



DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI VENTILAZIONE MOTORI DI TRAZIONE E INDUTTANZA DI FILTRO

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.210.00

EDIZIONE: B

Pag. 1 di 20

CONTROLLO EDIZIONE

EDIZIONE	MOTIVO	DATA
-	Edizione	12-05-2015
A	Aggiornato	23-06-2015
B	Cambio formato	20-06-2016

Eseguito da:

Nome: A. FAGET

Firma: 

Data: 20-06-2016

Verificato da:

Nome: A. IMAZ

Firma: 

Data: 20-06-2016

Approvato da:

Nome: A. BALDA

Firma: 

Data: 20-06-2016



DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI VENTILAZIONE MOTORI DI TRAZIONE E INDUTTANZA DI FILTRO

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.210.00

EDIZIONE: B

Pag. 2 di 20

INDICE

1. OGGETTO	3
2. NORME APPLICABILI	4
3. REQUISITI	5
4. DATI GENERALI	6
5. DESCRIZIONE GENERALE	7
5.1. CONDIZIONI NORMALI	8
5.2. CONDIZIONI DEGRATATE / GUASTO SEMPLICE: RIDUZIONE DI POTENZA DI TRAZIONE/FRENATURA 50% SU QUESTO CARRELLO	9
5.3. CONDIZIONI DEGRATATE / GUASTO DOPPIO: RIDUZIONE DI POTENZA DI TRAZIONE/FRENATURA 100% SU QUESTO CARRELLO	11
5.4. SISTEMA DI SCARICO	12
6. PRESTAZIONI DELLA PORTATA D'ARIA DEL SISTEMA.....	13
7. CALCOLO TERMICO	14
7.1. FUNZIONAMENTO NORMALE	14
7.2. SOFFIANTE DI LCHOPPER GUASTO	14
7.3. SOFFIANTE DI LRETE GUASTO.....	15
7.4. SOFFIANTI DI LRETE E LCHOPPER GUASTO.....	16
7.5. PRESTAZIONI CON TRENO FERMO.....	16
7.6. PRESTAZIONI CON TRENO $V < 30 \text{ KM/H}$	17
8. RISULTATI	20



DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI VENTILAZIONE MOTORI DI TRAZIONE E INDUTTANZA DI FILTRO

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.210.00

EDIZIONE: B

Pag. 3 di 20

1. OGGETTO

Il presente documento definisce i requisiti di progetto per le capacità del sistema di raffreddamento del motore di trazione e induttanze di filtro nel progetto TRENITALIA-UPGRADE LOCOMOTIVE E402A.



DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI VENTILAZIONE MOTORI DI TRAZIONE E INDUTTANZA DI FILTRO

LOCOMOTIVA E401



CODICE: B.20.93.210.00

EDIZIONE: B

Pag. 4 di 20

2. NORME APPLICABILI

Nessuna



DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI VENTILAZIONE MOTORI DI TRAZIONE E INDUTTANZA DI FILTRO

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.210.00

EDIZIONE: B

Pag. 5 di 20

3. REQUISITI

- ST374018 &4.2.8, Pagina 28. Il raffreddamento di tutti i componenti, equipaggiamenti e dispositivi della locomotiva deve essere progettato dal fornitore in modo tale da sfruttare la ventilazione disponibile tramite le prese di aria presenti sulla cassa. Il sistema di ventilazione dei motori di trazione deve garantire che a seguito del guasto di un ventilatore non si abbia degrado della forza di trazione, oppure si abbia al massimo la perdita di un motore di trazione.
- ST374018 &4.2.2, 13), Pagina 25. un guasto ad una utenza ausiliaria della trazione non deve provocare la perdita di più del 25 % della forza di trazione e deve comunque garantire l'alimentazione a piena potenza dei servizi ausiliari di locomotiva e di treno;



DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI VENTILAZIONE MOTORI DI TRAZIONE E INDUTTANZA DI FILTRO

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.210.00

EDIZIONE: B

Pag. 6 di 20

4. DATI GENERALI

- Altitudine <1400m
- Temperatura -25°C a 45°C

Secondo 211EL20178B:

- Resistenza Lrete: $R=90\text{m}\Omega$ ($\pm 10\%$) -> $R_{\text{max}}=99\text{m}\Omega$
- Resistenza Lchop: $R=103,5\text{m}\Omega$ ($\pm 10\%$) -> $R_{\text{max}}=113,9\text{m}\Omega$

Secondo documento delle prestazioni B.20.92.201:

- Corrente Lrete continua max 1260A
- Corrente Lrete 20 minuti max 1460A
- Corrente Lchopper continua max 630A
- Corrente Lchopper 20 minuti max 730A

5. DESCRIZIONE GENERALE

Nell'immagine seguente viene rappresentato lo schema della portata d'aria del sistema di raffreddamento del motore di trazione e induttanze di filtro.

