Modulhandbuch

Compilation of Modules

M.Sc. Elektrische Energietechnik

Inhaltsverzeichnis / Table of Contents

Berechnung von Netzfehlern und Netzbetrieb	4
Elektrische Energieversorgung	6
Grundlagen der elektrischen Maschinen und Antriebe	8
Grundlagen der Hochspannungstechnik	10
Laborpraktikum Leistungselektronik	12
Leistungselektronik A	14
Leistungselektronik B	16
Masterarbeit	18
Nichtlineare Regelungen	20
Praktikum im Elektromaschinenlabor	23
Studienarbeit	25
Theorie und Auslegung elektrischer Maschinen	27
Thermodynamik der Energiewandlungsprozesse	29
Transiente Vorgänge in Hochspannungsnetzen	31

Modulübersicht / Abstract of Modules

Titel	Title	LP	Verantwortlicher	Verwendbarkeit	Seite
		CP	Contact Person	Usability	Page
Berechnung von Netzfehlern und Netzbetrieb	Grid Faults and Grid Operation	5	Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz	PF in M.Sc. ENT	4
Elektrische Energieversorgung	Electrical Power Supply	5	Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz	PF in M.Sc. ENT	6
Grundlagen der elektrischen Maschinen und Antriebe	Fundamentals of Electromechanical Power Conversion	7	Prof. Dr.-Ing. Christian Kreischer	PF in M.Sc. EEN + ENT	8
Grundlagen der Hochspannungstechnik	Introduction to High-Voltage Technology	4	Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz	PF in M.Sc. EEN + ENT	10
Laborpraktikum Leistungselektronik	Laboratory Exercises in Power Electronics	4	Prof. Dr.-Ing. Klaus F. Hoffmann	PF in M.Sc. ENT + EEN	12
Leistungselektronik A	Power Electronics A	4	Prof. Dr.-Ing. Klaus F. Hoffmann	PF in M.Sc. ENT	14
Leistungselektronik B	Power Electronics B	6	Prof. Dr.-Ing. Klaus F. Hoffmann	PF in M.Sc. ENT	16
Masterarbeit	Masterarbeit	30	Die Professoren der Fakultät für Elektrotechnik	PF in M.Sc. ENT	18
Nichtlineare Regelungen	Nonlinear Control	4	Prof. Dr.-Ing. Joachim Horn	PF in M.Sc. ENT	20
Praktikum im Elektromaschinenlabor	Laboratory Exercises on Electrical Machines	5	Prof. Dr.-Ing. Christian Kreischer	PF in M.Sc. ENT	23
Studienarbeit	Student Research Project	10	Die Professoren der Fakultät für Elektrotechnik	PF in M.Sc. ENT	25
Theorie und Auslegung elektrischer Maschinen	Theory and Design of Electrical Machines	7	Prof. Dr.-Ing. Christian Kreischer	PF in M.Sc. ENT	27
Thermodynamik der Energiewandlungsprozesse	Thermodynamics of Energy Conversion Processes	3	Prof. Dr.-Ing. Markus Schatz	PF in M.Sc. ENT WPF in M.Sc. EEN	29
Transiente Vorgänge in Hochspannungsnetzen	Transients in High-Voltage Grids	4	Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz	PF in M.Sc. ENT WPF in M.Sc. EEN	31

Modul Berechnung von Netzfehlern und Netzbetrieb ET-23-EVGB

Grid Faults and Grid Operation
Leistungspunkte / Credit Points: 5

Modulverantwortlicher / Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

detlef.schulz@hsu-hh.de

040/6541-2757

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

- Fähigkeiten zur praktischen Anwendung von Kenntnissen über dynamische Vorgänge in Netzen
- Fähigkeiten zur Analyse verschiedener Fehlerfälle in Netzen
- Fertigkeiten zur eigenständigen Lösung von Dimensionierungsaufgaben bei Stromnetzen
- Fähigkeiten zu Einbeziehung dynamischer Vorgänge bei der Auslegung von Betriebsmitteln
- Fähigkeiten zum systematischen Vorgehen bei der Lösung komplexer Aufgaben

Inhalte / Content

Dreipoliger Kurzschluss:

- Generatorferner Kurzschluss:
  Berechnung in unverzweigten und verzweigten Netzen, Berechnung bei mehreren Netzeinspeisungen, Modellierung und Lösungsmethodik mit dem Verfahren der Ersatzspannungsquelle
- Generatornaher Kurzschluss:
  Netzmodellierung, Berechnung des Anfangskurzschlusswechselstroms, Berechnung des Stoßkurzschlussstroms, Ermittlung des Kurzschlussausschaltstroms, Berücksichtigung von Netzkapazitäten und Mischlasten

Auslegung von Netzen gegen Kurzschluss und Auslegung von Schaltern:

- Lichtbogenkurzschlüsse
- mechanische Kurzschlussfestigkeit
- thermische Kurzschlussfestigkeit
- Beeinflussung der Kurzschlussleistung
- Auswirkungen von Kurzschlüssen
- Auslegung von Schaltern

Betriebsführung und Planung von Netzen

Berechnung unsymmetrisch gespeister Drehstromnetze mit symmetrischem Aufbau:

