



Calcolo Sezioni Cavi

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 1 di 28

CONTROLLO EDIZIONE

| EDIZIONE | MOTIVO | DATA |
|----------|----------------|------------|
| - | Edizione | 18-02-2016 |
| A | Cambio formato | 20-06-2016 |

Eseguito da:

Nome: I.SARRIEGI

Firma:

Data: 20-06-2016

Verificato da:

Nome: A.SUKIA

Firma:

Data: 20-06-2016

Approvato da:

Nome: A. BALDA

Firma:

Data: 20-06-2016



Calcolo Sezioni Cavi

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 2 di 28

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. NORME DI RIFERIMENTO..... | 3 |
| 2. OGGETTO | 3 |
| 3. CRITERI PER IL DIMENSIONAMENTO DEI CAVI | 3 |
| 3.1. IL RISCALDAMENTO DEI CONDUTTORI | 3 |
| 3.1.1. Fattori di correzione..... | 4 |
| 3.2. LA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO..... | 7 |
| 3.3. LA CADUTA DI TENSIONE AMMISSIBILE | 9 |
| 4. CALCOLO | 10 |
| 4.1. CAVI DI ALTA TENSIONE | 10 |
| 4.2. CAVI DI MEDIA TENSIONE | 13 |
| 4.3. CAVI DI BASSA TENSIONE..... | 15 |
| ALLEGATO I: DIAGRAMMI ELETTRICI AT | 17 |
| ALLEGATO II: DIAGRAMMI ELETTRICI MT | 24 |
| ALLEGATO III: DIAGRAMMA ELETTRICO BT | 27 |

1. NORME DI RIFERIMENTO

| Norma | Title |
|------------|--|
| EN 50343 | Applicazioni ferroviarie – Materiale rotabile- Regole per l'installazione del cablaggio. |
| EN 50355 | Applicazioni ferroviarie – Cavi per rotabili ferroviari aventi speciali caratteristiche di comportamento al fuoco- Guida all'uso. |
| EN 50264-2 | Cavi per rotabili ferroviari con speciali caratteristiche di comportamento al fuoco. Parte 2 con isolamento elastomerico reticolato. |
| EN 50306 | Cavi per rotabili ferroviari con speciali caratteristiche di comportamento al fuoco. Spessore isolante sottile. |
| EN 50382 | Cavi per rotabili ferroviari di alta temperatura con speciali caratteristiche di comportamento al fuoco. |

2. OGGETTO

Lo scopo del presente documento è quello di descrivere il calcolo delle sezioni dei cavi della locomotiva. Si vuole così specificare come si soddisfano i requisiti richiesti dalle diverse norme sul calcolo di sezioni.

3. CRITERI PER IL DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

I criteri principali per dimensionare i cavi sono i seguenti:

- Il riscaldamento dei conduttori.
- La corrente di cortocircuito.
- La caduta di tensione ammissibile.

Ognuno di questi tre fattori porta ad una sezione minima per ogni cavo. La sezione finale selezionata dovrà essere la più grande delle tre.

3.1. IL RISCALDAMENTO DEI CONDUTTORI

Il riscaldamento dei cavi è uno dei criteri più importanti ai fini del loro dimensionamento. La corrente che circola nel conduttore lo riscalda pertanto bisogna garantire che non si surriscaldi troppo e che possa svolgere la sua funzione in modo sicuro.

Il cavo deve essere in grado di sopportare la corrente nominale durante un periodo di tempo prolungato, senza degradarsi in modo alcuno.

La norma EN50343 fornisce una tabella (B.1) con la corrente ammissibile per un unico cavo all'aria aperta, con una temperatura ambiente di 45°C e temperatura massima del conduttore di 90°C.

Table B.1 – Examples of current ratings for standard wall cables,
with 90 °C maximum conductor operating temperature

| Nominal conductor cross sectional area (Examples: for information only) mm ² | Current carrying capacity (effective value; one cable in air) $T_{ref} = 45\text{ °C}; T_{c(max)} = 90\text{ °C}$ DC or AC 50 Hz I_{cable} (A) |
|--|--|
| 1 | 20 |
| 1,5 | 25 |
| 2,5 | 33 |
| 4 | 46 |
| 6 | 60 |
| 10 | 85 |
| 16 | 110 |
| 25 | 150 |
| 35 | 190 |
| 50 | 240 |
| 70 | 300 |
| 95 | 360 |
| 120 | 425 |
| 150 | 490 |
| 185 | 560 |
| 240 | 675 |
| 300 | 775 |
| 400 | 950 |

Per i cavi descritti nelle norme EN 50264, EN 50306 e EN 50382, la temperatura massima a cui possono condurre in modo continuato senza subire danni può essere di 90°C, 105°, 120°C e 150°C.

3.1.1. Fattori di correzione

Il compito dei fattori di correzione è correggere la capacità del cavo, adattando i valori della tabella 2 alla situazione reale.

3.1.1.1. *Temperatura massima del conduttore*

Fattore da tener presente nel caso in cui la temperatura massima del conduttore sia diversa da 90°C.

Table C.1 – Factor k^* , used when comparing current ratings for 90 °C maximum conductor operating temperature with other temperature classes

| $T_{c(max)}$ °C | Factor k^* (comparing with 90 °C class values) |
|--------------------|--|
| 90 | 1,0 |
| 105 | 1,14 |
| 120 | 1,26 |
| 140 | 1,40 |
| 150 | 1,46 |

Tabella C.1 (EN50343)

3.1.1.2. *Temperatura ambiente*

Fattore da tener presente nel caso in cui la temperatura ambiente sia diversa da 45°C.

Table D.1 – Modification factor k_1

| Cable type | Expected ambient temperature T °C | | | | | | | | | | | |
|--|--|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | 105 | 115 | 125 | 135 | 145 |
| k_1 for $T_{c(max)} = 90$ °C | 1,11 | 1 | 0,88 | 0,75 | 0,58 | 0,33 | - | - | - | - | - | - |
| k_1 for $T_{c(max)} = 105$ °C | 1,08 | 1 | 0,91 | 0,82 | 0,71 | 0,58 | 0,41 | - | - | - | - | - |
| k_1 for $T_{c(max)} = 120$ °C | 1,06 | 1 | 0,93 | 0,86 | 0,77 | 0,68 | 0,58 | 0,45 | 0,26 | - | - | - |
| k_1 for $T_{c(max)} = 140$ °C | 1,05 | 1 | 0,95 | 0,89 | 0,83 | 0,76 | 0,69 | 0,61 | 0,51 | 0,40 | 0,23 | - |
| k_1 for $T_{c(max)} = 150$ °C | 1,05 | 1 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,79 | 0,72 | 0,65 | 0,58 | 0,49 | 0,38 | 0,22 |
| Reference ambient temperature $T_{ref} = 45$ °C. | | | | | | | | | | | | |

Tabella D.1 (EN50343)

Table A.2 — Derating factors for other ambient temperatures

| Temperature °C | Factor K_1 ^a |
|-------------------|---------------------------|
| 30 | 1,15 |
| 35 | 1,11 |
| 40 | 1,05 |
| 45 | 1,00 |
| 50 | 0,94 |
| 55 | 0,88 |
| 60 | 0,81 |
| 65 | 0,75 |
| 70 | 0,66 |
| 75 | 0,58 |
| 80 | 0,47 |
| 85 | 0,33 |

^a These factors are applicable to the ratings given in Table A.1.

Tabella A.2 (EN50355) per cavi di 90°C

3.1.1.3. *Fattore di correzione del tipo di installazione*

Questo fattore ha una doppia funzione. Da una parte tiene presente il numero di conduttori che verranno installati insieme (tabella 2) e dall'altra in che tipo di condotto verranno installati (figura 2).