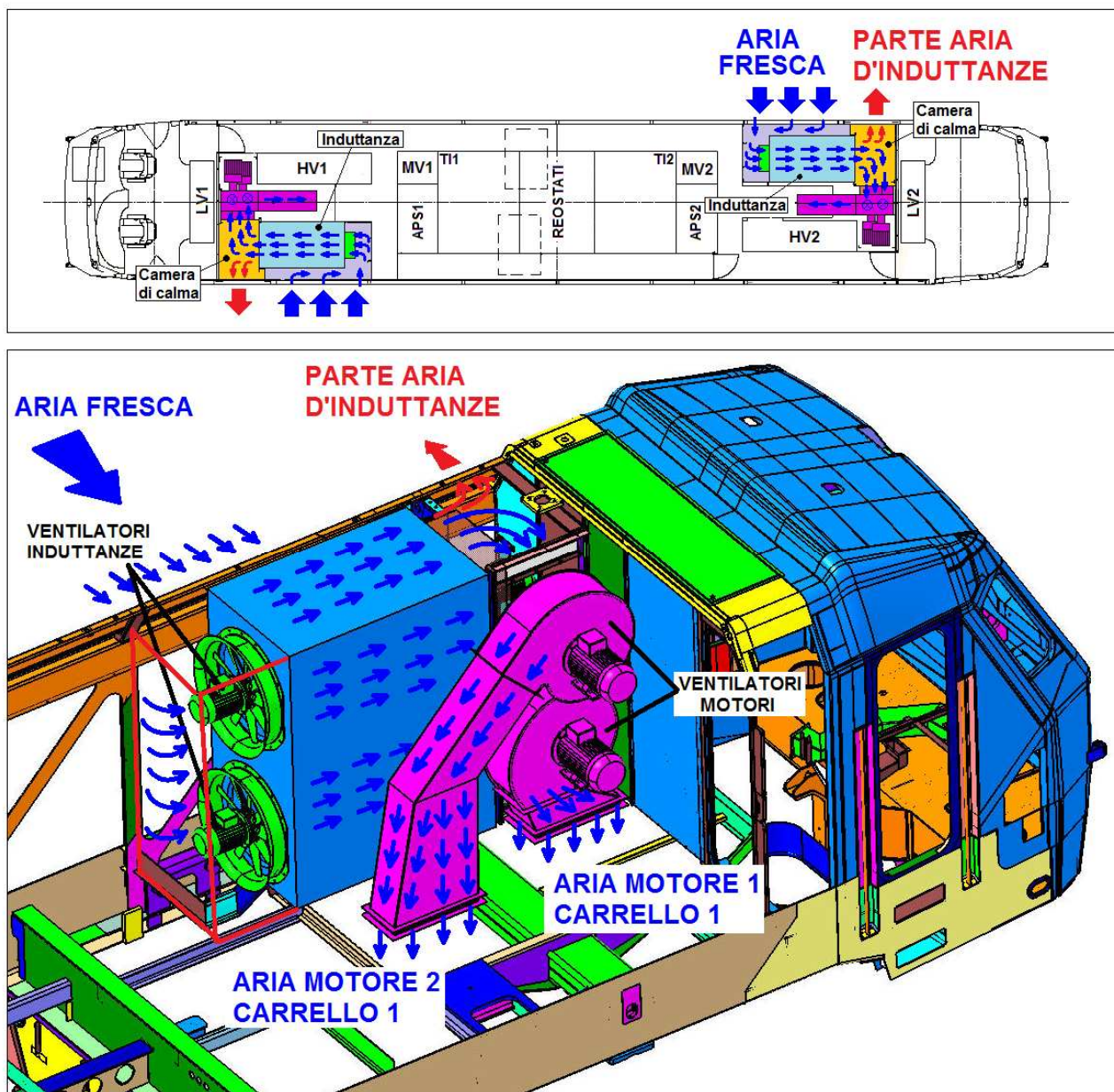


Fig. 1 Sistema di ventilazione motori di trazione e induttanza di filtro

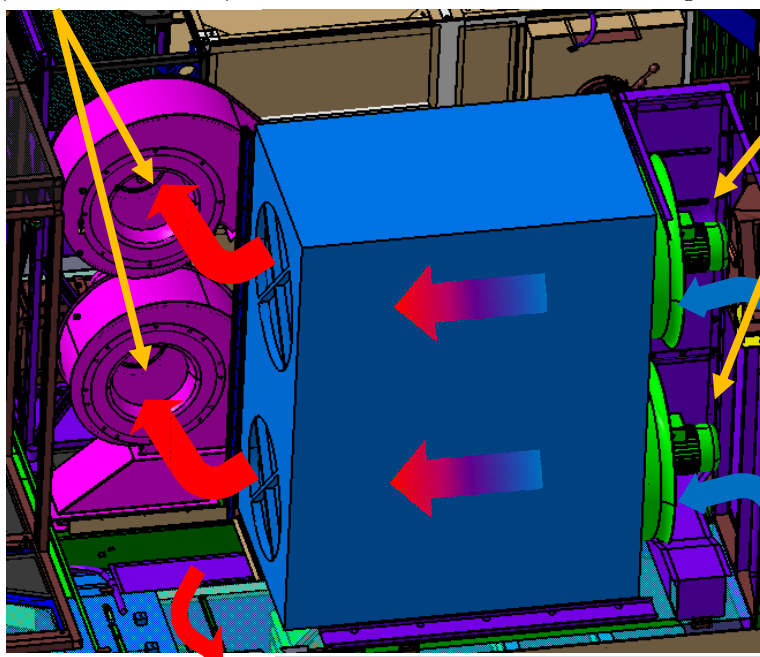
5.1. Condizioni normali

VENTILATORI CENTRIFUGO

Ognuno: $2,4\text{m}^3/\text{s}$ (si veda B.20.94.311.06)

VENTILATORI ASSIALI

Ognuno: $3\text{m}^3/\text{s}$ (si veda B.20.94.311.07)

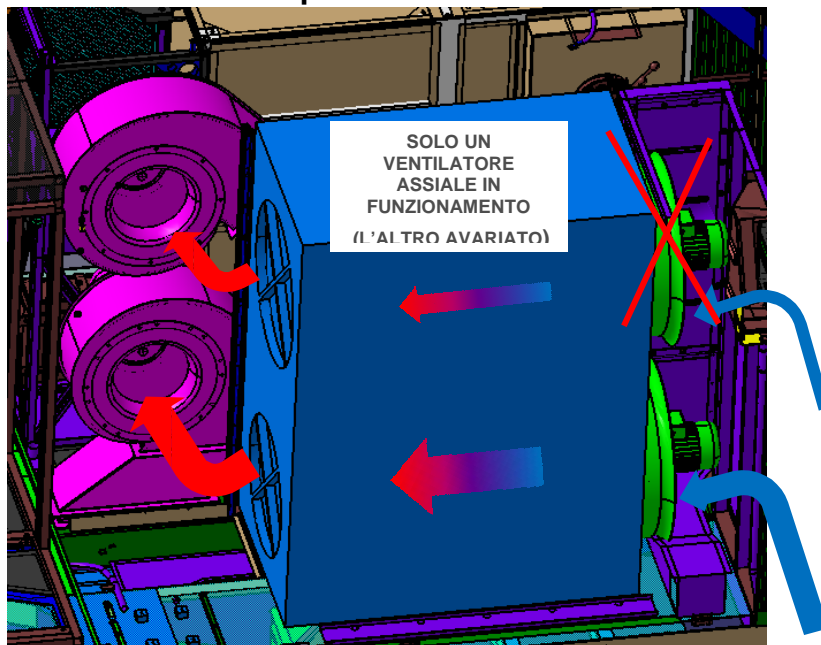


SCARICO
 $1,2\text{m}^3/\text{s}$

Il Sistema è bilanciato con volume d'aria aumentato gestito da ventilatori centrifugo e una piccola porzione d'aria scaricata tramite un'apertura sul lato della loco