- Methode der symmetrischen Komponenten

Berechnung von Drehstromnetzen mit symmetrischen Betriebsmitteln und punktuellen unsymmetrischen Fehlern

Sternpunktbehandlung in Energieversorgungsnetzen

Maßnahmen zum Schutz von Menschen und Tieren

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Berechnung von Netzfehlern und Netzbetrieb	V	2	HT

Berechnung von Netzfehlern und Netzbetrieb	Ü	2	HT

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

Vorlesung, Übung

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

keine

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. ENT

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung	12	2	24
Übung	12	2	24
Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltung	12	4	48
Prüfungsvorbereitung	2	27	54
			150

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul wird mit einer Abschlussklausur (120 Minuten) beendet.

Dauer in Trimestern / Duration of Module

ein Trimester

Teilnehmer(innen)zahl / Number of Participants

unbegrenzt

Anmeldeformalitäten / Registration

Anmeldung im CMS

Literatur / Bibliographical References and Course Material

Heuck/Dettmann/Schulz: Elektrische Energieversorgung, Vieweg-Verlag

Zusatzmaterial wird in der Lehrveranstaltung zur Verfügung gestellt.

Modul Elektrische Energieversorgung ET-21-EVGA

Electrical Power Supply
Leistungspunkte / Credit Points: 5

Modulverantwortlicher / Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

detlef.schulz@hsu-hh.de

040/6541-2757

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

- Fertigkeiten zur Anwendung grundlegender Methoden in der Energieerzeugung und -verteilung
- Anwendung von Kompetenzen bei der Beurteilung verschiedener Energiewandlungsmechanismen
- Fähigkeiten zum systematischen Vorgehen bei der Lösung komplexer Aufgaben

Inhalte / Content

Grundlagen der elektrischen Energieerzeugung:

- Stromerzeugung mit fossil befeuerten Kraftwerken:
  kohle- und gasbefeuerte Kraftwerke
- regenerative Stromerzeugung:
  Brennstoffzellen, Wasserkraftwerke, Windenergieanlagen, solarthermische Kraftwerke, Geothermie, Strömungs- und Gezeitenkraftwerke, Photovoltaik, Biomassekraftwerke, Energiespeicherung
- Kraftwerksregelung, Kraftwerkseinsatz

Aufbau von Energieversorgungsnetzen:

- Übertragungssysteme
- Struktur von Drehstromnetzen
- Aufbau und Funktion von Bordnetzen

Aufbau und Ersatzschaltbilder der Netzelemente:

- Aufbau und Betrieb von Leistungstransformatoren, Messwandlern, Synchronmaschinen, Freileitungen, Kabeln, Leistungskondensatoren, Drosselspulen, Schaltern, Schaltanlagen

Auslegung von Netzen im Normalbetrieb:

- thermische Belastung
- Spannungshaltung
- Lastflussberechnung

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Elektrische Energieversorgung	V	4	WT, FT
Elektrische Energieversorgung	Ü	1	FT

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

Vorlesung, Übung

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

keine

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. ENT

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung	24	2	48
Übung	12	1	12
Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltung	24	2	48
Prüfungsvorbereitung	2	21	42
			150

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul wird mit einer Abschlussklausur (120 Minuten) beendet.

Dauer in Trimestern / Duration of Module

zwei Trimester

Teilnehmer(innen)zahl / Number of Participants

unbegrenzt

Anmeldeformalitäten / Registration

Anmeldung im CMS

Literatur / Bibliographical References and Course Material

Heuck/Dettmann/Schulz: Elektrische Energieversorgung, Vieweg-Verlag

Zusatzmaterial wird in der Lehrveranstaltung zur Verfügung gestellt.

Modul Grundlagen der elektrischen Maschinen und Antriebe ET-21-EMAI

Fundamentals of Electromechanical Power Conversion
Leistungspunkte / Credit Points: 7

Modulverantwortlicher / Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Christian Kreischer

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

christian.kreischer@hsu-hh.de

040/6541-2060

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

- Anwendungssicheres Verständnis der physikalischen Phänomene, die für die Wirkungsweise und das Betriebsverhalten elektrischer Maschinen und Antriebe wichtig sind.
- Fähigkeit zur Aufstellung mathematischer Modelle für die quantitative Beschreibung des Betriebsverhaltens elektrischer Maschinen und Antriebe.
- Fähigkeit zur Bewertung der behandelten Systeme.

Inhalte / Content

- Einführung: Inhalt, Ziele, wirtschaftliche Bedeutung
- Elektromagnetische Induktion, Spannungsinduktion in elektrischen Maschinen und Anlagen
- Elektrische Leistung
- Typische Ausgleichsvorgänge
- Einphasen- und Drehstrom-Transformatoren
- Wirbelströme und Ummagnetisierungsverluste
- Erwärmung und Kühlung
- Grundstruktur elektrischer Antriebe
- Bewegungsgleichung und Stabilität
- Wicklungen und Magnetfelder
- Elektromechanische Energiewandlung

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Grundlagen der elektrischen Maschinen und Antriebe	V	4	WT
Grundlagen der elektrischen Maschinen und Antriebe	Ü	2	WT

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

Vorlesung mit Demonstrationen/Experimenten, z. T. Rechneranimation

Übung mit aktiver Einbeziehung der Studenten und Lernfortschrittskontrolle

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

keine

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. EEN + ENT

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. inges.
Vorlesung	12	4	48
Übung	12	2	24
Vor- und Nachbereitung	12	4	48
Prüfungsvorbereitung			90
Summe der Stunden			210

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul wird mit einer Abschlussklausur (180 Minuten) beendet.

