



ELEKTRISCHE ENERGIETECHNIK

Smart Grid | Microgrid | Regenerative Energien

INHALT



Qualifiziert für die Industrie	
Trainingssysteme für die Energietechnik	4
Mehr als ein Trainingssystem	
Komplettlösung Automatisierungslabor	6
„Smart Grid“ – Intelligente Stromnetze	10
Vom Experimentierstand zum Smart Grid	12
Grundausstattung: Smart Grid	14
Erweiterungen Smart Grid	15
Grundausstattung Microgrid	16
Erweiterungen Microgrid.....	17
Industrial Cyber Security	18
SCADA for Power Engineering LAB	21
SCADA for Power Lab im Smart Grid	22
SCADA Remote Control/ Cyber Security	24
SCADA Net/ SCADA Tools	26
Regenerative Energieerzeugung	28
Photovoltaik Professional	30
Untersuchung von Batteriespeichern mit PV-Anlagen	31
Photovoltaik Advanced	32
Solarpumpensystem	33
Windkraftanlagen	34
Photovoltaik Hybridsystem	36
Brennstoffzellentechnik Advanced	38
Energieerzeugung	40
Generatorregelung und Synchronisation	42
Kraftwerke	44
Generatorschutz	46
Transformatoren	48
Transformatoren und Transformatorschutz	50
Strom- und Spannungswandler	52
Energieübertragung	54
Hochspannungs-Gleichstromübertragung	56
Übertragungsleitungen	58
Leitungsschutz	60
Energieverteilung	62
Dreiphasiges Doppelsammelschienensystem	64
Energiemanagement	66
Energiemanagement	68
Schutz elektrischer Verbraucher	70

QUALIFIZIERT FÜR NEUE HERAUSFORDERUNGEN



Trainingssysteme für die Energietechnik

Der Wandel in der Energieversorgung ...

Der Anteil an erneuerbarer Energien gegenüber fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl und Gas, nimmt weltweit immer mehr zu. Die technischen Möglichkeiten wachsen dank innovativer Technologien und Konzepte stetig. Die Solarenergie, Windkraft, Wasserstoff und Biomasse sind als umweltfreundliche Energieerzeuger etabliert und nutzbar. Schwankungen der Energieerzeugung werden durch Energiemanagement, Speichertechnologien und Sektorkopplung kompensiert. Damit sich der Trend fortsetzen kann und die Energiewende gelingt, werden weltweit gut ausgebildete technische Fachkräfte benötigt.

... hat großen Einfluss auf die Ausbildung

Geänderte Anforderungen erfordern neue, moderne, praxisorientierte Lehrsysteme. Diese vermitteln dem Lernenden den aktuellen Stand der Technik und die notwendige Handlungskompetenz.

Lernen mit Lucas-Nülle

Die modularen und skalierbaren Lehr- und Trainingssysteme bilden den innovativen und zukunftssicheren Grundstein für eine gute und fundierte Ausbildung im Bereich der Energietechnik.

Vorteile

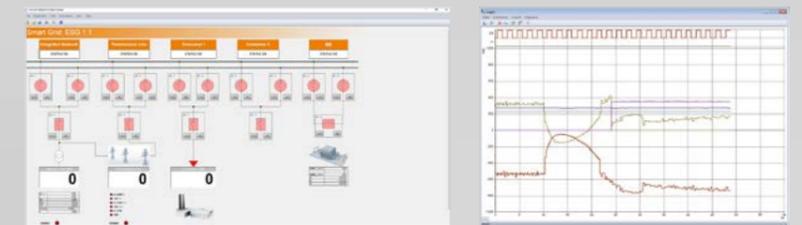
- Verknüpfung von Theorie und Praxis
- Individuelles Lernen/Lehren
- DO-IT-YOURSELF lernen
- Kombination von Software und Hardware
- Labsoft enthält Animationen und Instrumente
- Software ist editierbar (Sprache, Inhalt, Prüfungstests)

MEHR ALS EIN TRAININGSSYSTEM

Komplexe Lerninhalte mit modernen Lernmedien lebendig präsentieren



Smart Grid
Mit dem SCADA-System den gesamten Energiefluss messen und steuern



Komplettlösungen für die elektrische Energietechnik
von der Erzeugung, Übertragung und Verteilung bis hin zum Verbrauch



