

# Modulhandbuch

## M.Sc. Elektrische Energietechnik

# Inhaltsverzeichnis

Berechnung von Netzfehlern und Netzbetrieb .....	4
Elektrische Energieversorgung .....	6
Grundlagen der elektrischen Maschinen und Antriebe .....	8
Grundlagen der Hochspannungstechnik .....	10
Leistungselektronik A .....	12
Leistungselektronik B .....	14
Masterarbeit .....	17
Nichtlineare Regelungen .....	19
Praktikum im Elektromaschinenlabor .....	22
Studienarbeit .....	24
Theorie und Auslegung elektrischer Maschinen .....	25
Thermodynamik und Strömungsmaschinen .....	27
Transiente Vorgänge in Hochspannungsnetzen .....	29

# Modulübersicht

<b>Titel</b>	<b>engl. Titel</b>	<b>LP</b>	<b>Verantwortlicher</b>	<b>Verwendbarkeit</b>	<b>Seite</b>
Berechnung von Netzfehlern und Netzbetrieb	Grid Faults and Grid Operation	5	Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz	P in ENT	4
Elektrische Energieversorgung	Electrical Power Supply	5	Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz	P in ENT	6
Grundlagen der elektrischen Maschinen und Antriebe	Fundamentals of Electromechanical Power Conversion	7	Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Bolte	P in ENT, EEN	8
Grundlagen der Hochspannungstechnik	Introduction to High-Voltage Technology	3	Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz	P in ENT, EEN	10
Leistungselektronik A	Power Electronics A	4	Prof. Dr.-Ing. Klaus F. Hoffmann	P in ENT	12
Leistungselektronik B	Power Electronics B	8	Prof. Dr.-Ing. Klaus F. Hoffmann	P in ENT	14
Masterarbeit	Masterarbeit	30	Die Professoren der Fakultät für Elektrotechnik	P in ENT	17
Nichtlineare Regelungen	Nonlinear Control	4	Prof. Dr.-Ing. Joachim Horn	P in ENT, EEN WP in INT, INI	19
Praktikum im Elektromaschinenlabor	Laboratory Exercises on Electrical Machines	5	Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Bolte	P in ENT	22
Studienarbeit	Student Research Project	12		24	
Theorie und Auslegung elektrischer Maschinen	Theory and Design of Electrical Machines	8	Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Bolte	P in ENT	25
Thermodynamik und Strömungsmaschinen	Thermodynamics and Turbomachinery	3	Prof. Dr.-Ing. Franz Joos	P in ENT WP in EEN	27
Transiente Vorgänge in Hochspannungsnetzen	Transients in High-Voltage Grids	4	Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz	P in ENT WP in EEN	29

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz

---

**E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen**

detlef.schulz@hsu-hh.de

040/6541-2757

---

**Qualifikationsziel**

- 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**

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**

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

Vorlesung, Übung

---

### Voraussetzungen für die Teilnahme

keine

---

### Verwendbarkeit des Moduls

P in ENT

---

### Arbeitsaufwand

	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

Klausur (2h)

Erlaubte Hilfsmittel:

Fragenteil: keine

Aufgabenteil: 2 handschriftliche DIN-A4-Seiten, nicht programmierbarer Taschenrechner

---

### Dauer in Trimestern

ein Trimester

---

### Teilnehmer(innen)zahl

unbegrenzt

---

### Anmeldeformalitäten

Anmeldung im CMS

---

### Literatur

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

Zusatzmaterial wird in der Lehrveranstaltung zur Verfügung gestellt.

---

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz

---

**E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen**

detlef.schulz@hsu-hh.de

040/6541-2757

---

**Qualifikationsziel**

- 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**

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**

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

---

**Beschreibung der Lehr- und Lernformen**

Vorlesung, Übung

---

## Voraussetzungen für die Teilnahme

keine

---

## Verwendbarkeit des Moduls

P in ENT

---

## Arbeitsaufwand

	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

Klausur (2h)

Erlaubte Hilfsmittel:

Fragenteil: keine

Aufgabenteil: 2 handschriftliche DIN-A4-Seiten, nicht programmierbarer Taschenrechner

---

## Dauer in Trimestern

zwei Trimester

---

## Teilnehmer(innen)zahl

unbegrenzt

---

## Anmeldeformalitäten

Anmeldung im CMS

---

## Literatur

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

Zusatzmaterial wird in der Lehrveranstaltung zur Verfügung gestellt.