Dauer in Trimestern / Duration of Module

ein Trimester

Teilnehmer(innen)zahl / Number of Participants

unbegrenzt

Anmeldeformalitäten / Registration

Anmeldung im CMS

Literatur / Bibliographical References and Course Material

1. Skriptum verfügbar auf der Homepage der Professur
2. R. Fischer, Elektrische Maschinen, Hanser 2009
3. G. Müller; B. Ponick, Grundlagen elektrischer Maschinen, Wiley 2006
4. Ekkehard Bolte, Elektrische Maschinen, 2. Auflage, Springer 2018

Modul Grundlagen der Hochspannungstechnik ET-21-HSTA

Introduction to High-Voltage Technology
Leistungspunkte / Credit Points: 4

Modulverantwortlicher / Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

detlef.schulz@hsu-hh.de

040/6541-2757

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

- Fähigkeiten zur Anwendung von Grundlagen der Isolationsmaterialien und Durchschlagsmechanismen
- Fähigkeiten zur Berechnung typischer Fehlerfälle in Hochspannungsanlagen
- Fertigkeiten zur eigenständigen Auslegung von einfachen Hochspannungsanlagen
- Fähigkeiten zu systematischem Vorgehen bei der Lösung komplexer Aufgaben

Inhalte / Content

Grundlagen:

- äußere und innere Überspannungen:
  Blitzeinschlag, Zustandsänderungen im Netz, Systematik der Überspannungen, Mindestabstände, konstruktive Auswirkungen, Methoden der Feldberechnung, Grenzflächen, Schichtdielektrikum, Ersatzschaltbilder für Isolierstoffe, Schwaiger-Faktor, Mehrelektrodenanordnungen, tangential belastete Grenzflächen, Werkstoffstörungen

Gasförmige Isolierstoffe:

- Verlustfaktor, unselbstständige und selbstständige Gasentladung, Streamer- und Townsend-Mechanismus, Parameteruntersuchung für die Durchschlagfeldstärke, Polaritätseffekt, elektrische Festigkeit und Durchschlagsmechanismen

Feste Isolierstoffe:

- Eigenschaften, Parameter für die Durchschlagfeldstärke, Durchschlagskennlinie

Flüssige Isolierstoffe:

- Eigenschaften, Parameter für die Durchschlagfeldstärke, Durchschlagskennlinie

Isolationspegel:

- Prüfbedingungen, Auswahl und Erzeugung von Prüfspannungen

Hochspannungstechnische Gestaltung von Betriebsmitteln:

- Leistungstransformatoren, Freileitungen, Kabel, Durchführungen, Wandler, Schalter, Schaltanlagen

Vertiefung des Stoffes durch Laborversuche

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT

Grundlagen der Hochspannungs-technik	V	2	WT
Grundlagen der Hochspannungs-technik	Ü	1	WT

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

Vorlesung, Übung

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

keine

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. EEN + ENT

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung	12	2	24
Übung	12	1	12
Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltung	12	4	48
Prüfungsvorbereitung	2	18	36
			120

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul wird mit einer Abschlussklausur (120 Minuten) beendet.

Modul Laborpraktikum Leistungselektronik ET-23-PLEK

Laboratory Exercises in Power Electronics
Leistungspunkte / Credit Points: 4

Modulverantwortlicher / Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Klaus F. Hoffmann

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

klaus.hoffmann@hsu-hh.de

040/6541-2853

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

Die im Rahmen der Leistungselektronik-Vorlesungen und -Rechenübungen erworbenen Kompetenzen werden mittels Laborübungen vertieft und gefestigt. Die Teilnehmer können Messmethoden und Messmittel der Leistungselektronik auswählen und zielgerichtet einsetzen. Ferner werden die Auswertung und Interpretation von Messgrößen leistungselektronischer Schaltungen vermittelt. Darüber hinaus wenden die Studierenden Methoden zur Fehlervermeidung und -suche innerhalb leistungselektronischer Laboraufbauten an.

