

EXECUTIVE MASTER

MOTORI, AZIONAMENTI ELETTRICI E SISTEMI DI ACCUMULO

DALLE APPLICAZIONI INDUSTRIALI
ALLA MOBILITÀ, DALLE BATTERIE
ALLE FUEL CELLS

Edizione 2024

48 ORE

In collaborazione con



UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di
Ingegneria "Enzo Ferrari"



RETE ALTA TECNOLOGIA
EMILIA-ROMAGNA
HIGH TECHNOLOGY NETWORK
TECNOPOLO MODENA



Motori, Azionamenti elettrici e Sistemi di accumulo: dalle applicazioni industriali alla mobilità, dalle batterie alle fuel cells

In un periodo storico che si sta muovendo sempre di più verso un'ottica di **sostenibilità**, il motore elettrico rappresenta il motore green per eccellenza. Il compito a cui deve assolvere è uno solo: trasformare l'energia al fine di produrre movimento. Ma il costante progresso a cui assistiamo ci costringe ad affrontare sfide sempre nuove legate all'evolversi delle esigenze e degli scenari tecnologici sempre più avanzati, come quella di soddisfare la richiesta di tempi di ricarica più brevi o di una maggiore leggerezza della batteria, ma anche la conformità ai nuovi requisiti di sicurezza, l'aumento dei costi e non ultimo la salvaguardia di qualità, durata e prestazioni. Per massimizzare i benefici e le opportunità che possono essere prodotti è quindi necessario rimanere aggiornati e competitivi su diversi fronti come l'**efficienza energetica** del motore, che incide direttamente su aspetti come la durata della batteria, i costi e la sostenibilità; la **potenza**, particolarmente importante per applicazioni come l'**automotive**, l'**aeronautica** e la **robotica**, dove sono richieste alte prestazioni in spazi ristretti; l'**affidabilità**, che comporta una comprensione approfondita dei materiali e delle tecniche di produzione utilizzati, nonché una buona progettazione e conoscenza dell'elettronica di potenza e di controllo. Lo stimolo derivante dal processo di elettrificazione richiede pertanto un'**azione trasversale di aggiornamento costante e continuo** che passa dal rafforzamento della collaborazione tra imprese e ricerca, dal potenziamento delle competenze tecnologiche elettriche, fino alla diffusione della consapevolezza relativa ai benefici dell'elettrificazione e ad una conoscenza approfondita di tutti gli aspetti ad essa correlati.

Il **corso**, proposto da Fondazione Democenter in collaborazione con il MELting Lab (Laboratorio di Macchine e Azionamenti Elettrici) del Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari dell'Università di Modena e Reggio Emilia, si rivolge ad aziende che operano in diversi settori industriali che utilizzano motori elettrici (trasporti, macchine motrici e operatrici off-highway, automazione industriale, macchine utensili CNC, robotica, ecc.). L'iniziativa prevede **due moduli**, uno di base e uno avanzato, della rispettiva durata di **27 e 21 ore**. Il modulo base si propone di fornire conoscenze iniziali tecniche e specifiche relative alle caratteristiche costruttive, al funzionamento, al controllo e all'impiego dei diversi tipi di motori elettrici. Il modulo avanzato invece, partendo dalle conoscenze di base apprese nel primo modulo, vuole fare un affondo verticale e puntuale su argomenti specifici come il controllo delle macchine sincrone, la progettazione delle macchine elettriche e i convertitori di potenza. Questo secondo modulo può essere visto sia come continuazione di quello base oppure come corso a sé stante. In quest'ultimo caso come requisito vengono richieste ai partecipanti conoscenze pregresse su elettrotecnica e teoria dei controlli; principi costruttivi, principi di funzionamento ed equazioni fondamentali delle macchine elettriche sincrone e asincrone a flusso radiale; conoscenze base dei dispositivi e convertitori elettronici di potenza.

Alla fine del primo modulo, i partecipanti saranno in grado di selezionare un motore elettrico comprendendone le caratteristiche, le specifiche tecniche, le normative, gli accoppiamenti e dialogare in modo efficace con i fornitori al fine di gestire correttamente il processo di scelta, confronto e acquisto. Alla fine del secondo modulo i partecipanti avranno acquisito e sviluppato competenze specifiche relative alla progettazione.