Table 2 – Modification factor k_2 for installation type (grouping and installation conditions)

| Number of cables being simultaneously loaded | Installation type | | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--|---|
| | Cable in free air | Cables on trays, in one layer | Cables on trays, in two layers | Cables on trays, in several layers | Cables on the floor or on a wall | Cables on a ceiling or under floor | Cables in a closed tube, conduit or tray | Cables in a closed tube or conduit, thermally insulated |
| | Type a) | Type b) | | Type c) | Type d) | Type e) | Type f) | Type g) |
| 1 single cable | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,95 | 0,95 | 0,76 |
| 2 cables together | - | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,85 | 0,81 | 0,80 | 0,61 |
| 3 cables together | - | 0,83 | 0,83 | 0,78 | 0,79 | 0,72 | 0,70 | 0,53 |
| 4 cables together | - | 0,78 | 0,71 | 0,71 | 0,75 | 0,68 | 0,65 | 0,49 |
| 8 cables together | - | 0,74 | 0,59 | 0,52 | 0,75 | 0,62 | 0,52 | 0,40 |
| 12 cables together | - | 0,73 | 0,54 | 0,45 | 0,75 | 0,61 | 0,45 | 0,34 |
| 16 cables together | - | 0,72 | 0,51 | 0,41 | 0,75 | 0,61 | 0,41 | 0,31 |
| 20 cables and more together | - | 0,71 | 0,47 | 0,38 | 0,75 | 0,61 | 0,38 | 0,29 |

Tabella 2 (EN50343)

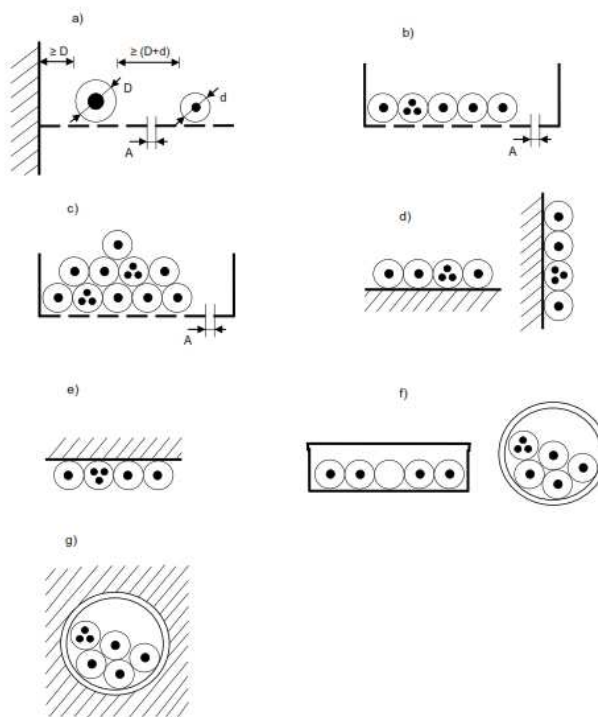


Figure 2 - Cable grouping and installation conditions

Figura 2 (EN50343)

3.2. LA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO

Per calcolare la sezione del cavo minima, si può utilizzare la formula indicata nella norma EN 50355. Con detta formula si ottiene la corrente massima permessa per una determinata sezione, un tempo di cortocircuito dato e una costante che dipende dalla temperatura di inizio e fine del cortocircuito.

$$I = \frac{K \times S}{t^{0.5}}$$

where

- I is the maximum permissible short circuit current (rms.);
- K is the constant (see table B.2);
- S is the nominal cross sectional area of the conductor (mm²);
- t is the duration of short circuit (seconds) with a maximum of 5 s.

Table B.2 — Value of K

| Initial conductor temperature – final conductor temperature after short-circuit | K_2 |
|---|-------|
| 90 °C to 200 °C | 122 |
| 120 °C to 250 °C | 126 |
| 150 °C to 350 °C | 146 |

Secondo la normativa EN50355, per un cavo la cui massima temperatura a cui può lavorare prolungatamente è di 90°C, la cui temperatura massima di cortocircuito è di 200°C (i cavi che corrispondono alla norma EN50264), e che sia raggruppato in un fascio, si dovrebbe utilizzare la seguente tabella per ottenere la corrente di cortocircuito:

**Table B.1 — Recommended short-circuit current ratings for rolling stock cables of 90 °C maximum conductor temperature
EN 50264 and EN 50382**

| Conductor cross-sectional area mm ² | Current A |
|---|--------------|
| 1 | 122 |
| 1,5 | 183 |
| 2,5 | 305 |
| 4 | 488 |
| 6 | 732 |
| 10 | 1 220 |
| 16 | 1 950 |
| 25 | 3 050 |
| 35 | 4 270 |
| 50 | 6 100 |
| 70 | 8 540 |
| 95 | 11 590 |
| 120 | 14 640 |
| 150 | 18 300 |
| 185 | 22 570 |
| 240 | 29 280 |
| 300 | 36 600 |
| 400 | 48 800 |

Tabella B.1 (EN50355)

In questa tabella è stato preso 1 secondo come tempo di cortocircuito.

3.3. LA CADUTA DI TENSIONE AMMISSIBILE

La caduta di tensione rappresenta la tensione che si sta perdendo al far circolare una corrente attraverso il cavo, per via della resistenza interna dello stesso. Bisogna quindi ridurre al minimo tale caduta di tensione fino ad un valore ammissibile.

La formula da applicare in corrente continua è la legge di Ohm:

$$\Delta V = I \times R$$

dove $R = \rho \times L / S$

4. CALCOLO

La giustificazione delle sezioni si realizza suddividendo i cavi in tre gruppi. Cavi di alta, media e bassa tensione.

Il calcolo è stato fatto sui cavi di distribuzione dell'alimentazione. I cavi di comando y controllo sono fuori di questo calcolo, come indicato al paragrafo 4.2.2 della norma EN50343.

4.1. CAVI DI ALTA TENSIONE

Il circuito di alta tensione lavora con le seguenti tensioni nominali: 600, 1500 e 3000 Vcc. I cavi utilizzati in questi circuiti sono quelli secondo la norma EN 50382-2 con isolamento a 3,6/6 kV.

Questi cavi sono calcolati per sopportare un funzionamento continuo a una temperatura di massimo 150°C. Si considera una temperatura ambiente di 45°C.

Le correnti RMS considerate sono queste:

Pantografo: 2200A

Ogni rete: 1000A

Ogni modulo DC/DC: 500A

Ogni resistenza freno: 200A

Ingresso gruppo statico: 200A

Link 600Vdc tra gruppi statici: 1000A

REC(3000Vdc): 200A

REC(600Vdc): 666A

Nella tabella si vede che la ampacity reale dopo avere applicato i fattori di correzione è in tutti i casi superiore al valore di corrente RMS.

Nei casi di cortocircuito, la protezione di alcuni cavi risiede nel dispositivo di protezione della sottostazione della linea e in altri nell'interruttore extrarapido (IR).

Dato che non ci sono dati chiari di questi dispositivi già esistenti, si prende come sezione minima la sezione minima della locomotiva attuale, in questi casi 35mm².

Considerando la lunghezza della locomotiva e le sezioni e le correnti calcolate, si ottiene una caduta di tensione minima, che può essere trascurabile.

il caso peggiore di caduta di tensione si da nella alimentazione principale: 2200A per i cavi in parallelo 01111.02 e 01111.03, di 300mm² ognuno e di lunghezza 12 metri:

$$2200 \cdot 0,02 \cdot 12 / 2 \cdot 300 = 0.88V \text{ (0,03\% di 3000Vdc).}$$

In tutti i casi sono anche state rispettate come minimo le sezioni dei circuiti equivalenti nella locomotiva esistente. Nelle due ultime colonne della tabella si confronta la sezione nuova con quella esistente.