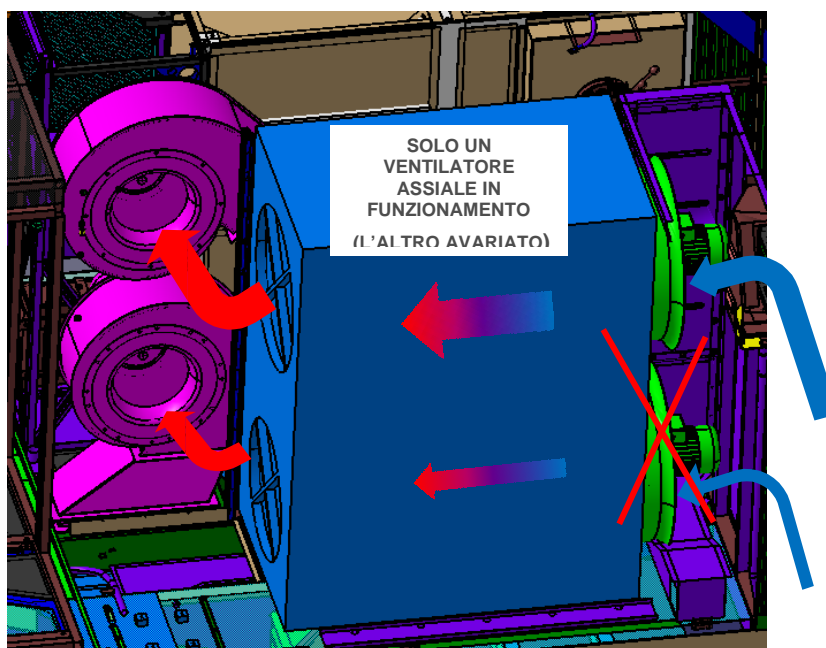
Fig. 2 Schema portata d'aria in condizioni normali

5.2. Condizioni degradate / guasto semplice: riduzione di potenza di trazione/frenatura 50% su questo carrello



I ventilatori centrifughi funzionano con pressione aumentata e volume d'aria ridotto, ma sempre ventilando l'induttanza collegata all'unità ventilatore guasto. In tal caso la potenza sarà ridotta al 50% su entrambi gli assi motori

Fig. 3 Schema portata d'aria in condizioni degradate 1



I ventilatori centrifughi funzionano con pressione aumentata e volume d'aria ridotto, ma sempre ventilando l'induttanza collegata all'unità ventilatore guasto. In tal caso la potenza sarà ridotta al 50% su entrambi gli assi motori

