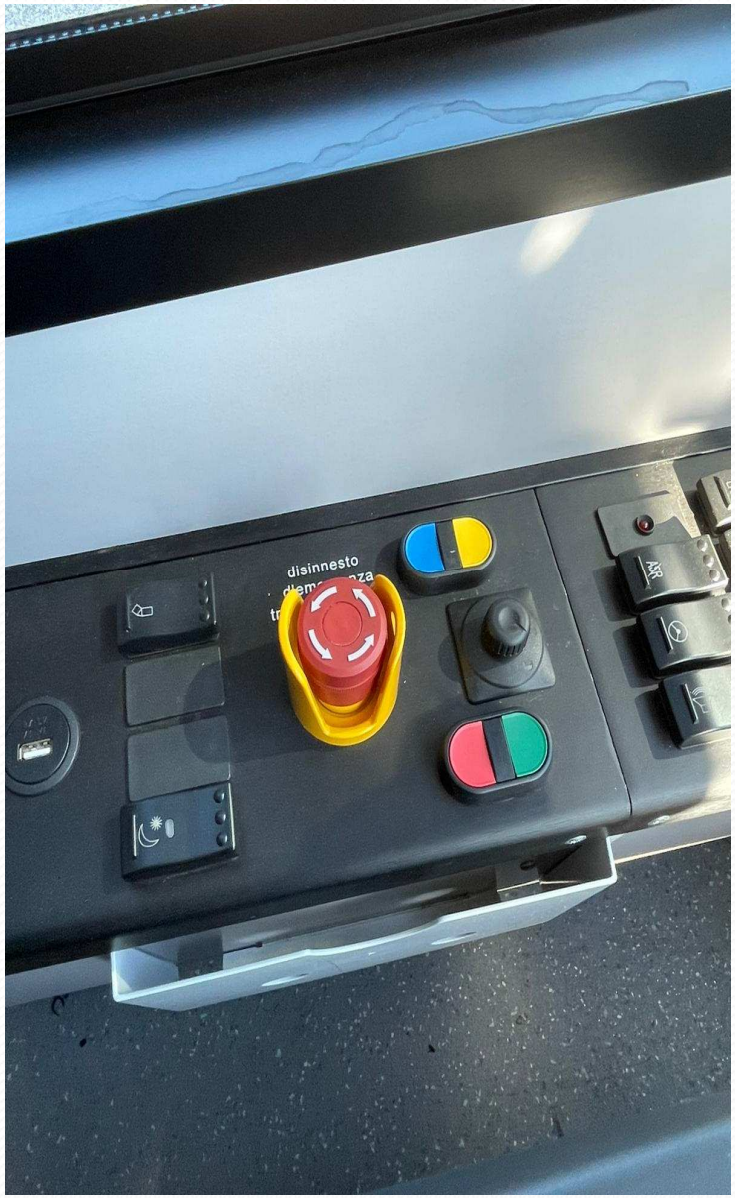
Inserisce i lampeggiatori di emergenza (4 frecce)

Scollega le batterie a 24 Volt (rimangono alimentati solo il circuito di comando porte, le luci interne) ed i blinker [4 frecce])

Attiva l'abbassamento aste in automatico

Apre l'interruttore di linea

CORSO "CONDUCENTI FILOVEICOLI" PER AGENTI "TUA TRASPORTO UNICO ABRUZZESE"

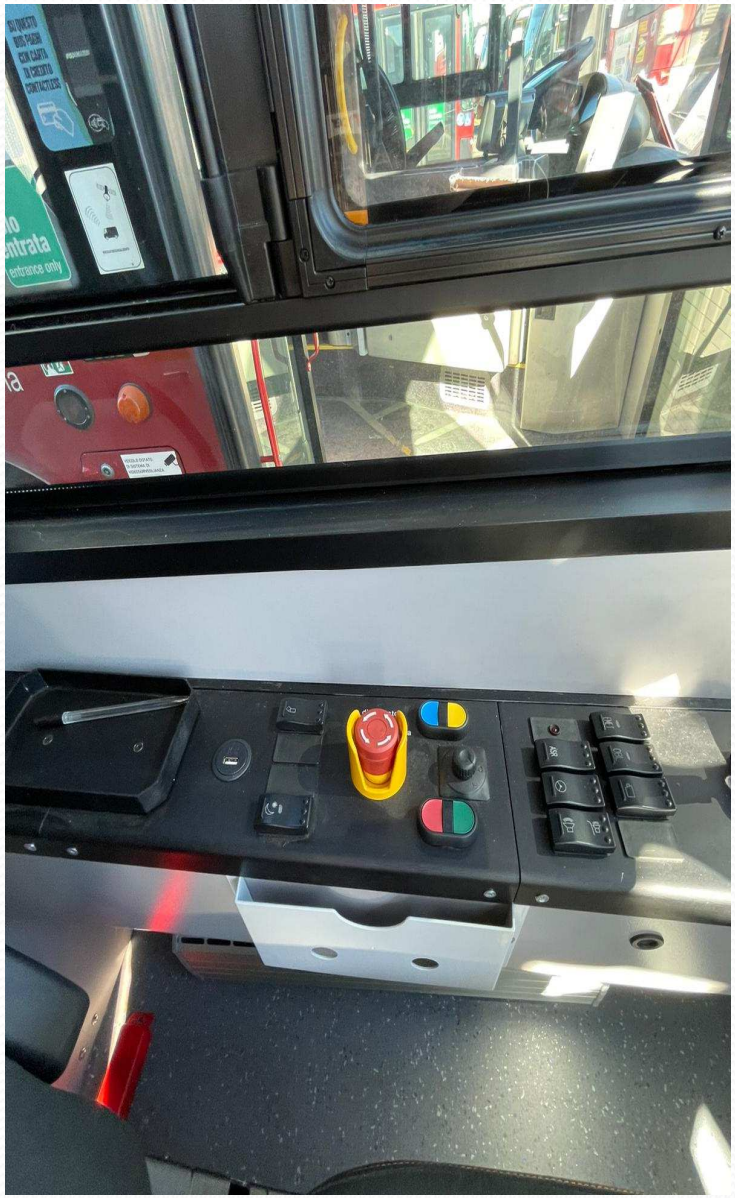


Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

ANSFISA
AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI E AUTOSTRADALI

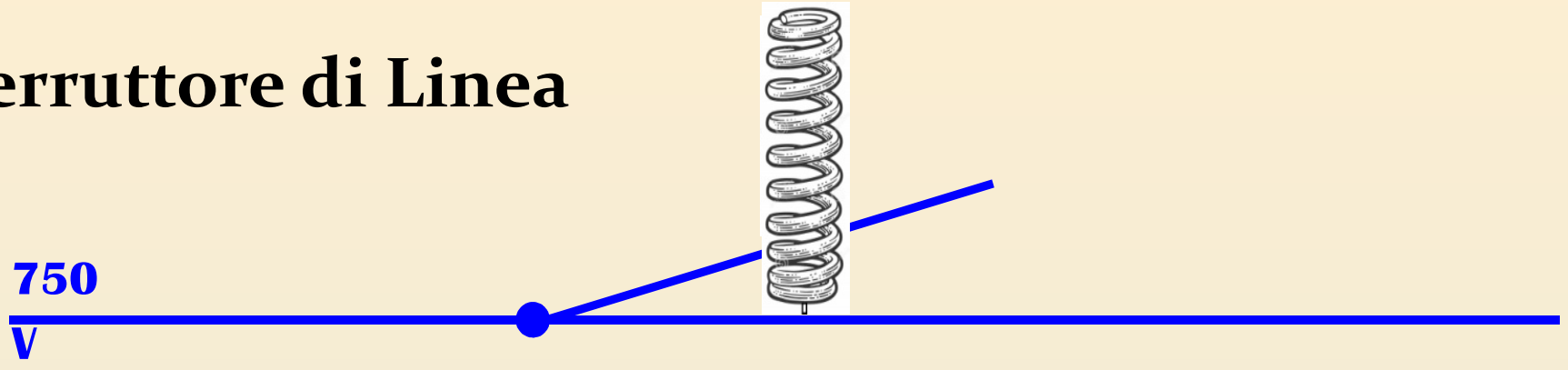
CORSO "CONDUCENTI FILOVEICOLI" PER AGENTI "TUA TRASPORTO UNICO ABRUZZESE"

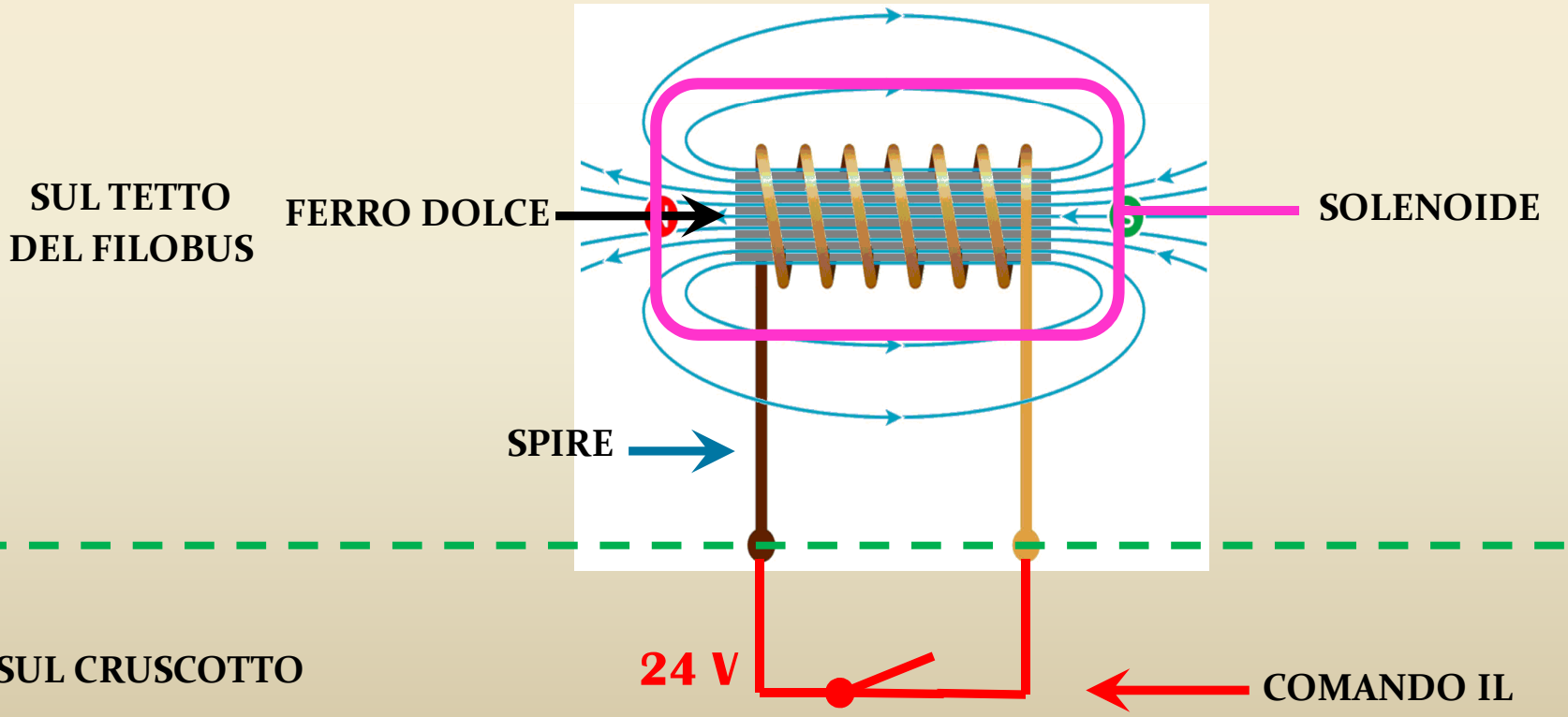
POLITECNICA S.R.L.



Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

- Interruttore di Linea (IL)





- Movimentazione Aste.

- Il Trolley

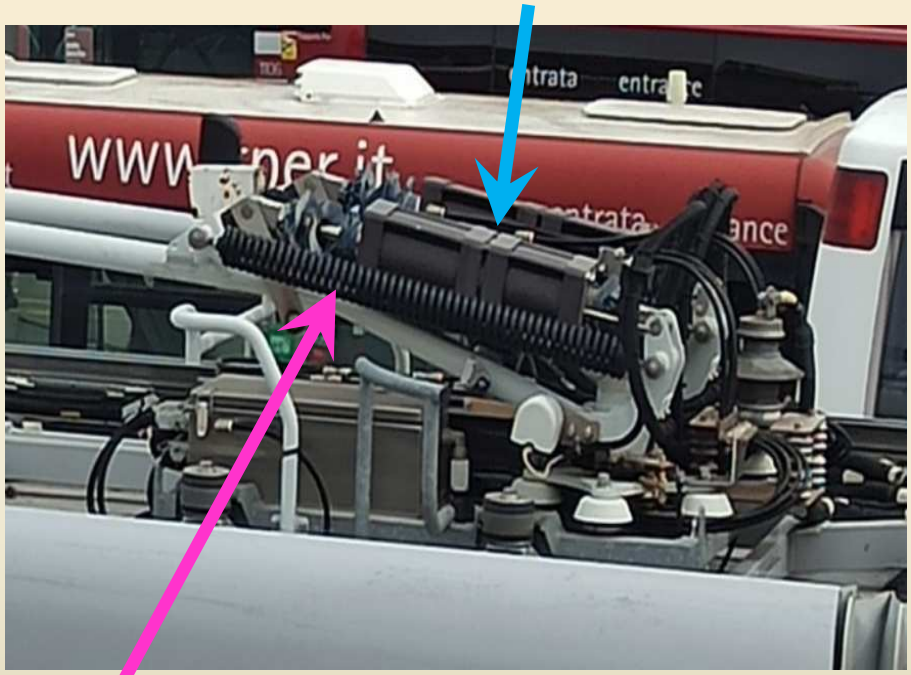


Aste conduttrici nella parte superiore, materiale carbonio

Portapattino + pattino in grafite per la migliore captazione di Corrente

RETRIVER: dispositivo che richiama automaticamente le aste ad una altezza inferiore a quella del bifilare in caso di scarrucolamento onde evitare di danneggiare l'infrastruttura filoviaria

Pistoni pneumatici per la movimentazione delle aste (Impianto pneumatico dedicato con un serbatoio dell'aria in più rispetto agli autobus)



Molle elicoidali tarate a 11 Kg che garantiscono la giusta pressione delle aste sul filo di contatto

ANSFISA
AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI E AUTOSTRADALI

- Le Corde





Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

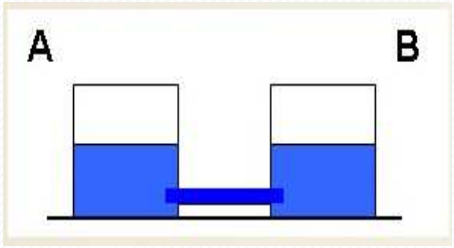
ALCUNI ESEMPI DI DOMANDE DI ESAME.

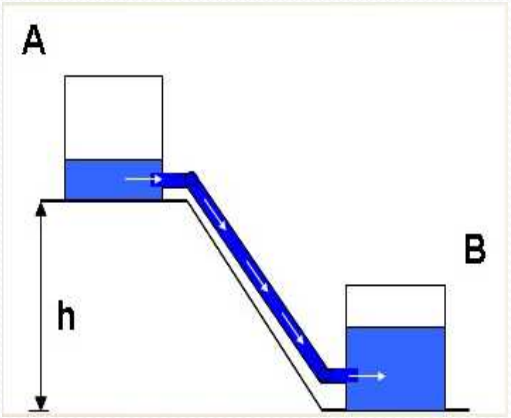
Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

cos'è un isolante
cos'è un conduttore
alcuni isolanti
alcuni conduttori
quali sono le grandezze elettriche
da cosa dipende la sezione di un conduttore
da cosa dipende lo spessore di un isolante
da cosa dipende la pericolosità di un circuito
l'unità di misura della corrente
l'unità di misura della tensione
l'unità di misura della potenza
l'unità di misura della resistenza
la resistenza di un conduttore come varia con le sue dimensioni
cos'è necessario fare affinchè in un circuito circoli corrente

LE PRINCIPALI GRANDEZZE ELETTRICHE

TENSIONE (o differenza di potenziale)
Simbolo " V ", si misura in VOLT (V) con il Voltmetro
E' LA FORZA CON CUI GLI ELETTRONI SONO SPINTI ALL'INTERNO DEL CIRCUITO



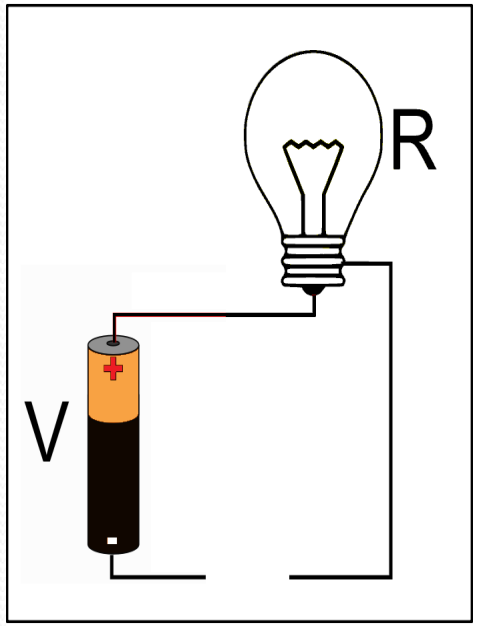


INTENSITA' DI CORRENTE
Simbolo " I ", si misura in AMPERE (A) con l'Amperometro
E' UN FLUSSO ORDINATO DI ELETTRONI ATTRAVERSO AD UN CONDUTTORE

RESISTENZA
Simbolo " R ", si misura in OHM (W) con l'Ohmetro
E' LA RESISTENZA CHE UN CONDUTTORE OPPONE AL PASSAGGIO DELLA CORRENTE

POTENZA
Simbolo " P ", si misura in WATT (W) con il Wattmetro
E' L'ENERGIA LIBERATA NELL'UNITA' DI TEMPO

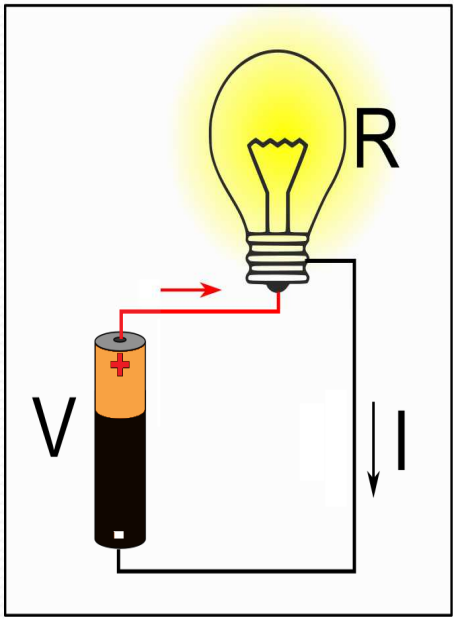
COME SI REALIZZA UN CIRCUITO ELETTRICO ELEMENTARE E PERCHE' AVVIENE PASSAGGIO DI CORRENTE?



Circuito Aperto I = 0

Per avere un flusso ordinato di elettroni attraverso un conduttore, quindi corrente elettrica (I), devono essere soddisfatte 3 condizioni:

1. Avere una differenza di potenziale (tensione V);
2. Avere un utilizzatore (carico R)
3. Chiudere il circuito



Circuito Chiuso I ≠ 0

ATTENZIONE: il carico viene indicato con R (così come la resistenza di un materiale) perché, in effetti, non è altro che un ulteriore ostacolo al passaggio di corrente come qualsiasi altro utilizzatore di un circuito elettrico.

DA COSA DIPENDE LA SEZIONE DI UN CONDUTTORE?

