

Università di Napoli Federico II – Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale (III anno – II semestre)- 6 CFU

Elettrotecnica

prof. Giovanni Lupò

Programma (definitivo) dei Corsi 2013/14

10 marzo 2014

METODOLOGIE DI BASE

CAP. I – DAI CAMPI AI CIRCUITI

1. Modello generale dell'elettromagnetismo (equazioni di Maxwell)
2. Forza di Lorentz
3. Forza elettromotrice (f.e.m.)
4. Forza magnetomotrice (f.m.m.)
5. Tensione elettrica – Voltmetro ideale
6. La conduzione elettrica
7. Intensità della corrente elettrica nei circuiti filiformi – L'amperometro ideale
8. Moto stazionario di cariche in conduttore filiforme
9. Campo elettrico associato a corrente stazionaria
10. Potenza dissipata -Esperienze :Effetto Joule, legge di Ohm
11. Il bipolo elettrico – Convenzioni sui bipoli
12. Caratteristica dei bipoli
13. Equivalenza di bipoli
14. Collegamento di bipoli - punto di lavoro
15. Serie e parallelo di bipoli
16. Classificazione dei bipoli
17. Bipoli fondamentali (ideali)
18. Resistori reali- Materiali per resistori
19. Generatori reali di tensione e corrente
20. Partitori di tensione e di corrente
21. Potenza erogata o assorbita da un bipolo- Wattmetro ideale
22. Bipoli attivi e passivi
- 23 Partitori "attivi" di tensione e di corrente (*)
24. Bipoli adinamici e dinamici

CAP. II – RETI ELETTRICHE

1. Topologia delle reti, grafi
2. Sistema fondamentale
3. Equazioni ai nodi indipendenti (I principio di Kirchhoff)
4. Equazioni alle maglie indipendenti (II principio di Kirchhoff)
5. Risoluzione del sistema fondamentale
6. Principio di sostituzione

7. *Teorema di scomposizione (Sovrapposizione degli effetti)*
8. *Conservazione della potenza nelle reti elettriche – Potenze virtuali - Teorema di Tellegen - Reciprocità*
9. *Generatore equivalente di tensione (Teorema di Thévenin)*
10. *Generatore equivalente di corrente (Teorema di Norton)*
11. *Non amplificazione delle tensioni e delle correnti*
12. *Metodo dei Potenziali Nodali*
13. *Metodo delle correnti di maglia (*)*
14. *N-poli*
15. *N- bipoli*
16. *Doppi bipoli – Il trasformatore ideale*
17. *Reti con generatori dipendenti*

CAP. III – RETI ELETTRICHE IN REGIME QUASI STAZIONARIO – RETI IN REGIME SINUSOIDALE

1. *Bipoli fondamentali in condizioni quasi-stazionarie*
2. *Reti con bipoli dinamici –*
 - 2.1 *Esempi di reti del primo ordine*
 - 2.2 *Esempi di reti del secondo ordine*
3. *Osservazioni generali sulla dinamica delle reti lineari (*)*
 - 3.1 *Cenni sulla determinazione sistematica delle frequenze naturali e sulle risposte canoniche delle reti dinamiche (*)*
4. *Grandezze periodiche – grandezze sinusoidali*
5. *Il metodo simbolico – Operatori complessi*
6. *Operatori di ammettenza e impedenza*
7. *Risonanza serie e parallelo*
8. *Applicazione del metodo simbolico alle reti in regime sinusoidale.*
 - 8.1 *Esempi numerici sul metodo simbolico*
9. *Potenze in regime sinusoidale*
 - 9.1 *Potenza complessa – Conservazione*
 - 9.2 *Applicazioni numeriche*
10. *Il rifasamento dei carichi reattivi*
 - 10.1 *Esempio numerico sul rifasamento - commenti*
 - 10.2 *Il rifasamento dei carichi reattivi per limitare le “cadute di tensione”(*)*
11. *Le reti trifase*
 - 11.1 *Potenze nei sistemi trifase*
 - 11.2 *Rifasamento nei sistemi trifase*
 - 11.3 *Esempio numerico*

- 11.4 Dissimetrie nelle reti trifase (*)*
- 11.5 Distorsione di tensioni e correnti (*)*
- 12 – Studio dei sistemi trifase - Le Componenti Simmetriche (no)*

- 13. Reti di bipoli reattivi (no)*
- 14. Circuiti magneticamente accoppiati*

- 15. Dinamica nelle reti lineari: studio nel dominio del tempo - \mathcal{L} -trasformata (no)*
-*

Gli argomenti contrassegnati con (*) sono solo accennati durante il corso e sono quindi da ritenersi facoltativi.