Fig. 4 Schema portata d'aria in condizioni degradate 2

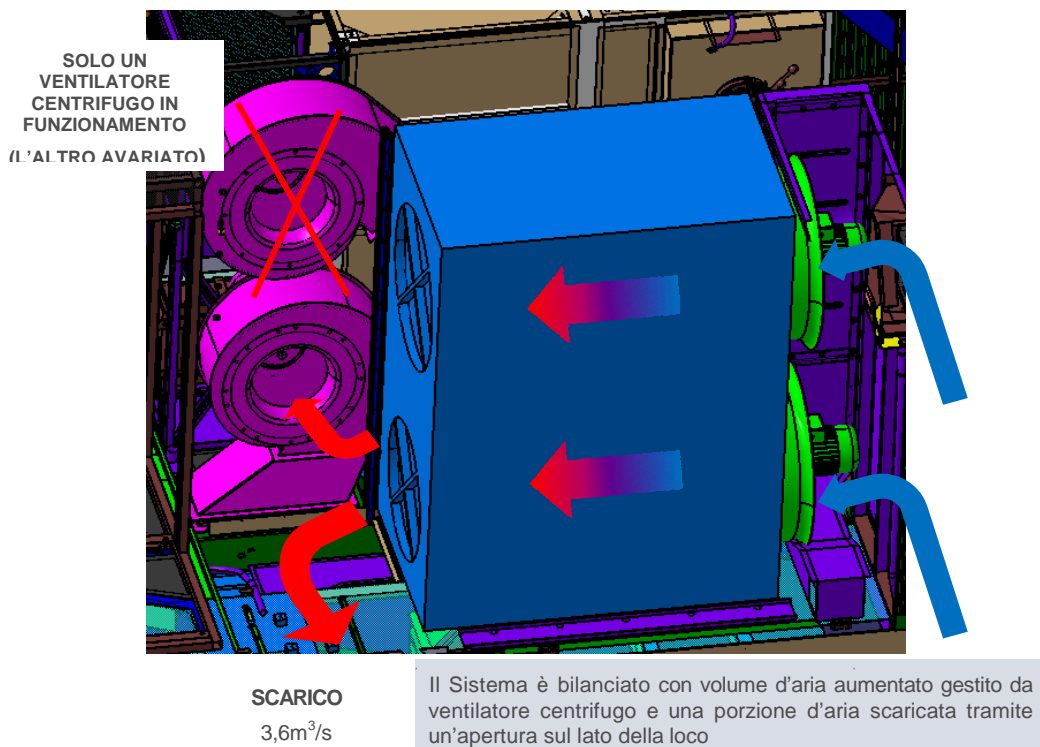


Fig. 5 Schema portata d'aria in condizioni degradate 3

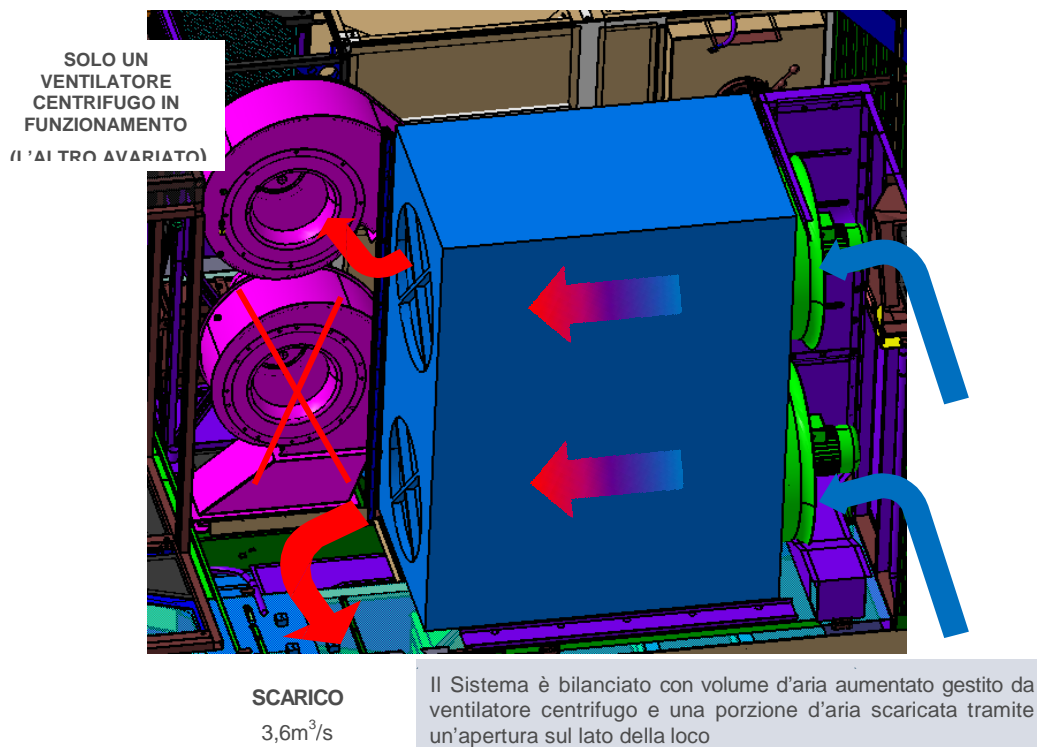


Fig. 6 Schema portata d'aria in condizioni degradate 4

5.3. Condizioni degradate / guasto doppio: riduzione di potenza di trazione/frenatura 100% su questo carrello

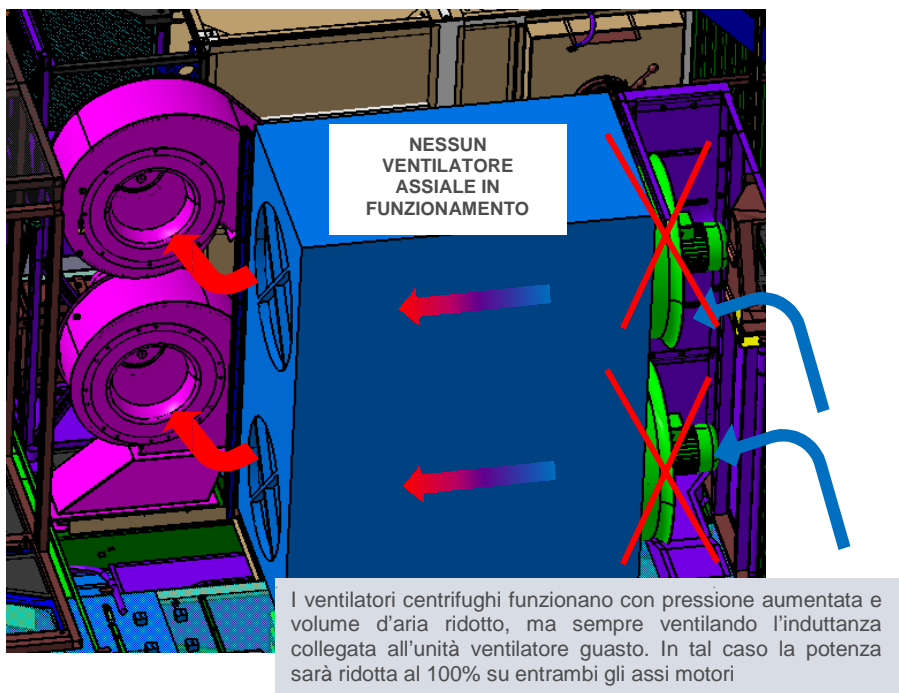


Fig. 7 Schema portata d'aria in condizioni degradate 5

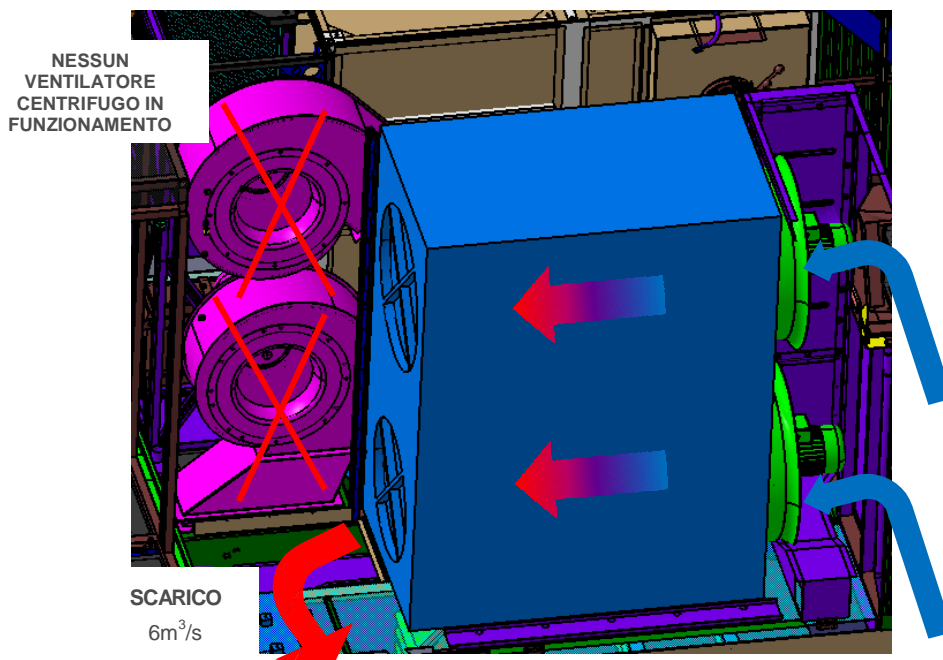


Fig. 8 Schema portata d'aria in condizioni degradate 6