Inhalte / Content

Einführungsvorlesung zu Grundlagen der netzgeführten Stromrichter:

- Ein-, Zwei- und Dreipuls-Schaltungen, Drehstrombrückenschaltung

- Kommutierung bei netzgeführten Stromrichtern

Inhalte in den Laborübungen:

- Netzgeführter Stromrichter in Zweipuls-Brückenschaltung

- Netzgeführter Stromrichter in Drehstrombrückenschaltung

- Gleichspannungswandler

- Untersuchung einer realen Leistungsdiode

- Doppelpuls-Methode zur Charakterisierung von Bauelementen

- Drehstrom-Wechselrichter

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Laborpraktikum Leistungselektronik	V	1	HT
Laborpraktikum Leistungselektronik	LÜ	3	HT

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

Vorlesung und Laborübungen

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

formal: Keine

inhaltlich: Kompetenzen aus dem Pflichtmodul LEK-B/Leistungselektronik für intelligente Netze

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. ENT + EEN

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung zu Laborpraktikum Leistungselektronik	12	1	12
Laborübung zu Laborpraktikum Leistungselektronik	12	3	36
Vor- und Nachbereitung	12	4	48
Prüfungsvorbereitung			24
			120

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul wird mit einer mündlichen Prüfung beendet.

Modul Leistungselektronik A ET-21-LEKA

Power Electronics A
Leistungspunkte / Credit Points: 4

Modulverantwortlicher / Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Klaus F. Hoffmann

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

klaus.hoffmann@hsu-hh.de

040/6541-2853

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

Die Kursteilnehmer können die wesentlichen Eigenschaften konventioneller und moderner Leistungshalbleiter beschreiben und unterscheiden. Ferner haben die Studierenden Methoden zur Bestimmung von Durchlass- und Schaltverlusten der Bauelemente kennengelernt und können diese anwenden. Zudem wurde die Fähigkeit erlangt, das Kühlsystem von Leistungshalbleitern (Entwärmungsverfahren) zu dimensionieren. Die Teilnehmer können Kommutierungskreise analysieren und entsprechend vereinfachen.

Inhalte / Content

- Einsatzgebiete und Einsatzgrenzen moderner Leistungshalbleiter
- Einführung in die Grundlagen der Halbleiter-Physik
- Leistungsdioden - statisches und dynamisches Verhalten
- Konventionelle Leistungshalbleiter: Thyristor und GTO-Thyristor
- Thyristoren als Leistungsschalter in Gleichstromstellern
- Moderne Leistungshalbleiter: Leistungs-MOSFET, IGBT und GCT
- Gegenüberstellung von Leistungs-MOSFET und IGBT
- Aufbau von Leistungsmodulen (MOSFET- und IGBT-Module)
- Berechnung von Durchlass- und Schaltverlusten
- Kommutierung in hochfrequent getakteten Umrichtern
- Thermische Ersatzschaltbilder und Entwärmung
- Diskussion von Datenblättern moderner Leistungshalbleiter
- Thermische Beanspruchung und Lastzyklenfestigkeit
- Treiberschaltungen für Leistungshalbleiter
- Entwicklungstrends im Bereich der Leistungshalbleiter (Siliziumkarbid und Gallium-Nitrid)

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Leistungselektronik A	V	3	WT
Leistungselektronik A	Ü	1	WT

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

Vorlesung mit kombinierten Rechenübungen

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

Keine

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. ENT

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung Leistungselektronik A	12	3	36
Übung Leistungselektronik A	12	1	12
Vor- und Nachbereitung	12	3	36
Prüfungsvorbereitung			36
			120

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul wird mit einer Abschlussklausur (120 Minuten) beendet.

Bei der Bewertung der schriftlichen Prüfung werden Vorleistungen, die studienbegleitend erbracht wurden, durch einen Punktebonus von bis zu 10% der in der schriftlichen Prüfung erreichbaren Punkte berücksichtigt. Die Vorleistungen können durch erfolgreiche Teilnahme an den Rechenübungen erbracht werden.

Dauer in Trimestern / Duration of Module

ein Trimester

Teilnehmer(innen)zahl / Number of Participants

unbegrenzt

Anmeldeformalitäten / Registration

Anmeldung im CMS

Literatur / Bibliographical References and Course Material

Hilfsblätter und Literaturhinweise werden im Rahmen der Vorlesung vorgestellt und ausgeteilt.

Sonstiges / Miscellaneous

Entfällt

Modul Leistungselektronik B ET23LEKB2

Power Electronics B
Leistungspunkte / Credit Points: 6

Modulverantwortlicher / Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Klaus F. Hoffmann

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

klaus.hoffmann@hsu-hh.de

040/6541-2853

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

Die Kursteilnehmer können Stromrichter nach ihrer inneren und äußeren Wirkungsweise unterscheiden. Ferner sind die Studierenden befähigt, das Übertragungsverhalten von Umrichtern zu analysieren, mathematisch zu beschreiben und Methoden zur Bauteildimensionierung und Verlustleistungsbestimmung anzuwenden. Durch die erworbenen Kenntnisse können die Studierenden Stromrichter applikationsnah auslegen.