Calcolo Sezioni Cavi

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 11 di 28

| ID. CAVO | | | CONDIZIONI TERMICHE | | | | | | | | COMPARAZIONE SEZIONI | |
|----------------|---------------------|----------------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------|--|--------------------------|--|--|----------------------|----------------------|-----------------|
| Numero di cavo | Da | A | Valore corrente RMS (Amps) | Sezione (mm2) | (Tabella B1) Nominal ampacity (Amps) | (Tabella C1) Temper. isolamento cavo der. factor | INSTALLAZIONE (Figura 2) | (Tabella 2) Instalazione derating factor | (Tabella D1) Temper. ambiente derrating factor | Real ampacity (Amps) | Nuova Sezione | Sezione attuale |
| 01161.01 | Pantografo 1 | Scaricatore 1 | 0 | 50 | 240 | 1,46 | a | 1 | 1,00 | 350,4 | 50 | 50 |
| 01171.01 | Scaricatore 1 | Terra Imperiale | 0 | 50 | 240 | 1,46 | a | 1 | 1,00 | 350,4 | 50 | 50 |
| 01161.02 | Pantografo 1 | Comb. Messa Terra | 0 | 50 | 240 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 133,152 | 50 | 50 |
| 0111.04 | Pantografo 2 | Scaricatore 2 | 0 | 50 | 240 | 1,46 | a | 1 | 1,00 | 350,4 | 50 | 50 |
| 01112.01 | Scaricatore 2 | Terra Imperiale | 0 | 50 | 240 | 1,46 | a | 1 | 1,00 | 350,4 | 50 | 50 |
| 0111.02 | Pantografo 2 | Sezion. Pantografo 2 | 2200 | 2x300 | 1550 | 1,46 | a | 1 | 1,00 | 2263 | 2x300 | 2x300 |
| 0111.03 | | Comb. Messa Terra | 0 | 50 | 240 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 133,152 | 50 | 50 |
| 01142.01 | IR | Comb. Messa Terra | 0 | 35 | 190 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 105,412 | 35 | 35 |
| 01143.01 | IR | Rilevatori corrente | 1200 | 4x240 | 2700 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 1497,96 | 4x240 | (2x240)+120 |
| 01143.02 | | | | | | | | | | | | |
| 01143.03 | | | | | | | | | | | | |
| 01143.04 | | | | | | | | | | | | |
| 01143.06 | Rilevatori corrente | Selettore REC | 200 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 374,49 | 240 | 120 |
| 01143.05 | Rilevatori corrente | Comb. Messa Terra | 0 | 35 | 190 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 105,412 | 35 | 35 |
| 01145.01 | Sezion. Rete 1 | Induttanza 1 | 1000 | 3x240 | 2025 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 1123,47 | 3x240 | 2x240 |
| 01145.02 | | | | | | | | | | | | |
| 01145.03 | | | | | | | | | | | | |
| 01152.01 | Sezion. Rete 2 | Induttanza 2 | 1000 | 3x240 | 2025 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 1123,47 | 3x240 | 2x240 |
| 01152.02 | | | | | | | | | | | | |
| 01152.03 | | | | | | | | | | | | |
| 01239.01 | Induttanza 1 | Armadio Inv 1 | 1000 | 3x240 | 2025 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 1123,47 | 3x240 | 2x240 |
| 01239.02 | | | | | | | | | | | | |
| 01239.03 | | | | | | | | | | | | |
| 01223.01 | Induttanza 1.2A.1 | Armadio Inv 1 | 500 | 2x185 | 1120 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 621,376 | 2x185 | 1x240 |
| 01223.02 | | | | | | | | | | | | |
| 01234.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01234.02 | Induttanza 1.2A.2 | Armadio Inv 1 | 500 | 2x185 | 1120 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 621,376 | 2x185 | 1x240 |
| 01235.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01235.02 | | | | | | | | | | | | |
| 01237.01 | Induttanza 1.2B.1 | Armadio Inv 1 | 500 | 2x185 | 1120 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 621,376 | 2x185 | 1x240 |
| 01237.02 | | | | | | | | | | | | |
| 01252.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01252.02 | Induttanza 2 | Armadio Inv 2 | 1000 | 3x240 | 2025 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 1123,47 | 3x240 | 2x240 |
| 01252.03 | | | | | | | | | | | | |
| 01254.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01254.02 | Induttanza 2.2A.1 | Armadio Inv 2 | 500 | 2x185 | 1120 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 621,376 | 2x185 | 1x240 |
| 01257.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01257.02 | | | | | | | | | | | | |
| 01259.01 | Induttanza 2.2A.2 | Armadio Inv 2 | 500 | 2x185 | 1120 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 621,376 | 2x185 | 1x240 |
| 01259.02 | | | | | | | | | | | | |
| 01261.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01261.02 | Induttanza 2.2B.1 | Armadio Inv 2 | 500 | 2x185 | 1120 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 621,376 | 2x185 | 1x240 |
| 01224.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01224.02 | | | | | | | | | | | | |
| 01225.01 | Armadio Inv 1 | Comb. Messa Terra | 0 | 35 | 190 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 105,412 | 35 | 35 |
| 01226.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01227.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01227.02 | Armadio Inv 1 | Comb. Messa Terra | 0 | 35 | 190 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 105,412 | 35 | 35 |
| 01266.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01267.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01268.01 | Armadio Inv 2 | Comb. Messa Terra | 0 | 35 | 190 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 105,412 | 35 | 35 |
| 01269.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01269.02 | | | | | | | | | | | | |
| 01221.01 | Armadio Inv 1 | Resistenza freno 1 | 200 | 95 | 360 | 1,46 | f | 0,65 | 1,00 | 341,64 | 95 | 95 |
| 01222.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01232.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01233.01 | Armadio Inv 1 | Resistenza freno 2 | 200 | 95 | 360 | 1,46 | f | 0,65 | 1,00 | 341,64 | 95 | 95 |
| 01262.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01263.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01264.01 | Armadio Inv 2 | Resistenza freno 1 | 200 | 95 | 360 | 1,46 | f | 0,65 | 1,00 | 341,64 | 95 | 95 |
| 01265.01 | | | | | | | | | | | | |
| 01265.02 | | | | | | | | | | | | |



Calcolo Sezioni Cavi

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 12 di 28

| ID. CAVO | | | CONDIZIONI TERMICHE | | | | | | | | COMPARAZIONE SEZIONI | |
|----------------------------------|---------------------|--------------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------|--|--------------------------|--|---|----------------------|----------------------|-----------------|
| Numero di cavo | Da | A | Valore corrente RMS (Amps) | Sezione (mm2) | (Tabella B1) Nominal ampacity (Amps) | (Tabella C1) Temper. isolamento cavo der. factor | INSTALLAZIONE (Figura 2) | (Tabella 2) Instalazione derating factor | (Tabella D1) Temper. ambiente derating factor | Real ampacity (Amps) | Nuova Sezione | Sezione attuale |
| 01236.01 | Armadio Inv 1 | Gruppo Statico 1 | 100 | 50 | 240 | 1,26 | f | 0,65 | 1,00 | 196,56 | 50 | NA |
| 01238.01 | Armadio Inv 1 | Gruppo Statico 1 | 100 | 50 | 240 | 1,26 | f | 0,65 | 1,00 | 196,56 | 50 | NA |
| 01240.01 | Armadio Inv 1 | Gruppo Statico 1 | 100 | 50 | 240 | 1,26 | f | 0,65 | 1,00 | 196,56 | 50 | NA |
| 01241.01 | Armadio Inv 1 | Gruppo Statico 1 | 100 | 50 | 240 | 1,26 | f | 0,65 | 1,00 | 196,56 | 50 | NA |
| 01253.01 | Armadio Inv 2 | Gruppo Statico 2 | 100 | 50 | 240 | 1,26 | f | 0,65 | 1,00 | 196,56 | 50 | NA |
| 01255.01 | Armadio Inv 2 | Gruppo Statico 2 | 100 | 50 | 240 | 1,26 | f | 0,65 | 1,00 | 196,56 | 50 | NA |
| 01256.01 | Armadio Inv 2 | Gruppo Statico 2 | 100 | 50 | 240 | 1,26 | f | 0,65 | 1,00 | 196,56 | 50 | NA |
| 01258.01 | Armadio Inv 2 | Gruppo Statico 2 | 100 | 50 | 240 | 1,26 | f | 0,65 | 1,00 | 196,56 | 50 | NA |
| 01242.01 01242.02 01242.03 | Gruppo Statico 1 | Gruppo Statico 2 | 1000 | 3x240 | 2025 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 1123,47 | 3x240 | NA |
| 01243.01 01243.02 01243.03 | Gruppo Statico 1 | Morsettiere | 1000 | 3x240 | 2025 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 1123,47 | 3x240 | NA |
| 01243.04 01243.05 01243.06 | Morsettiere | Contattore 08K01 | 1000 | 3x240 | 2025 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 1123,47 | 3x240 | NA |
| 01243.07 | Morsettiere | Comb. Messa Terra | 0 | 35 | 190 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 105,412 | 35 | 35 |
| 01244.01 | Gruppo Statico 1 | Comb. Messa Terra | 0 | 35 | 190 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 105,412 | 35 | 35 |
| 01245.01 01245.02 01245.03 | Gruppo Statico 2 | Morsettiere | 1000 | 3x240 | 2025 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 1123,47 | 3x240 | NA |
| 01245.04 01245.05 01245.06 | Morsettiere | Contattore 08K02 | 1000 | 3x240 | 2025 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 1123,47 | 3x240 | NA |
| 01245.07 | Morsettiere | Comb. Messa Terra | 0 | 35 | 190 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 105,412 | 35 | 35 |
| 01260.01 | Gruppo Statico 2 | Comb. Messa Terra | 0 | 35 | 190 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 105,412 | 35 | 35 |
| 01341.01 | Rilevatori corrente | Contattore REC | 666 | 240 | 675 | 1,46 | a | 1 | 1,00 | 985,5 | 240 | 120 |
| 01342.01 | Contattore REC | Comb. Messa Terra | 666 | 240 | 675 | 1,46 | a | 1 | 1,00 | 985,5 | 240 | 120 |
| 01362.04 | Comb. Messa Terra | Morsettiere | 666 | 240 | 675 | 1,46 | a | 1 | 1,00 | 985,5 | 240 | 120 |
| 01362.03 | Morsettiere | Morsettiere | 666 | 240 | 675 | 1,46 | a | 1 | 1,00 | 985,5 | 240 | 120 |
| 01362.01 | Morsettiere | Connet. REC fronte | 666 | 240 | 675 | 1,46 | a | 1 | 1,00 | 985,5 | 240 | 120 |
| 01362.05 | Morsettiere | Morsettiere | 666 | 240 | 675 | 1,46 | a | 1 | 1,00 | 985,5 | 240 | 120 |
| 01362.07 | Morsettiere | Connet. REC coda | 666 | 240 | 675 | 1,46 | a | 1 | 1,00 | 985,5 | 240 | 120 |
| 02141.01 02141.02 02141.03 | Armadio Inv 1 | Piastra negativi | 1000 | 3x240 | 2025 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 1123,47 | 3x240 | 2x240 |
| 02151.01 02151.02 02151.03 | Armadio Inv 2 | Piastra negativi | 1000 | 3x240 | 2025 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 1123,47 | 3x240 | 2x240 |
| 02161.01 02161.02 | Gruppo Statico 2 | Piastra negativi | 666 | 2x240 | 1350 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 748,98 | 2x240 | NA |
| 01343.01 | Comb. Messa Terra | Piastra negativi | 0 | 95 | 360 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 199,728 | 95 | 95 |
| 01353.01 | Comb. Messa Terra | Piastra negativi | 0 | 95 | 360 | 1,46 | f | 0,38 | 1,00 | 199,728 | 95 | 95 |
| 03131.01 | Armadio Inv 1 | Motore Traz. 1 | 333 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,41 | 1,00 | 404,055 | 240 | 240 |
| 03132.01 | Armadio Inv 1 | Motore Traz. 1 | 333 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,41 | 1,00 | 404,055 | 240 | 240 |
| 03133.01 | Armadio Inv 1 | Motore Traz. 1 | 333 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,41 | 1,00 | 404,055 | 240 | 240 |
| 03141.01 | Armadio Inv 1 | Motore Traz. 2 | 333 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,7 | 1,00 | 689,85 | 240 | 240 |
| 03142.01 | Armadio Inv 1 | Motore Traz. 2 | 333 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,7 | 1,00 | 689,85 | 240 | 240 |
| 03143.01 | Armadio Inv 1 | Motore Traz. 2 | 333 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,7 | 1,00 | 689,85 | 240 | 240 |
| 03151.01 | Armadio Inv 2 | Motore Traz. 3 | 333 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,7 | 1,00 | 689,85 | 240 | 240 |
| 03152.01 | Armadio Inv 2 | Motore Traz. 3 | 333 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,7 | 1,00 | 689,85 | 240 | 240 |
| 03153.01 | Armadio Inv 2 | Motore Traz. 3 | 333 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,7 | 1,00 | 689,85 | 240 | 240 |
| 03161.01 | Armadio Inv 2 | Motore Traz. 4 | 333 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,41 | 1,00 | 404,055 | 240 | 240 |
| 03162.01 | Armadio Inv 2 | Motore Traz. 4 | 333 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,41 | 1,00 | 404,055 | 240 | 240 |
| 03163.01 | Armadio Inv 2 | Motore Traz. 4 | 333 | 240 | 675 | 1,46 | f | 0,41 | 1,00 | 404,055 | 240 | 240 |

4.2. CAVI DI MEDIA TENSIONE

Il circuito di media tensione lavora con la tensione nominale di 450Vca. I cavi utilizzati in questi circuiti sono quelli secondo la norma EN 50264 con isolamento a 0,6/1 kV.

Questi cavi sono calcolati per sopportare un funzionamento continuo a una temperatura di massimo 90°C. Si considera una temperatura ambiente di 45°C.

Le correnti RMS considerate sono queste:

Uscita convertitori (410Vac): 280A

Condensatori filtro uscita: 100A

Uscita autotrasformatore (450Vac): 255A

Caricabatteria: 10A

Vent. Conv. DC/AC aus: 0,6A

Vent. Conv. DC/DC aus: 1,41A

Compressore d'aria: 22,4A

Vent. Invertitore: 23A

Pompa invertitori: 2A

Vent. Induttanze: 6A

Vent. Motori di trazione: 25A

Compressore HVAC cabina: 3,8A

Ventilatore HVAC cabina: 1A

Riscaldatori HVAC cabina: 7,7A

Presa esterna: 125A

Nella tabella si vede che la ampacity reale dopo avere applicato i fattori di correzione è in tutti i casi superiore al valore di corrente RMS.

Nei casi di cortocircuito, la protezione di alcuni cavi risiede nel dispositivo di protezione dell'uscita del convertitore ausiliario e in altri nel suo interruttore automatico specifico.

In caso di cortocircuito l'uscita del convertitore ausiliario è limitata a 740A (5 secondi).

Applicando la formula del punto 3.2 si ottiene una sezione minima di 13,5mm² ($740 \cdot 5^{0,5} / 122$). Quindi i cavi prima degli interruttori individuali sono ben protetti e quelli dopo l'interruttore sono protetti anche dal loro proprio interruttore.

Considerando la lunghezza della locomotiva e le sezioni e le correnti calcolate, si ottiene una caduta di tensione minima, che può essere trascurabile.

Per esempio, la caduta di tensione nella alimentazione principale (280A per i cavi di 120mm² e di lunghezza minore a 4 metri) è di 0,32Vac ($3^{0,5} \cdot 280 \cdot 0,02 \cdot 4 / 120$).

Ed il caso peggiore di caduta di tensione in una carica è quella del ventilatore del motore di trazione 1. Sono 11 metri di cavo di 6mm² con una corrente di 25A che causa una caduta di tensione di 1,5Vac ($3^{0,5} \cdot 25 \cdot 0,02 \cdot 11 / 6$).

In tutti i casi sono anche state rispettate come minimo le sezioni dei circuiti equivalenti nella locomotiva esistente. Nelle due ultime colonne della tabella si confronta la sezione nuova con quella esistente.



Calcolo Sezioni Cavi

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 14 di 28

| ID. CAVO | | | CONDIZIONI TERMICHE | | | | | | | | COMPARAZIONE SEZIONI | |
|--|-------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------|--|--------------------------|--|---|----------------------|----------------------|-----------------|
| Numero di cavo | Da | A | Valore corrente RMS (Amps) | Sezione (mm2) | (Tabella B1) Nominal ampacity (Amps) | (Tabella C1) Temper. isolamento cavo der. factor | INSTALLAZIONE (Figura 2) | (Tabella 2) Instalazione derating factor | (Tabella D1) Temper. ambiente derating factor | Real ampacity (Amps) | Nuova Sezione | Sezione attuale |
| 06115.01 06116.01 06117.01 | Gruppo statico 1 | Induttance filtro conv1 | 280 | 120 | 425 | 1 | f | 0,7 | 1,00 | 297,5 | 120 | 120 |
| 06112.01 06112.02 06118.01 06118.02 06119.01 06119.02 | Induttance filtro conv1 | Condens. filtro conv1 | 100 | 2x16 | 220 | 1 | f | 0,7 | 1,00 | 154 | 25 | NA |
| 06130.01 06131.01 06138.01 | Autotra. Filtro conv1 | Contattore 06K01 | 255 | 120 | 425 | 1 | f | 0,7 | 1,00 | 297,5 | 120 | NA |
| 06223.01 06224.01 06225.01 | Gruppo statico 2 | Induttance filtro conv2 | 280 | 120 | 425 | 1 | f | 0,7 | 1,00 | 297,5 | 120 | 120 |
| 06263.01 06263.02 06267.01 06267.02 06268.01 06268.02 | Induttance filtro conv2 | Condens. filtro conv2 | 100 | 2x16 | 220 | 1 | f | 0,7 | 1,00 | 154 | 25 | NA |
| 06254.01 06258.01 06259.01 | Autotra. Filtro conv2 | Contattore 06K02 | 255 | 120 | 425 | 1 | f | 0,7 | 1,00 | 297,5 | 120 | NA |
| 06121 06122 06123 | Contattore 06K01 | Contattore 06K02 | 150 | 120 | 425 | 1 | f | 0,45 | 1,00 | 191,25 | 120 | 120 |
| 06125.01 06126.01 | 06Q01 | Trasformatore 06T03 | 2,2 | 1,5 | 25 | 1 | c | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | 1,5 |
| 06132.01 06133.01 06134.01 | 06Q02 | Caricabatteria 1 | 10 | 4 | 46 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 17,48 | 4 | NA |
| 06144.01 06145.01 06146.02 | 06Q03 | Caricabatteria 2 | 10 | 4 | 46 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 17,48 | 4 | NA |
| 06164.01 06165.01 06166.01 | 06Q05 | Conv. DC/AC aus1 | 0,6 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | NA |
| 06174.01 06175.01 06176.02 | 06Q06 | Conv. DC/AC aus2 | 0,6 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | NA |
| 06177.01 06178.01 06179.01 | 06Q25 | Conv. DC/DC aus1 | 1,41 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | NA |
| 06181.01 06182.01 06183.02 | 06Q26 | Conv. DC/DC aus2 | 1,41 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | NA |
| 06127.01 06128.01 06129.01 | 06Q07 | Compressore aria 1 | 22,4 | 6 | 60 | 1 | f | 0,45 | 1,00 | 27 | 6 | 6 |
| 06135.01 06136.01 06137.02 | 06Q08 | Compressore aria 2 | 22,4 | 6 | 60 | 1 | f | 0,45 | 1,00 | 27 | 6 | 6 |
| 06141.01 06142.01 06143.01 | 06Q09 | Pompa Invert. 1 | 2 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | NA |
| 06151.01 06152.01 06153.02 | 06Q10 | Pompa Invert. 2 | 2 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | NA |
| 06161.01 06162.01 06163.03 | 06Q11 | Pompa Invert. 3 | 2 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | NA |
| 06171.01 06172.01 06173.04 | 06Q12 | Pompa Invert. 4 | 2 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | NA |