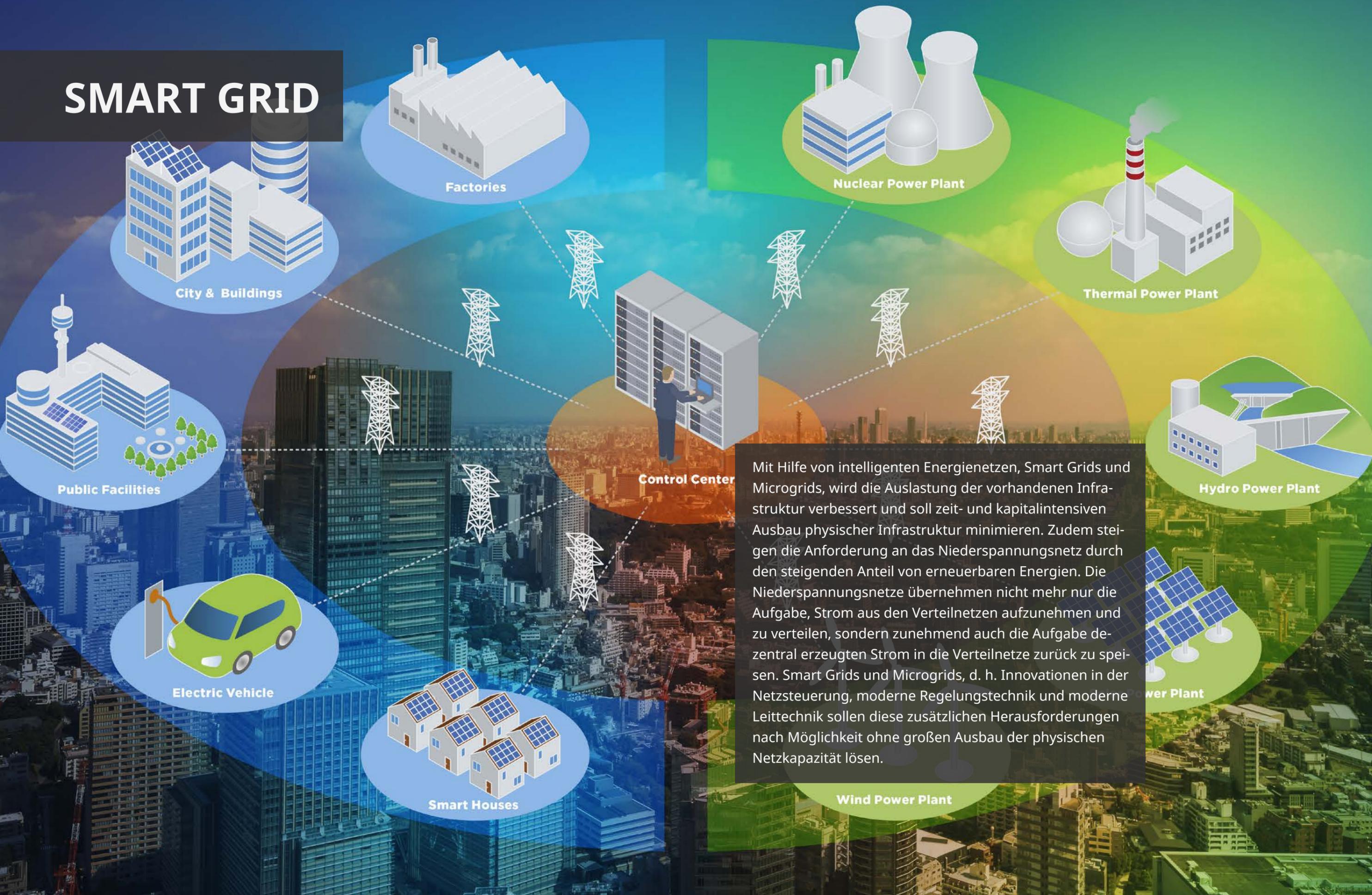
Erneuerbare Energien
Windkraft, Brennstoffzellen, Photovoltaik



Multimediale Wissensvermittlung mit UniTrain



SMART GRID



Mit Hilfe von intelligenten Energienetzen, Smart Grids und Microgrids, wird die Auslastung der vorhandenen Infrastruktur verbessert und soll zeit- und kapitalintensiven Ausbau physischer Infrastruktur minimieren. Zudem steigen die Anforderungen an das Niederspannungsnetz durch den steigenden Anteil von erneuerbaren Energien. Die Niederspannungsnetze übernehmen nicht mehr nur die Aufgabe, Strom aus den Verteilnetzen aufzunehmen und zu verteilen, sondern zunehmend auch die Aufgabe dezentral erzeugten Strom in die Verteilnetze zurück zu speisen. Smart Grids und Microgrids, d. h. Innovationen in der Netzsteuerung, moderne Regelungstechnik und moderne Leittechnik sollen diese zusätzlichen Herausforderungen nach Möglichkeit ohne großen Ausbau der physischen Netzkapazität lösen.