Inhalte / Content

Selbstgeführte Stromrichter:
- Gleichspannungswandler mit abschaltbaren Leistungshalbleitern in stationären und instationären Arbeitspunkten unter Berücksichtigung der verschiedenen Betriebsmodi
- Übertragungsverhalten und Steuerverfahren (Pulsweitenmodulation, Toleranzbandregelung)
- Gleichspannungswandler mit bidirektionalem Energiefluss
- Vollbrückentopologie mit modernen abschaltbaren Leistungshalbleitern im getakteten Wechselrichter- und Gleichrichterbetrieb
- dreiphasige Brückenschaltung mit modernen abschaltbaren Leistungshalbleitern
- Multi-Level-Wechselrichter und ihre Anwendungen
- Einführung in den Bereich der Schaltentlastungen von modernen Leistungshalbleitern (Zero-Current-Switching, Zero-Voltage-Switching, quasi-resonante Schaltentlastungen)

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Leistungselektronik B	V	3	FT
Leistungselektronik B	Ü	3	FT

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

Vorlesung mit kombinierten Rechenübungen

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

keine

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. ENT

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung	12	3	36

Leistungselektronik B			
Übung Leistungselektronik B	12	3	36
Vor- und Nachbereitung	12	4	48
Prüfungsvorbereitung			60
			180

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul wird mit einer Abschlussklausur (180 Minuten) beendet.

Dauer in Trimestern / Duration of Module

ein Trimester

Teilnehmer(innen)zahl / Number of Participants

unbegrenzt

Anmeldeformalitäten / Registration

Anmeldung im CMS

Modul Masterarbeit MARB

Masterarbeit
Leistungspunkte / Credit Points: 30

Modulverantwortlicher / Contact Person

Die Professoren der Fakultät für Elektrotechnik

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

-

040/6541-0

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

In der Masterarbeit sollen die Studierenden zeigen, dass sie in der Lage sind, innerhalb einer vorgegebenen Frist eine Aufgabenstellung aus der Informationstechnik nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Die erlernten Kenntnisse aus den vorangegangenen Modulen sollen dabei zielgerichtet praktisch angewandt und vertieft werden. In der Regel steht die Aufgabenstellung in Zusammenhang mit einem größeren Projekt, das durch den Betreuer an der jeweiligen Professur - häufig als Industriekooperation - bearbeitet wird. Der Schwierigkeitsgrad und der wissenschaftliche Anspruch der Masterarbeit gehen dabei über die Bachelor- und Studienarbeit hinaus.

Die fachspezifische Berufsqualifikation und Schlüsselkompetenzen sollen insbesondere gestärkt werden durch:

- Teamarbeit, da die Arbeit nicht allein steht, sondern Zuarbeit darstellt und Zuarbeiten, z.B. durch Hilfskräfte oder Laborpersonal erfordert;
- Präsentationen über Zwischenstände und Ergebnis der Arbeit;
- Schriftliche Ausdrucksfähigkeit durch die Erstellung einer Ausarbeitung;
- Systematische Arbeitsweise durch Aufstellung, Abarbeitung und stetige Aktualisierung eines Meilensteinplans;
- Studium englischer Fachliteratur.

Inhalte / Content

Die Inhalte variieren je nach Aufgabenstellung und können u.a. Anteile aus folgenden Bereichen enthalten:

- Theorie
- Aufbau und Vermessung von energietechnischen Einrichtungen
- Software-Erstellung

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/FT/WT
Master-Arbeit			

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

selbständige wissenschaftliche Arbeit

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

Nachweis der bestandenen Studienarbeit

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. ENT

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges,
Master-Arbeit			900

Prüfung und Benotung / Evaluation

Gemäß Prüfungsordnung.

Zulassungsvoraussetzung für die Übernahme der Abschlussarbeit: Nachweis der bestandenen Studienarbeit.

Dauer in Trimestern / Duration of Module

Fristen sind der Prüfungsordnung geregelt.

Teilnehmer(innen)zahl / Number of Participants

unbegrenzt

Anmeldeformalitäten / Registration

gem. Prüfungsordnung

Modul Nichtlineare Regelungen ET-22-NLR

Nonlinear Control

Leistungspunkte / Credit Points: 4

Modulverantwortlicher / Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Joachim Horn

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

Joachim.Horn@hsu-hh.de

040/6541-3593

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

Die Studierenden beherrschen grundlegende Methoden zur Analyse und Synthese nichtlinearer Regelungssysteme.

Inhalte / Content

1. Grundbegriffe nichtlinearer Systeme
1.1 Struktur nichtlinearer Systeme
1.2 Häufig auftretende Kennlinien
1.3 Ruhelagen dynamischer Systeme
1.4 Stabilitätsverhalten der Ruhelagen eines nichtlinearen Systems

2. Harmonische Balance
2.1 Die Definition der Beschreibungsfunktion und die Gleichung der Harmonischen Balance
2.2 Lösung der Gleichung der Harmonischen Balance
2.3 Berechnung der Beschreibungsfunktion
2.4 Ein Beispiel zur Lösung der Gleichung der Harmonischen Balance
2.5 Stabilitätsverhalten von Dauerschwingungen
2.6 Zusammenhang zwischen dem Stabilitätsverhalten der Dauerschwingung und dem Stabilitätsverhalten der Ruhelage
2.7 Regelkreise mit mehreren Kennlinien
2.8 Anwendung der Harmonischen Balance auf Schwingungsprobleme

3. Popow-Kriterium
3.1 Absolute Stabilität von Regelkreisen
3.2 Formulierung und Anwendung des Popow-Kriteriums
3.3 Erweiterungen des Popow-Kriteriums
3.3.1 Verallgemeinerung des Sektors
3.3.2 K=+oo
3.3.3 Lineares Teilsystem mit Totzeit
3.4 Grenzen des Popow-Kriteriums

4. Anwendung der Zustandsebene
4.1 Systeme 2. Ordnung mit Relaiskennlinie
4.2 Auftreten von Grenzzyklen
4.3 Strukturumschaltung (Parametersteuerung) von Reglern
4.4 Totzeitsysteme in der Zustandsebene
4.5 Zeitoptimale Regelung in der Zustandsebene

5. Direkte Methode
5.1 Grundgedanke und Stabilitätskriterien
5.2 Konstruktion von Ljapunow-Funktionen
5.3 Methode der ersten Näherung

6. Synthese nichtlinearer Systeme im Zustandsraum
6.1 Entwurf nichtlinearer Eingrößensysteme durch Kompensation ("globale" oder "exakte" Linearisierung)
6.1.1 Struktur des nichtlinearen Systems

6.1.2 Begriff der Differenzordnung
6.1.3 Reglerentwurf
6.2 Entwurf nichtlinearer Mehrgrößensysteme durch Kompensation und Entkopplung

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Nichtlineare Regelungen	V	2	FT
Nichtlineare Regelungen	Ü	1	FT

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

Die Vorlesung basiert auf einem Tafelanschrieb, aufwändige Diagramme und Bilder werden als Folie gezeigt. Die Übung findet als Hörsaalübung statt.

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

keine

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. ENT

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung	12	2	24
Übung	12	1	12
Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltung	12	3	36
Prüfungsvorbereitung			48
			120

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul wird mit einer Abschlussklausur (120 Minuten) beendet.

Dauer in Trimestern / Duration of Module

ein Trimester

Teilnehmer(innen)zahl / Number of Participants

35

Anmeldeformalitäten / Registration

Anmeldung im CMS

Literatur / Bibliographical References and Course Material

Adamy: Nichtlineare Regelungen.

Föllinger: Nichtlineare Regelungen. Band I und Band II.

Slotine, Li: Applied Nonlinear Control.

Ein Skript, die Übungsaufgaben und eine Sammlung alter Klausuren werden auf der Homepage der Professur Regelungstechnik zur Verfügung gestellt.

Modul Praktikum im Elektromaschinenlabor ENT_EMAIII

Laboratory Exercises on Electrical Machines
Leistungspunkte / Credit Points: 5

Modulverantwortlicher / Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Christian Kreischer

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

christian.kreischer@hsu-hh.de

040/6541-2060

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

- Fähigkeit zur Anwendung wichtiger Messverfahren und Messgeräte in Hinblick auf elektrische Maschinen und Antriebe
- Fähigkeit zur Bestimmung der elektrischen, mechanischen und thermischen Eigenschaften der behandelten Systeme
- Anwendung und Vertiefung der Fähigkeiten aus den Modulen Grundlagen der elektrischen Maschinen und Antriebe und Theorie und Auslegung elektrischer Maschinen

Inhalte / Content

1. Einführung: Messen im Elektromaschinenlabor
2. Lehrmodell I
3. Lehrmodell II
4. Spannungsinduktion im Rotor eines Schleifringläufers
5. Drehstromtransformator
6. Asynchronmaschine mit Schleifringläufer
7. Synchronisierte Asynchronmaschine
8. Käfigläufermotor am Frequenzumrichter mit Spannungszwischenkreis
9. Synchronmaschine mit Dauermagneterregung (Servoantrieb)
10. Gleichstrom-Nebenschlußmaschine
11. Torque-Motor mit Signalprozessor-Regelung
12. Geschalteter Reluktanzmotor

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Praktikum im Elektromaschinen-labor	LÜ	4	HT

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

Laborpraktikum mit Vor- und Schlußtestaten für die einzelnen Versuche

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

keine

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. ENT

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Praktikum im Elektromaschinen-labor	12	4	48
Vor- und Nachbereitung	12	6	72
Kolloquiumsvorberei-tung			30
Summe der Stunden			150

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul wird mit einer mündlichen Prüfung beendet.

Zulassungsvoraussetzung für die Modulprüfung: Nachweis über die erfolgreiche Teilnahme an Laborübungen.

Dauer in Trimestern / Duration of Module

ein Trimester

Teilnehmer(innen)zahl / Number of Participants

30

Anmeldeformalitäten / Registration

Anmeldung im CMS

Literatur / Bibliographical References and Course Material

- Versuchsanleitungen erhältlich im Intranet
- Vorlesungen EMA I, EMA II
- E. Bolte, Elektrische Maschinen, 2. Auflage, Springer Verlag 2018

Modul Studienarbeit ENT_SARB

Student Research Project
Leistungspunkte / Credit Points: 10

Modulverantwortlicher / Contact Person

Die Professoren der Fakultät für Elektrotechnik

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

040/6541-0

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

In der Studienarbeit sollen die Studierenden zeigen, dass sie in der Lage sind, innerhalb einer vorgegebenen Frist eine Aufgabenstellung aus der elektrischen Energietechnik nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Die erlernten Kenntnisse aus den vorangegangenen Modulen sollen dabei zielgerichtet praktisch angewandt und vertieft werden. In der Regel steht die Aufgabenstellung in Zusammenhang mit einem größeren

Projekt, das durch den Betreuer an der jeweiligen Professur - häufig als Industriekooperation - bearbeitet wird. Der Schwierigkeitsgrad und der wissenschaftliche Anspruch der Studienarbeit gehen dabei über die Bachelor-Arbeit hinaus.