Calcolo Sezioni Cavi

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 15 di 28

| ID. CAVO | | | CONDIZIONI TERMICHE | | | | | | | | COMPARAZIONE SEZIONI | |
|----------------------------------|---------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------|--|---|----------------------|----------------------|-----------------|
| Numero di cavo | Da | A | Valore corrente RMS (Amps) | Sezione (mm ²) | (Tabella B1) Nominal ampacity (Amps) | (Tabella C1) Temper. isolamento cavo der. factor | INSTALLAZIONE (Figura 2) | (Tabella 2) Instalazione derating factor | (Tabella D1) Temper. ambiente derating factor | Real ampacity (Amps) | Nuova Sezione | Sezione attuale |
| 06238.01 06239.01 06240.01 | 06Q21 | Vent. Motore Trazi. 1 | 25 | 6 | 60 | 1 | f | 0,45 | 1,00 | 27 | 6 | NA |
| 06244.01 06245.01 06246.02 | 06Q22 | Vent. Motore Trazi. 2 | 25 | 6 | 60 | 1 | f | 0,45 | 1,00 | 27 | 6 | NA |
| 06255.01 06256.01 06257.03 | 06Q23 | Vent. Motore Trazi. 3 | 25 | 6 | 60 | 1 | f | 0,45 | 1,00 | 27 | 6 | NA |
| 06264.01 06265.01 06266.04 | 06Q24 | Vent. Motore Trazi. 4 | 25 | 6 | 60 | 1 | f | 0,45 | 1,00 | 27 | 6 | NA |
| 06230.01 06231.01 06232.01 | 06Q13 | Vent. Indutt. Rete 1 | 6 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | NA |
| 06241.01 06242.01 06243.02 | 06Q14 | Vent. Indutt. Rete 1 | 6 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | NA |
| 06251.01 06252.01 06253.03 | 06Q15 | Vent. Indutt. Rete 2 | 6 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | NA |
| 06260.01 06261.01 06262.04 | 06Q16 | Vent. Indutt. Rete 2 | 6 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | NA |
| 06270.01 06271.01 06272.01 | 06Q17 | Vent. Invertitore 1 | 23 | 6 | 60 | 1 | f | 0,45 | 1,00 | 27 | 6 | NA |
| 06273.01 06274.01 06175.02 | 06Q18 | Vent. Invertitore 2 | 23 | 6 | 60 | 1 | f | 0,45 | 1,00 | 27 | 6 | NA |
| 06213.01 06212.01 06213.03 | 06Q19 | Vent. Invertitore 3 | 23 | 6 | 60 | 1 | f | 0,45 | 1,00 | 27 | 6 | NA |
| 06226.01 06227.01 06228.04 | 06Q20 | Vent. Invertitore 4 | 23 | 6 | 60 | 1 | f | 0,45 | 1,00 | 27 | 6 | NA |
| 70321.01 70322.01 70323.01 | 70Q02 | Compressore HVAC | 3,8 | 2,5 | 33 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 12,54 | 2,5 | 2,5 |
| 70331.01 70332.01 70333.01 | 70Q03 | Condensatore HVAC | 2,3 | 2,5 | 33 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 12,54 | 2,5 | 2,5 |
| 70421.01 70422.01 70423.01 | 70Q04 | Ventilatore HVAC | 1 | 1,5 | 25 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 9,5 | 1,5 | 1,5 |
| 70441.01 70442.01 70443.01 | 70Q05 | Riscaldatore HVAC | 7,7 | 2,5 | 33 | 1 | f | 0,38 | 1,00 | 12,54 | 2,5 | 2,5 |
| 06121.7 06122.7 06123.7 | Presa Esterna | Morsettiera | 125 | 50 | 240 | 1 | c | 0,78 | 1,00 | 187,2 | 50 | 50 |

4.3. CAVI DI BASSA TENSIONE

Il circuito di bassa tensione lavora con la tensione nominale di 24 Vcc. I cavi utilizzati in questi circuiti sono quelli secondo la norma EN 50264 con isolamento a 0,6/1 kV.

Questi cavi sono calcolati per supportare un funzionamento continuo a una temperatura di massimo 90°C. Si considera una temperatura ambiente di 45°C.

La corrente RMS considerata è di 150A.

Nella tabella si includono solo i cavi grossi prima degli interruttori miniaturizzati. Si vede che la ampacity reale dopo avere applicato i fattori di correzione è in tutti i casi superiore al valore di corrente RMS.

Nei casi di cortocircuito, la protezione dei cavi risiede nell'interruttore bipolare della batteria e negli interruttori bipolari dei caricabatterie.

Considerando la lunghezza della locomotiva e le sezioni e le correnti calcolate, si ottiene una caduta di tensione minima, che può essere trascurabile.

Per esempio, la caduta di tensione nella alimentazione principale (150A per i cavi di 70mm² e di lunghezza minore a 25 metri) risulta in 1,07Vdc ($150 \cdot 0,02 \cdot 25 / 70$).

In tutti i casi sono anche state rispettate come minimo le sezioni dei circuiti equivalenti nella locomotiva esistente. Nelle due ultime colonne della tabella si confronta la sezione nuova con quella esistente.

| ID. CAVO | | | CONDIZIONI TERMICHE | | | | | | | | COMPARAZIONE SEZIONI | |
|----------------|----------------------|----------------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------|--|--------------------------|--|---|----------------------|----------------------|-----------------|
| Numero di cavo | Da | A | Valore corrente RMS (Amps) | Sezione (mm2) | (Tabella B1) Nominal ampacity (Amps) | (Tabella C1) Temper. isolamento cavo der. factor | INSTALLAZIONE (Figura 2) | (Tabella 2) Instalazione derating factor | (Tabella D1) Temper. ambiente derating factor | Real ampacity (Amps) | Nuova Sezione | Sezione attuale |
| 07123.01 | Batteria | 07Q01 | 150 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 2x35 |
| 07124.01 | 07Q01 | Batteria | 150 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 2x35 |
| 07142.01 | 07Q02 | Caricabatteria 1 | 150 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 70 |
| 07151.01 | Caricabatteria 1 | 07Q02 | 150 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 70 |
| 07171.01 | 07Q03 | Caricabatteria 2 | 150 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 70 |
| 07161.01 | Caricabatteria 2 | 07Q03 | 150 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 70 |
| 07141.04 | Morsettiera LV1 | Caricabatteria 1 | 150 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 70 |
| 07143.01 | Caricabatteria 1 | Caricabatteria 2 | 150 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 70 |
| 07121.01 | Morsettiera LV1 | Morsettiera LV1 | 150 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 70 |
| 07121.02 | Presa officina 07X01 | Morsettiera LV1 | 150 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 70 |
| 07141.01 | Morsettiera | Presa officina 07X01 | 150 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 70 |
| 100.349 | Caricabatteria 2 | Morsettiera LV2 | 150 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 70 |
| 100.355 | Messa terra cassa | Morsettiera LV2 | 0 | 70 | 300 | 1 | f | 0,52 | 1,00 | 156 | 70 | 2x25 |