---

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Bolte

**E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen**

ekkehard.bolte@hsu-hh.de

040/6541-2751

**Qualifikationsziel**

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

**Inhalte**

- 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**

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**

Vorlesung mit Demonstrationen/Experimenten, z. T. Rechneranimation

Übung mit aktiver Einbeziehung der Studenten und Lernfortschrittskontrolle

**Voraussetzungen für die Teilnahme**

keine



## Verwendbarkeit des Moduls

P in ENT, EEN

---

## Arbeitsaufwand

	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

Klausur (3 h)

Zulassungsvoraussetzung: keine

---

## Dauer in Trimestern

ein Trimester

---

## Teilnehmer(innen)zahl

unbegrenzt

---

## Anmeldeformalitäten

Anmeldung im CMS

---

## Literatur

1. Skriptum und Arbeitsblätter verfügbar auf der Homepage der Professur
  2. Ekkehard Bolte, Elektrische Maschinen, Springer 2011
-

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz

---

**E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen**

detlef.schulz@hsu-hh.de

040/6541-2757

---

**Qualifikationsziel**

- 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**

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**

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Grundlagen der Hochspannungstechnik	V	2	WT
Grundlagen der Hochspannungstechnik	Ü	1	WT

---

**Beschreibung der Lehr- und Lernformen**

Vorlesung, Übung

---

**Voraussetzungen für die Teilnahme**

keine

---

**Verwendbarkeit des Moduls**

P in ENT, EEN

---

**Arbeitsaufwand**

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung	12	2	24
Übung	12	1	12
Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltung	12	3	36
Prüfungsvorbereitung <sup>1</sup>		18	18
			90

---

**Prüfung und Benotung**

Klausur (2h)

Erlaubte Hilfsmittel:

Fragenteil: keine

Aufgabenteil: 2 handschriftliche DIN-A4-Seiten, nicht programmierbarer Taschenrechner

---

**Dauer in Trimestern**

ein Trimester

---

**Teilnehmer(innen)zahl**

unbegrenzt

---

**Anmeldeformalitäten**

Anmeldung im CMS

---

**Literatur**

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

Zusatzmaterial wird in der Lehrveranstaltung zur Verfügung gestellt.

---

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Klaus F. Hoffmann

---

**E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen**

klaus.hoffmann@hsu-hh.de

040/6541-2853

---

**Qualifikationsziel**

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**

- 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**

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

---

**Beschreibung der Lehr- und Lernformen**

Vorlesung mit kombinierten Rechenübungen

---

**Voraussetzungen für die Teilnahme**

Keine

---

## Verwendbarkeit des Moduls

P in ENT

---

### Arbeitsaufwand

	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

Klausur (2h)

Erlaubte Hilfsmittel:

Im Fragenteil: Nicht programmierbarer Taschenrechner

Im Rechenteil: Nicht programmierbarer Taschenrechner sowie eine gut lesbare, handschriftlich erstellte Formelsammlung über maximal zwei Seiten.

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

ein Trimester

---

### Teilnehmer(innen)zahl

unbegrenzt

---

### Anmeldeformalitäten

Anmeldung im CMS

---

### Literatur

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

---

### Sonstiges

Entfällt

---

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Klaus F. Hoffmann

**E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen**

klaus.hoffmann@hsu-hh.de

040/6541-2853

**Qualifikationsziel**

Die Kursteilnehmer können Stromrichter nach ihrer inneren und äußeren Wirkungsweise unterscheiden. Ferner sind die Studierenden befähigt, das Übertragungsverhalten von Umrichtern zu analysieren und Methoden zur Bauteildimensionierung und Verlustleistungsbestimmung anzuwenden. Das im Rahmen der Vorlesungen und Übungen erlangte Wissen wird mittels Laborübungen vertieft und gefestigt. Die Teilnehmer können Messmethoden und Messmittel der Leistungselektronik auswählen und einsetzen. Ferner wird die Auswertung und Interpretation von Messgrößen leistungselektronischer Schaltungen vermittelt.

**Inhalte**

Selbstgeführte Stromrichter:

- Gleichspannungswandler mit abschaltbaren Leistungshalbleitern im stationären und instationären Betrieb
- 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)

Einführung in netzgeführte Stromrichter:

- Ein-, Zwei- und Dreipuls-Schaltungen, Drehstrombrückenschaltung
- Kommutierung bei netzgeführten Stromrichtern

Inhalte in den Laborübungen:

- Netzgeführter Stromrichter in Zweipuls-Brückenschaltung
- Netzgeführter Stromrichter in Drehstrombrückenschaltung
- Gleichstrom-Tiefsetzsteller (Buck-Converter)
- Untersuchung einer realen Leistungsdiode
- Moderne Energiesparlampe
- Drehstrom-Wechselrichter