In altre configurazioni di guasto (altre doppie, triple o quadruple), si isoleranno l'impianto di trazione ed il convertitore ausiliario di questo carrello (riduzione di trazione e frenatura al 100%).

5.4. Sistema di scarico

Per il sistema di "Scarico", si utilizzano serrande di sovrappressione secondo disegno B.20.66.020.

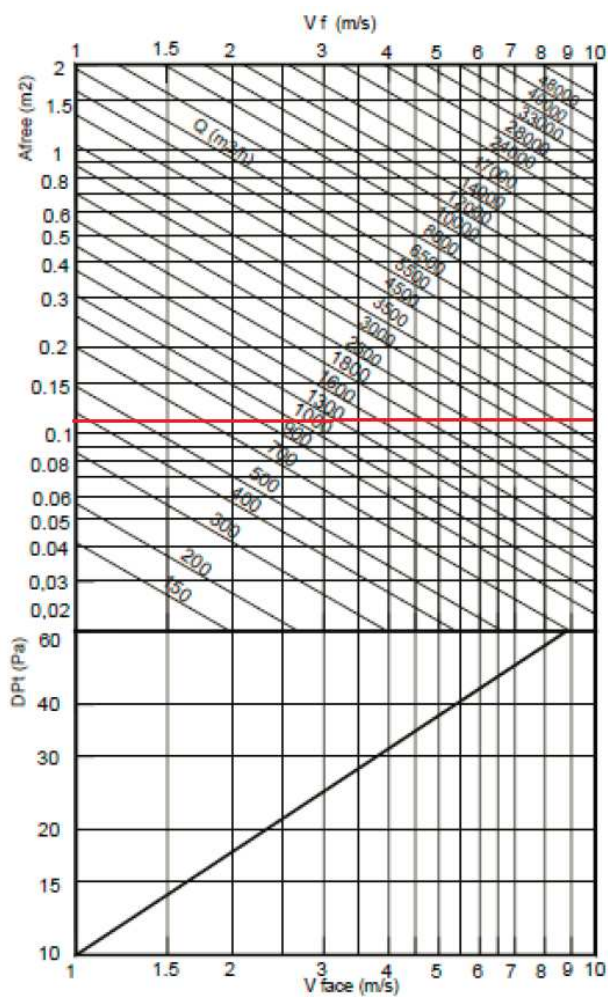
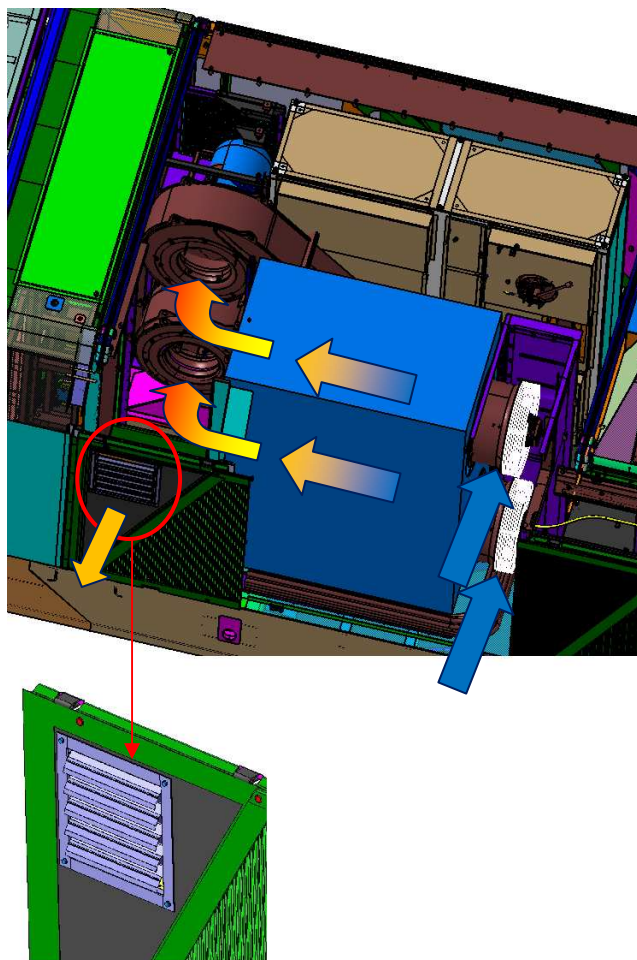


Fig. 9 Sistema di scarico

6. Prestazioni della portata d'aria del sistema

Nella figura seguente vengono illustrate le prestazioni del sistema nelle condizioni definite sopra.

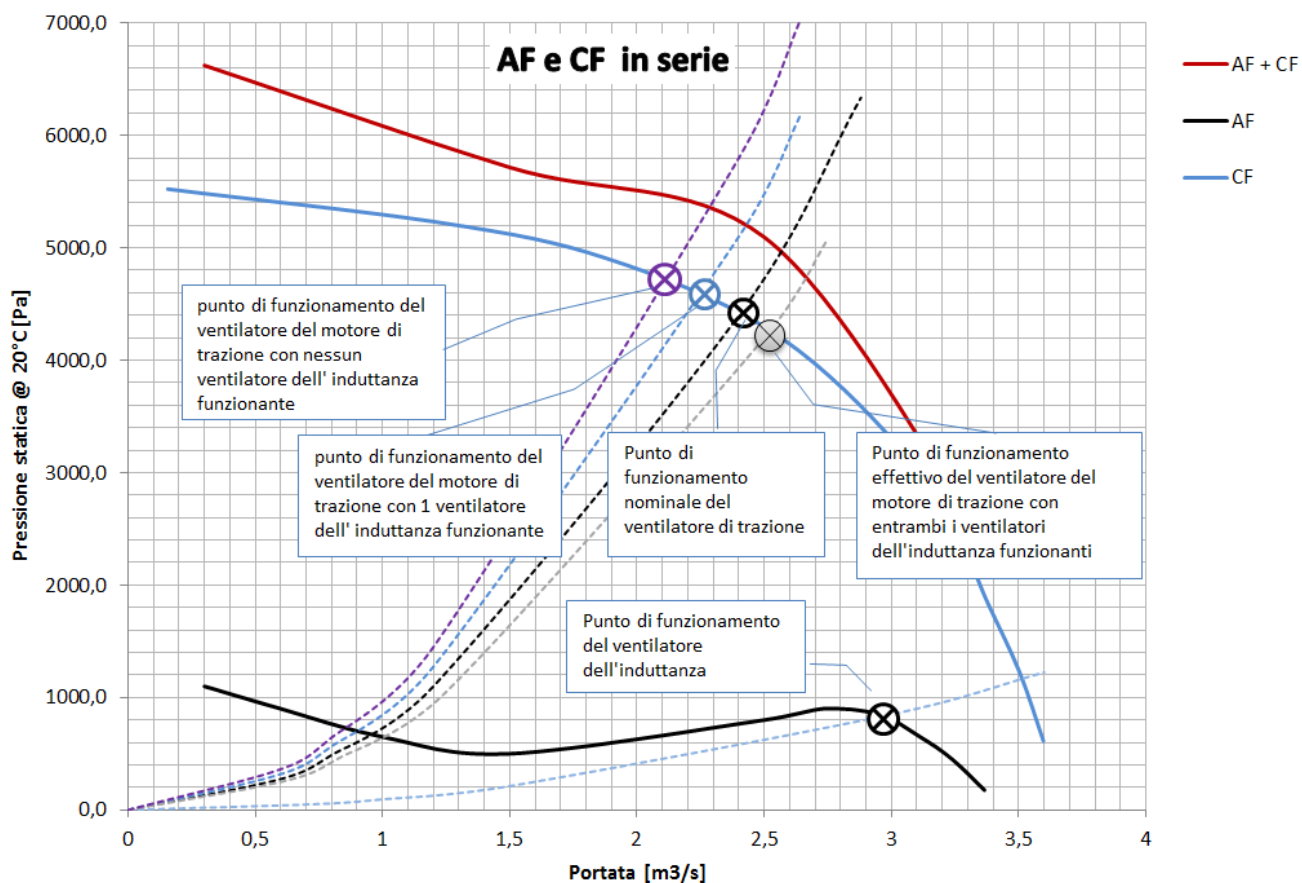


Fig. 10 Grafico pressione rispetto a volume d'aria

Con:

AF: Axial fan (Ventilatore assiali) Ventilatore / dell'induttanza)

CF: Centrigugal fan (Ventilatore centrifugo / del motore di trazione

7. Calcolo termico

7.1. Funzionamento normale

Lrete 1260A (1460A 20min)

- $1260A^2 \times 90m\Omega = 142,9KW$
- $1460A (20 \text{ minuti})^2 \times 90m\Omega = 191,8KW$
- $DT@1260A = P/(Ce \cdot d \cdot Q) = 142900/(1020 \cdot 1,2 \cdot 3,0) = 38,9^\circ K$
- $DT@1460A = P/(Ce \cdot d \cdot Q) = 191800/(1020 \cdot 1,2 \cdot 3,0) = 52,2^\circ K$

Lchop: 630A (730A 20min)

- $630A^2 \times 103,5m\Omega = 41,1KW$
- $730A (20 \text{ minuti})^2 \times 103,5m\Omega = 55,2KW$
- $DT@630A = P/(Ce \cdot d \cdot Q) = 2 \times 41100/(1020 \cdot 1,2 \cdot 3,0) = 22,3^\circ K$
- $DT@730A = P/(Ce \cdot d \cdot Q) = 2 \times 55200/(1020 \cdot 1,2 \cdot 3,0) = 30,1^\circ K$

Con:

d: Densità dell'aria: 1.2 Kg/m^3

Ce: Calore specifico aria: 1020 J/kg.K

Q: Portata [m^3/s]

Temperatura in entrata dei ventilatori centrifughi:

- $DT_{\text{continuo}} = P/(Ce \cdot d \cdot Q) = (142900 + 2 \times 41100)/(1020 \cdot 1,2 \cdot 3,0 \cdot 2) = 30,6^\circ K$
- $DT_{20\text{min}} = P/(Ce \cdot d \cdot Q) = (191800 + 2 \times 55200)/(1020 \cdot 1,2 \cdot 3,0 \cdot 2) = 41,1^\circ K$

Temperatura max entrata dei motori centrifughi:

- $T_{\text{continuo}} = 30,6 + 45^\circ C = 75,6^\circ C$
- $T_{20\text{min}} = 41,1 + 45^\circ C = 86,1^\circ C$

Temp. continua max aria in ingresso motore secondo doc 371ME01901B, pagina 11 : $82^\circ C$.