Die fachspezifische Berufsqualifikation und Schlüsselkompetenzen sollen insbesondere gestärkt werden durch:

- Teamarbeit, da die Arbeit nicht allein steht, sondern Zuarbeit darstellt und Zuarbeiten, z.B. durch Hilfskräfte oder Laborpersonal erfordert;
- Präsentationen über Zwischenstände und Ergebnis der Arbeit;
- Schriftliche Ausdrucksfähigkeit durch die Erstellung einer Ausarbeitung;
- Systematische Arbeitsweise durch Aufstellung, Abarbeitung und stetige Aktualisierung eines Meilensteinplans;
- Studium englischer Fachliteratur.

Inhalte / Content

Die Inhalte variieren je nach Aufgabenstellung und können u.a. Anteile aus folgenden Bereichen enthalten:

- Theorie
- Aufbau und Vermessung von energietechnischen Einrichtungen
- Software-Erstellung.

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/FT/WT
Studienarbeit			s. FSPO

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

selbständige wissenschaftliche Arbeit

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

keine

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. ENT

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Studienarbeit			300

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul schließt mit einer Projektarbeit ab.

Dauer in Trimestern / Duration of Module

Fristen sind in der Prüfungsordnung geregelt.

Teilnehmer(innen)zahl / Number of Participants

unbegrenzt

Anmeldeformalitäten / Registration

gem. Prüfungsordnung

Modul Theorie und Auslegung elektrischer Maschinen ENT_EMAII

Theory and Design of Electrical Machines
Leistungspunkte / Credit Points: 7

Modulverantwortlicher / Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Christian Kreischer

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

christian.kreischer@hsu-hh.de

040/6541-2060

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

- Fähigkeit zur Anwendung der Prinzipien zur analytischen Behandlung elektrischer Maschinen
- Fähigkeit zur mathematischen Modellierung der praktisch wichtigsten Maschinentypen im stationären und dynamischen Betrieb
- Fähigkeit zur Bewertung der behandelten Maschinen bzgl. Funktion, Aufwand, Innovationspotential
- Fähigkeit zur Auslegung elektrischer Maschinen bzgl. vorgegebener Eigenschaften

Inhalte / Content

1. Einführung: Gegenstand, Methoden, Ziele
2. Reluktanzmotoren
3. Synchronmaschine mit Vollpolläufer und elektronisch kommutierte Gleichstrommaschine
4. Asynchronmaschinen

- Grundwellen-/Grundschwingungsmodell, stationärer Betrieb
- Oberfeldtheorie
- Dynamischer Betrieb

5. Gleichstrommaschinen
6. Universalmotoren
7. Synchronmaschinen mit Schenkelpolläufer und Dämpferkäfig
8. Sonderbauformen elektromechanischer Energiewandler

- Linearmotoren (Transrapid), Aktuatoren (Drosselklappenaktuator), elektrisch unterstützte Turbolader, Sektormotoren, Antriebe für die Medizintechnik

9. Elektromagnetisch erregte Schwingungen und Geräusche
10. Auslegung von Antrieben mit Dauermagnet erregten Motoren

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Theorie und Auslegung elektrischer Maschinen	V	4	FT
Theorie und Auslegung elektrischer Maschinen	Ü	2	FT

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

Vorlesung mit Demonstrationen/Experimenten, z. T. Rechneranimation

Übung mit aktiver Einbeziehung der Studenten und Lernfortschrittskontrolle

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

keine

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. ENT

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung	12	4	48
Übung	12	2	24
Vor- und Nachbereitung	12	5	60
Prüfungsvorbereitung			78
Summe der Stunden			210

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul wird mit einer Abschlussklausur (180 Minuten) beendet.

Literatur / Bibliographical References and Course Material

1. G. Müller; B. Ponick, Berechnung elektrischer Maschinen, Wiley 2008
2. G. Müller; B. Ponick, Theorie elektrischer Maschinen, Wiley 2009
3. Ekkehard Bolte, Elektrische Maschinen, 2. Auflage, Springer 2018

Modul Thermodynamik der Energiewandlungsprozesse ET-21-TDEP

Thermodynamics of Energy Conversion Processes
Leistungspunkte / Credit Points: 3

Modulverantwortlicher / Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Markus Schatz

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

markus.schatz@hsu-hh.de

040/6541-2725

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

Die Studierenden

- Beherrschen die Grundlagen der Thermodynamik der idealen Gase
- Können verschiedene thermodynamische Kreisprozesse zur Energiewandlung beschreiben und berechnen
- Sind in der Lage, Prozessvariationen zur Wirkungsgradsteigerung zu analysieren und zu diskutieren
- Können die beschränkte Wandelbarkeit von Energie mithilfe der Begriffe der Exergie und der Anergie erläutern