Calcolo Sezioni Cavi

LOCOMOTIVA E401

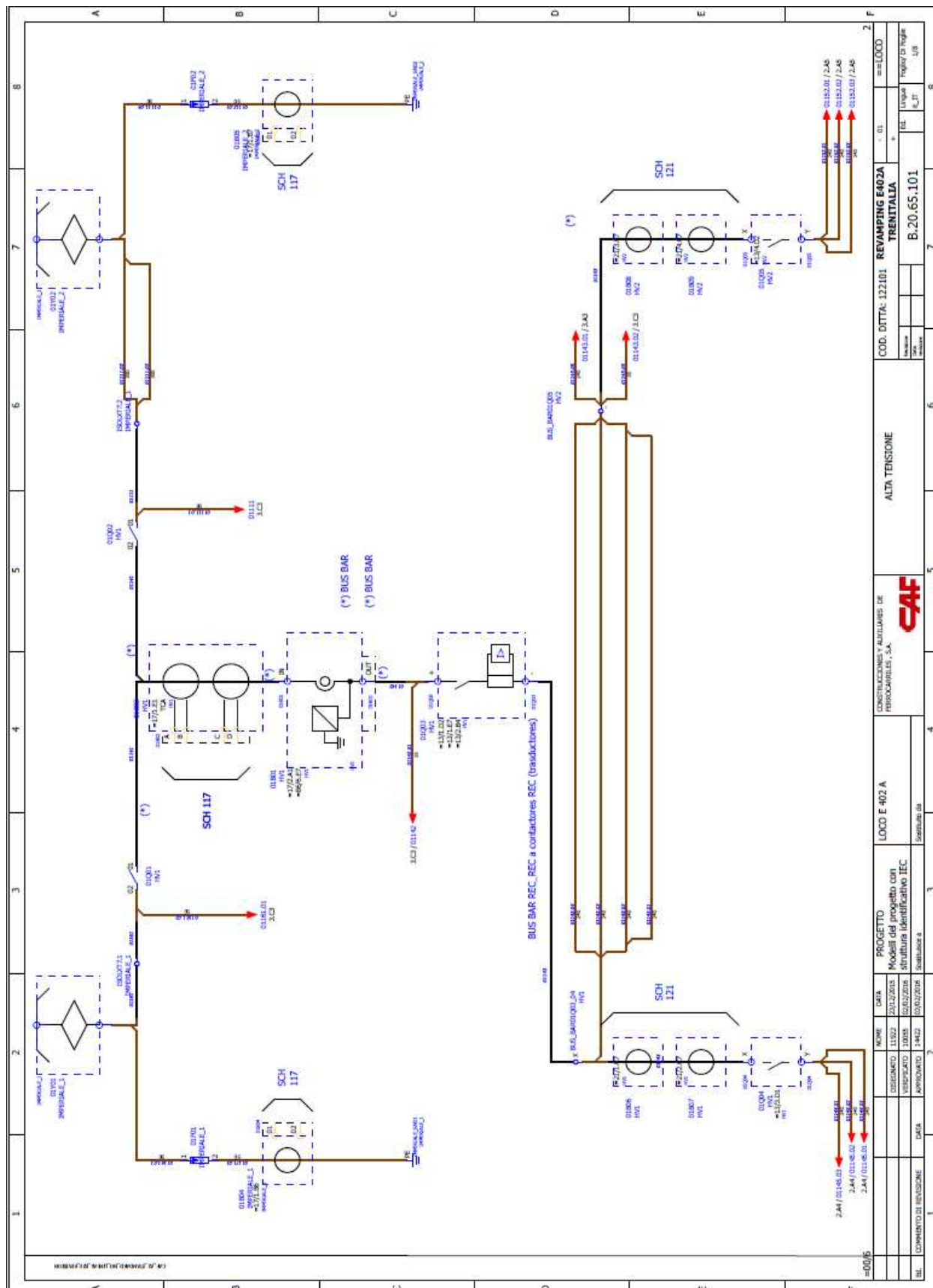


CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 17 di 28

ALLEGATO I: DIAGRAMMI ELETTRICI AT





Calcolo Sezioni Cavi

LOCOMOTIVA E401



CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 19 di 28



Calcolo Sezioni Cavi

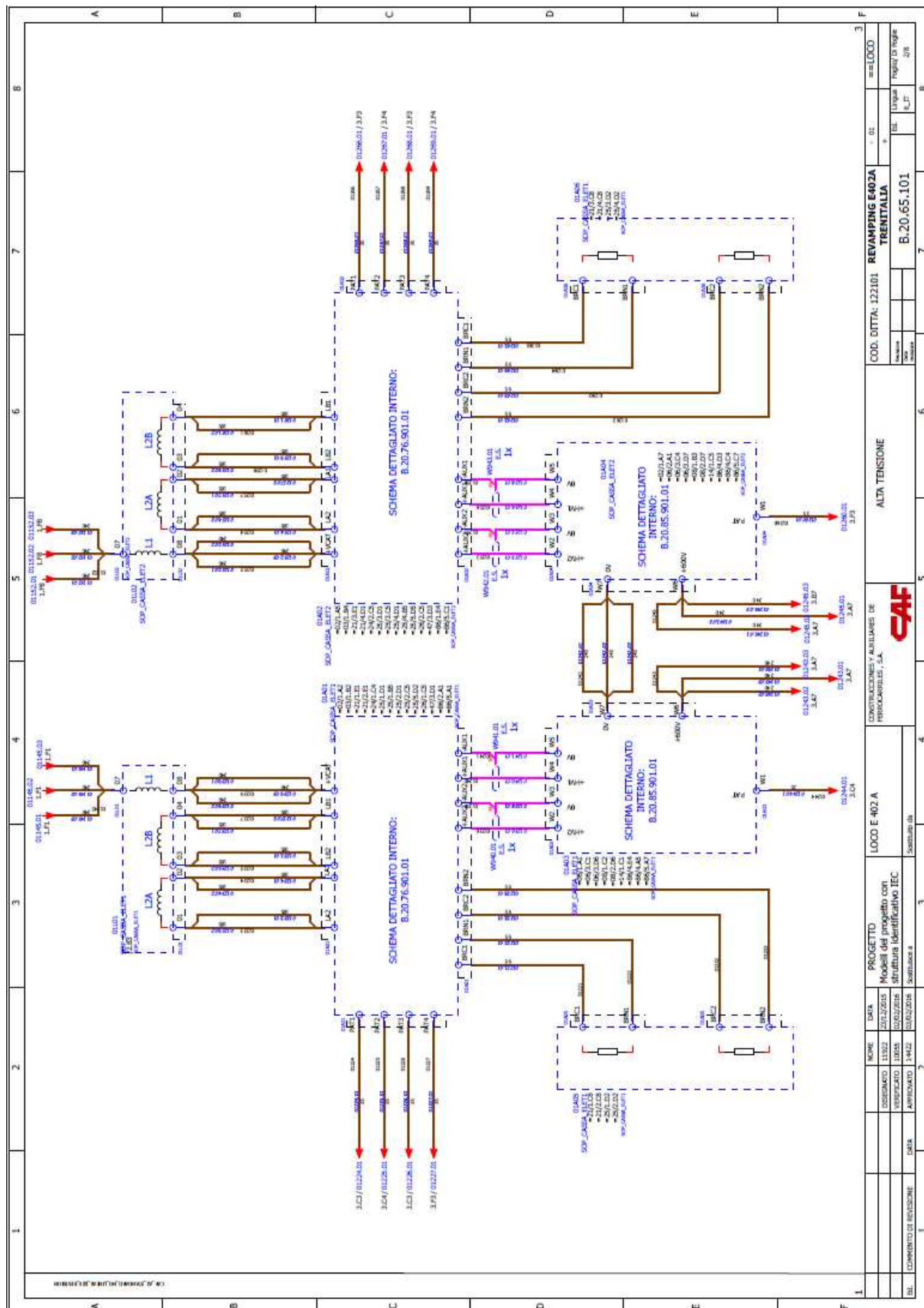
LOCOMOTIVA E401



CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 20 di 28