Video: Entdecken Sie Ihre Smart Grid Lösung!



Für die Zukunft bestens gerüstet:

Intelligente Stromnetze im Energietechniklabor

Das Smart Grid setzt sich aus den Ausstattungen zur Energieerzeugung mit Hilfe konventioneller und erneuerbarer Energien, Übertragung, Verteilung, Schutz und Energiemanagement zusammen. Die Ausstattungen können entsprechend der Anforderungen angepasst und erweitert werden. Die hohe Modularität zeichnet das Trainingssystem aus.

Das vernetzte Energietechniklabor

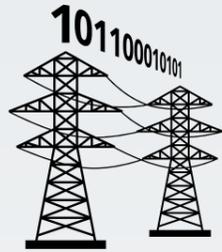
Die Ausstattungen erlauben das elektrische und informationstechnische Kombinieren der Trainingssysteme zur Erzeugung, Übertragung, Verteilung, Schutz und zum Management elektrischer Energie. Somit kann der Einfluss der regenerativen Energieerzeugung auf die Energieerzeugung im Labor untersucht werden. Die bedarfsgerechte Steuerung von Verbrauchern kann ein Teil des Energiemanagements darstellen. Beliebige Szenarien lassen sich damit abbilden.

Vorteile

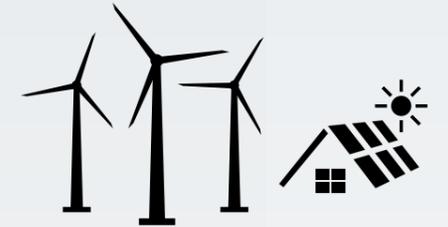
- Große Auswahl an Themen zur Erzeugung, Übertragung, Verteilung, Schutz und Energiemanagement
- Modular einsetzbare Hardware zur Nachbildung beliebiger Szenarien
- Didaktisches SCADA für eine praxisnahe Durchführung von Experimenten und Szenarien
- Digitale Multimediakurse mit geführten Experimenten
- Erweiterbar um Experimentiersysteme der Maschinen und Antriebstechnik wie energieeffiziente Antriebe und Leistungselektronik (mit Matlab® Simulink®) als zusätzliche (dynamische) Lasten im Smart Grid