Prendendo un filo di un qualsiasi materiale di lunghezza L e spessore S, viene calcolata la RESISTENZA del filo attraverso la formula:

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

Sostituendo R con V e I (legge di Ohm)

$$S = \rho \times \frac{L \times I}{V}$$

Da qui si ricava che, una volta scelto un materiale con resistività bassa, per diminuire la Resistenza di un cavo, gli accorgimenti possono essere solo due:

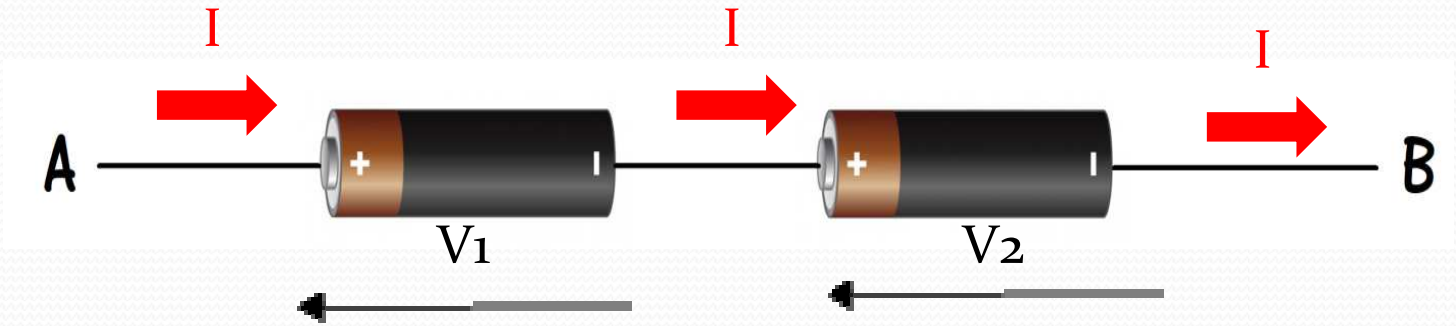
- Fili non troppo lunghi
- Fili il più possibile spessi

Per la costruzione di una rete, la scelta ricade sul RAME per il suo ottimo rapporto qualità prezzo.

Quindi la sezione del conduttore dipende dal **TIPO** di materiale, dalla **LUNGHEZZA** del filo, dalla **TENSIONE** di alimentazione e soprattutto da quanta **CORRENTE** circola nel circuito.

differenza tra collegamento serie e parallelo di accumulatori
com'è la corrente in due resistenze o due circuiti in serie
come sono collegati gli utilizzatori in circuito
cos'è e a cosa serve il fusibile
cos'è un selenoide o bobina o elettrocalamita

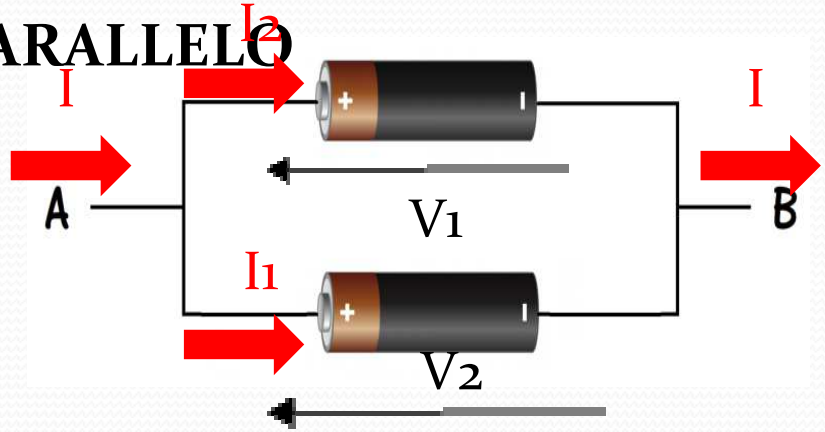
COLLEGAMENTO IN SERIE



$$V_{tot} = V_1 + V_2$$

Tra i punti A e B la CORRENTE (I) che attraversa V1 e V2 sarà la stessa.

COLLEGAMENTO IN PARALLELO



$$I_{tot} = I_1 + I_2$$

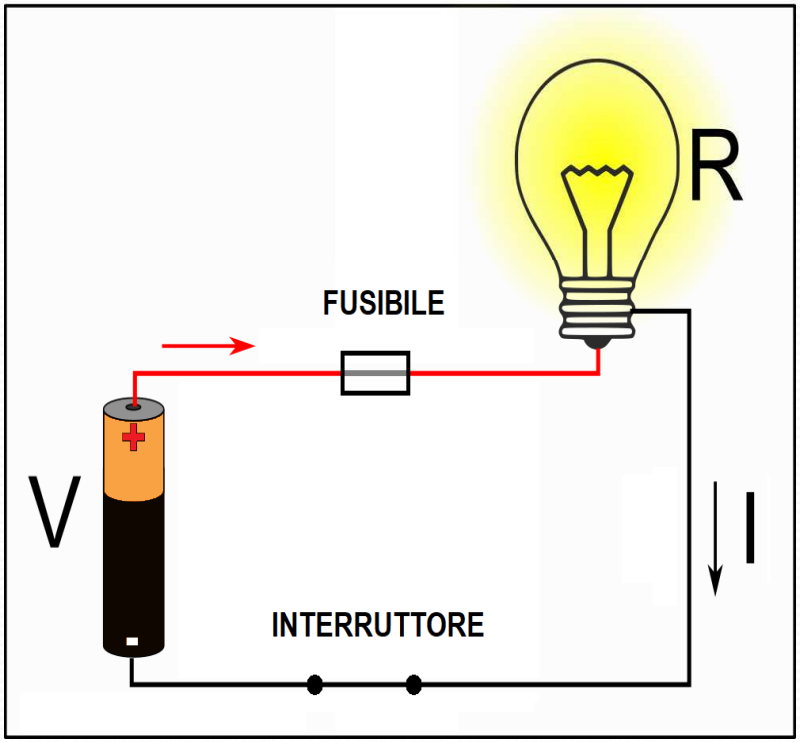
Tra i punti B e A la TENSIONE (V) che attraversa V1 e V2 rimane invariata

COME PROTEGGERE UN CIRCUITO?

Utilizzo un FUSIBILE, che è un conduttore, al cui interno vi è solitamente **stagno**, che ha una temperatura di fusione inferiore a quella del resto del circuito. Il FUSIBILE è montato in SERIE nel circuito, a MONTE del componente da salvaguardare.

Al crescere della corrente, e con il conseguente aumento della temperatura, si avrà una rottura localizzata al suo interno prima di giungere alla temperatura critica per gli altri componenti: la rottura meccanica del fusibile comporta la rottura della continuità elettrica del circuito con la conseguente interruzione della circolazione di corrente.

La rottura del fusibile è permanente e pertanto, una volta intervenuto, è necessaria la sua sostituzione



LA LEGGE DI OHM

$$V = R \times I$$

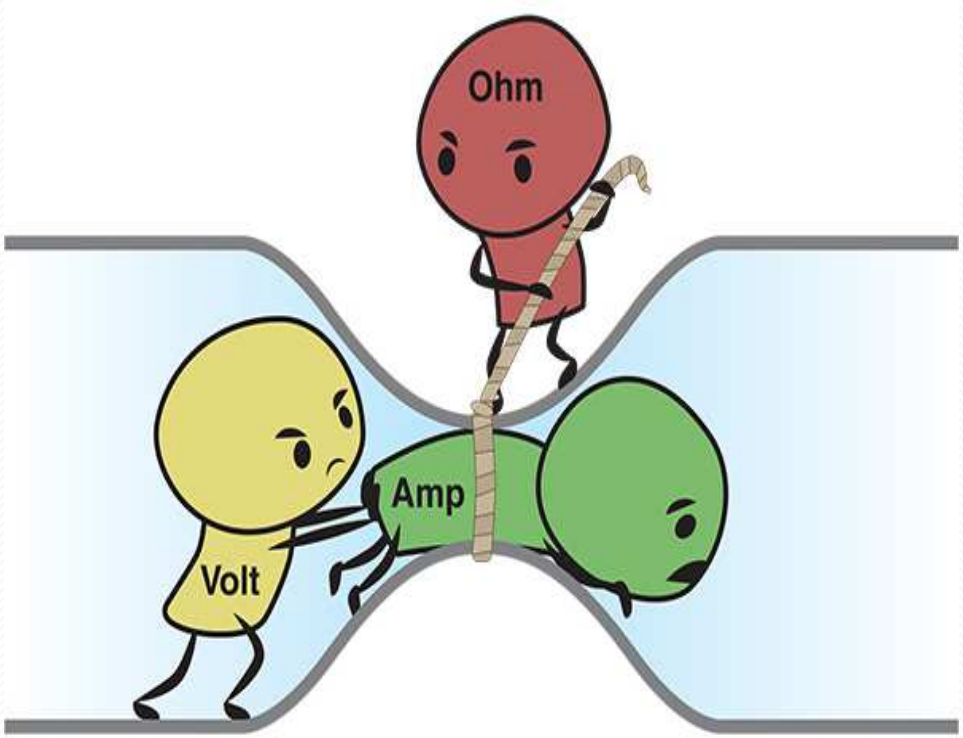
La legge di OHM dice che la tensione V è direttamente proporzionale all'intensità di corrente I e che quest'ultima è inversamente proporzionale alla resistenza R

V ↑ implica I ↑

R ↑ implica I ↓

A seconda della variabile che dobbiamo calcolare questa legge si può scrivere:

$I = V / R$ oppure $R = V / I$



LA LEGGE DI JOULE

$$P = V \times I$$

Joule è riuscito a spiegare il motivo per cui un qualsiasi sistema, sottoposto ad un sforzo, si riscalda. Ad esempio in un circuito elettrico, l'attrito della corrente all'interno del conduttore genera calore. Più corrente circola, più un circuito si riscalda ed è quindi PERICOLOSO!!!

Chiamando con " P " la potenza (che può essere "GENERATA" o "DISSIPATA" a seconda se la consideriamo, rispettivamente, dal punto di vista del generatore o dell'utilizzatore, ma ai fini del calcolo, non fa alcuna differenza) Joule riuscì a verificare che quest'ultima dipende in modo direttamente proporzionale dalla tensione e dall'intensità di corrente in gioco.

