



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

|                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DIPARTIMENTO</b>                                     | Ingegneria                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>                          | 2018/2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>                       | 2019/2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>CORSO DILAUREA MAGISTRALE</b>                        | INGEGNERIA ELETTRICA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>INSEGNAMENTO</b>                                     | TRAZIONE ELETTRICA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>TIPO DI ATTIVITA'</b>                                | B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>AMBITO</b>                                           | 50363-Ingegneria elettrica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>CODICE INSEGNAMENTO</b>                              | 19941                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>                 | ING-IND/32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>DOCENTE RESPONSABILE</b>                             | DI TOMMASO<br>ANTONINO OSCAR      Professore Associato      Univ. di PALERMO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>ALTRI DOCENTI</b>                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>CFU</b>                                              | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>    | 102                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA</b> | 48                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>PROPEDEUTICITA'</b>                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>MUTUAZIONI</b>                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>ANNO DI CORSO</b>                                    | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>                            | 2° semestre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>                           | Facoltativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>                              | Voto in trentesimi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>             | <p><b>DI TOMMASO<br/>ANTONINO OSCAR</b></p> <p>Lunedì    15:00    16:00    Laboratorio "EDALab" (all'interno della sala macchine) - Edificio nr. 9, ex DEIM. E' gradito un contatto (telefono o e-mail) almeno un giorno prima.</p> <p>Martedì    15:00    16:00    Laboratorio "EDALab" (all'interno della sala macchine) - Edificio nr. 9, ex DEIM. E' gradito un contatto (telefono o e-mail) almeno un giorno prima.</p> <p>Mercoledì    15:00    16:00    Laboratorio "EDALab" (all'interno della sala macchine) - Edificio nr. 9, ex DEIM. E' gradito un contatto (telefono o e-mail) almeno un giorno prima.</p> <p>Giovedì    15:00    16:00    Laboratorio "EDALab" (all'interno della sala macchine) - Edificio nr. 9, ex DEIM. E' gradito un contatto (telefono o e-mail) almeno un giorno prima.</p> <p>Venerdì    15:00    16:00    Laboratorio "EDALab" (all'interno della sala macchine) - Edificio nr. 9, ex DEIM. E' gradito un contatto (telefono o e-mail) almeno un giorno prima.</p> |