**Modulbestandteile**

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

**Beschreibung der Lehr- und Lernformen**

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Keine

---

### Verwendbarkeit des Moduls

P in ENT

---

### Arbeitsaufwand

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung im FT Leistungselektronik B	12	3	36
Übung im FT Leistungselektronik B	12	3	36
Vor- und Nachbereitung im FT	12	3	36
Laborübungen im HT	12	3	36
Vor- und Nachbereitung der Laborübungen im HT	12	4	48
Prüfungsvorbereitung			48
			240

---

### Prüfung und Benotung

Klausur (3h)

Erlaubte Hilfsmittel:

Im Fragenteil: Nicht programmierbarer Taschenrechner

Im Rechenteil: Nicht programmierbarer Taschenrechner sowie eine gut lesbare, handschriftlich erstellte Formelsammlung über maximal zwei Seiten.

Bei der Bewertung der schriftlichen Prüfung werden Vorleistungen, die studienbegleitend erbracht wurden, durch einen Punktebonus von bis zu 18% der in der schriftlichen Prüfung erreichbaren Punkte berücksichtigt. Die Vorleistungen können je zur Hälfte durch erfolgreiche Teilnahme an den Rechenübungen und den Laborübungen erbracht werden.

---

### Dauer in Trimestern

zwei Trimester

---

### Teilnehmer(innen)zahl

unbegrenzt

---

### Anmeldeformalitäten

Anmeldung im CMS

---

### Literatur

Hilfsblätter, Laborunterlagen und Literaturhinweise werden im Rahmen der Vorlesung vorgestellt und ausgeteilt

---

## **Sonstiges**

Entfällt

---



**Modulverantwortlicher**

Die Professoren der Fakultät für Elektrotechnik

---

**E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen**

-

040/6541-0

---

**Qualifikationsziel**

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**

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**

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

---

**Beschreibung der Lehr- und Lernformen**

selbständige wissenschaftliche Arbeit

---

**Voraussetzungen für die Teilnahme**

Nachweis der bestandenen Studienarbeit

---

**Verwendbarkeit des Moduls**

P in ENT

---

**Arbeitsaufwand**

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

---

**Prüfung und Benotung**

gem. Prüfungsordnung

---

**Dauer in Trimestern**

Fristen sind der Prüfungsordnung geregelt.

---

**Teilnehmer(innen)zahl**

unbegrenzt

---

**Anmeldeformalitäten**

gem. Prüfungsordnung

---

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Joachim Horn

---

**E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen**

Joachim.Horn@hsu-hh.de

040/6541-3593

---

**Qualifikationsziel**

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

---

**Inhalte**

**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  $K=+\infty$
  - 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

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

---

### Beschreibung der Lehr- und Lernformen

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

---

### Voraussetzungen für die Teilnahme

keine

---

### Verwendbarkeit des Moduls

P in ENT, EEN

WP in INT, INI

---

### Arbeitsaufwand

	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

Klausur (2h)

Erlaubte Hilfsmittel: Skript, alte Klausuren, Bücher, eigene Mitschriften, nicht programmierbarer Taschenrechner

---

### Dauer in Trimestern

ein Trimester

---

### Teilnehmer(innen)zahl

**Anmeldeformalitäten**

Anmeldung im CMS

---

**Literatur**

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.

---

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Bolte

**E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen**

ekkehard.bolte@hsu-hh.de

040/6541-2751

**Qualifikationsziel**

- Kenntnis der für elektrische Maschinen und Antriebe wichtigen Meßverfahren und Meßgeräte
- Kenntnisse über die Messung 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**

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**

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

**Beschreibung der Lehr- und Lernformen**

Laborpraktikum mit Vor- und Schlußtestaten für die einzelnen Versuche

**Voraussetzungen für die Teilnahme**

keine

**Verwendbarkeit des Moduls**

P in ENT

**Arbeitsaufwand**

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.

Praktikum im Elektromaschinenlabor	12	4	48
Vor- und Nachbereitung	12	6	72
Kolloquiumsvorbereitung			30
Summe der Stunden			150

---

### Prüfung und Benotung

(Schluss)testate der Einzelversuche, (Abschluss)kolloquium. Note als gewichteter Durchschnitt der Einzelnoten der Versuche mit einfachem Gewicht und der Kolloquiums-Note mit vierfachem Gewicht.