LA LEGGE DI JOULE

$$P = V \times I$$



Potenza GENERATA

Sostituendo a V la legge di Ohm: V = R x I avremo

$$P = R \times I \times I = R \times I^2$$

Potenza DISSIPATA

È di fondamentale importanza sottolineare che, avendo una resistenza fissa " R " (quindi un utilizzatore noto), se per un qualsiasi motivo, l'intensità di corrente che scorre al suo interno aumenta, anche solo di un fattore relativamente piccolo, la potenza da essa dissipata aumenterà del quadrato di tale fattore (es: ho una R=5W e una I=10A la P=500W; se, ad un tratto, la I passa da 10A a 20A, a parità di R, la P diviene di 2000W: 4 volte superiore).

cos'è un selenoide o bobina o elettrocalamita
cos'è il motore elettrico e da cos'è composto
cos'è la dinamo e da cos'è composta
cos'è l'alternatore e da cos'è composto
da cosa dipende il potere di attrazione di un'elettrocalamita
tipi di corrente usati normalmente e quale per i filobus

cos'è il IL
caratteristiche principali del motore di trazione in c.c.
caratteristiche principali del motore di trazione in c.a.

QUALI CORRENTI ELETTRICHE CONOSCIAMO?

La corrente elettrica può essere generata, trasportata ed utilizzata in due modalità:

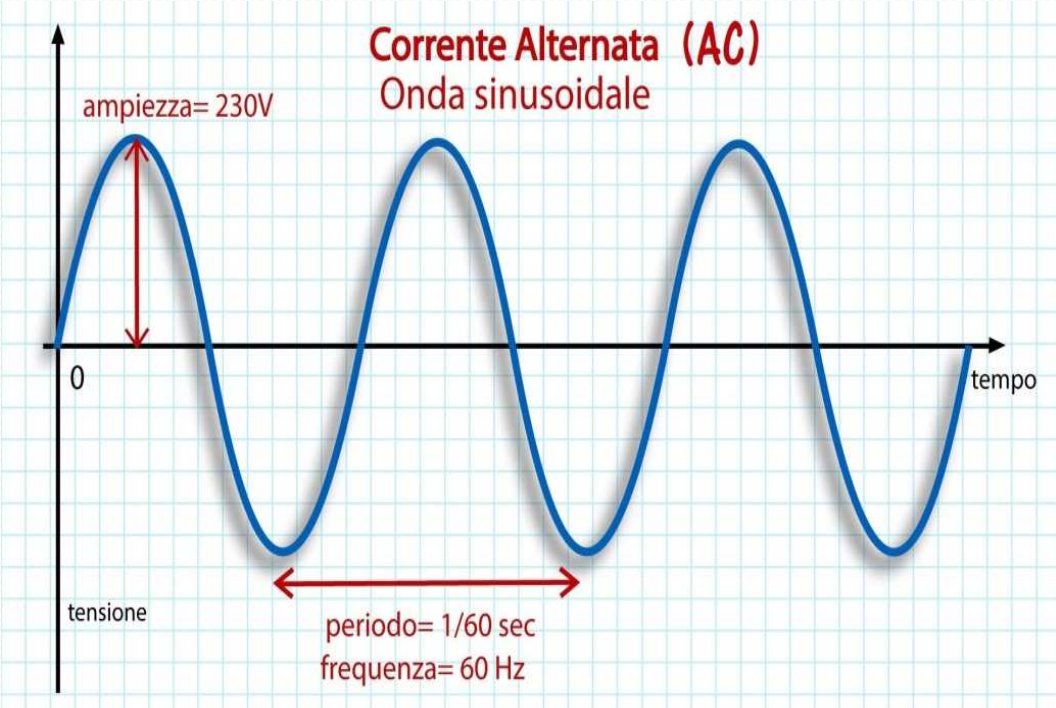


LA CORRENTE CONTINUA

(CC o DC, Direct Current) è un tipo di corrente elettrica caratterizzata da un flusso di carica elettrica di direzione costante nel tempo

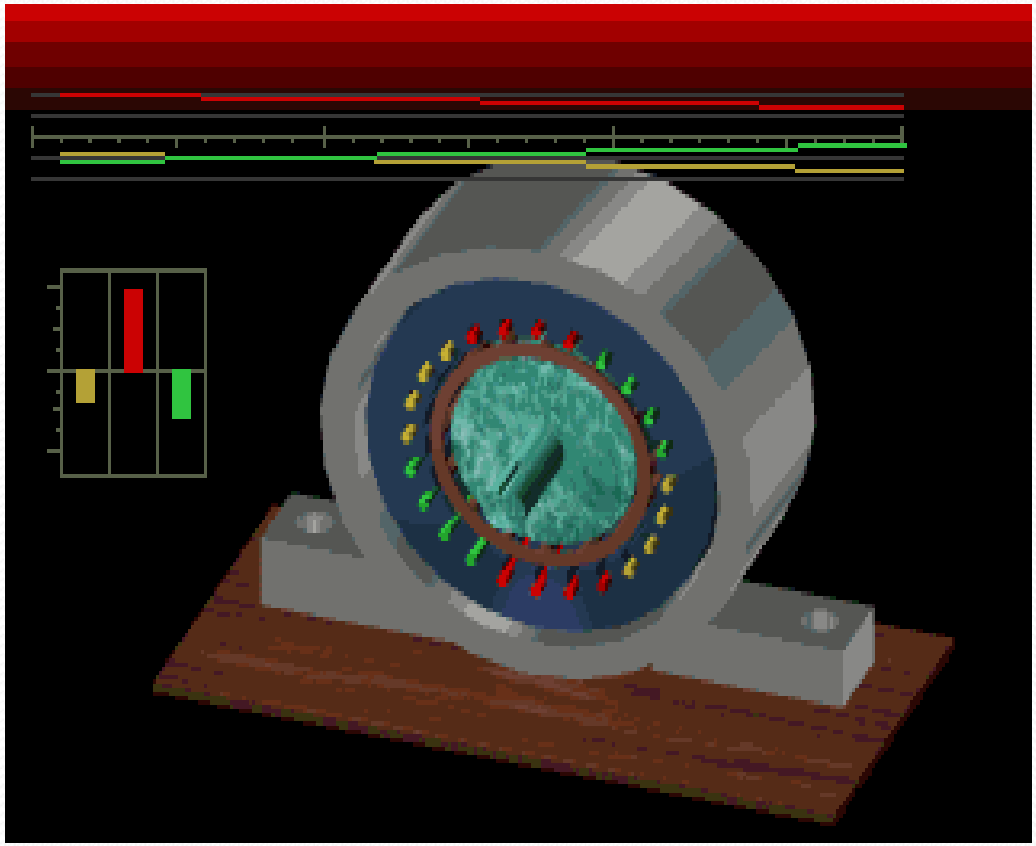
LA CORRENTE ALTERNATA (AC)
si distingue in:

- Monofase (il circuito è formato da un solo cavo)
- Trifase (I circuiti sono formati da tre fili in cui scorrono correnti tra loro relazionate)



Nella Corrente Alternata entra in gioco la 5^ grandezza elettrica, ovvero la FREQUENZA (f) che si misura in Hertz con il frequenzimetro (o oscilloscopio)

IL MOTORE ELETTRICO DI TRAZIONE IN CORRENTE ALTERNATA (MODERNO)



Come si chiama?

Motore ASINCRONO TRIFASE con rotore a gabbia di scoiattolo

Come funziona?

Il motore lavora in coppia massima, ovvero la velocità del campo magnetico dello statore deve essere molto simile alla velocità del rotore grazie all'INVERTER che controlla il rapporto tra tensione (V) e frequenza (f) che deve essere costante

V/f=Kostante

Che caratteristiche ha?

Piccolo, leggero, non ha manutenzione ma è complicato da controllare

IL VECCHIO MOTORE ELETTRICO IN CORRENTE CONTINUA

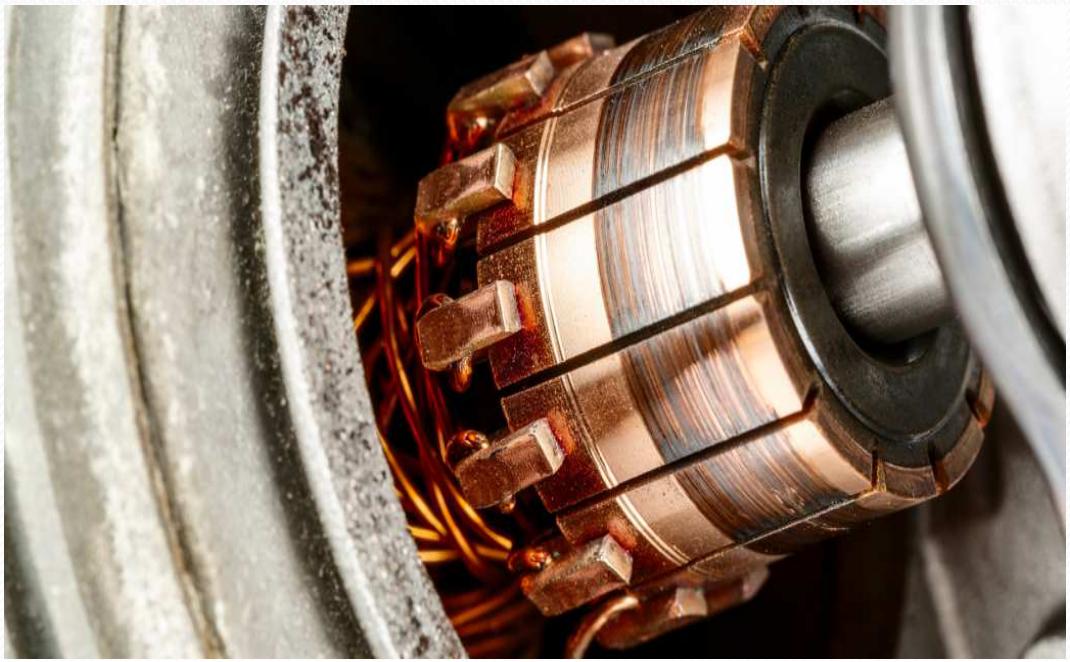
Come funzionava?

In origine il controllo (o azionamento) era REOSTATICO, cioè variando il valore di RESISTENZE si gestiva l'INTENSITA' DI CORRENTE in arrivo al motore

I = V / R

Successivamente il controllo si è evoluto grazie ai CHOPPER che variando la TENSIONE (V), controllavano l'INTENSITA' DI CORRENTE in arrivo al motore

I = V / R



Che caratteristiche aveva?