SCADA



Smart Grid



Renewable Energies



Cyber Security



Fault-Ride-Through



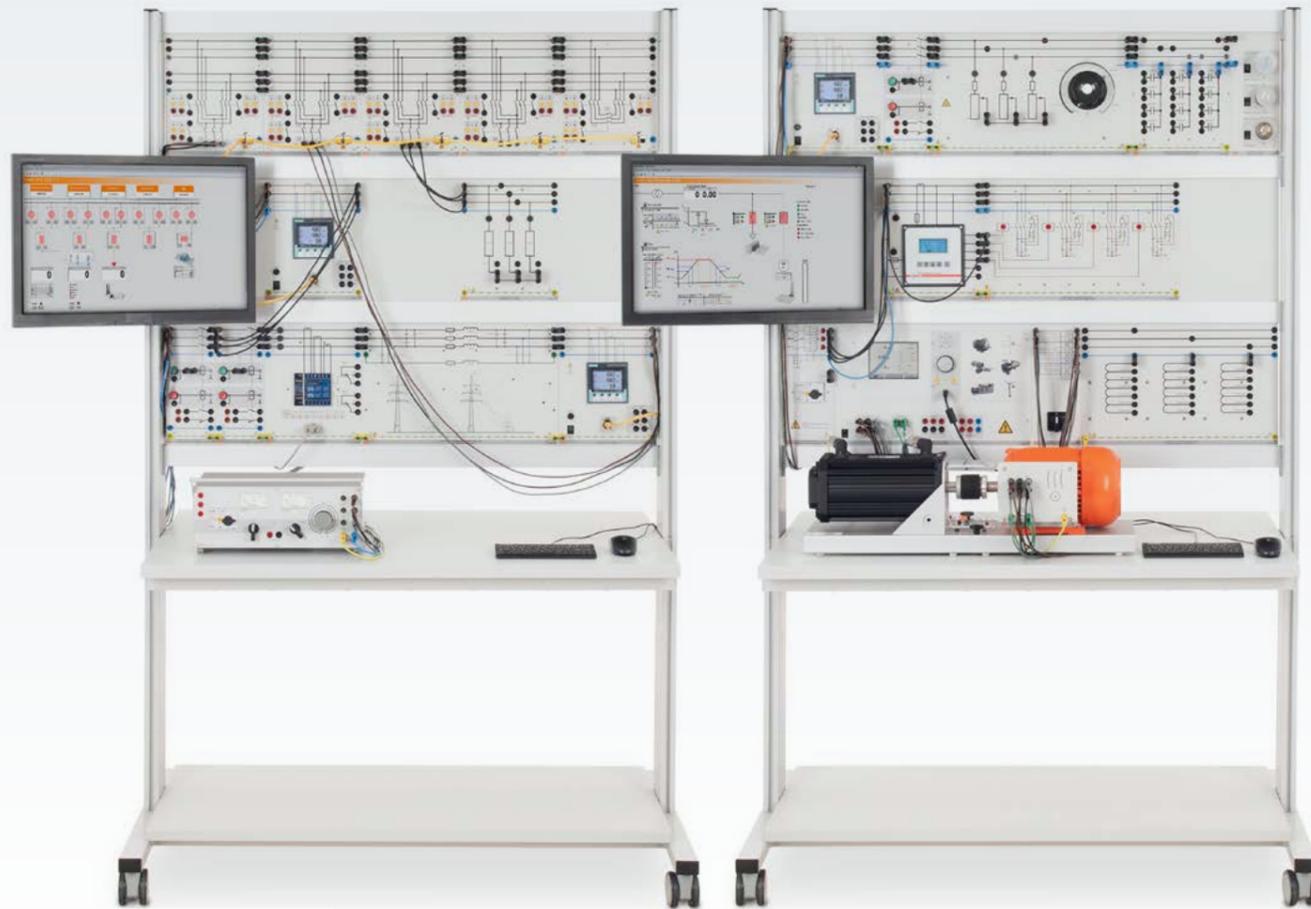
Flexible Gestaltung

Durch die Modularität des Systems lassen sich die Geräte sehr flexible zusammenstellen. In wenigen Minuten können komplexe Anwendungen im Experimentierwagen aufgebaut und dem flexiblen Unterricht angepasst werden. Die Kombination von Systemen ermöglicht den Aufbau beliebiger Szenarien bis hin zum Microgrid und Smart Grid.

Dem Budget angepasst

Die Anschaffung kann stufenweise erfolgen. Beginnen Sie mit einer Minimalsstattung und erweitern Sie Ihr System jederzeit zum komplexen Energietechniklabor.

GRUNDAUSSTATTUNG: SMART GRID



Smart Grid - Kontrollzentrum - Energiemanagement

Diese Ausstattung bildet die Zentrale des Smart Grids in dem Energietechniklabor. Neben der Erzeugung, Übertragung und Verteilung der Energie werden hier mittels SCADA Software alle Werte erfasst und entsprechende Schalthandlungen ausgelöst. Dies kann manuell, wie auch automatisch mittels Soft SPS erfolgen. Einspeisungen erzeugter Energien und Laständerungen werden von dem Smart Grid Kontrollzentrum erfasst und entsprechende Gegenmaßnahmen ergriffen, um das Energienetz stabil zu halten.

Lerninhalte

- Dreiphasiges Doppelsammelschienensystem
- Untersuchungen an Drehstromleitungen
- Überstromzeitschutz für Leitungen
- Komplexe Verbraucher, Energieverbrauchsmessung und Spitzenlastüberwachung
- Handbetätigte und automatische Blindleistungskompensation
- Lastmanagement - Demand Side Management
- Intelligente Steuerung der Erzeuger und Verbraucher

Art.-Nr. ESG1

ERWEITERUNGEN: SMART GRID



EPH3 - Photovoltaik Professional



EWG1 - Windkraftanlagen



EDC - Hochspannungs-Gleichstromübertragung



EUG - Synchronisierschaltungen



ECS1 - Industrial Cyber Security



EUK - Pumpspeicherkraftwerk und Kraftwerke



EUT - Untersuchung an Transformatoren



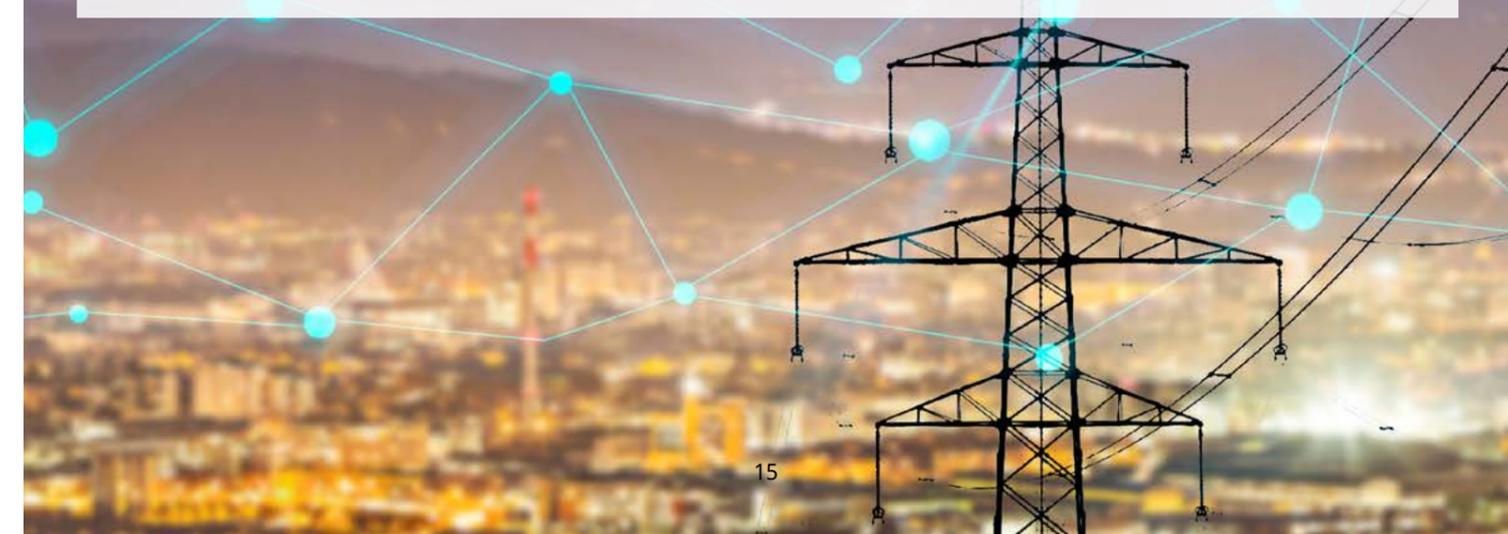
EUL - Übertragungsleitungen



ELP - Leitungsschutz

+ Fault-ride-through (FRT)

+ Open Source Netzwerkanalyse



GRUNDAUSSTATTUNG: MICROGRID



Inselparallelbetrieb / Microgrid

Wird dieses Inselnetz an das Smart Grid gekoppelt spricht man vom Microgrid, welches drei Betriebsmodi hat: On Grid, Off Grid und Dual Modus. Microgrids werden eine zentrale Rolle im Smart Grid von Morgen einnehmen.

Vorteile

- Reduzierung der Übertragungs- und Transformatorverluste
- Unabhängigkeit vom großen Energieversorger
- Smart Grid als Backup System
- Intelligente mit SCADA gesteuerte Versorgung und Verbraucher
- Energieerzeugung mit erneuerbaren Energien
- Opt. der Stromqualität, Zuverlässigkeit und Nachhaltigkeit

Lerninhalte

- Regelung von mehreren Generatoren im Inselnetz
- Regelung von mehreren Generatoren im Netzparallelbetrieb
- Koordination von Energiebedarf und -erzeugung im Inselnetz
- Einsatz moderner Informationstechnologie wie z.B. vernetzte Sensoren/Aktoren, SPS-Steuerung und SCADA-Bedienoberfläche
- „Smart Metering“ eines Bilanzknotens um ein Subnetz autark zu machen.
- Manuelle Regelung
- Spannungsregelung
- Frequenzregelung
- Drehmomentregelung
- cos phi-Regelung
- Droopregelung

Art.-Nr. EMG

ERWEITERUNGEN: MICROGRID



EMG 2 - