



Consiglio Nazionale delle Ricerche



STEMS

**Istituto di Scienze e Tecnologie per
l'Energia e la Mobilità Sostenibili**

Attività di configurazione di un sistema di controllo per un banco freno dinamico da laboratorio

Clemente Capasso, Ivano Falco, Antonio Rossi

Rapporto Tecnico 3/2024

Pagina intenzionalmente vuota

Istituto di Scienze e Tecnologie per l'Energia e la Mobilità Sostenibili

Attività di configurazione di un sistema di controllo per un banco freno dinamico da laboratorio

a cura di:

Clemente Capasso, Ivano Falco, Antonio Rossi

RAPPORTO TECNICO - STEMS – CNR
Anno 2024, N° 3

STEMS – CNR
Istituto di Scienze e Tecnologie per l'Energia e la Mobilità Sostenibili

Direzione
Via Guglielmo Marconi, 4
80125, Napoli
Tel. (39) 081.7177.111
Fax (39) 081.2396.097

Redazione
Piazzale V. Tecchio, 80
80125, Napoli
Tel. (39) 081.768.2540
Fax (39) 081.768.2262

Rapporto terminato nel mese di aprile 2024

Copyright ©, aprile 2024, STEMS - CNR

Tutti i diritti riservati. Parti di questo rapporto possono essere riprodotte previa autorizzazione citando la fonte.

All rights reserved. Parts of this paper may be reproduced with the permission of the author(s) and quoting the source.

Pagina intenzionalmente vuota

Rapporto Tecnico

Attività di configurazione di un sistema di controllo per un banco freno dinamico da laboratorio

C. Capasso ¹, I. Falco ², A. Rossi ¹.

- ANNO 2024 -

¹ Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze e Tecnologie per l'Energia e la Mobilità Sostenibili (STEMS).

² Università degli Studi di Napoli Federico II.

Sommario

1. Introduzione	3
2. Analisi Strumentazione Laboratorio	4
2.1 Sistema di Propulsione Ansaldo	4
2.2 Sistema di Alimentazione ITECH.....	9
2.3 Freno Dinamico	10
2.4 Sistema di Misura	12
2.5 Trasmissione Meccanica	14
2.6 Sistema di Acquisizione/Comando Remoto National Instruments:	15
3. Segnali di Misura e di Controllo.....	17
3.1 Connessioni Azionamento ABB e Devices C-Rio	17
3.2 Connessioni per il Comando Manuale dell’Azionamento Ansaldo	19
3.3 Abilitazione Comando Remoto Azionamento Ansaldo	21
3.4 Sistema di Controllo del Banco Freno Dinamico	23
4. Caratterizzazione Motore Elettrico Ansaldo	24
5. Conclusioni	26

1. Introduzione

Negli ultimi anni, l'industria automobilistica sta investendo sulla ricerca e sviluppo di soluzioni di mobilità su strada più pulite ed efficienti. Questa ricerca è motivata da una crescente sensibilizzazione alle questioni che riguardano l'inquinamento ambientale ed alla progressiva diminuzione delle risorse petrolifere disponibili. In questo contesto i veicoli elettrici contribuiscono alla riduzione della dipendenza dai combustibili fossili, migliorando la qualità dell'aria e contrastando l'inquinamento ambientale. Tuttavia, l'avanzamento nello sviluppo tecnologico di tali veicoli si confronta con diverse sfide ancora in corso, principalmente legate alle prestazioni dei sistemi di accumulo elettrochimico, in termini sia di autonomia che di capacità di carica/scarica. Al fine di analizzare tali prestazioni in condizioni di funzionamento dinamico, è opportuno svolgere attività sperimentali preliminari con sistema di propulsione elettrico al banco freno, che opera in condizioni operative rappresentative del suo funzionamento su veicolo. A tal riguardo, in questo documento sono riportate le attività, svolte nel laboratorio C1 del CNR STEMS di Napoli, di configurazione di un sistema di controllo, basato su sistemi National Instruments, per propulsori elettrici al banco freno dinamico. L'obiettivo principale di tali attività ha riguardato la configurazione hardware e software per il controllo dei test in laboratorio sul comportamento di un veicolo elettrico sottoposto a cicli di guida standard. La prima fase del lavoro ha coinvolto l'analisi e la raccolta dei dati relativi a tutti i dispositivi che compongono il sistema di propulsione. Successivamente, è stata eseguita la mappatura ed il ripristino dei collegamenti tra il sistema di controllo, il sistema di propulsione e il sistema di misura. Inoltre, sono stati implementati nuovi collegamenti per abilitare il controllo da remoto del banco. Queste operazioni hanno consentito l'implementazione di test sperimentali sia in regime stazionario che su cicli guida dinamici.

2. Analisi Strumentazione Laboratorio

Il sistema di propulsione elettrica installato nel laboratorio C1 del CNR STEMS (NA) è caratterizzato da un azionamento elettrico Ansaldo connesso meccanicamente ad un freno dinamico, tramite un sistema di trasmissione (Figura 1). Il sistema Ansaldo è connesso elettricamente ad un sistema di alimentazione bidirezionale da 54 kW fornito da ITECH, che agisce come battery simulator. La macchina asincrona del freno è a sua volta alimentata e controllata da un dispositivo ABB bidirezionale, in grado di far lavorare la macchina sia da motore che da generatore. La velocità e la coppia all'albero dove è calettato il gruppo freno sono costantemente monitorati tramite un encoder e un torsionometro. Per simulare il comportamento di un veicolo elettrico sottoposto a diverse condizioni di guida, è implementato un sistema di controllo dell'intero banco tramite moduli National Instruments. Questi dispositivi consentono sia di acquisire dati forniti da encoder e torsionometro che di inviare segnali ai driver per il controllo. Si riporta di seguito un'analisi dei principali componenti che caratterizzano il banco prova.

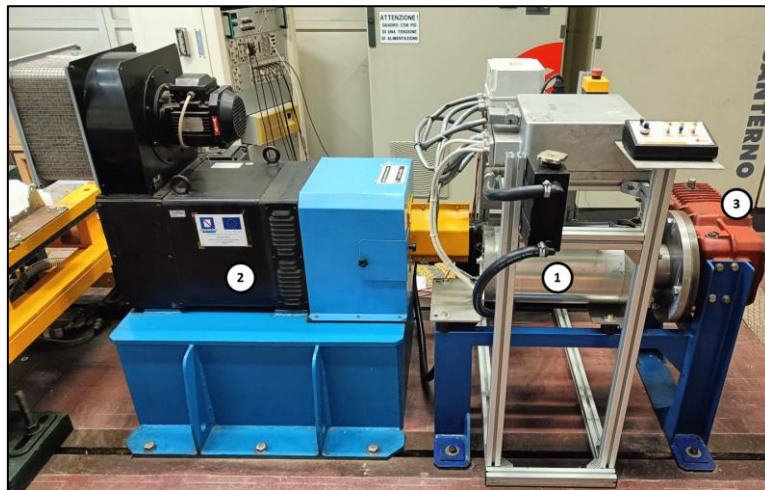


Figura 1 - Banco Freno Dinamico: (1) Motore Elettrico Ansaldo, (2) Freno Dinamico, (3) Trasmissione Meccanica.

2.1 Sistema di Propulsione Ansaldo

Il sistema di propulsione Ansaldo è composto da:

- Motore trifase asincrono da 30 kW nominali (60 kW di picco)
- Convertitore elettronico bidirezionale IGBT
- Sistema di raffreddamento a liquido
- Sistema interno di controllo

Un'immagine del motore elettrico Ansaldo è riportata in Figura 2.



Figura 2 - Motore Elettrico Trifase Ansaldo

Il motore è una macchina asincrona trifase con avvolgimenti rotorici a gabbia di scoiattolo. Tale taglia di motore elettrico è generalmente impiegata in Minivan ad uso urbano di piccola taglia. Le specifiche tecniche del motore sono riportate in Tabella 1.

Tabella 1 - Specifiche Tecniche Motore Ansaldo

Componente	MOTORE ELETTRICO
Targhetta	A2H 207 C44 G
Specifiche Tecniche	
Tipologia	Motore ad Induzione
N. fasi	3
N. poli	4
Coppia	130 Nm
Max coppia a 2300 rpm	260 Nm
Intervallo di velocità a coppia costante	0 ÷ 2200 rpm
Intervallo di potenza a coppia costante	2200 ÷ 9000 rpm
Velocità massima	1000 rpm
Potenza S1	30 kW
Potenza di picco	60 kW
Classe di isolamento	H
Safety class	IP56
Dimensioni	400 x 240 mm
Peso	80 kg

Le curve caratteristiche del motore sono riportate in Figura 3. Il primo grafico rappresenta la potenza elettrica espressa in kW in funzione della velocità di rotazione del motore in rpm . Il secondo grafico rappresenta la coppia motrice espressa in Nm in funzione della velocità di rotazione del motore in rpm . In entrambi i casi i valori in linea continua rappresentano le grandezze nominali, valutate in servizio continuativo S1, mentre i valori in linea tratteggiata fanno riferimento ai valori in servizio S2.

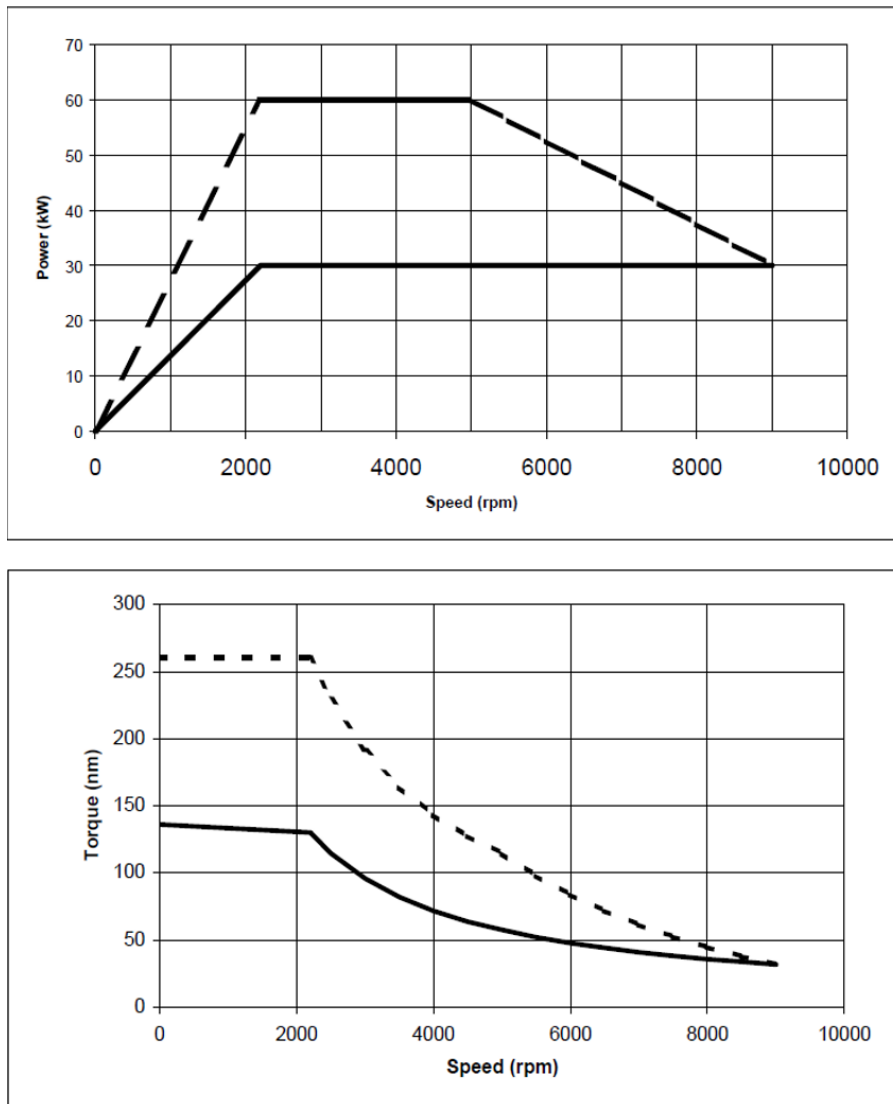


Figura 3 - Curve Caratteristiche del Motore Ansaldo

L'inverter di alimentazione della macchina asincrona è di tipo bidirezionale ed è basato su tecnologia IGBT (Figura 4). L'inverter, a partire dalla tensione continua sul DC-Link in uscita dal sistema di alimentazione ITECH, genera tensione elettrica trifase in alternata per l'alimentazione ed il controllo del motore elettrico. L'inverter è provvisto di un'unità di controllo esterna che permette la regolazione in coppia del motore elettrico attraverso segnali di tensione 0-5 V. L'inverter è fornito anche di sensori dedicati alle misure elettriche e termiche, in particolare, sono presenti due trasduttori ad effetto Hall che misurano le correnti delle fasi del motore elettrico e una termocoppia che misura la temperatura dell'avvolgimento del motore.



Figura 4 - Convertitore Elettronico Ansaldo

In Tabella 2 sono riportate le specifiche tecniche dell'inverter Ansaldo.

Tabella 2 - Specifiche Tecniche Convertitore Ansaldo

Componente	CONVERTITORE ELETTRONICO
Targhetta	12H 130 HG 000
Specifiche Tecniche	
Tipo	IGBT
Tensione	190 ÷ 380 V (1)
Max input corrente	280 A
Max AC corrente	400 A
Modulazione	PWM
Max Frequenza	400 Hz
Frequenza di Switching	4 kHz
Controllo	Microprocessore
Safety class	IP 56
Dimensioni	410 x 340 x 138 mm (2)
Peso	14 kg

Il sistema di raffreddamento del gruppo di propulsione Ansaldo è un sistema a liquido, costituito da una pompa idraulica e da un radiatore. Questo sistema permette al motore, mediante l'impiego di una miscela di acqua e glicole, di operare nell'intervallo di temperatura ottimale, evitando surriscaldamenti (Figura 5).

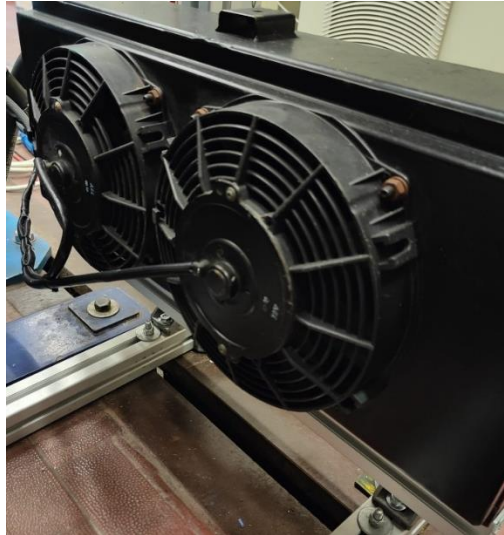


Figura 5 - Sistema di Raffreddamento del Motore Ansaldo

Il sistema di propulsione Ansaldo può essere controllato manualmente attraverso un pannello di controllo esterno (Figura 6). Questa interfaccia è composta da diversi comandi manuali che permettono l'attivazione del sistema, la selezione della marcia (avanti o indietro), la regolazione della coppia tramite un potenziometro e l'abilitazione del freno.



Figura 6 - Pannello di Controllo

Una rappresentazione a blocchi dei componenti del gruppo di propulsione Ansaldo appena descritti è rappresentata in Figura 7.

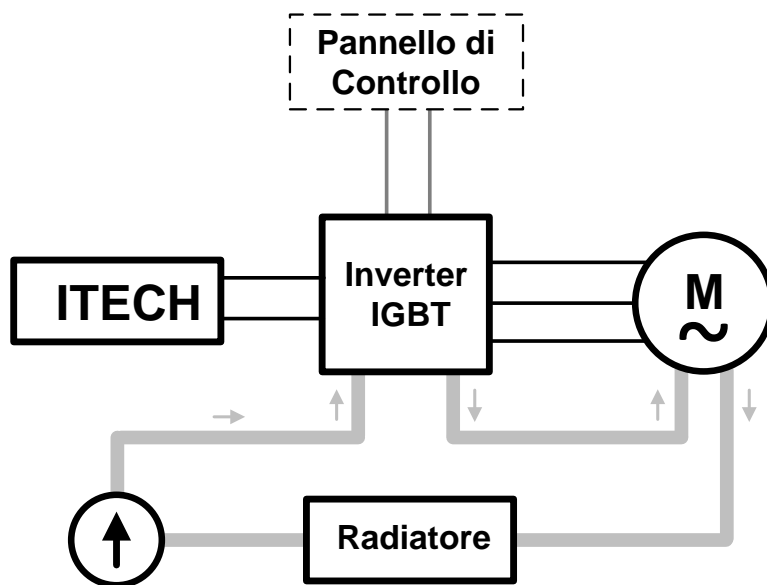


Figura 7 - Gruppo Propulsione Ansaldo

2.2 Sistema di Alimentazione ITECH

Il sistema di propulsione Ansaldo è alimentato tramite tre alimentatori bi-direzionali IT6018C collegati in parallelo e mostrati in Figura 8. La potenza massima erogabile da questi dispositivi è di 18 kW con valore di corrente massimo pari 120 A. Questi dispositivi, essendo programmabili, sono in grado di emulare il funzionamento di una vasta gamma di batterie.



Figura 8 - ITECH Bi-directional Power Supply

Si riportano in Tabella 3 le specifiche tecniche del sistema ITECH.

Tabella 3 - Specifiche Tecniche Sistema ITECH

IT6018C-500-120	
Tensione	0~500V
Corrente	-120~120A
Potenza	-18000~18000W
Resistenza	0~1Ω
Fattore di Potenza	0.99
Setup Resolution	
Tensione	0.01V
Corrente	0.01A
Potenza	0.001kW
Resistenza	0.01Ω

2.3 Freno Dinamico

Il banco freno è costituito da:

- Motore elettrico trifase TETRAVEC 200L2
- Convertitore elettronico ABB
- Sistema di raffreddamento ad aria



Figura 9 - Freno Dinamico ABB

Le specifiche tecniche del motore sono riportate in Tabella 4. In questa applicazione, il motore agisce come carico dinamico controllabile simulando le forze resistenti che agiscono sul veicolo, come quelle aerodinamiche o di attrito.

Tabella 4 - Specifiche Tecniche Motore Tetravec

Componente	MOTORE ELETTRICO
Nome	TETRAVEC 200L.2
Specifiche Tecniche	

Modello	200L. 2
Tensione Nom.	400 V
r.p.m. Nom.	1080 rpm
r.p.m. Max	5200 rpm
Frequenza Max	260 Hz
Coppia S1	815 Nm
Potenza S1	92 kW
Corrente S1	117 A
Frequenza S1	55 Hz
Fattore di Potenza	Cos ϕ 0.83

Il motore Tetravec è gestito tramite il drive ABB ACS880-17 riportato in Figura 10. L'ABB ACS880-17 è un drive con funzionalità rigenerativa. In particolare, durante le fasi rigenerative, l'energia di frenatura del motore viene restituita al drive e distribuita alla rete di alimentazione con *active power factor correction* (APFC).



Figura 10 – Drive ABB ACS880-17

Le specifiche tecniche del dispositivo sono riportate in Tabella 5.

Tabella 5 - Specifiche Tecniche Drive ABB

Dati tecnici	
Numero di fasi	3
Grado di protezione	IP 22

Tipo di involucro NEMA	Type 1
Altitudine	1000 m
Fattore di potenza	1
Livello acustico dB (A)	77 db (A)
Informazioni su batterie multiple	Lithium Coin, CR2032, 2pcs, 3V, 220mAh, 6g
Frequenza (f)	48... 63 Hz
Dimensioni telaio	R11
Tensione d'ingresso (U _{in})	380... 415 V
Ingressi analogici	2
Uscite analogiche	2
Numero di ingressi/uscite digitali	7/5
Corrente di uscita, uso heavy-duty (HD)	246 A
Corrente di uscita, uso sovraccarico leggero (ILD)	278 A
Corrente di uscita, uso normale (I _n)	293 A
Potenza di uscita, uso heavy-duty (PHD)	132 kW
Potenza di uscita, uso sovraccarico leggero (PLD)	160 kW
Potenza di uscita, uso normale (P _n)	160 kW

2.4 Sistema di Misura

Per monitorare le dinamiche del sistema durante le simulazioni e i test, sono installati un encoder ed un torsiometro. Questi dispositivi forniscono rispettivamente dati precisi sulla velocità di rotazione e sulla coppia generata sull'albero dove è calettato il motore TETRAVEC 200L2.

L'encoder (Figura 11) rileva le variazioni del campo magnetico generate da un magnete calettato sull'albero rotante. Queste variazioni vengono catturate dai sensori magnetici dell'encoder e convertite in segnali elettrici che indicano la posizione e il movimento dell'albero. L'encoder ha la capacità di determinare la posizione assoluta dell'albero in ogni istante, senza la necessità di un riferimento di partenza. Questo significa che può fornire informazioni precise sulla posizione dell'albero senza dover passare attraverso una procedura di inizializzazione o calibrazione.

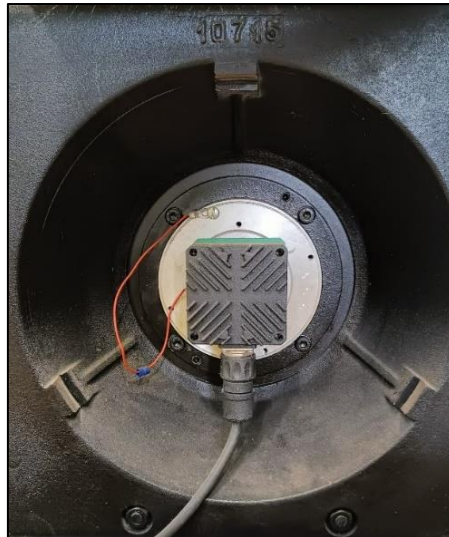


Figura 11 - Encoder

Le specifiche tecniche dell'encoder sono riportate in Tabella 6.

Tabella 6 - Specifiche Tecniche Encoder

Dati tecnici	
Numero di periodi seno/coseno per rivoluzione	1.024
Numero totale di passi via RS 485	Singolo SRS 32.768
Non linearità Integrale	± 45 secondi angolari
Velocità di lavoro*)	6.000 giri/min
Intervallo di temperatura di lavoro	$-30^{\circ}\text{C} \dots +115^{\circ}\text{C}$
Intervallo di tensione operativa	7 ... 12 V
Specifiche di sicurezza secondo EN ISO 13849	

Il torsionmetro (Figura 12) utilizza un disco a fenditure metallico e una sorgente di luce infrarossa per misurare la coppia all'albero su cui è installato. Quando il disco a fenditure viene sottoposto a torsione, le fenditure nel disco si spostano rispetto alla sorgente di luce. Questo cambiamento nell'allineamento delle fenditure influenzerà la quantità di luce infrarossa che raggiunge un rilevatore di luce posto sul lato opposto del disco. Il rilevatore di luce converte quindi questo segnale luminoso in una misura dell'angolo di torsione dell'albero e il sistema di elaborazione può quindi calcolare la coppia applicata sull'albero.



Figura 12 - Torsiometro T10F

Le specifiche tecniche del torsiometro sono riportate in Tabella 7.

Tabella 7 - Specifiche Tecniche Torsiometro T10F

Dati tecnici	
Tipo	T10F/FS
Classe di precisione	0.1
Sistema di misura della coppia	
Coppia nominale M _{nom}	500 Nm
Sensibilità nominale (campo del segnale nominale fra coppia = zero e coppia nominale)	
Uscita in frequenza	5 kHz
Uscita di tensione	10 V
Tolleranza della sensibilità (deviazione delle caratteristiche di uscita effettive a M _{nom} del campo del segnale nominale)	
Uscita in frequenza	±0,1 %
Uscita di tensione	±0,2 %
Segnale di uscita con coppia = zero	
Uscita in frequenza	10 kHz
Uscita di tensione	0 V
Segnale nominale di uscita	
Uscita in frequenza	
con coppia nominale positiva	15 kHz (5 V simmetrico/12 V asimmetrico)
con coppia nominale negativa	5 kHz (5 V simmetrico/12 V asimmetrico)
Uscita di tensione	
con coppia nominale positiva	+10 V
con coppia nominale negativa	-10 V

2.5 Trasmissione Meccanica

Il motore elettrico Ansaldo è meccanicamente connesso al freno dinamico ABB tramite un organo di trasmissione meccanica MORA (Figura 13) tipo: CVENO24P2B, caratterizzato da un rapporto di trasmissione $\tau = \frac{1}{3}$.

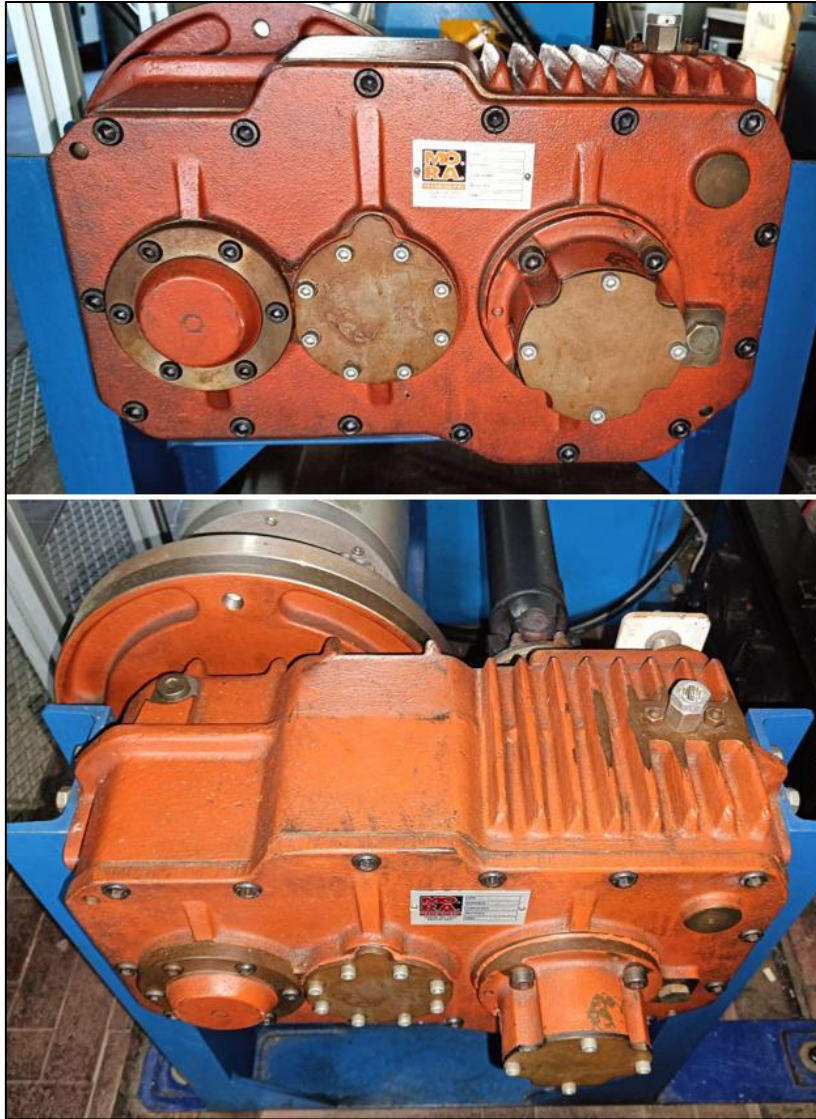


Figura 13 - Trasmissione Meccanica

2.6 Sistema di Acquisizione/Comando Remoto National Instruments:

Il sistema di acquisizione e controllo è basato su una piattaforma National Instruments C-Rio 9039. I moduli installati sul sistema sono NI 9220, NI 9264 e NI 9375 (Figura 14).

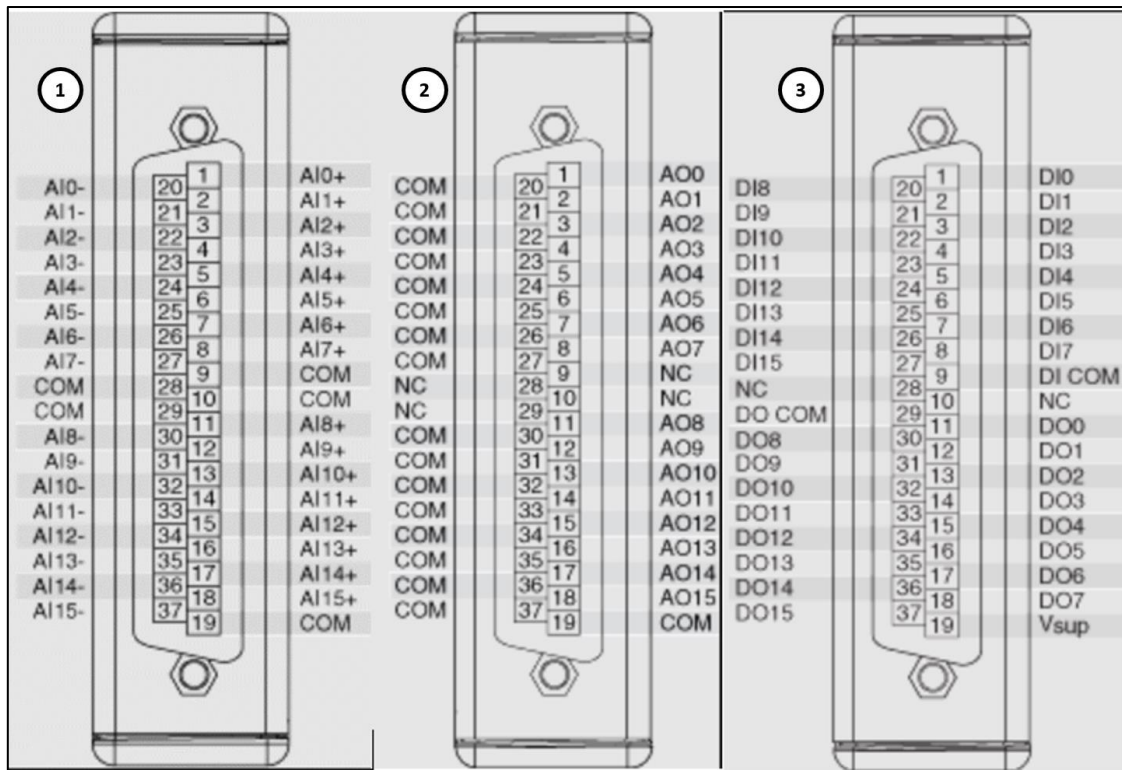


Figura 14 - Devices National Instruments: (1) NI-9220, (2) NI-9264, (3) NI-9375

Il dispositivo National Instruments NI 9220 è un modulo di acquisizione dati progettato per convertire segnali analogici provenienti da sensori e altri dispositivi elettronici in segnali digitali elaborabili da un computer. Il modulo è dotato di 16 canali di ingresso analogici consentendo di acquisire dati da diverse sorgenti o sensori contemporaneamente. La frequenza di campionamento massima supportata dal dispositivo è di 100 kS/s (kilo campioni al secondo). Il dispositivo National Instruments NI 9264 è progettato per convertire segnali provenienti da un computer o da un sistema di controllo in segnali analogici utilizzabili da dispositivi esterni. Questo modulo dispone di 16 canali di uscita analogici, che consentono di generare segnali analogici indipendenti su più canali contemporaneamente, utilizzando un convertitore digitale-analogico (DAC) con una risoluzione di 16 bit. Il modulo è in grado di generare segnali analogici in un intervallo di tensione ± 10 V. Il dispositivo National Instruments NI 9375 è un modulo che offre funzionalità di input/output digitale con 32 canali, di cui 16 sono dedicati all'input digitale e 16 all'output digitale. Il range di tensione per i segnali di input va da 0 VDC a 30 VDC. Il segnale di input è considerato OFF se la tensione di input è ≤ 5 V, ed è considerato ON se la tensione di input è ≥ 10 V.

3. Segnali di Misura e di Controllo

Nel seguente capitolo sono riportati i passaggi per la riconfigurazione del sistema di controllo del banco freno dinamico. Inizialmente sono studiate e mappate le connessioni già presenti per il comando da remoto dell'azionamento ABB tramite device C-rio. Successivamente è stato analizzato il pannello di controllo manuale del motore elettrico Ansaldo. Infine, sono state realizzate nuove connessioni per l'abilitazione del controllo del motore Ansaldo tramite devices CRio (Figura 15).

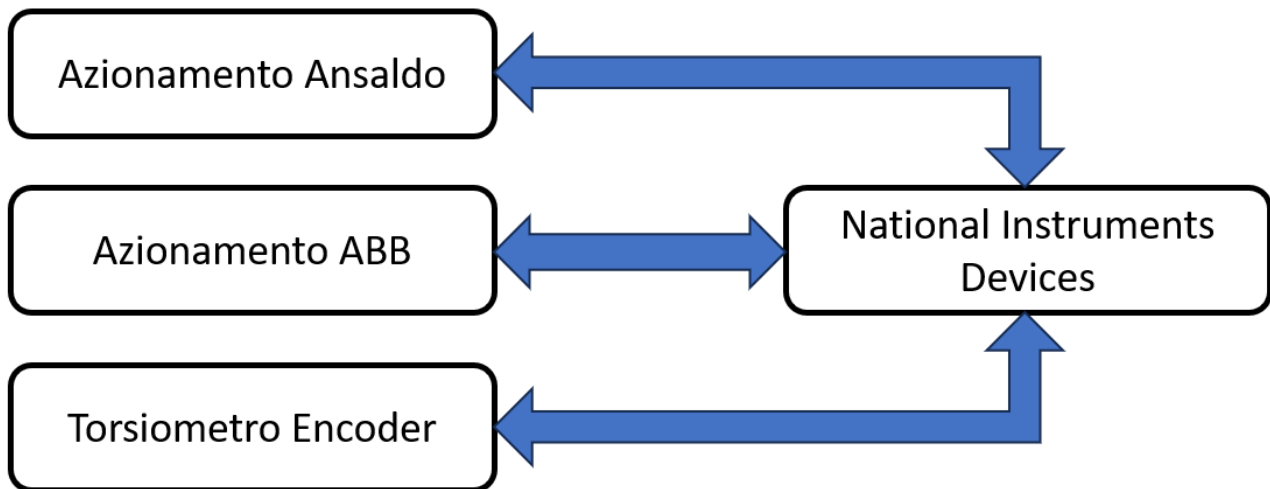


Figura 15 - Connessioni dei Segnali di Misura e di Controllo

3.1 Connessioni Azionamento ABB e Devices C-Rio

In Figura 16 sono rappresentate le connessioni di segnali tra il driver ABB e i dispositivi C-Rio. Queste connessioni consentono ai dispositivi C-Rio di controllare via software il gruppo freno dinamico.

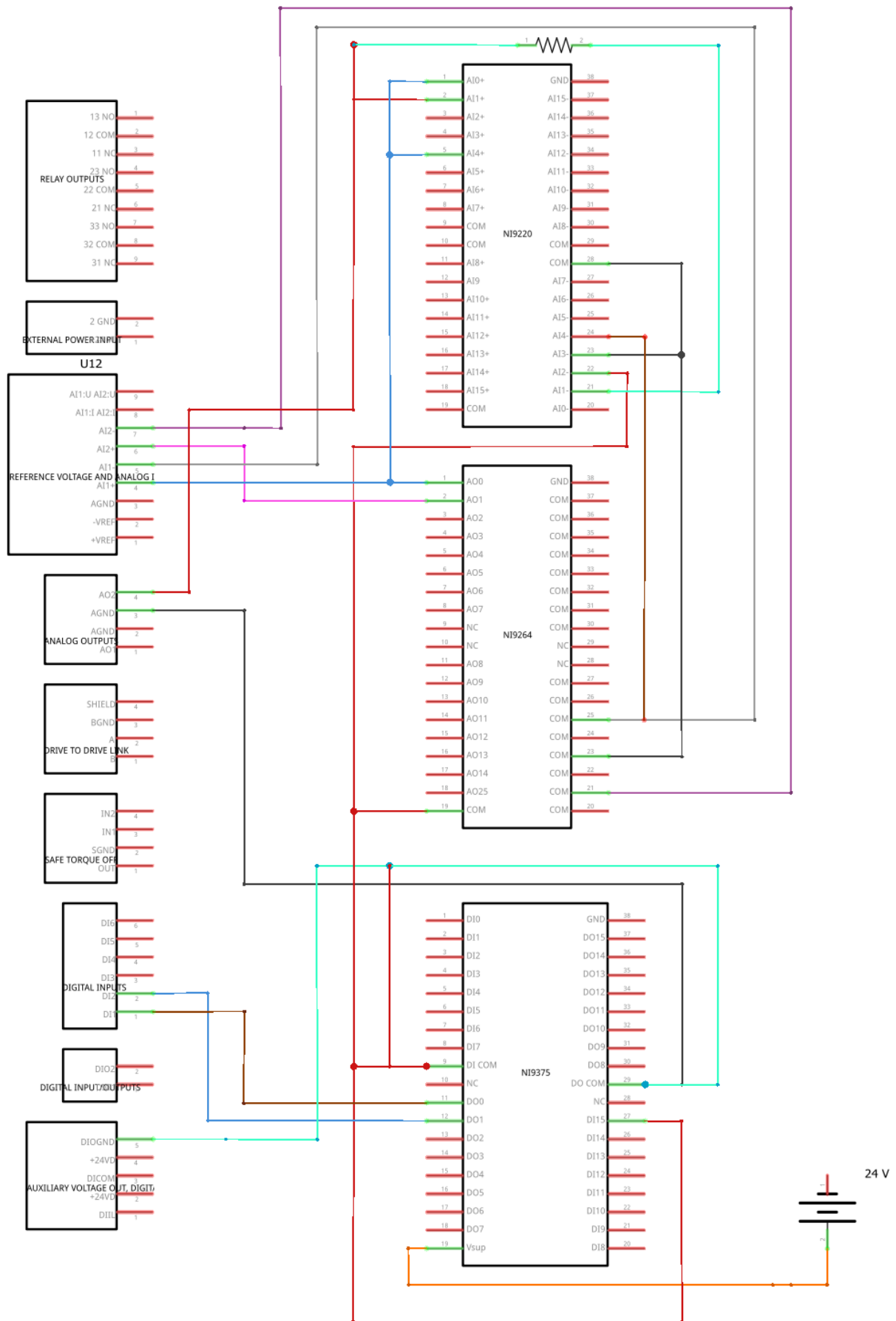


Figura 16 - Conessioni ABB - Crio Devices

3.2 Connessioni per il Comando Manuale dell’Azionamento Ansaldo

Il pannello di controllo Ansaldo permette il comando manuale del motore elettrico. Il pannello è connesso ad una morsettieria che fa da tramite per il connettore 37Pin dell’inverter (Figura 17).

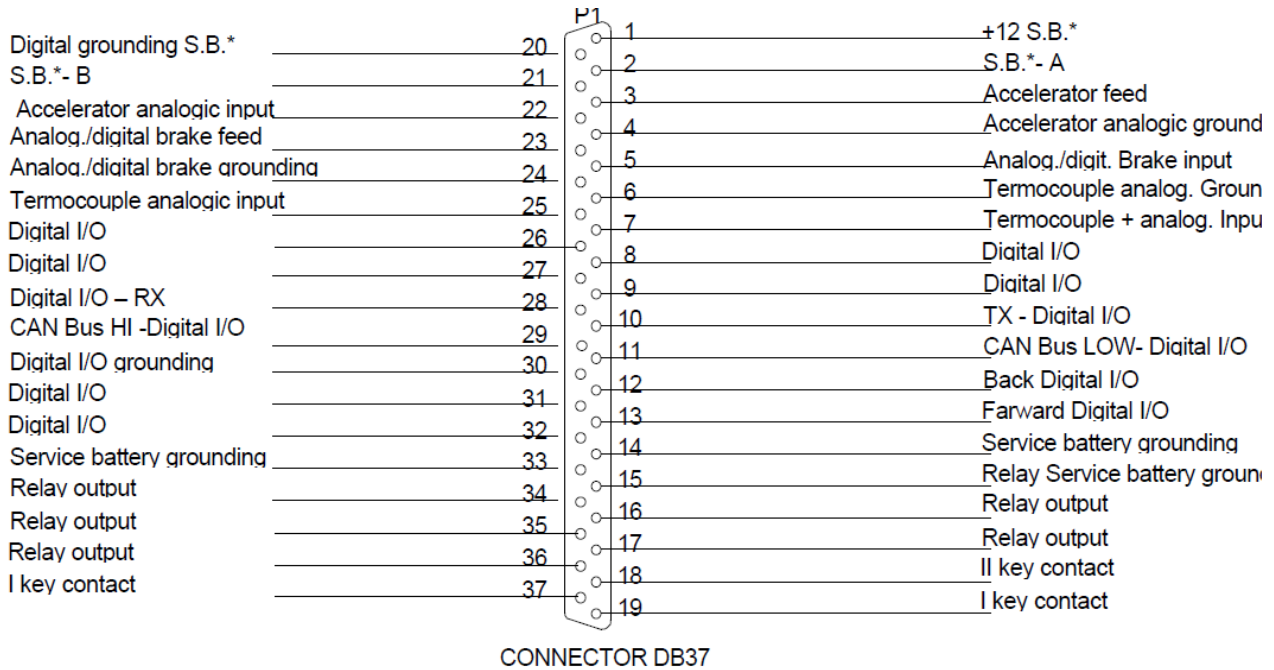


Figura 17 - Connettore 37 Pin Inverter

Le connessioni per il comando manuale del sistema Ansaldo tramite il pannello di controllo sono mostrate in Figura 18.

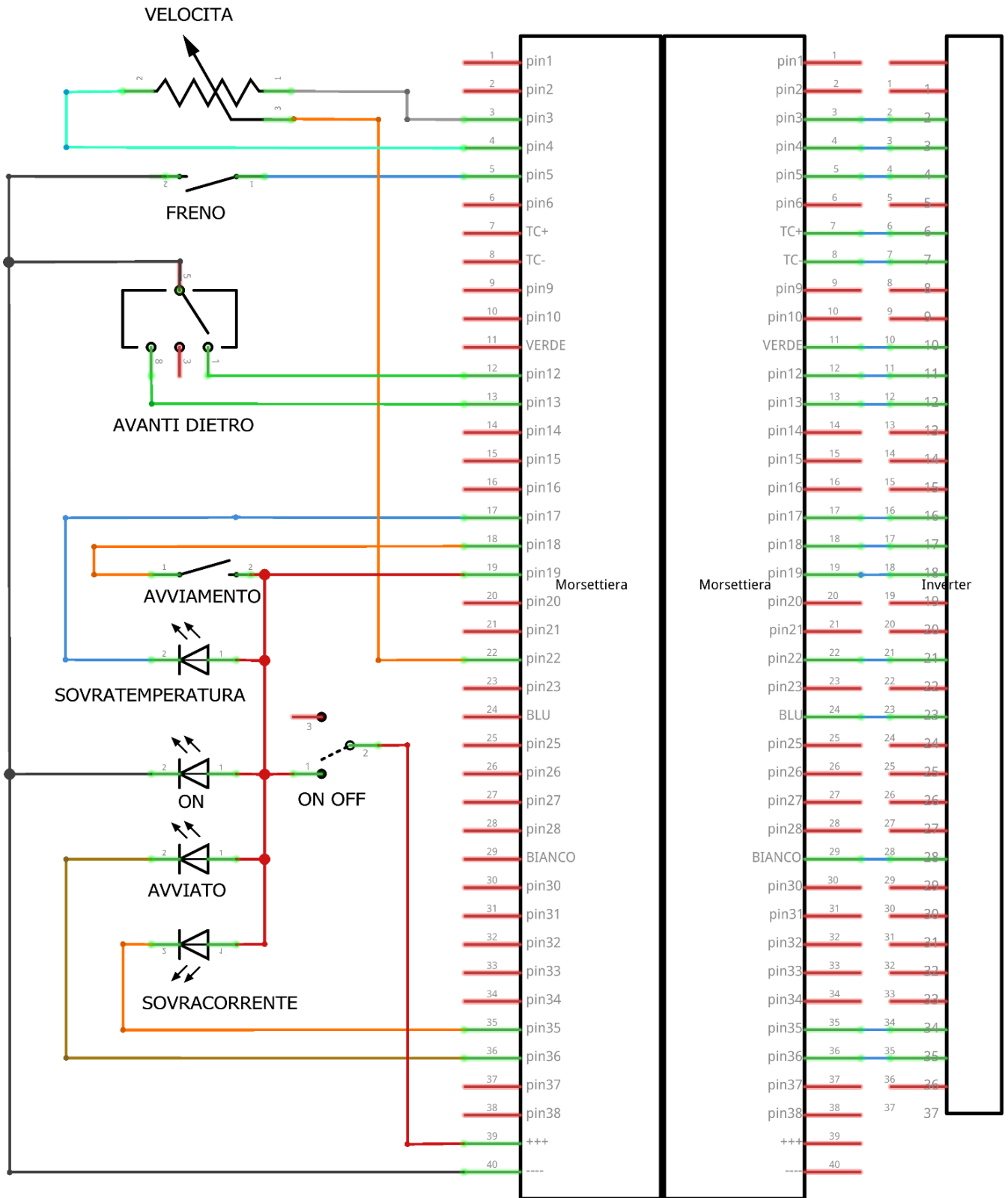


Figura 18 - Comando Manuale Ansaldo

3.3 Abilitazione Comando Remoto Azionamento Ansaldo

Nel seguente paragrafo sono mostrate le operazioni effettuate per l'abilitazione del controllo da remoto del gruppo di propulsione elettrica Ansaldo tramite devices C-Rio. Per il controllo da remoto del sistema Ansaldo sono stati abilitati tre segnali distinti in parallelo ai comandi manuali presenti sul pannello di controllo:

1. Un segnale digitale per l'accensione del motore, in parallelo all'interruttore ON-OFF.
2. Un segnale analogico per la regolazione della coppia, in parallelo al potenziometro.
3. Un segnale digitale per l'attivazione del freno, in parallelo al pulsante freno.

1. Accensione

Per l'attivazione remota del Sistema Ansaldo, è stato utilizzato il segnale di output digitale proveniente dalla scheda National 9375, in grado di erogare una tensione di 24 V. La procedura è la seguente: un relè è collegato in parallelo con l'interruttore ON-OFF del pannello di controllo. Il polo positivo del relè è collegato al canale DO 13 della scheda NI9375, mentre il polo negativo è collegato al canale DOCOM. Quando il comando viene attivato tramite il software, una tensione di 24 V viene fornita ai terminali del relè, attivando così il sistema.

2. Regolazione Coppia

Per abilitare la regolazione da remoto della coppia del motore Ansaldo, è stato utilizzato il segnale di output analogico proveniente dalla scheda National 9264, posizionato tra i canali AO5 e COM. Questo segnale è in grado di regolare la tensione di uscita nell'intervallo compreso tra 0 a 10 V. Tuttavia, il segnale di tensione per la regolazione del motore Ansaldo deve essere compreso nell'intervallo tra 0 a 5 volt. Per regolare il segnale di tensione da 0-10 V a 0-5 V, è stato implementato un partitore di tensione composto da due resistenze da 1 kOhm collegate in serie.

3. Freno

Per l'attivazione remota del sistema frenante Ansaldo, è stato utilizzato il segnale di output digitale proveniente dalla scheda National 9375, in grado di erogare una tensione di 24 V. La procedura è la seguente: un relè è collegato in parallelo con il pulsante freno del pannello di controllo. Il polo positivo del relè è collegato al canale DO 9 della scheda NI9375, mentre il polo negativo è collegato al canale DOCOM. Quando il comando viene attivato tramite il software, una tensione di 24 V viene fornita ai terminali del relè, attivando il sistema frenante.

Nella Figura 19, viene fornito lo schema dettagliato delle connessioni implementate.

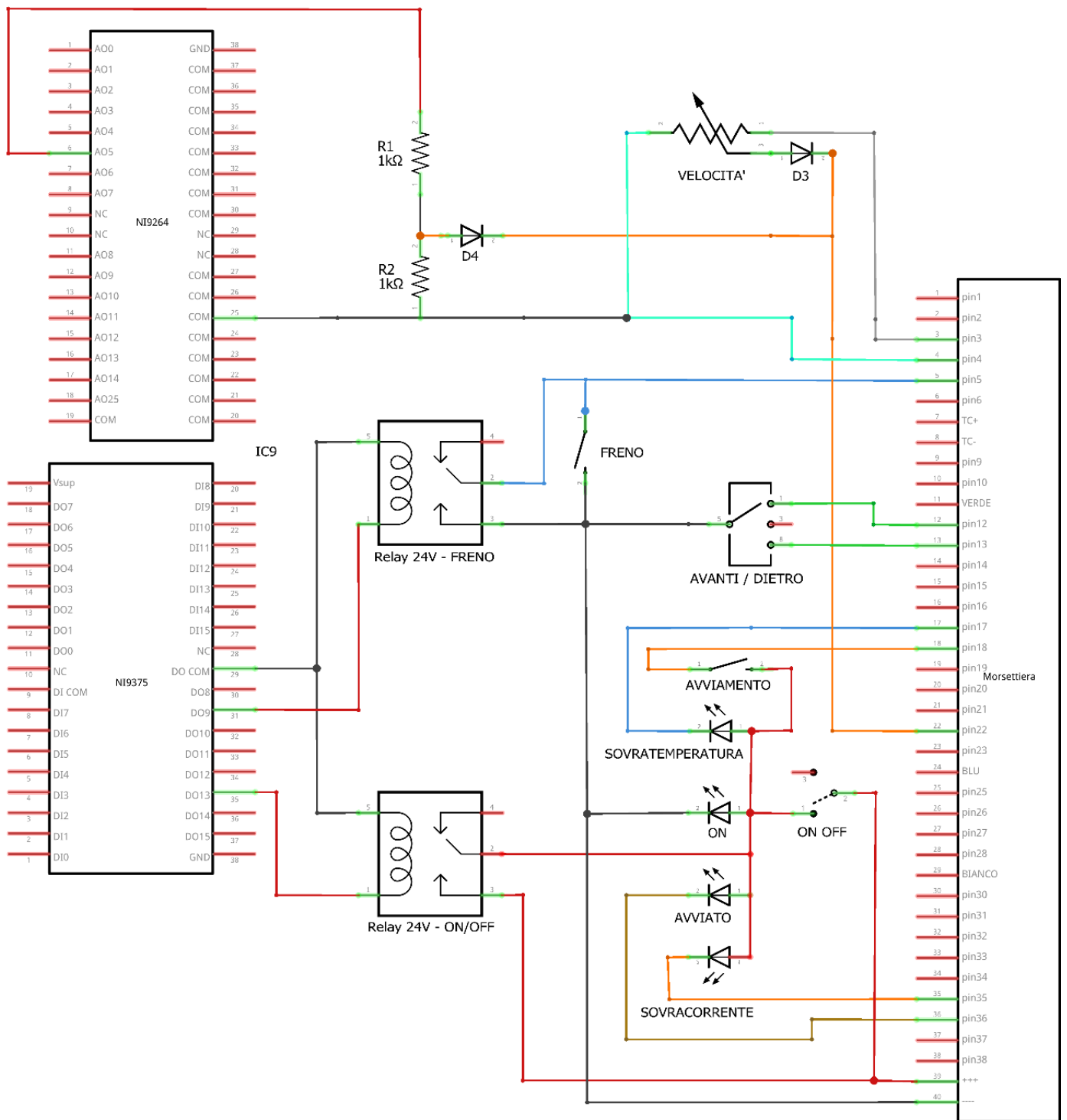


Figura 19 - Connessioni Sistema Ansaldo - Crio Devices

I cavi provenienti dalle varie attrezzature elettroniche sono stati organizzati all'interno di un pannello di segnali elettrici a muro Figura 20.

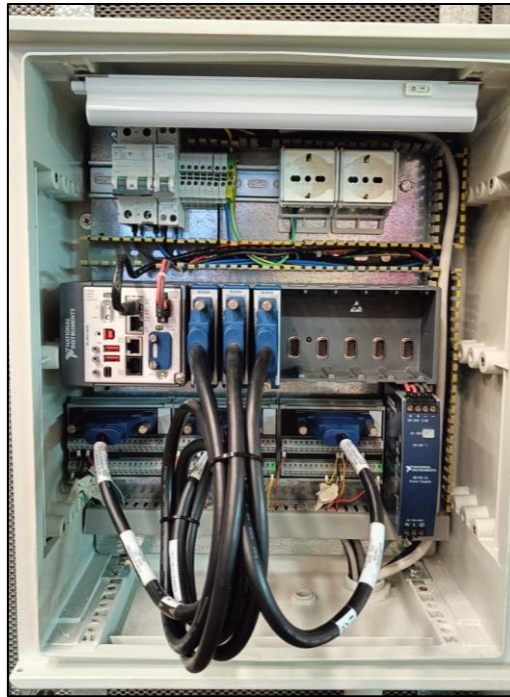


Figura 20 - Pannello di Segnali Elettrici

3.4 Sistema di Controllo del Banco Freno Dinamico

Lo schema a blocchi che rappresenta il sistema di controllo del gruppo di propulsione è mostrato in Figura 21. Il riferimento del controllo può essere la velocità o la coppia del motore, questo parametro viene confrontato con quello misurato dai sensori per determinare l'errore istantaneo. L'errore viene fornito in input al controllore per regolare dinamicamente il segnale di velocità/coppia da fornire al motore elettrico, garantendo l'inseguimento del riferimento. L'interfaccia software che permette tale controllo è mostrata in Figura 22.

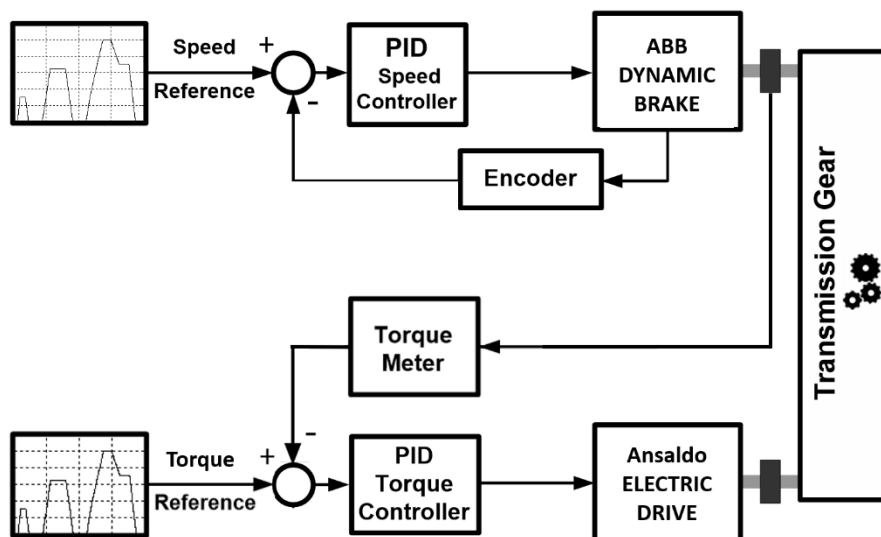


Figura 21 - Diagramma a Blocchi del Sistema di Propulsione

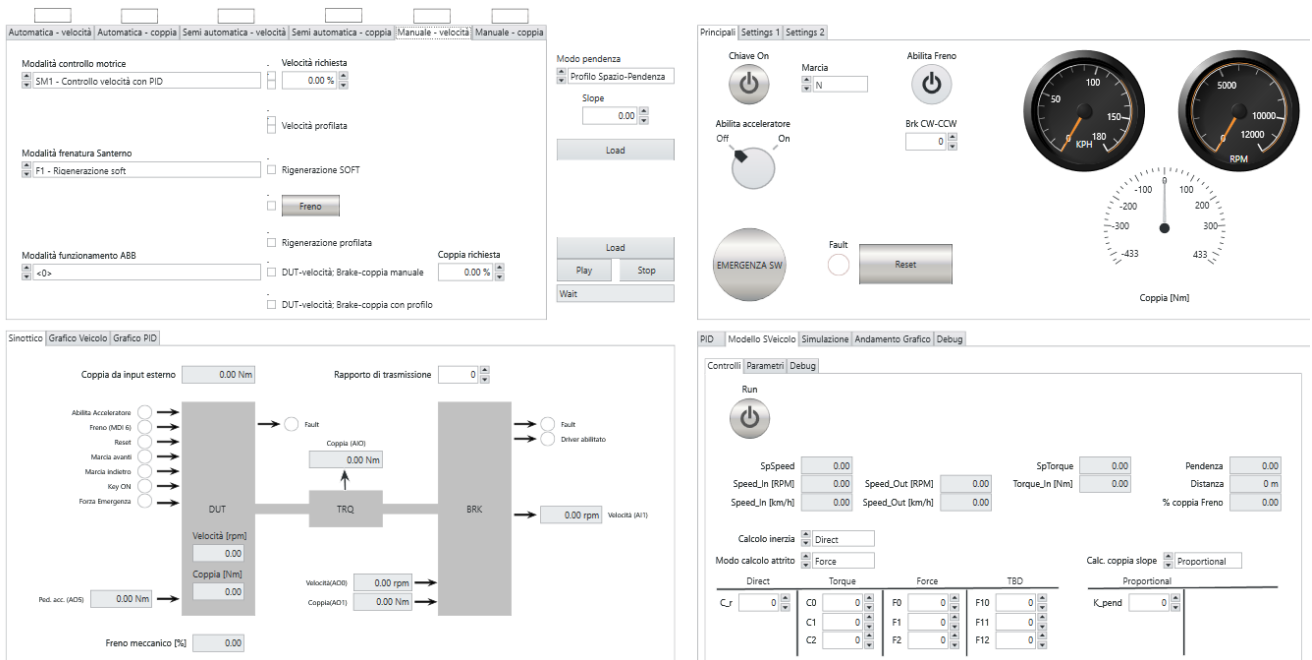


Figura 22 - Interfaccia Software

4. Caratterizzazione Motore Elettrico Ansaldo

In questo capitolo è descritta la caratterizzazione del sistema di propulsione elettrica Ansaldo. Tramite il sistema di controllo descritto in Figura 21 è stato possibile analizzare l'efficienza dell'azionamento in funzione di diversi valori di velocità $[rpm]$ e coppia $[Nm]$ del motore. A tale scopo, i valori di potenza elettrica assorbita dal gruppo Ansaldo sono reperiti dall'alimentatore ITECH (Figura 8).

L'efficienza totale (η_{total}) è stata calcolata utilizzando la seguente formula:

$$\eta_{total} = \frac{P_m}{P_e}$$

dove:

- P_e è la Potenza elettrica richiesta [W].
- P_m è la Potenza meccanica generata [W], ottenuta tramite la seguente equazione:

$$P_m = T * \omega * \frac{2 * \pi}{60}$$

- T è la coppia misurata dal torsionometro [Nm], relativa all'albero motore Ansaldo attraverso il rapporto di trasmissione ($\tau = \frac{1}{3}$).
- ω rappresenta il valore di velocità misurato dall'encoder [rpm], relativa all'albero motore Ansaldo attraverso il rapporto di trasmissione

L'efficienza del motore Ansaldo (η_{mot}) è stata peertanto calcolata dividendo l'efficienza totale per l'efficienza della trasmissione meccanica ($\eta_{transm} = 0.9$):

$$\eta_{mot} = \frac{\eta_{total}}{\eta_{transm}}$$

In Figura 23 viene fornito un grafico dettagliato dei valori di efficienza calcolati in relazione ai valori di coppia e velocità del motore Ansaldo.

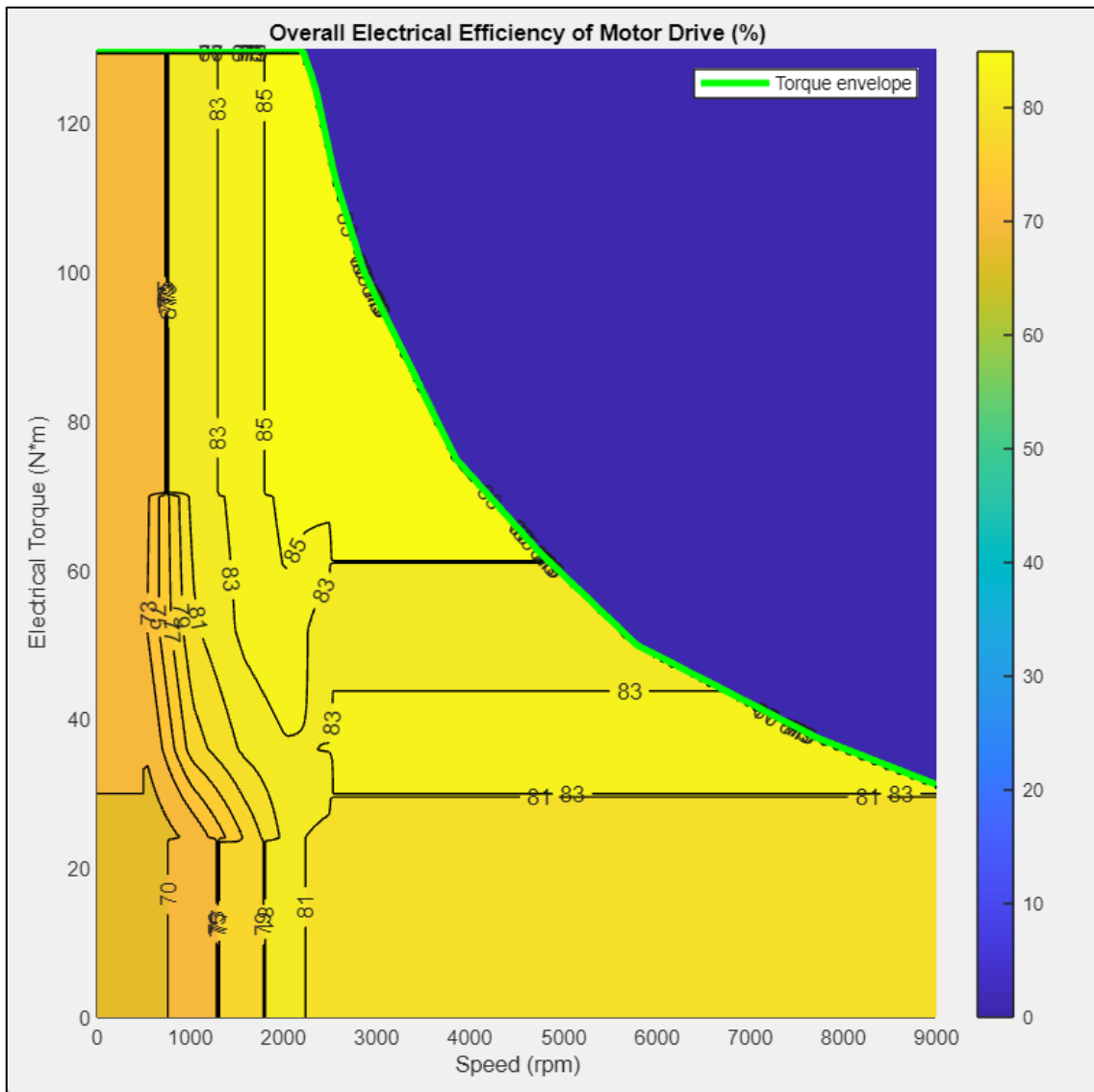


Figura 23 - Coppia ed Efficienza in funzione del Numero di Giri

5. Conclusioni

Le attività condotte presso il laboratorio C1 del CNR STEMS di Napoli sono state rivolte alla riconfigurazione e parametrizzazione di un sistema di controllo per propulsori elettrici al banco freno dinamico, al fine di supportare le attività di ricerca su sistemi di accumulo e conversione dell'energia elettrica in applicazioni legate alla mobilità sostenibile. L'obiettivo è stato quello di riconfigurare dal punto di vista hardware e software il sistema di controllo per l'implementazione in laboratorio di test in regime stazionario e dinamico. La nuova configurazione dell'attrezzatura consente l'esecuzione di test e sperimentazioni mediante un controllo da remoto, consentendo la simulazione del comportamento di veicoli elettrici in varie condizioni di guida. Tale capacità permette la valutazione delle prestazioni e dell'efficienza del veicolo, contribuendo allo sviluppo di soluzioni avanzate e sostenibili nel settore dei trasporti. In aggiunta, lo studio delle specifiche tecniche e la caratterizzazione del motore elettrico Ansaldo forniscono importanti dati per le sperimentazioni future che includano questo dispositivo. Ulteriori attività di configurazione sono richieste per la gestione ottimale delle operazioni di frenatura rigenerativa, al fine di recuperare l'energia legata alle componenti inerziali del veicolo durante le fasi di decelerazione.

Pagina intenzionalmente vuota

Pagina intenzionalmente vuota



Sede principale Via Guglielmo Marconi, 4 - 80125 Napoli (NA) Italy
Telefono 081 7177 111 - Fax 081 2396 097

Altre sedi c/o Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione
Industriale dell'Università degli Studi di Napoli Federico II
Piazzale Vincenzo Tecchio, 80 - 80125 Napoli (NA) Italy
Telefono 081 768 2245 - Fax 081 768 2262

Via Canal Bianco, 28 - 44124 Ferrara (FE) Italy
Telefono 0532 735 611 - Fax 0532 735 666

c/o Area della Ricerca di Torino
Strada delle Cacce, 73 - 10135 Torino (TO) Italy
Telefono 011 3977 1 - Fax 011 3489218



www.stems.cnr.it



linkedin: [cnr-stems](https://www.linkedin.com/company/cnr-stems)



twitter: [@CnrStems](https://twitter.com/CnrStems)



youtube: [CNR STEMS](https://www.youtube.com/CNRSTEMS)