**DOCENTE:** Prof. ANTONINO OSCAR DI TOMMASO

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PREREQUISITI</b>                      | Sono raccomandate le nozioni base della fisica, dell'elettrotecnica, delle macchine elettriche, dell'elettronica di potenza e degli azionamenti elettrici.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b> | <p>-Conoscenza e capacita' di comprensione<br/>Lo studente al termine del Corso avra' conoscenza dei principi' di funzionamento, dei modelli matematici, delle problematiche di controllo e regolazione e di quelle costruttive relativamente alla trazione elettrica. In particolare lo studente sara' in grado di scegliere e di dimensionare, in base alle specifiche esigenze, i componenti elettrici nell'ambito dei sistemi elettrici di trazione, degli impianti di bordo e degli azionamenti elettrici per la trazione sia leggera che pesante. Lo studente sara' cosciente di alcuni temi d'avanguardia nel campo della trazione.</p> <p>-Capacita' di applicare conoscenza e comprensione<br/>Lo studente sara' in grado di utilizzare gli strumenti della matematica, della fisica e dell'ingegneria per lo studio, il dimensionamento, la progettazione, la realizzazione di sistemi o parti di sistema nell'ambito della trazione leggera e pesante; sapra' porre e sostenere argomentazioni inerenti lo studio, l'applicazione, la messa in esercizio di azionamenti elettrici e di sistemi elettrici per la trazione.</p> <p>-Autonomia di giudizio<br/>Lo studente sara' in grado di conoscere e di interpretare i principali dati e parametri elettromeccanici delle macchine elettriche; sara' in grado di raccogliere i dati necessari sia per effettuare il corretto dimensionamento di un azionamento elettrico sia per interpretarne il funzionamento sia, ancora, per valutarne il corretto funzionamento durante l'esercizio. Sare' in grado ancora di acquisire una sufficiente conoscenza generale di molti aspetti inerenti il campo della trazione elettrica.</p> <p>-Abilita' comunicative<br/>Lo studente acquisira' la capacita' di comunicare informazioni e idee ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sara' in grado di sostenere conversazioni su tematiche riguardanti le macchine elettriche rotanti impiegate, dei sistemi elettronici di potenza nella trazione, di evidenziare problemi relativi alla collocazione di esse nell'ambito degli azionamenti elettrici e di offrire soluzioni adeguate.</p> <p>-Capacita' di apprendimento<br/>Lo studente sara' in grado di approfondire quanto appreso durante il corso ed acquisire ulteriori piu' approfondite conoscenze degli azionamenti elettrici, dei sistemi di conversione elettronici di potenza, dei sistemi elettrici per la trazione. Lo studente acquisira' la capacita' di sintesi e di valutazione delle interazioni tra le varie tematiche e tra le fondamentali discipline dell'ingegneria elettrica. Cio' gli consentira' di proseguire gli studi ingegneristici con maggiore autonomia e con maggiore capacita' critica.</p> |
| <b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>    | <p>Prova orale anche con presentazione e discussione delle esercitazioni svolte durante il corso.<br/>L'esame consiste in una prova orale obbligatoria. Nella prova orale lo studente dovra' rispondere ad un minimo di 3 domande poste oralmente sugli argomenti del programma svolto nel semestre e sugli elaborati delle esercitazioni di laboratorio svolte durante il corso. La valutazione dell'esame viene espressa in trentesimi.</p> <p>- Valutazione dell'apprendimento<br/>La soglia della sufficienza (18/30) sara' raggiunta quando lo studente mostri di conoscere e comprendere gli argomenti almeno nelle linee generali e di possedere sufficienti competenze applicative in ordine alla risoluzione di casi concreti e chiarezza di esposizione e argomentazione tale da consentire la trasmissione delle sue conoscenze all'esaminatore. Al di sotto di tale soglia, l'esito dell'esame sara' insufficiente. La valutazione puo' aumentare, fino al massimo di 30/30 e lode, in funzione delle capacita' argomentative ed espositive (piu' che sufficienti, discrete, buone, piu' che buone, eccellenti) con cui l'esaminando interagisce con l'esaminatore e del grado di conoscenze e capacita' applicative (piu' che sufficienti, discrete, buone, piu' che buone, eccellenti) della disciplina oggetto di verifica mostrate dall'esaminando durante la prova d'esame.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>OBIETTIVI FORMATIVI</b>               | <p>L'obiettivo principale del corso e' quello di fornire all'allievo conoscenze generali affinche' sia in grado valutare e di risolvere i problemi connessi all'impiego degli azionamenti elettrici per la trazione elettrica nei mezzi di trasporto. Il raggiungimento di tale obiettivo richiede di sviluppare nell'allievo le capacita' di:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- conoscere il contesto applicativo e i vincoli di progetto degli azionamenti elettrici per i diversi sistemi di trasporto, con particolare attenzione a quelli su rotaia</li><li>- conoscere i principi di progettazione funzionale e di specificazione tecnica</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | degli azionamenti elettrici, con particolare attenzione all'interazione con il mezzo di trasporto (sistemi di accoppiamento meccanico) e con la sorgente di alimentazione;<br>- conoscere le diverse opzioni tecnologiche in funzione delle prestazioni e del servizio richiesto;<br>- conoscere il comportamento dinamico degli azionamenti elettrici e stimare le condizioni limite per il loro sfruttamento nel contesto applicativo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b> | Il Corso prevede le seguenti attività didattiche: lezioni frontali, esercitazioni in aula, esercitazioni in laboratorio. Le suddette attività sono organizzate in modo da agevolare il raggiungimento degli obiettivi formativi e dei risultati di apprendimento attesi, riportati negli appositi quadri della presente scheda. In particolare durante le esercitazioni di laboratorio ciascuno studente viene guidato:<br>- ad analizzare, attraverso modellizzazioni matematiche, simulazioni al computer e verifiche sperimentali, il comportamento dei principali componenti di potenza utilizzati, sia in regime stazionario che dinamico;<br>- ad acquisire capacità di applicare metodologie che gli consentono di analizzare e risolvere problemi tipici della progettazione, sviluppo e messa a punto di tali sistemi, operando anche scelte autonome. |
| <b>TESTI CONSIGLIATI</b>              | Educational material used during the course will be placed at student's disposal by means of the website.<br>Il materiale didattico impiegato durante le lezioni ed esercitazioni sarà reso disponibile agli studenti tramite il portale studenti.<br><br>For detailed study:<br>Per approfondimenti:<br>- L. Guzzella, A. Sciarretta, 'Vehicle Propulsion Systems - Introduction to Modeling and Optimization', Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005;<br>- I. Husain, 'Electric and hybrid vehicles: design fundamentals', CRC Press, 2010;<br>- G. Vicuna, 'Organizzazione e tecnica ferroviaria', CIFI Ed, 1986.                                                                                                                                                                                                                                         |