Inhalte / Content

Grundlagen der Thermodynamik

- Zustandsgrößen
- Prozesse
- Erster und zweiter Hauptsatz der Thermodynamik
- Thermodynamische Eigenschaften reiner Fluide

Kreisprozesse

- Joule-Prozess
- Clausius-Rankine-Prozess
- Prozessvariationen zur Erhöhung des Wirkungsgrades
- Thermodynamische Betrachtung der Verbrennung
- Linksläufige Prozesse (Heizen und Kühlen)

Wandelbarkeit von Energie

- Exergie und Anergie
- Der Carnot-Prozess

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Thermodynamik der Energiewandlungsprozesse	V	2	WT
Thermodynamik der Energiewandlungsprozesse	Ü	1	WT

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

Vorlesung

Hörsaalübung

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

keine

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. ENT

WPF in M.Sc. EEN

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung	12	2	24
Übung	12	1	12
Vor- und Nachbereitung	12	2	24
Prüfungsvorbereitung			30
			90

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul wird mit einer Abschlussklausur (120 Minuten) beendet.

Dauer in Trimestern / Duration of Module

ein Trimester

Teilnehmer(innen)zahl / Number of Participants

unbegrenzt

Anmeldeformalitäten / Registration

Anmeldung im CMS

Literatur / Bibliographical References and Course Material

Vorlesungsunterlagen werden als PDF zur Verfügung gestellt.

Windisch: Thermodynamik, Oldenbourg, 2001, ISBN 3-486-25047-7 (in der Lehrbuchsammlung der HSU verfügbar), DOI 10.1524/9783486719963

Baehr, Kabelac: Thermodynamik : Grundlagen und technische Anwendungen, Springer, 2016 (ältere Ausgaben sind ebenfalls nutzbar), ISBN 978-3-662-49568-1 (in der Lehrbuchsammlung der HSU verfügbar), DOI 10.1007/978-3-662-49568-1

Modul Transiente Vorgänge in Hochspannungsnetzen ET22HSTB2

Transients in High-Voltage Grids
Leistungspunkte / Credit Points: 4

Modulverantwortlicher / Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz

E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen / Email/Phone

detlef.schulz@hsu-hh.de

040/6541-2757

Qualifikationsziel / Module Objectives and Competencies

- Die Studenten können Grundlagen über dynamische Vorgänge in Energieversorgungsnetzen anwenden.
- Die Teilnehmer sind in der Lage, Schutzmaßnahmen vor Überspannungen und Überströmen einzusetzen.
- Mit den erworbenen Kenntnissen können die Studenten hochspannungstechnische Dimensionierungsrechnungen durchführen.
- Es werden Fähigkeiten zu systematischer Vorgehensweise bei der Lösung komplexer Aufgaben erworben.

Inhalte / Content

Überspannungen und Überströme:

- Ursachen
- Netzschutz mit Überspannungsableitern:
  Ventilableiter, Funkenstrecke, Metalloxidableiter
- Blitzschutz
- Schutzmaßnahmen im Hochspannungsnetz

Herleitung und Anwendung der Wanderwellentheorie:

- Grundlagen, Telegrafengleichung, Wellengleichung
- Entstehung und Ausbreitung von Wanderwellen
- Leitungsverzweigungen und Leitungsübergänge

Beschreibung von elektromagnetischen Ausgleichsvorgängen mit Wanderwellen:

- Einschalten von Leitungen
- Ausschalten von Leitungen im Kurzschlussfall
- Vergleich der Wanderwellentheorie-Lösung mit der Lösung im Laplace-Bereich

Laborversuche

Modulbestandteile / Composition of Module

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Transiente Vorgänge in Hochspannungs-netzen	V	2	FT
Transiente Vorgänge in Hochspannungs-netzen	Ü	1	HT
Transiente Vorgänge in Hochspannungs-netzen	LÜ	1	HT

Beschreibung der Lehr- und Lernformen / Teaching and Learning Methods

Vorlesung, Übung, Laborversuche

Voraussetzungen für die Teilnahme / Requirements

keine

Verwendbarkeit des Moduls / Usability of Module

PF in M.Sc. ENT

WPF in M.Sc. EEN

Arbeitsaufwand / Work Load

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung	12	2	24
Übung	12	1	12
Laborübung	12	1	12
Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltung	12	4	48
Prüfungsvorbereitung	1	24	24
			120

Prüfung und Benotung / Evaluation

Das Modul wird mit zwei Teilprüfungen beendet:

1) Klausur (120 Minuten)

2) Laborübungsbericht mit der Bewertung "bestanden" oder "nicht bestanden".

Dauer in Trimestern / Duration of Module

zwei Trimester

Teilnehmer(innen)zahl / Number of Participants

unbegrenzt

Anmeldeformalitäten / Registration

Anmeldung im CMS

Literatur / Bibliographical References and Course Material

Heuck/Dettmann/Schulz: Elektrische Energieversorgung, Vieweg-Verlag