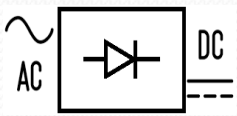
Grande, pesante, richiedeva molta manutenzione, aveva spazzole all'interno ma era facile da controllare

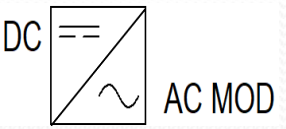
APPERECCHIATURE ELETTRONICHE SU FILOBUS E RETE FILOVIARIA

	Congegno	Funzione	Dove lo trovo
	TRASFORMATORE	Opera solo in AC, noti i valori in ingresso, permette di ottenere in uscita valori di tensione e intensità di corrente voluti grazie a delle specifiche costruttive.	SOTTOSTAZIONE
Convertitori	CONVERTITORE STATICO	Equivalente del trasformatore ma opera in DC. Quindi, dati dei valori di tensione e corrente in ingresso, restituiscono quelli voluti	FILOBUS
	CHOPPER	Equivalente al Convertitore statico ma la TENSIONE in uscita è **MODULATA**	FILOBUS DI VECCHIA GENERAZIONE
	PONTE RADDRIZZATORE A DIODI	Non fa altro che prendere in ingresso AC e restituire DC	SOTTOSTAZIONE E FILOBUS
	INVERTER	Prende in ingresso valori in CC e restituisce valori in AC voluti e **MODULATI**	FILOBUS









cos'è la marcia autonoma

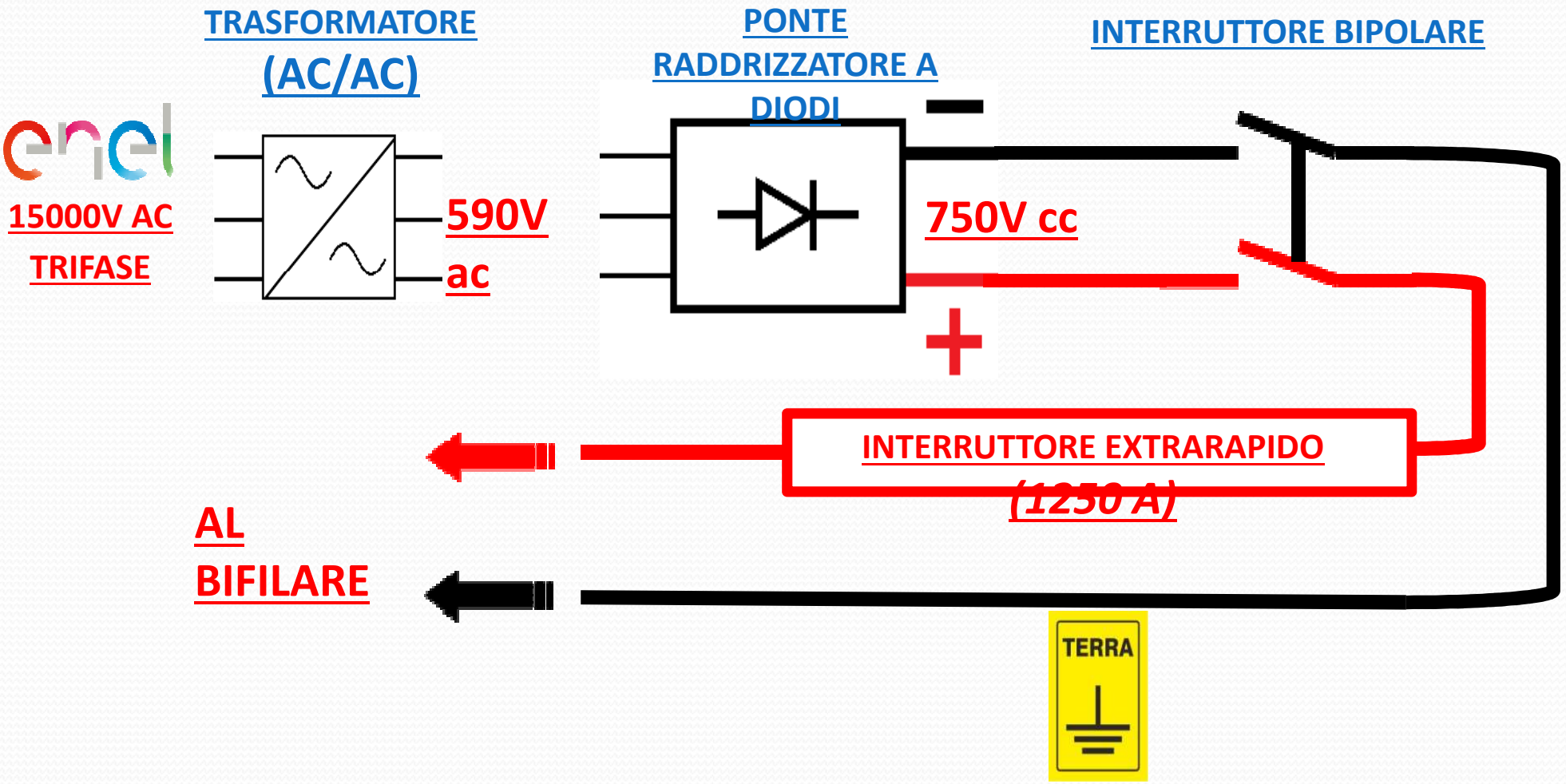
com'è costituita una sottostazione di conversione

cos'è l'interruttore extrarapido

quali sono i tipi di linea aerea

a cosa servono i conduttori equipotenziali o paralleli

COME È FATTA LA SOTTOSTAZIONE?



Quanta CORRENTE (I) circola (al massimo) sul bifilare?

Circolano 1300 Ampére che è il valore di taratura dell'INTERRUTTORE EXTRARAPIDO

Da cosa è determinato questo valore?

Dal numero di filobus che possono circolare contemporaneamente in una tratta della rete

E chi l'ha deciso?

L'ha deciso l'Azienda T.U.A. con il direttore di Esercizio, sapendo che ogni filobus, nelle condizioni più gravose, può assorbire dalla rete al massimo 400 Ampére

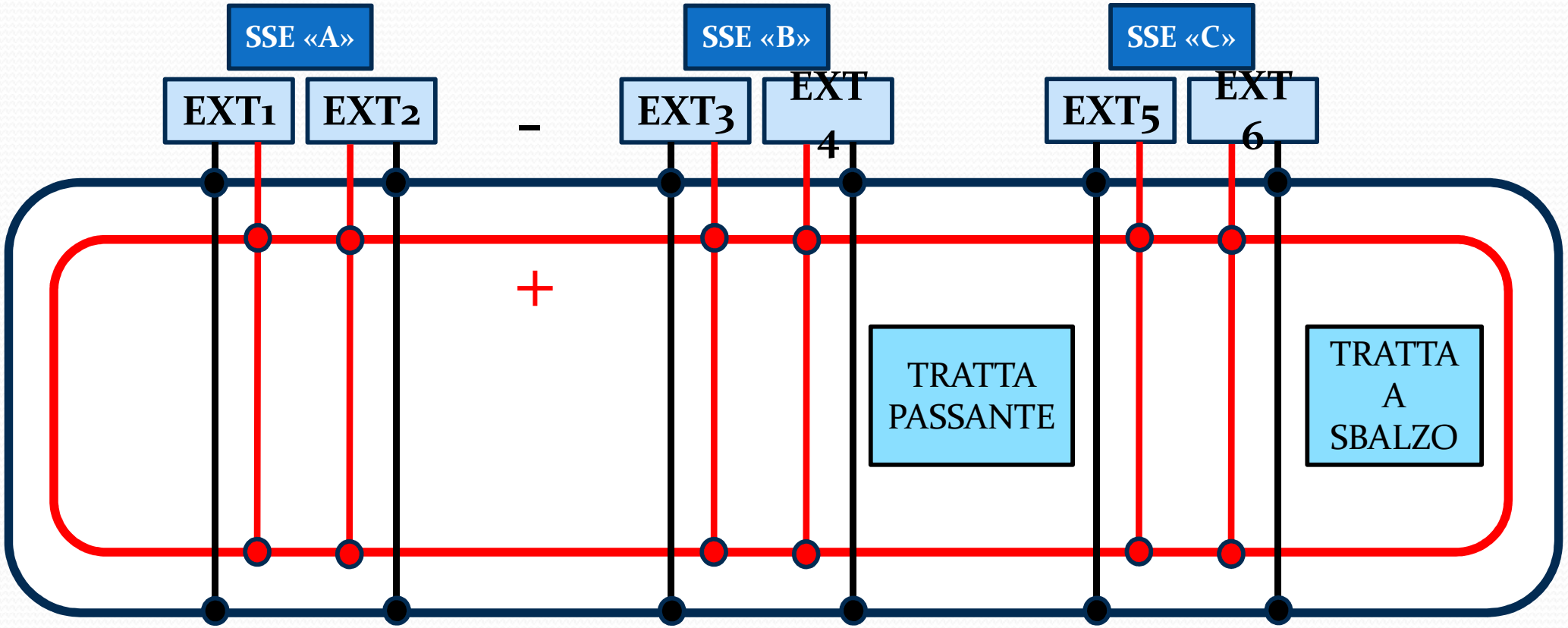
A cosa serve l'interruttore bipolare?

Consente, quando è aperto, di fare manutenzione alla sottostazione in sicurezza

Qual'è il vantaggio di avere il NEGATIVO a terra in sottostazione?