Zulassungsvoraussetzung: Erfolgreiche Teilnahme an den Laborübungen

---

### Dauer in Trimestern

ein Trimester

---

### Teilnehmer(innen)zahl

30

---

### Anmeldeformalitäten

Anmeldung im CMS

---

### Literatur

- Versuchsanleitungen erhältlich im Intranet
  - E. Bolte, Vorlesungen EMA I, EMA II
  - E. Bolte, Elektrische Maschinen, Springer Verlag 2011
-

---

**Anmeldeformalitäten**

gem. Prüfungsordnung

---



**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Bolte

**E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen**

ekkehard.bolte@hsu-hh.de

040/6541-2751

**Qualifikationsziel**

- Anwendungssichere Kenntnis 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
- Anwendbare Kenntnisse zur Auslegung elektrischer Maschinen bzgl. vorgegebener Eigenschaften

**Inhalte**

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**

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**

Vorlesung mit Demonstrationen/Experimenten, z. T. Rechneranimation

**Voraussetzungen für die Teilnahme**

keine

---

**Verwendbarkeit des Moduls**

P in ENT

---

**Arbeitsaufwand**

	Wochen	Std./Woche	Std. insges.
Vorlesung	12	4	48
Übung	12	2	24
Vor- und Nachbereitung	12	5	60
Prüfungsvorbereitung			108
Summe der Stunden			240

---

**Prüfung und Benotung**

Klausur (3 h)

---

**Dauer in Trimestern**

ein Trimester

---

**Teilnehmer(innen)zahl**

unbegrenzt

---

**Anmeldeformalitäten**

Anmeldung im CMS

---

**Literatur**

1. Skriptum und Arbeitsblätter verfügbar auf der Homepage der Professur
  2. Ekkehard Bolte, Elektrische Maschinen, Springer 2011
-

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Franz Joos

**E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen**

joos@hsu-hh.de

040/6541-2725

**Qualifikationsziel**

- Grundwissen über Thermodynamik, Strömungsmechanik, Strömungsmaschinen
- Verständnis der physikalischen Phänomene bei der Energiewandlung und Fähigkeit zur Abschätzung thermischer Problemstellungen
- Fähigkeit zur Bewertung der Umweltbeeinflussung durch die konventionelle Kraftwerkstechnik

**Inhalte**

- Grundlagen der Thermodynamik

Hauptsätze, Kreisprozesse, Verbrennung

- Grundlagen der Strömungsmechanik

Kontinuitätsgleichung, Impulssatz, Energieerhaltung

- Grundlagen der Strömungsmaschinen

Geschwindigkeitsdreiecke, Eulersche Strömungsmaschinenhauptgleichung, Turbomaschinen (Gasturbinen, Dampfturbinen, Verdichter)

- Brennstoffe

fossile Brennstoffe, regenerative Brennstoffe, Kernbrennstoffe

- Emissionen

primäre und sekundäre Abgasreinigung

**Modulbestandteile**

LV-Titel	LV-Art	TWS	HT/WT/FT
Thermodynamik und Strömungsmaschinen	V	2	WT
Thermodynamik und Strömungsmaschinen	Ü	1	WT

**Beschreibung der Lehr- und Lernformen**

Vorlesung

Hörsaalübung

**Voraussetzungen für die Teilnahme**

keine

---

### Verwendbarkeit des Moduls

P in ENT

WP in EEN

---

### Arbeitsaufwand

	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

Klausur (2 h)

---

### Dauer in Trimestern

ein Trimester

---

### Teilnehmer(innen)zahl

unbegrenzt

---

### Anmeldeformalitäten

Anmeldung im CMS

---

### Literatur

Skriptum mit Literaturangaben vorhanden, gedruckt erhältlich

Übungsaufgabensammlung gedruckt erhältlich

---

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Detlef Schulz

**E-Mail-Adresse / Telefonnummer des Modulverantwortlichen**

detlef.schulz@hsu-hh.de

040/6541-2757

**Qualifikationsziel**

- 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**

Überspannungen und Überströme:

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

Herleitung und Anwendung der Wanderwellentheorie:

- Grundlagen, Telegraphengleichung, 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**

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

## Beschreibung der Lehr- und Lernformen

Vorlesung, Übung, Laborversuche

---

## Voraussetzungen für die Teilnahme

keine

---

## Verwendbarkeit des Moduls

P in ENT

WP in EEN

---

## Arbeitsaufwand

	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

Klausur (2h)

Erlaubte Hilfsmittel:

Fragenteil: keine

Aufgabenteil: 2 handschriftliche DIN-A4-Seiten, nicht programmierbarer Taschenrechner

---

## Dauer in Trimestern

zwei Trimester

---

## Teilnehmer(innen)zahl

unbegrenzt

---

## Anmeldeformalitäten

Anmeldung im CMS

---

## Literatur

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

---