7.2. Soffiante di Lchopper guasto

In caso di guasto di un ventilatore assiale, le prestazioni di trazione si ridurranno del 50% in ogni asse (per ulteriori dettagli si veda logica definita in B.20.98.701.10).

Lrete (890A)

- $890A^2 \times 90m\Omega = 71,2KW$
- $DT@890A = P/(Ce \cdot d \cdot Q) = 71200/(1020 \cdot 1,2 \cdot 3,0) = 19,4^\circ K$

Secondo Fig. 10, la portata di ogni ventilatore centrifugo sarà di $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$. La portata d'aria nella condotta con il ventilatore assiale in funzionamento rimane di $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Pertanto la portata d'aria nella condotta del ventilatore guasto = $2,2 \times 2 - 3,0 = 1,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Lchop (445A)

- $445A^2 \times 103,5m\Omega = 20,5KW$
- $DT@445A = P/(Ce \cdot d \cdot Q) = 2 \times 20500 / (1020 \times 1,2 \times 1,4) = 23,9^\circ K$

Con:

d: Densità dell'aria: $1.2@45^\circ C$ Kg/m³

Ce: Calore specifico aria: 1020 J/kg.K

Q: Portata [m³/s]

Temperatura in entrata dei ventilatori centrifughi:

- $DT = P/(Ce \cdot d \cdot Q) = (71200 + 2 \times 20500) / (1020 \times 1,2 \times (3,0 + 1,4)) = 20,8^\circ K$

Temperatura max entrata dei motori centrifughi:

- $T_{continuo} = 20,8 + 45^\circ C = 65,8^\circ C$

Temp. continua max aria in ingresso motore secondo doc 371ME01901B, pagina 11 : 82°C.

7.3. Soffiante di Lrete guasto

In caso di guasto di un ventilatore assiale, le prestazioni di trazione si ridurranno del 50% in ogni asse (per ulteriori dettagli si veda logica definita in B.20.98.701.10).

Lchop (445A)

- $445A^2 \times 103,5m\Omega = 20,5KW$
- $DT@445A = P/(Ce \cdot d \cdot Q) = 2 \times 20500 / (1020 \times 1,2 \times 3,0) = 11,1^\circ K$

Secondo Fig. 10, la portata di ogni ventilatore centrifugo sarà di 2,2 m³/s. La portata d'aria nella condotta con il ventilatore assiale in funzionamento rimane di 3m³/s. Pertanto la portata d'aria nella condotta del ventilatore guasto = $2,2 \times 2 - 3,0 = 1,4m^3/s$

Lrete (890A)

- $890A^2 \times 90m\Omega = 71,2KW$
- $DT@890A = P/(Ce \cdot d \cdot Q) = 71200 / (1020 \times 1,2 \times 1,4) = 41,5^\circ K$

Con:

d: Densità dell'aria: $1.2@45^\circ C$ Kg/m³

Ce: Calore specifico aria: 1020 J/kg.K

Q: Portata [m³/s]

Temperatura in entrata dei ventilatori centrifughi:

- $DT = P/(Ce \cdot d \cdot Q) = (71200 + 2 \times 20500) / (1020 \times 1,2 \times (1,4 + 3,0)) = 18,1^\circ K$

Temperatura max entrata dei motori centrifughi:

- $T_{continuo} = 20,8 + 45^\circ C = 65,8^\circ C$

Temp. continua max aria in ingresso motore secondo doc 371ME01901B, pagina 11 : 82°C.

7.4. Soffianti di Lrete e Lchopper guasto

Secondo la specifica funzionale B.20.98.701.10, in queste condizioni non si applicherà sforzo di trazione e frenatura elettrica su questo carrello.

Secondo Fig. 10, la portata di ogni ventilatore centrifugo sarà di $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Pertanto la portata d'aria nella condotta dei ventilatori guasto = $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Lrete) e $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (Lchopper).

- Pot max APS = 660KW (REC 400KW) secondo B.20.94.321.01
- Potenza elettrica DC/DC = $660 / 0,98 = 673 \text{ KW}$ (in caso di guasto in un'entrata dell'APS e l'altro APS isolato, ovvero 4 guasti contemporaneamente)
- Considerando tensione DClink 2,9KV:
- Corrente Lchopper = 232A
- Corrente Lrete = 232A

Lrete (232A)

- $232 \text{ A}^2 \times 90 \text{ m}\Omega = 4,8 \text{ KW}$
- $DT@232 \text{ A} = P / (C_e \cdot d \cdot Q) = 4800 / (1020 \cdot 1,2 \cdot 2,2) = 1,7^\circ \text{K}$

Lchop (232A)

- $232 \text{ A}^2 \times 103,5 \text{ m}\Omega = 5,6 \text{ KW}$
- $DT@232 \text{ A} = P / (C_e \cdot d \cdot Q) = 5600 / (1020 \cdot 1,2 \cdot 1,8) = 2,5^\circ \text{K}$

Con:

d: Densità dell'aria: $1.2 @ 45^\circ \text{C Kg/m}^3$

Ce: Calore specifico aria: 1020 J/kg.K

Q: Portata [m^3/s]

7.5. Prestazioni con treno fermo

Pot max APS = 660KW (REC 400KW) secondo B.20.94.321.01

Corrente max Lrete e Lchopper = 232A (in caso di guasto in un'entrata dell'APS e un altro APS isolato, ovvero 2 guasti contemporaneamente)

In queste condizioni, i ventilatori funzioneranno a velocità lenta (frequenza = 20Hz) secondo B.20.98.711.13. Le prestazioni in questo modo sono definite in B.20.94.311.07

Lrete (232A)

- $232 \text{ A}^2 \times 90 \text{ m}\Omega = 4,8 \text{ KW}$
- $DT@232 \text{ A} = P / (C_e \cdot d \cdot Q) = 4800 / (1020 \cdot 1,2 \cdot 1,0) = 3,9^\circ \text{K}$

Lchop (232A)