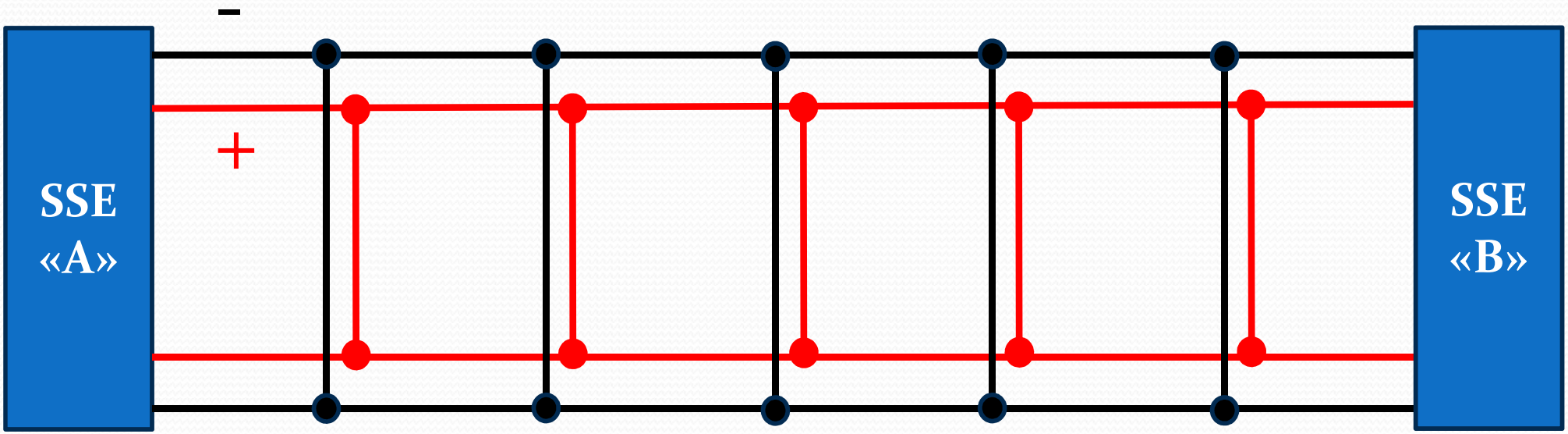
Perché il filoviere, movimentando le aste manualmente, è anch'esso a terra, quindi con POTENZIALE = 0, perciò è in condizioni di SICUREZZA, inoltre posso utilizzare sul filobus il Rilevatore di dispersione

PERCHÈ ABBIAMO SOTTOSTAZIONI OGNI 3-4 KM?



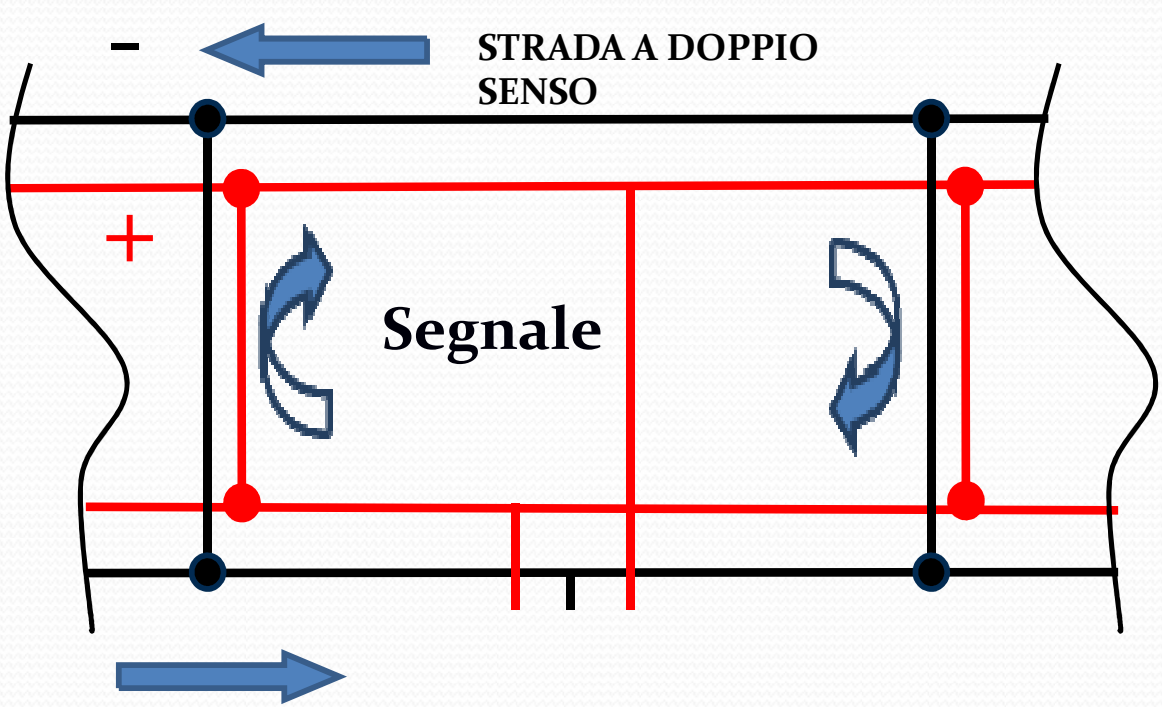
- Per avere TENSIONE di rete (750V) più stabile possibile per tutta la linea
- Per gestire il servizio in caso di necessità, ovvero disalimentare solo parte della linea

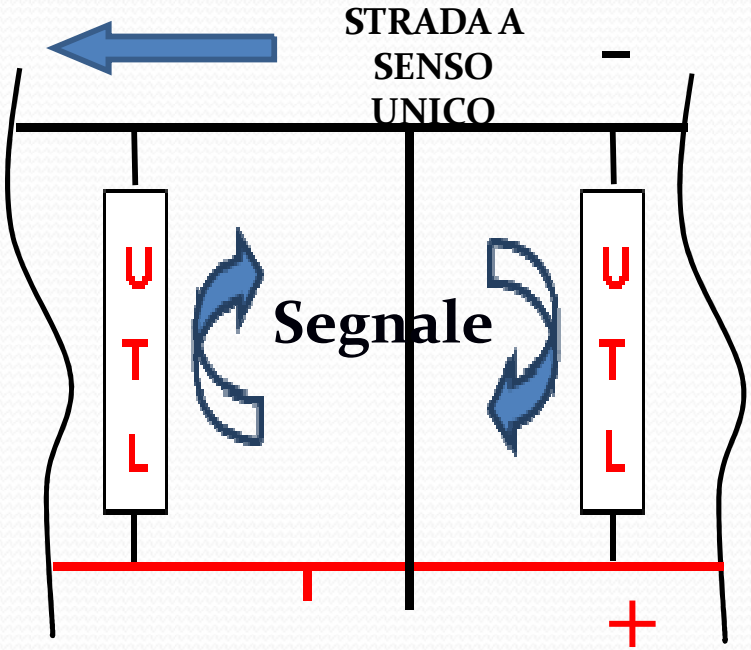
COSA SONO E PERCHÈ ABBIAMO GLI EQUIPOTENZIALI?



- Sono collegamenti elettrici tra fili NEGATIVI e fili POSITIVI del bifilare, in una tratta a doppio senso di marcia, posti circa ogni 300 metri tra loro
- Consentono di avere una tratta molto più stabile a livello di POTENZIALE (TENSIONE), nel caso ci siano più filobus in un senso di marcia rispetto all'altro
- Simulano il raddoppio della SEZIONE del filo di contatto con un conseguente abbassamento del valore di RESISTENZA

COSA È IL PLF E DOVE LO TROVIAMO?



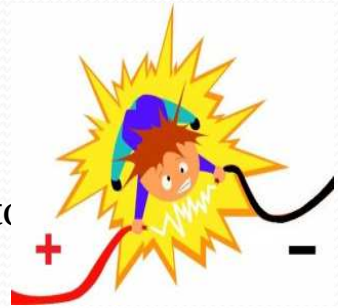


- Il **PLF (Protezione Linea Filoviaria)** è un dispositivo di controllo dell'integrità del bifilare, in particolar modo del filo POSITIVO; il SEGNALE che invia alla MAGLIA deve ritornare al PLF integro e NON distorto
- Lo troviamo nelle strade con il bifilare presente in entrambe le direzioni e nelle strade a senso unico (UTL Unità Terminazione Linea crea la maglia sostituendosi all'equipotenziale)
- In caso di danni alla rete il PLF interviene; viene rilevato dall'Interruttore Extrarapido in Sottostazione che, aprendosi, toglie alimentazione alla rete

PERCHÈ SI APRE L'INTERRUTTORE EXTRARAPIDO IN SOTTOSTAZIONE?



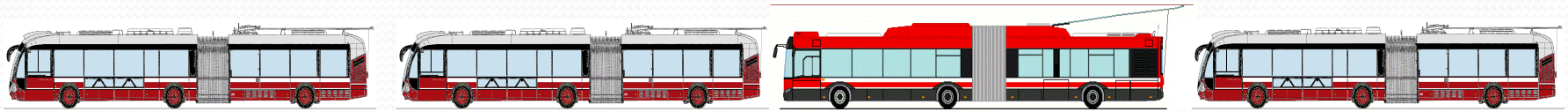
- C.O.F. Centrale Operativa Filoviaria



- Corto Circuito, cioè quando inavvertitamente vengono messi a contatto filo POSITIVO e NEGATIVO



- Arco Voltaico (acceleriamo sotto ad un ISOLATORE)



- Eccessivo assorbimento di CORRENTE, ovvero quando troppi filobus accelerano contemporaneamente nella stessa tratta



- Intervento del PLF

Relé di MASSIMA CORRENTE (I)

Ha essenzialmente la stessa funzione del fusibile AT (principalmente protegge il motore). Controlla che non ci sia un eccessivo assorbimento di CORRENTE; per la legge di Joule infatti (**P = R x I²**), un picco di corrente implica pericolosamente un aumento di P al quadrato.

Come funziona?

Aprendo l'INTERRUTTORE di LINEA; è un'apertura temporanea e dopo pochi istanti, l'elettronica che gestisce la trazione, riarma il Relé.

Relé di MINIMA TENSIONE (V)

Inibisce la trazione quando la tensione di linea scende al di sotto di una soglia di circa 400 Volt. Se V scende eccessivamente (**P = V x I**) per erogare la medesima potenza il motore assorbirà tanta più corrente quanta più è bassa la tensione facendo crescere, pericolosamente, la I.

Previene quindi l'intervento del relè di massima corrente.

Come funziona?

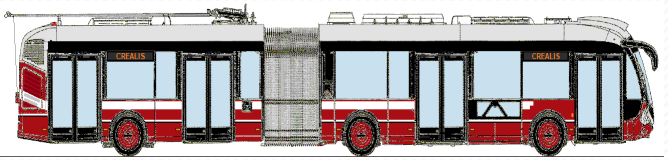
Aprendo l'INTERRUTTORE di LINEA; quando la tensione risale ad un livello superiore la trazione torna a funzionare. Nel caso il Relé non si riarmi, spegnere il filobus ed effettuare il riavvio.

qual è il sistema di frenatura nei filobus a inverter

COME FRENA IL FILOBUS?