Calcolo Sezioni Cavi

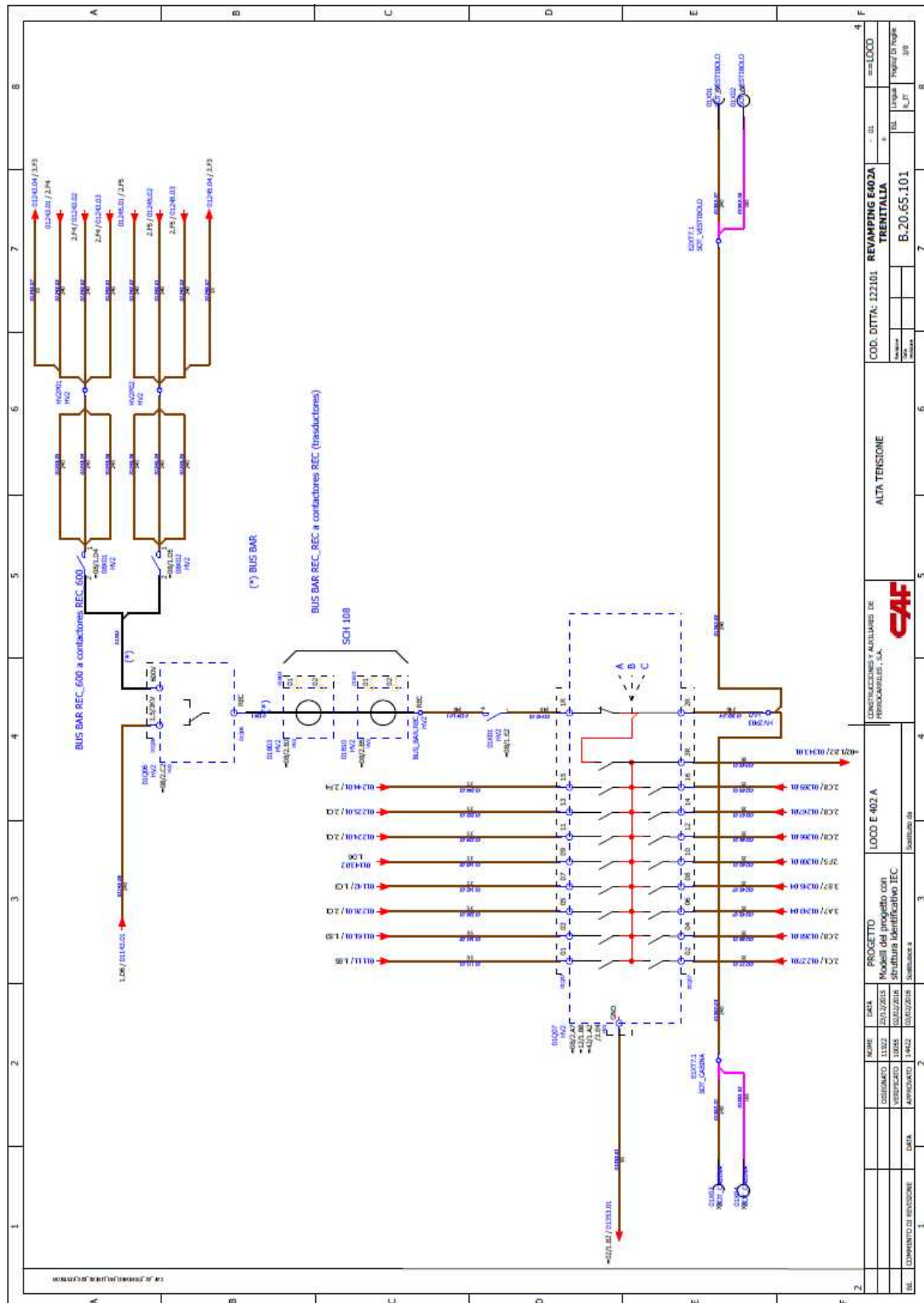
LOCOMOTIVA E401



CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 21 di 28





Power &
Automation

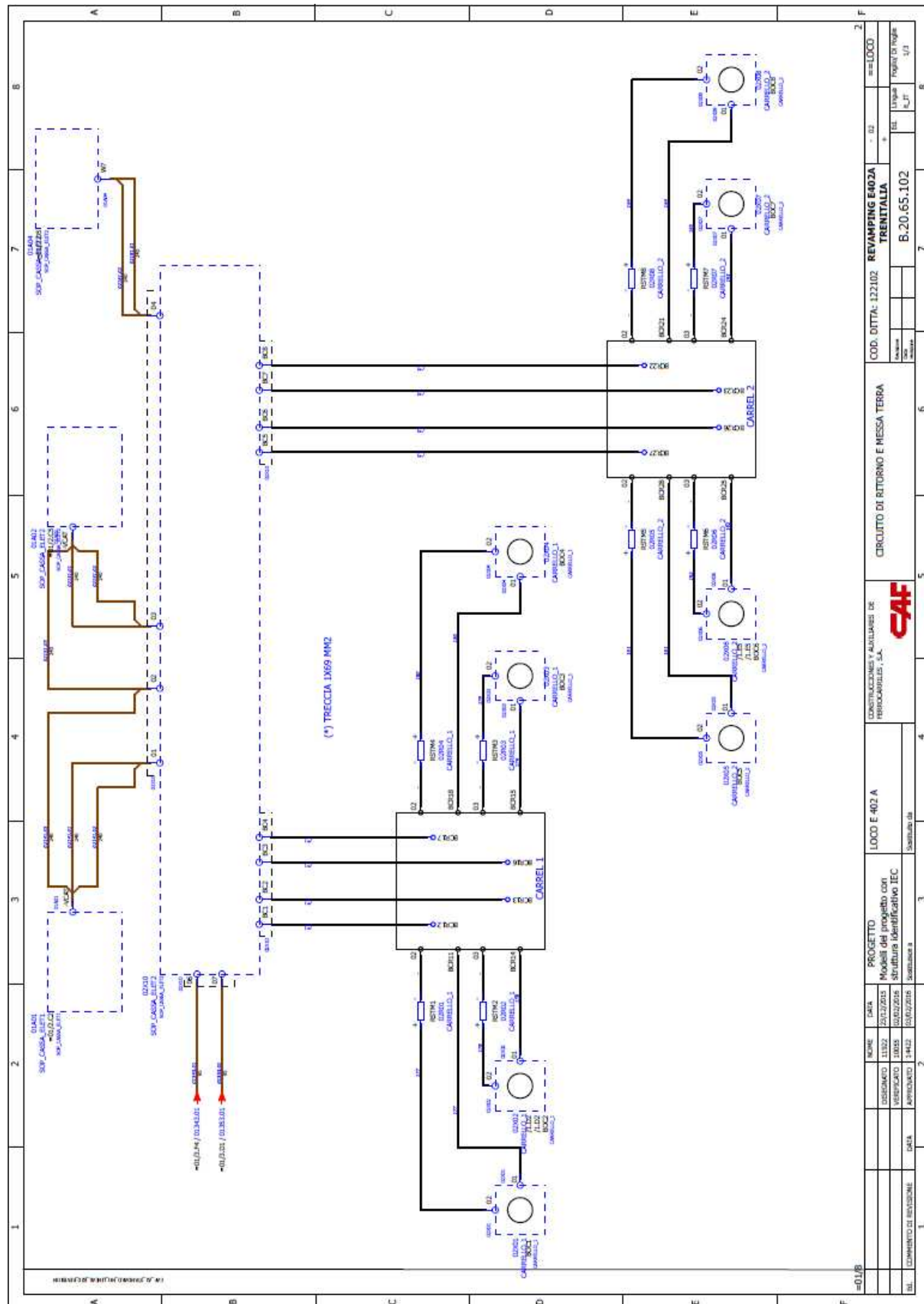
Calcolo Sezioni Cavi

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 22 di 28





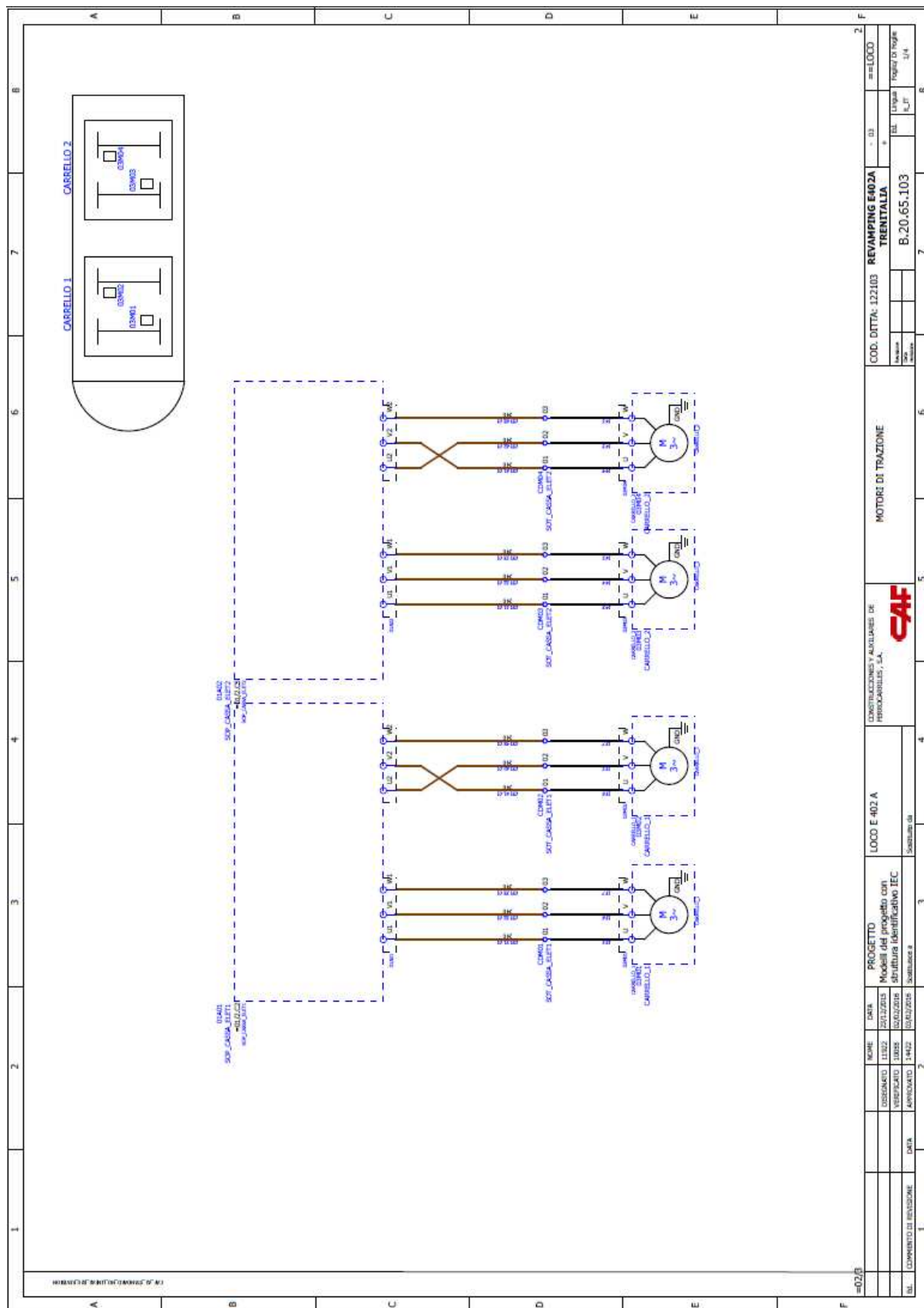
Calcolo Sezioni Cavi