APPLICAZIONI

CAP. IV – TRASFORMAZIONE E CONVERSIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

§IV.1 Richiami sul trasformatore ideale

§IV.2 Doppi bipoli dinamici – Circuiti magneticamente accoppiati

§IV.3 I circuiti magnetici – Il trasformatore reale

§IV.3.1 Legge di Hopkinson per i circuiti magnetici

§IV.3.2 Comportamento dei materiali ferromagnetici

§IV.3.3 Elettromagneti

§IV.3.3.1 Comportamento del campo magnetico alla superficie di separazione fra un mezzo a permeabilità molto elevata e l'aria (*)

§IV.3.4 Le correnti parassite nel ferro (*)

§IV.3.5 Le perdite nel rame

§ IV.3.6 Le perdite addizionali - L'effetto pelle (*)

§ IV.3.7 Prova a vuoto sui trasformatori

§ IV.3.8 Prova in cortocircuito sui trasformatori

§ IV.3.9 Rendimento dei trasformatori

§ IV.3.10 Caduta di tensione nei trasformatori (*)

§ IV.3.11 Autotrasformatori (*)

§ IV.3.12 Trasformatori trifase(*)

§ IV.3.13 Parallelo trasformatori (*)

§ IV.3.14 Impiego dei trasformatori

IV.4 Generalità sulla conversione elettromeccanica (*)

IV.5 Generalità sulla macchina sincrona (no)

IV.6 La macchina asincrona (no)

IV.7 Cenni sulla macchina a corrente continua (no)

IV.8 Fondamenti di elettronica di potenza (*)

IV.8.1 Circuiti raddrizzatori

IV.8.2 Tiristori o SCR– TRIAC

IV.8.3 Propulsione navale elettrica (no)

CAP. V (*)– FONDAMENTI DI MISURE ELETTRICHE – STRUMENTI DI MISURA

CAP. VI(*) - MATERIALI E COMPONENTI

CAP. VII – FONDAMENTI DI SISTEMI ELETTRICI PER LA DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA (*) - PROTEZIONE DEGLI IMPIANTI DA SOVRATENSIONI E SOVRACORRENTI (si) - LA FULMINAZIONE (*)

CAP. VIII - LA SICUREZZA PER LE PERSONE

VIII.1. Sicurezza e prevenzione. La Normativa italiana ed europea.

Gli argomenti contrassegnati con (*) sono solo accennati durante il corso e sono quindi da ritenersi facoltativi.

NOTIZIE GENERALI

ESAMI DI PROFITTO

L'esame di profitto viene svolto sulla base del programma ufficiale e prevede:

- una prova scritta, in cui lo studente dovrà svolgere, con particolare attenzione agli aspetti metodologici, in un intervallo di tempo assegnato, uno a più esercizi su alcuni argomenti fondamentali del corso; durante tale prova è ammessa la consultazione di propri testi o appunti; non è prevista un voto per la prova scritta, ma sarà valutato il superamento di una soglia di sufficienza;
- un colloquio attinente la prova scritta e/o altri argomenti trattati nel corso; il colloquio seguirà la prova scritta in giorni programmati.

Durante il corso potranno essere svolte alcune prove scritte di valutazione o autovalutazione, secondo le modalità suggerite dal Corso di Studi che saranno comunicate agli allievi in tempo utile.

Per il materiale didattico, il calendario esami, l'orario di ricevimento ed in genere tutte le informazioni riguardanti il corso consultare l'apposita cartella sul sito

www.elettrotecnica.unina.it

Appena possibile, saranno posizionati i files anche sul sito di Ateneo.

Sussidi didattici : G. Lupò - Appunti dalle lezioni

disponibili ed in corso di aggiornamento sul sito indicato

-

Sussidi didattici ausiliari : Appendici a cura di G. Lupò

disponibili ed in corso di aggiornamento sul sito indicato

- A1. Le unità di misura del Sistema Internazionale (!)
- A2. Richiami sugli operatori vettoriali (!)
- A3. Le equazioni di Maxwell in forma locale (*)
- A4. Cenni sull'approssimazione quasi stazionaria (*)
- A5. Modelli di conduzione nei solidi e nei liquidi (cenni) (*)
- A6. Resistività – Resistori [(*) da A.6.2]
- A7. Cenni sui generatori di tensione stazionaria (*)
- A8. Magnetismo (*)
- A9. Comportamento dei materiali ferromagnetici
- A10. Dinamica nelle reti lineari (*)
- A11. Studio generale dei sistemi trifase - Le reti di sequenza (*)
- A12. Esercizi - Prove d'esame
- A13. Visita ed esperimenti in Sala Alta Tensione (*)

Gli argomenti contrassegnati con (*) sono appena accennati durante il corso e non sono quindi da ritenersi inseriti nel programma ufficiale. Le note sono comunque da ritenersi di utile consultazione. Gli argomenti contrassegnati con (!) sono considerati di conoscenza preliminare.