FRENATURA PNEUMATICA → Identica alla frenatura degli autobus; si attiva sotto ai 5 Km/h





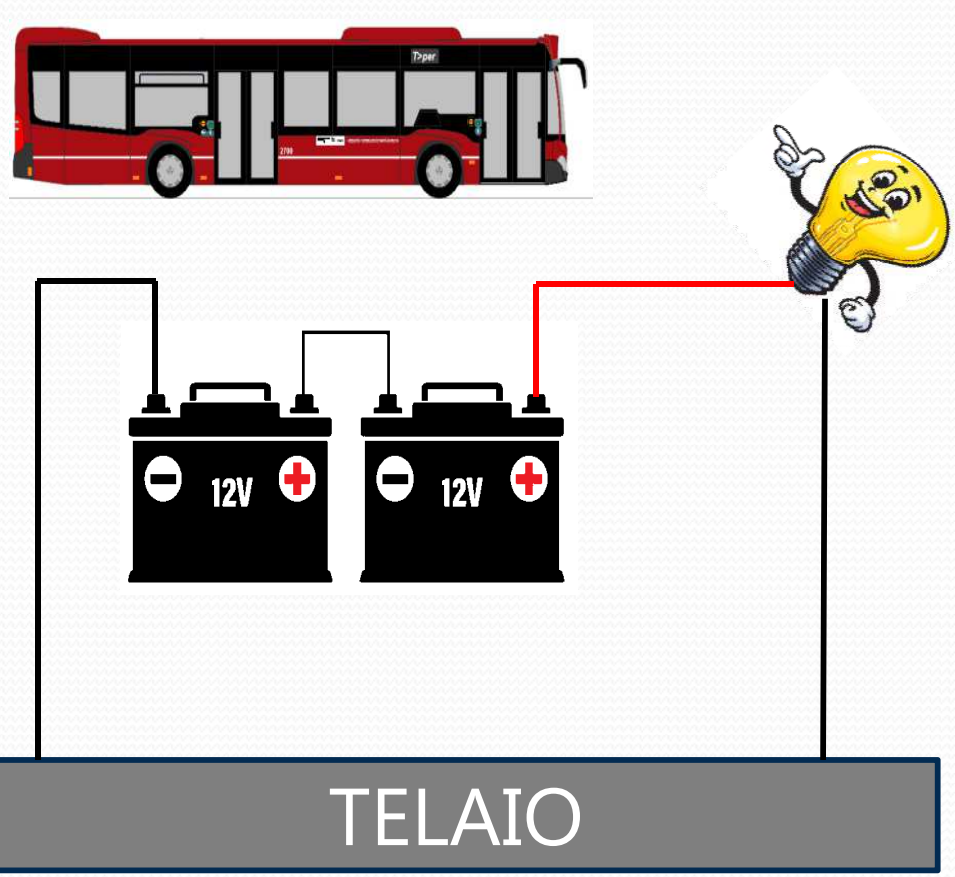
FRENATURA ELETTRICA →

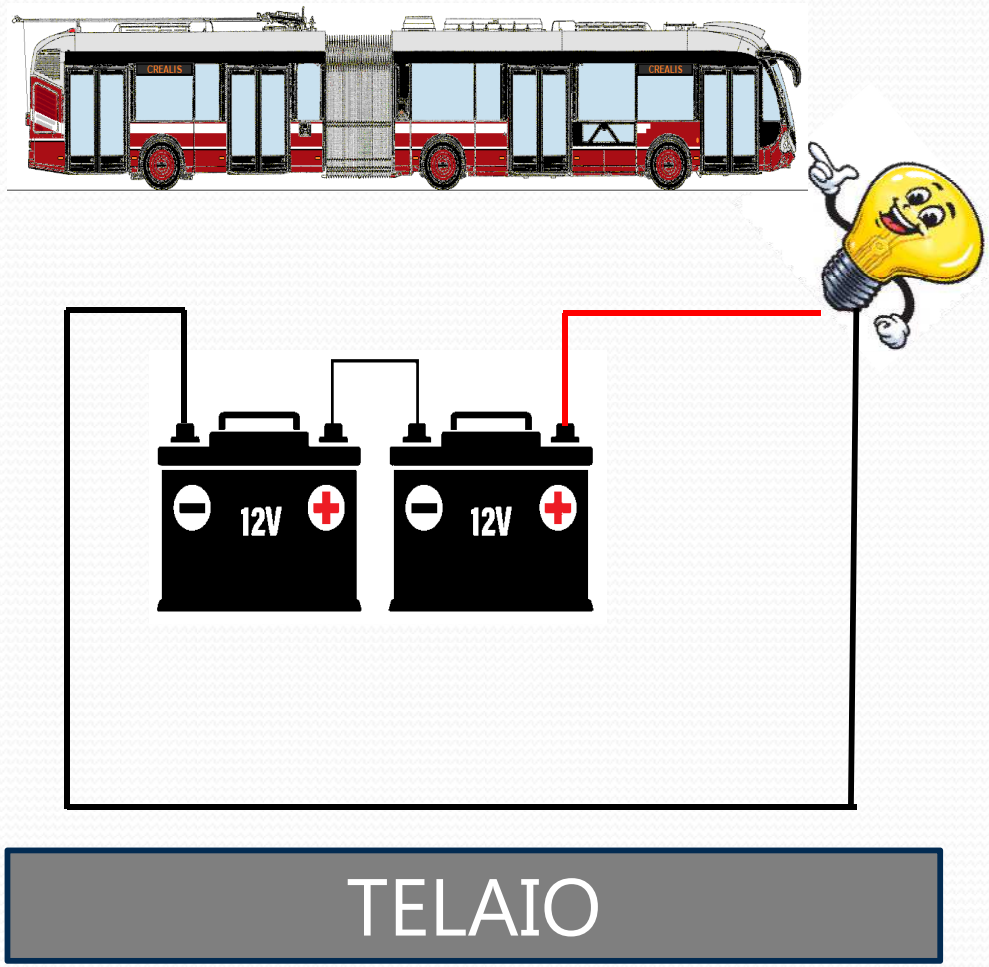
- FRENATURA ELETTROMAGNETICA — Non più presente sui moderni filobus; funzionava come il retarder, quindi RALLENTANDO l'albero di trasmissione
- IL MOTORE DA UTILIZZATORE DIVENTA GENERATORE DI CORRENTE ALTERNATA TRIFASE; IL MODULO DI FRENATURA NELL'INVERTER DECIDE DOVE INVIARE LA CORRENTE
  - FRENATURA A RECUPERO — La corrente alternata torna alla rete (se ricettiva); non può tornare in sottostazione perché non ci sono accumulatori
  - FRENATURA REOSTATICA — La corrente alternata viene dissipata sotto forma di calore attraverso il reostato (resistenze) posto sul tetto

quali impianti elettrici ci sono sul filobus

l'impianto 24Vcc del filobus in cosa è diverso da quello dell'autobus

DIFFERENZA IMPIANTO A BASSA TENSIONE TRA AUTOBUS e FILOBUS





a cosa serve l'avvolgicavo o ritira-trolley
com'è il ritiratrolley nei filobus a inverter
cosa bisogna fare prima di eseguire manovre con le aste
qual è la sequenza di stacco e riattacco aste
di quanto si può spostare il filobus dal bifilare
cos'è un separatore
come si deve passare sotto ad un separatore e perché
quale segnaletica è presente in linea
come funziona uno scambio elettrico
qual è la funzione del pulsante "no scambio"
qual è la funzione del pedalino sui vari filobus
quali sono i punti della linea dove bisogna moderare la velocità
sulla linea qual è il conduttore positivo e quale il negativo
spostando le aste da un bifilare all'altro il motore cambia senso di rotazione

cos'è il circuito bloccaporte
al ritorno della tensione di linea dopo una mancanza durante il servizio come ci si comporta
il voltmetro sul cruscotto cosa indica
come bisogna comportarsi se interviene il rivelatore di dispersione
alla presa in consegna del veicolo che operazione bisogna fare sul rivelatore di dispersione
in caso di scarrucolamento come bisogna comportarsi
dovendo fare retromarcia come bisogna comportarsi
a cosa serve e com'è composto il motogeneratore
cos'è la marcia autonoma