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 23 di 28





Calcolo Sezioni Cavi

LOCOMOTIVA E401

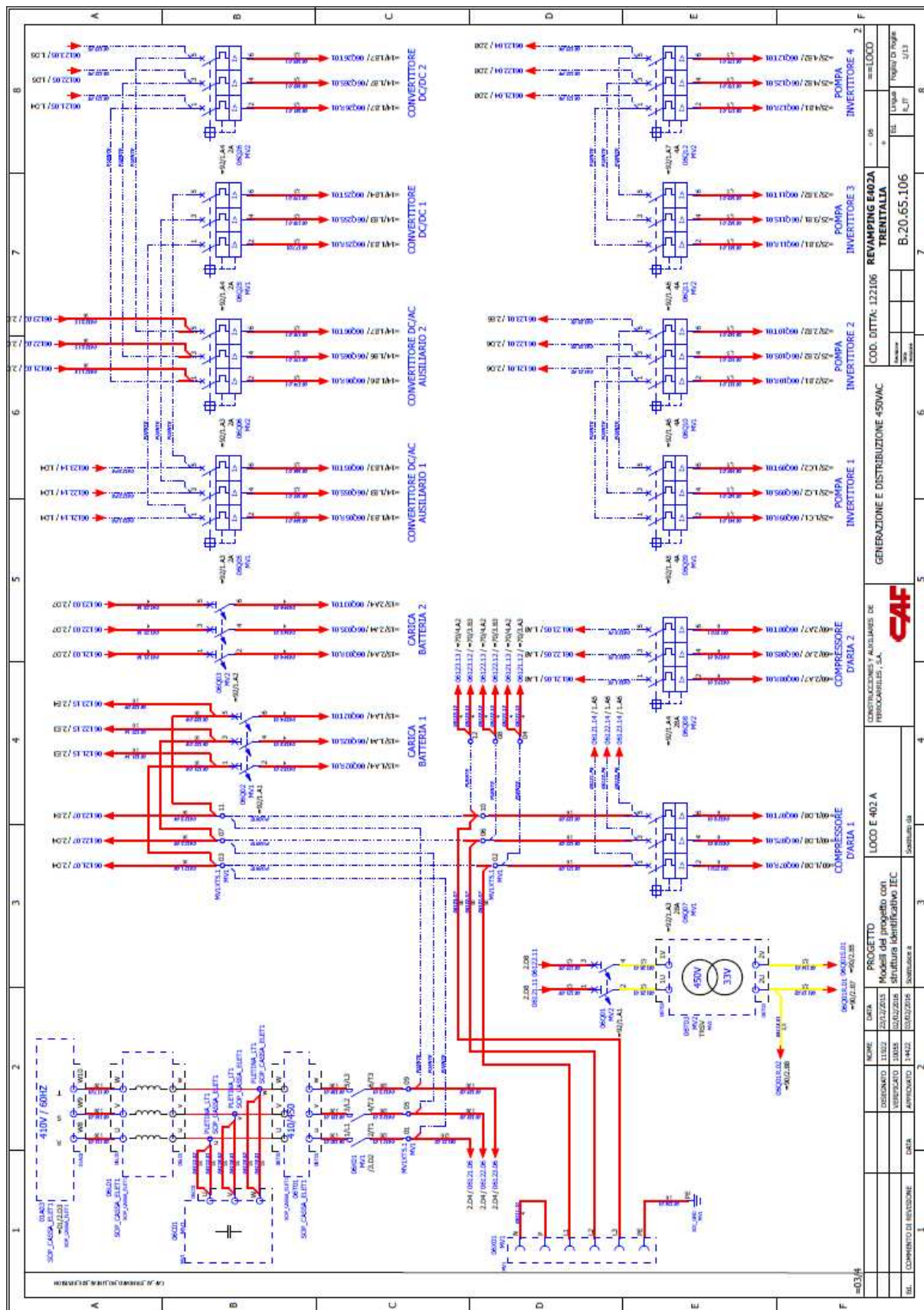


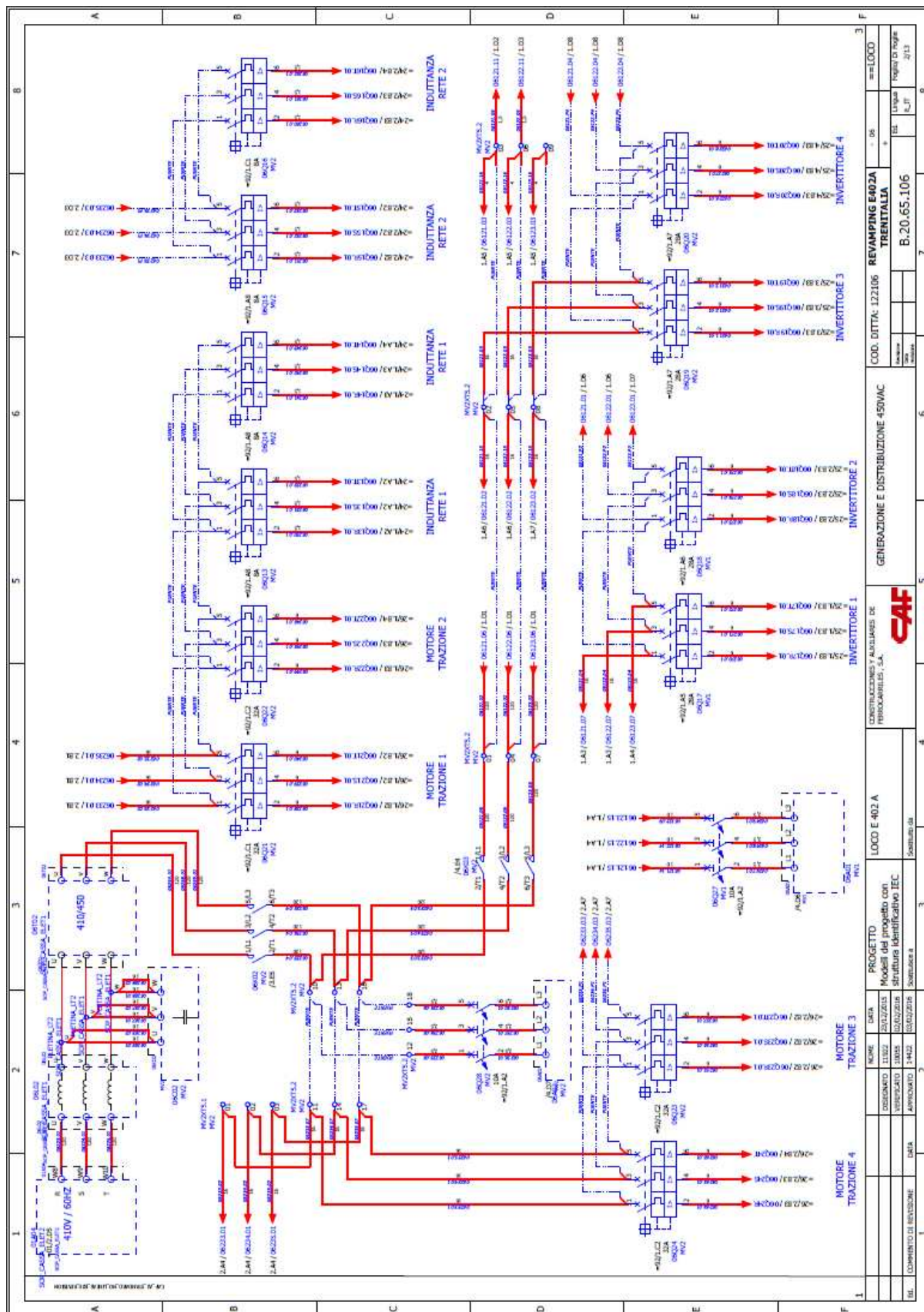
CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 24 di 28

ALLEGATO II: DIAGRAMMI ELETTRICI MT







Calcolo Sezioni Cavi

LOCOMOTIVA E401



CODICE: B.20.93.301.00

EDIZIONE: A

Pag. 27 di 28

ALLEGATO III: DIAGRAMMA ELETTRICO BT