Testi consigliati per la consultazione :

M. DE MAGISTRIS – G. MIANO: Circuiti – Springer, ottobre 2007

S. FALCO- L. VEROLINO – Elementi di Elettrotecnica –Liguori, 2003

L. DE MENNA: Elettrotecnica - ed. Pironti, Napoli 1998

S. BOBBIO, E. GATTI: Elettromagnetismo e Ottica - ed. Boringhieri, Torino, 1991

L.O. CHUA, C. DESOER, E. KUH: Circuiti lineari e non lineari, ed. Jackson, Milano, 1991

F. BAROZZI, F. GASPARINI: Fondamenti di Elettrotecnica - Elettromagnetismo, ed.UTET, Torino, 1989

S. BOBBIO: Esercizi di Elettrotecnica, ed. CUEN, Napoli, 1995

M. GUARNIERI – A. STELLA: Principi ed applicazioni di Elettrotecnica – Voll. I-II – Ed, Progetto Padova – Terza ed. 2004

Per alcuni utili aggiornamenti applicativi si segnala anche il testo

Giorgio RIZZONI – Elettrotecnica – Principi ed applicazioni – Mc Graw Hill – III Ed. italiana 2013

PREMESSA GENERALE AGLI APPUNTI DEL CORSO

Il Corso di *Elettrotecnica* per gli allievi dei Corsi di Laurea dell'Area Industriale nell'ultimo Ordinamento degli studi della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Napoli (che dal 2013 lascia la sua funzione didattica ai nuovi Dipartimenti¹ ed alle costituenti Scuole) intende approfondire i concetti fondamentali dell'elettromagnetismo applicato, la teoria delle reti elettriche di rilevante interesse metodologico ed applicativo, i fondamenti dei dispositivi elettromeccanici di largo uso industriale, le considerazioni di base e normative di sicurezza nei confronti del rischio di natura elettrica.

Esso si colloca a valle dei corsi di Fisica e di Analisi Matematica, da cui recepisce in pieno i concetti di formulazione analitica (differenziale ed integrale) dei fondamentali esperimenti ed osservazioni dell'Elettromagnetismo, ma anche della Meccanica e della Termodinamica.

Partendo da una rivisitazione delle equazioni di Maxwell per il campo elettromagnetico, sono affrontate – con valutazioni tipicamente ingegneristiche sulle approssimazioni e conseguenti limitazioni dei modelli sviluppati – le condizioni per la modellazione integrale e sintetica in termini di circuiti, ovvero di *reti di bipoli elettrici*.

Lo studio generale delle reti di bipoli in regime stazionario e variabile (in particolare in regime sinusoidale) intende consentire l'acquisizione da parte dell'allievo degli strumenti di base per l'analisi e la sintesi di circuiti per applicazioni civili ed industriali, guardando sia alla distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica, sia all'impiego di strumentazione per la Diagnostica, direttamente ed indirettamente collegata al rilievo di grandezze elettriche e magnetiche.

Gli *Appunti dalle lezioni*, ripercorrenti lo svolgimento del Corso (²), vogliono costituire un sussidio didattico sintetico ed immediato, un "filo conduttore" insomma, utile soprattutto per ottimizzare gli sforzi degli allievi che seguono con buona assiduità i corsi previsti dall'ordinamento per l'anno corrente.

Comunque ogni Ingegnere saprà che un buon libro è insostituibile ed è bene averlo, e quindi sarà riportata l'indicazione di alcuni testi che ritengo utili per la consultazione, nonché per ulteriori approfondimenti.

Si riportano anche argomenti di particolare interesse per specifiche sezioni (meccanica, navale, dei materiali, aerospaziale, ...) ed argomenti svolti negli anni scorsi e formalmente "fuori programma" (³), cui può essere fatto saltuariamente cenno durante il corso (⁴).

Si ritiene infine utile inserire in coda *tracce degli esercizi* assegnati nelle sedute di esame negli ultimi anni. Alcuni di essi sono sviluppati, con l'avvertenza, più volte ripetuta durante il

¹ In particolare al Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Ingegneria dell' Informazione (DIETI)

² Per ciascun anno accademico, il dettaglio degli argomenti effettivamente svolti viene pubblicato al termine del corso sul sito www.elettrotecnica.unina.it

³ Appositamente segnalati negli indici dei programmi.

⁴ E' opportuno che l'allievo, comunque, dedichi ad essi qualcosa di più di una lettura veloce; nel suo interesse.

Corso, che ogni esercizio può essere risolto con diversi metodi ed è opportuno, avendone il tempo, seguire più ragionamenti "alternativi"; rendersi conto di tale circostanza rientra appieno nella "mentalità" dell'Ingegnere.

Giovanni Lupò