## PROGRAMMA

| ORE | Lezioni                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4   | 1. Introduzione e cenni storici sull'impiego dell'energia elettrica nei sistemi di trasporto filo-ferro-tramviari; 2. Tendenze evolutive, "more electric transports";                                                                                                  |
| 4   | 3. Elementi di meccanica della locomozione: forze di trazione, di resistenza e aderenza; 4. Richiami sulle principali macchine elettriche rotanti per applicazioni filo-ferro-tramviarie; Regolazione della coppia e della velocità delle macchine elettriche rotanti; |
| 4   | 5. Sistemi di accoppiamento meccanico: ruotismi e riduttori; Freni meccanici. Aspetti energetici e termici; Contatto ruota-rotaia;                                                                                                                                     |
| 2   | 6. Aspetti di integrazione a bordo (impianti elettrici di bordo, sistemi di controllo e di telecomunicazione);                                                                                                                                                         |
| 4   | 7. Reti elettriche per la trazione e sottostazioni di alimentazione;                                                                                                                                                                                                   |
| 1   | 8. Sistemi di trazione a corrente continua con regolazione reostatica;                                                                                                                                                                                                 |
| 4   | 9. Sistemi di trazione a corrente continua con regolazione elettronica;                                                                                                                                                                                                |
| 3   | 10. Sistemi di trazione a corrente alternata;                                                                                                                                                                                                                          |
| 3   | 11. Locomotori politensione;                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1   | 12. Sistemi di trazione diesel-elettrico;                                                                                                                                                                                                                              |
| 3   | 13. Treni ad alta velocità;                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1   | 14. Treni a levitazione magnetica;                                                                                                                                                                                                                                     |
| 4   | 15. Impianti di segnalamento ferroviari, tramviari e metropolitani;                                                                                                                                                                                                    |
| 4   | 16. SCMT (Sistema di Controllo Marcia Treno) e l'ERTMS/ETCS (European Rail Traffic Management System/ European Train Control System).                                                                                                                                  |
| ORE | Esercitazioni                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2   | 5. Sistemi di accoppiamento meccanico: ruotismi e riduttori; Freni meccanici. Aspetti energetici e termici; Contatto ruota-rotaia;                                                                                                                                     |
| 2   | 9. Sistemi di trazione a corrente continua con regolazione elettronica: calcolo su dispositivi elettronici di potenza;                                                                                                                                                 |
| 2   | 10. Sistemi di trazione a corrente alternata;                                                                                                                                                                                                                          |