IL BUON FILOVIERE

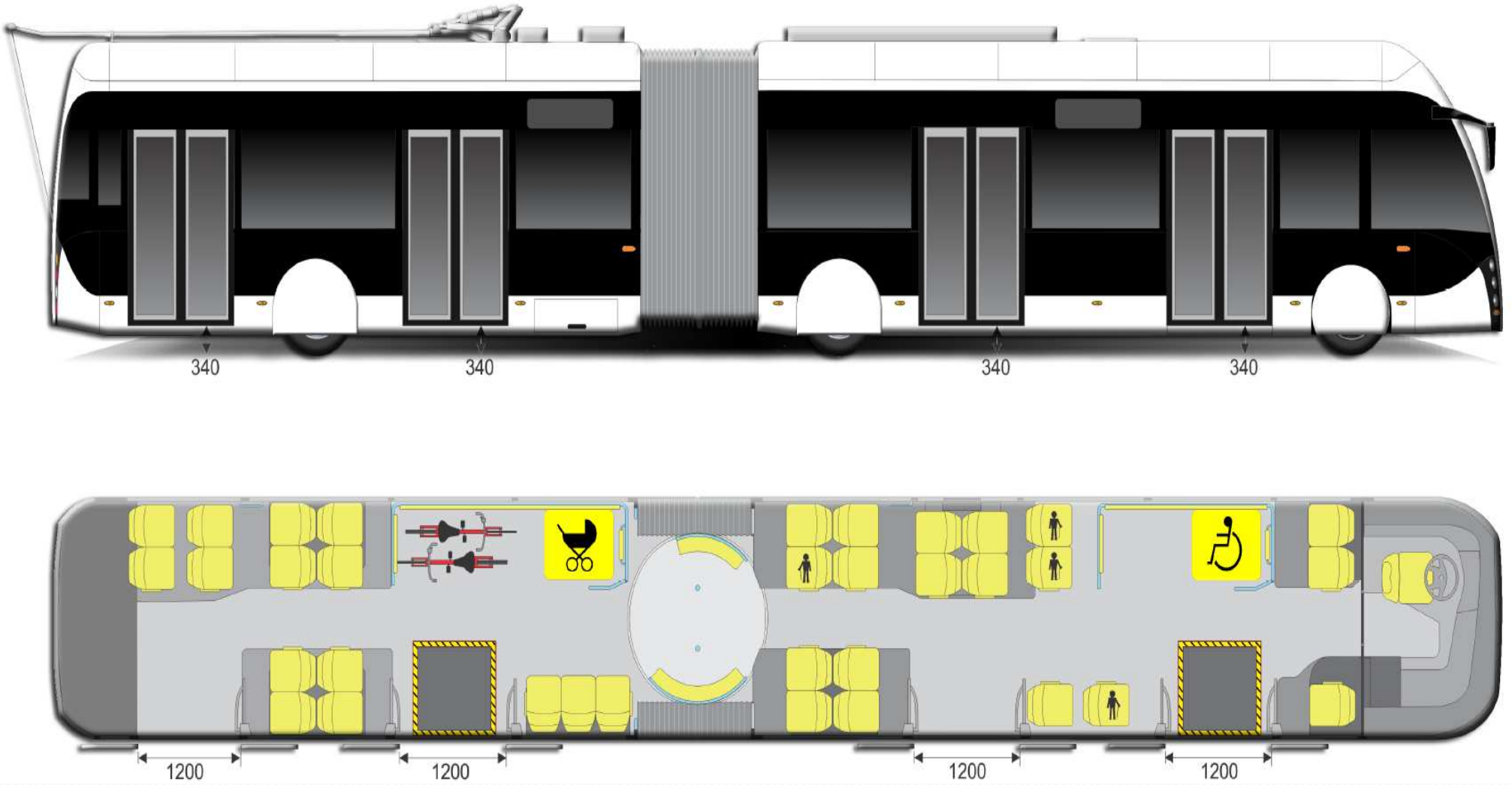
Diventare FILOVIERE significa raggiungere la massima professionalità per un conducente, pertanto il nostro modo di approcciarci alla guida deve cambiare per garantire la SICUREZZA DI TUTTI!!!

Pertanto **IL BUON FILOVIERE:**

- Non perde mai di vista la rete filoviaria con i suoi numerosi dispositivi (lanterne semaforiche, scambi, incroci, sezionatori, ecc...);
- Negli inserimenti in linea, non appena si raggiunge il percorso della linea, collega immediatamente le aste al bifilare;
- Nel rientro in deposito, fino all'ultimo tratto di linea disponibile procede in elettrico, e solo quando il percorso di rientro si scosta dal tracciato del bifilare passa alla marcia autonoma;
- In caso di tratta disalimentata ricollega le aste alla linea aerea immediatamente dopo il sezionatore che segnala la fine della tratta disalimentata (o sotto ai recuperatori oppure manualmente);

- Evita l'accodamento (accelerare contemporaneamente ad altri filo
- Non SORPASSA MAI con aste in presa
- Non fa RETROMARCIA con aste in pre
- Non si discosta eccessivamente dalla rete (Max 4 Mt)
- Modera la velocità per evitare di SCARRUCOLARE in corrispondenza di scambi, incroci, curve, ponti e strade deformate
- In caso di SCARRUCOLAMENTO si accerta che non ci siano danni alla rete o al filobus e contatta SEMPRE la CENTRALE OPERATIVA

SI ATTIENE SEMPRE SCRUPOLOSAMENTE AL REGOLAMENTO DI ESERCIZIO



Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026





Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

IL RIVELATORE DI DISPERSIONE

In caso di guasto all'isolamento elettrico del filoveicolo, durante il funzionamento può verificarsi una **differenza di tensione non ammissibile fra la carrozzeria del veicolo ed il suolo.** Ciò può essere pericoloso se si viene a contatto contemporaneamente tra il veicolo ed il suolo.

Per tale ragione il mezzo filoviario è dotato di un sistema preposto a segnalare quando la tensione di contatto è troppo elevata.

IL RIVELATORE DI DISPERSIONE

Il dispositivo rilevatore di dispersione installato è di fabbricazione KIEPE tipo "CPM 202". Tale apparecchiatura combina al suo interno le funzionalità di sorveglianza sui fenomeni di dispersione e di perdita di isolamento delle masse intermedie.

L'apparecchio si compone di parti dislocate in differenti zone del veicolo, in particolare esiste una parte dislocata in corrispondenza del posto guida ed una parte situata in un vano chiuso e protetto nella zona laterale interna della cassa del veicolo. La parte anteriore è costituita da un Pannello ripetitore riportante un avvisatore acustico e tre spie luminose (raffiguranti il simbolo di un "fulmine") rappresentative della condizione di funzionamento, e più precisamente: **verde**: funzionamento regolare, **gialla**: anomalia di 1° livello-procedere con cautela e riferire all'officina, e **rossa**: anomalia grave-veicolo non funzionante. La parte situata nel vano chiuso e protetto è costituita dal dispositivo principale (Rivelatore), che comprende le boccole di test, ovvero i punti di misurazione dell'alta tensione, della massa del telaio del veicolo e di tutte le masse intermedie, in modo da poter eseguire i test per rilevare la resistenza di isolamento in maniera manuale con l'ausilio di apposito dispositivo induttore a 1000 V esterno.



Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026

IL RIVELATORE DI DISPERSIONE

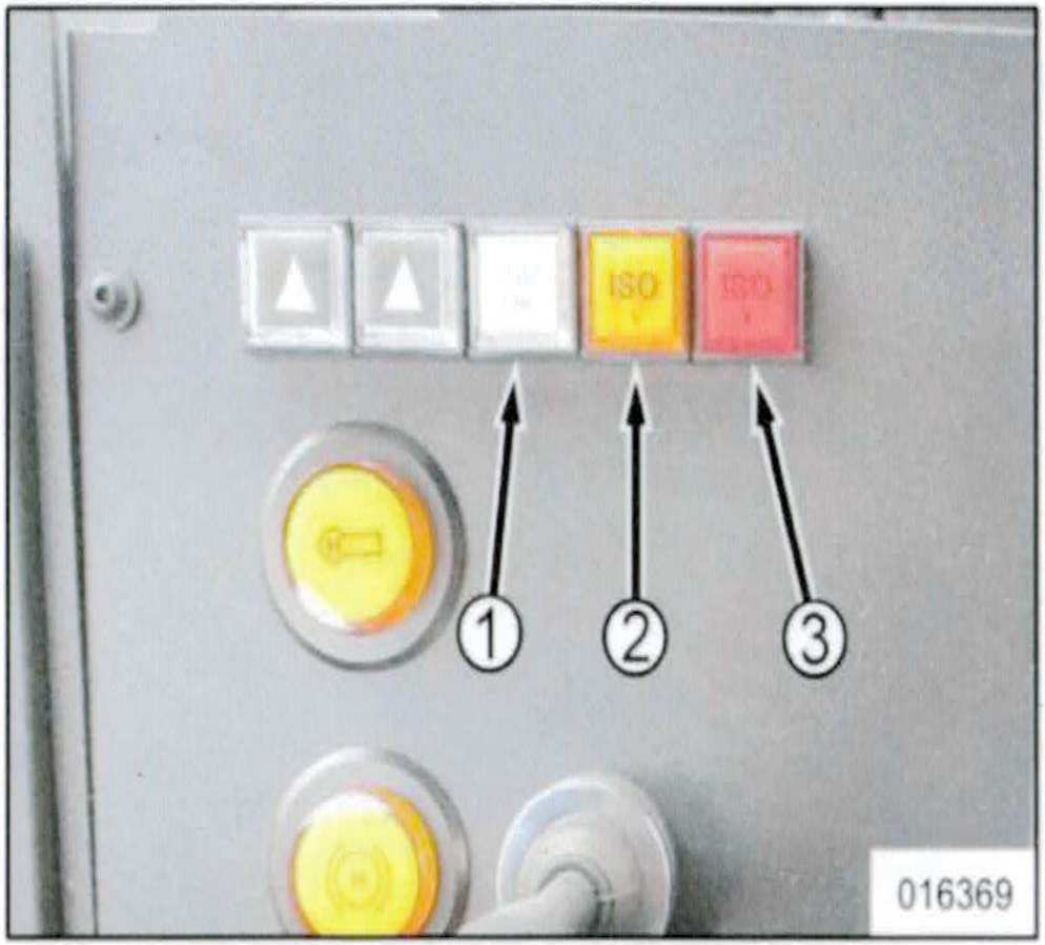
In caso di dispersione verso una massa intermedia, il CPM interviene segnalando l'anomalia "di 1° livello" mediante accensione della luce gialla del pannello ripetitore e messaggio sul display del cruscotto (non interviene l'avvisatore acustico).

In caso di dispersione verso telaio, il CPM interviene segnalando l'anomalia "grave" mediante accensione della luce rossa del pannello ripetitore, attivazione dell'avvisatore acustico e messaggio sul display del cruscotto; inoltre a veicolo fermo si ha l'apertura dell'interruttore di linea e l'abbassamento delle aste.

Durante il funzionamento del veicolo in linea l'apparecchiatura CPM sorveglia costantemente gli stati di isolamento di tutte le apparecchiature alimentate a tensione di classe III così come previsto dalla Norma CEI EN 50502 ediz. 2018-04.

IL RIVELATORE DI DISPERSIONE

*1. Spia **Bianca**: isolamento regolare;*
*2. Spia **Arancione**: preallarme rilevatore di isolamento;*
*3. Spia **Rossa**: allarme rilevatore di isolamento*



IL RIVELATORE DI DISPERSIONE

Provvedimenti in caso di accensione delle spie

Accensione Spia	*Provvedimenti:*
Bianca	**Si può semplicemente continuare la marcia**
Arancione	**Si può continuare la marcia.** Comunicare il guasto alla organizzazione di Manutenzione alla fine della corsa
Rossa	Le aste di captazione si abbassano automaticamente. Fare scendere i passeggeri in condizioni di sicurezza attraverso le cautele del caso. **Non proseguire ed avvertire il servizio tecnico manutentivo.**

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing. Giuseppe Esposito 16 – 23 febbraio 2026