- $232 \text{ A}^2 \times 103,5 \text{ m}\Omega = 5,6 \text{ KW}$
- $DT@232 \text{ A} = P / (C_e \cdot d \cdot Q) = 5600 / (1020 \cdot 1,2 \cdot 1,0) = 4,6^\circ \text{K}$

Con:

d: Densità dell'aria: 1.2@45°C Kg/m³

Ce: Calore specifico aria: 1020 J/kg.K

Q: Portata [m³/s]

7.6. Prestazioni con treno V<30km/H

Secondo B.20.93.201, Sforzo massimo a 30Km/h = 236KN (20MIN) 159KN (CONTINUO), ovvero 59KN (20MIN), 39,75KN(CONTINUO) per motore

Secondo 371ME01901B:

- Efficienza motore: 0.94
- Efficienza riduttore: 0.975
- Efficienza invertir: 0.98
- Efficienza DCDC: 0.98

In queste condizioni, i ventilatori funzioneranno a velocità media (frequenz = 50Hz) secondo B.20.98.711.13. Le prestazioni in questo modo sono definite in B.20.94.311.07

CONTINUO:

- Potenza asse: $39,75 \cdot 30 / 3,6 = 331 \text{KW}$
- Potenza meccanica motore: $331 / 0,975 = 340 \text{KW}$
- Potenza elettrica motore = $341 / 0,94 = 361 \text{KW}$
- Potenza elettrica inverter = $361 / 0,98 = 369 \text{KW}$
- Potenza elettrica DC/DC 1= $(369 + 660) / 0,98 = 1050 \text{KW}$ (un APS in funzionamento alimenta i carichi AC e REC a piena potenza)
- Potenza elettrica DC/DC 2= $369 / 0,98 = 376 \text{KW}$
- Considerando tensione DClink 2,9KV:
- Corrente Lchopper 1 = 362A
- Corrente Lchopper 2 = 127A
- Corrente Lrete = 490A

Lrete (490A)

- $490 \text{A}^2 \times 90 \text{m}\Omega = 21,6 \text{KW}$
- $\text{DT@}330 \text{A} = P / (C_e \cdot d \cdot Q) = 21600 / (1020 \cdot 1,2 \cdot 2,0) = 8,7^\circ \text{K}$

Lchop1&2 (362A/127A)

- $362 \text{A}^2 \times 103,5 \text{m}\Omega = 13,5 \text{KW}$
- $127 \text{A}^2 \times 103,5 \text{m}\Omega = 1,7 \text{KW}$
- $\text{DT@}365 / 127 \text{A} = P / (C_e \cdot d \cdot Q) = (13500 + 1700) / (1020 \cdot 1,2 \cdot 2,0) = 6,1^\circ \text{K}$

Con:

d: Densità dell'aria: 1.2@45°C Kg/m³

Ce: Calore specifico aria: 1020 J/kg.K

Q: Portata [m³/s]

Temperatura in entrata dei ventilatori centrifughi:

- $DT = P / (Ce \cdot d \cdot Q) = (21600 + 13500 + 1700) / (1020 \cdot 1,2 \cdot 2,0) = 7,4^{\circ}K$

Temperatura max entrata dei motori centrifughi:

- $T_{\text{continuo}} = 7,4 + 45^{\circ}C = 52,4^{\circ}C$

Temp. continua max aria in ingresso motore secondo doc 371ME01901B, pagina 11 : 82°C.

20MIN

- Potenza su asse: $39,75 \cdot 30 / 3,6 = 491KW$
- Potenza meccanica motore: $491 / 0,975 = 503KW$
- Potenza elettrica motore = $503 / 0,94 = 535KW$
- Potenza elettrica inverter = $535 / 0,98 = 546KW$
- Potenza elettrica DC/DC = $(546 + 660) / 0,98 = 1230KW$
- Potenza elettrica DC/DC = $546 / 0,98 = 557KW$
- Considerando tensione DClink 2,9KV:
- Corrente Lchopper 1 = 424A
- Corrente Lchopper 2 = 192A
- Corrente Lrete = 616A

Lrete (616A)

- $616A^2 \times 90m\Omega = 34,1KW$
- $DT@616A = P / (Ce \cdot d \cdot Q) = 34100 / (1020 \cdot 1,2 \cdot 2,0) = 14^{\circ}K$

Lchop1&2 (424A/192A)

- $424A^2 \times 103,5m\Omega = 18,6KW$
- $192A^2 \times 103,5m\Omega = 3,8KW$
- $DT@424/192A = P / (Ce \cdot d \cdot Q) = (18600 + 3800) / (1020 \cdot 1,2 \cdot 2,0) = 9,1^{\circ}K$

Con:

d: Densità dell'aria: 1.2@45°C Kg/m³

Ce: Calore specifico aria: 1020 J/kg.K

Q: Portata [m³/s]

Temperatura in entrata dei ventilatori centrifughi:

- $DT = P / (Ce \cdot d \cdot Q) = (34100 + 18600 + 3800) / (1020 \cdot 1,2 \cdot 2,0) = 11,5^{\circ}K$



DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI VENTILAZIONE MOTORI DI TRAZIONE E INDUTTANZA DI FILTRO

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.210.00

EDIZIONE: B

Pag. 19 di 20

Temperatura max entrata dei motori centrifughi:

- $T_{\text{continuo}} = 11,5 + 45^{\circ}\text{C} = 56,5^{\circ}\text{C}$

Temp. continua max aria in ingresso motore secondo doc 371ME01901B, pagina 11 : 82°C.

I ventilatori passeranno a funzionare a piena potenza (a 60Hz) quando la velocità supera i 30km/h o la temperatura del motore raggiunge un valore elevato secondo la specifica funzionale B.20.98.711.13



DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI VENTILAZIONE MOTORI DI TRAZIONE E INDUTTANZA DI FILTRO

LOCOMOTIVA E401

CODICE: B.20.93.210.00

EDIZIONE: B

Pag. 20 di 20

8. RISULTATI

Secondo i calcoli, la capacità del sistema di raffreddamento del motore di trazione e induttanze di filtro è idonea.