MODULO BASE: **MARTEDI 16 E 23 GENNAIO, 6 E 13 FEBBRAIO 2024**

MODULO AVANZATO: **MARTEDI 28 MAGGIO, 4 E 11 GIUGNO 2024**



9:00 – 17:00



TECNOPOLO DI MODENA - Via P. Vivarelli 2, 41125 Modena

DOCENTI

Prof. Giovanni Franceschini, Dipartimento DIEF - *Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia*

Prof. Davide Barater, Dipartimento DIEF - *Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia*

Dr. Stefano Nuzzo, Dipartimento DIEF - *Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia*



OBIETTIVI

Il corso si pone l'obiettivo di fornire conoscenze approfondite:

- Sulle funzioni e sulle caratteristiche fondamentali dei componenti di base degli azionamenti elettrici: *convertitori, attuatori, carichi, sistemi di controllo e interfacce utente*;
- Sulla dinamica del motore elettrico – carico meccanico e illustrazione delle più tipiche traiettorie del moto;
- Sui materiali conduttori, isolanti e magnetici dolci e duri, sulla conversione elettromeccanica, sulle perdite e sul rendimento delle macchine elettriche;
- Sulle caratteristiche costruttive, il principio di funzionamento, le equazioni fondamentali, le caratteristiche meccaniche e gli schemi di controllo del motore in corrente continua a campo avvolto e a magneti permanenti;
- Sulla dinamica in assi D e Q delle macchine sincrone a magneti permanenti superficiali e interni e a riluttanza e a campo avvolto;
- Sull'utilizzo dei sistemi di accumulo come batterie, supercondensatori e Fuel cells a idrogeno;
- Sulla progettazione elettromagnetica preliminare e di dettaglio delle macchine elettriche;
- Sulla conversione statica di potenza.

Infine, ha l'obiettivo di far comprendere i principi che sono alla base della conversione statica dell'energia, fornire conoscenze sui componenti elettronici di potenza e sul loro impiego nei convertitori e acquisire strumenti e metodologie utili per la corretta esecuzione di test sperimentali sulle macchine elettriche.

DESTINATARI

Personale tecnico delle aree Progettazione/Ufficio Tecnico, Ricerca & Sviluppo, Sperimentazione, Commerciale e assistenza post-vendita.

Requisiti:

Per la partecipazione al modulo avanzato è richiesta la precedente partecipazione al modulo base (anche degli anni passati) oppure:

- *conoscenze base di elettrotecnica e teoria dei controlli;*
- *conoscenze specifiche sui principi costruttivi, principi di funzionamento ed equazioni fondamentali delle macchine elettriche sincrone e asincrone a flusso radiale;*
- *conoscenze di base dei dispositivi e convertitori elettronici di potenza.*

PROGRAMMA

MODULO BASE – 27 ORE

MARTEDI 16 GENNAIO 2024, 9:00 – 17:00

Introduzione agli azionamenti elettrici:

- Definizioni e componenti
- Dinamica motore – carico
- Sovraccaricabilità e regioni di funzionamento degli azionamenti

Introduzione ai motori elettrici:

- Panoramica sulle tipologie di motore elettrico
- Materiali, perdite e rendimento
- Linee guida per il dimensionamento dei motori elettrici

MARTEDI 23 GENNAIO 2024, 9:00 – 17:00

Macchina in corrente continua:

- Principi costruttivi
- Principi di funzionamento
- Circuiti equivalenti e caratteristiche meccaniche

Controllo della macchina in corrente continua:

- Cenni di teoria dei controlli
- Controllo ad alta dinamica
- Scelta dei parametri del controllore
- Simulazione in ambiente Simulink

MARTEDI 6 FEBBRAIO 2024, 9:00 – 17:00

Macchine sincrone e asincrone:

- Richiami sui sistemi trifase
- Principi costruttivi, principi di funzionamento e circuiti equivalenti dei motori asincroni
- Principi costruttivi, principi di funzionamento e circuiti equivalenti dei motori brushless DC (BLDC) e AC (BLAC)
- Cenni sul controllo delle macchine sincrone

Scelta dell'azionamento:

- Principio di funzionamento dei convertitori per il controllo dei motori
- Guida ai parametri fondamentali dei convertitori
- Guida alla lettura datasheet motore e convertitore
- Accoppiamento corretto motore convertitore – esempi

MARTEDI 13 FEBBRAIO 2024, 9:00 – 16:00

Sistemi di accumulo per azionamenti elettrici:

- Parametri fondamentali e principio di funzionamento delle batterie al litio
- Modelli equivalenti delle batterie
- Esempio di dimensionamento del pacco batterie
- Supercondensatori, principio di funzionamento e parametri fondamentali
- Fuel cells, principio di funzionamento e parametri fondamentali

MODULO AVANZATO – 21 ORE

MARTEDI 28 MAGGIO 2024, 9:00 – 17:00

Controllo delle macchine sincrone:

- Richiami su principi costruttivi e di funzionamento
- Strategie di controllo in assi d e q
 - Macchine a magneti permanenti superficiali
 - Macchine a magneti permanenti interni
 - Macchine a riluttanza
 - Macchine a campo avvolto

Controllo delle macchine sincrone:

- Modelli in assi d e q
- Esempi di simulazione in ambiente Simulink/Plecs

MARTEDI 4 GIUGNO 2024, 9.00 – 17.00

Progettazione delle macchine elettriche:

- Richiami sui materiali e linee guida
- Analisi degli avvolgimenti
- Formule di dimensionamento

Progettazione agli elementi finiti delle macchine elettriche:

- Esercizio pratico di dimensionamento
- Esercizi in ambiente di simulazione agli elementi finiti

MARTEDI 11 GIUGNO 2024, 9:00 – 17:00

Convertitori di potenza:

- Introduzione ai dispositivi di potenza
- Parametri fondamentali nella selezione dei dispositivi di potenza dei convertitori
- Architetture di convertitori per azionamenti elettrici
- Modulazione PWM

Convertitori DC/AC (Inverter):

- Modulazione SPWM e SVM per convertitori DC/AC
- Iniezione di terza armonica nei convertitori DC/AC trifase
- Esempi di funzionamenti in ambiente Simulink/Plecs

**Per la partecipazione al modulo avanzato è richiesta la precedente partecipazione al modulo base (anche degli anni passati) oppure:*

- conoscenze base di elettrotecnica e teoria dei controlli;

- conoscenze specifiche sui principi costruttivi, principi di funzionamento ed equazioni fondamentali delle macchine elettriche sincrone e asincrone a flusso radiale;

- conoscenze di base dei dispositivi e convertitori elettronici di potenza.

MOTORI, AZIONAMENTI ELETTRICI E SISTEMI DI ACCUMULO: dalle applicazioni industriali alla mobilità, dalle batterie alle fuel cells

DATI DI ISCRIZIONE DEL PARTECIPANTE

Cognome e nome.....
Telefono.....Cell.E-mail.....
Titolo di studio.....
Ruolo ricoperto all'interno dell'azienda.....

AZIENDA DI APPARTENENZA (in caso di partecipazione a titolo aziendale)

Ragione socialePartita I.V.A./C.F.....Codice SDI.....
Attività dell'azienda.....
Indirizzo.....CAP.....Comune.....Prov.....
N. dipendentiTelFaxE-mail.....

DATI PER LA FATTURAZIONE (compilare solo se differenti rispetto ai dati dell'azienda)

Intestazione e indirizzo.....
Partita I.V.A./ C.F.....Codice SDI.....

QUOTA DI PARTECIPAZIONE (barrare la scelta)

Prezzo intero

- Modulo 1 1.200 € + Iva
 Modulo 2 950 € + Iva

Prezzo Soci Democenter e Associati Federunacoma

- Modulo 1 1.080 € + Iva
 Modulo 2 855 € + Iva

Prezzo secondo iscritto

- Modulo 1 ~~1.200~~ € 1080 € + Iva
 Modulo 2 ~~950~~ € 855 € + Iva

Prezzo secondo iscritto per Soci Democenter e Associati Federunacoma

- Modulo 1 ~~1080~~ € 972 €+ Iva
 Modulo 2 ~~855~~ € 770 €+ Iva

*Si applica uno sconto del 10% a partire dal 2° iscritto per ogni modulo.

MODALITÀ DI ISCRIZIONE

L'iscrizione dovrà avvenire entro il 3° giorno lavorativo antecedente l'inizio del corso. L'iniziativa verrà realizzata al raggiungimento del numero minimo di 8 iscritti. In caso di mancato raggiungimento di tale numero, Fondazione Democenter-Sipe si riserva la facoltà di disdire il corso, comunicandolo all'indirizzo del partecipante entro 2 giorni dalla data di inizio prevista. In tal caso, al partecipante/azienda che ha già provveduto al pagamento della quota di iscrizione verrà offerta la possibilità di partecipare ad un altro corso o verrà restituita la quota di iscrizione.

La presente scheda dovrà essere inviata alla Fondazione Democenter-Sipe via email all'indirizzo: formazione@fondazionedemocenter.it. Per chiarimenti è possibile contattare la Fondazione Democenter allo 059 2058153.

CONDIZIONI DI PAGAMENTO

La quota di iscrizione deve essere versata al momento della conferma del corso. Il pagamento deve essere effettuato mediante bonifico Bancario intestata a **Fondazione Democenter-Sipe codice IBAN: IT44C0538712905000000551764 presso Banca Popolare dell'Emilia - Romagna, Ag. 5 di Modena**. Fondazione Democenter-Sipe provvederà all'invio della fattura elettronica al ricevimento della quota di iscrizione.

DISDETTA DELLA PARTECIPAZIONE

Qualsiasi rinuncia deve pervenire, in forma scritta, entro 4 giorni lavorativi dall'inizio del corso. In caso di rinuncia pervenuta dopo tale termine o di mancata presenza del partecipante ad inizio corso o di ritiro durante lo stesso Fondazione Democenter è autorizzata a trattenere l'intera quota se già versata.

I dati raccolti saranno trattati ai sensi del regolamento europeo sulla protezione dei dati (Reg. UE 2016/679).

Per maggiori informazioni sul trattamento, sulla privacy e sui diritti esercitabili vedi anche l'informativa sul sito www.democentersipe.it/privacy/

Si fornisce il consenso al trattamento dei propri dati personali in riferimento all'informativa ricevuta

SÌ NO

Data

Timbro e firma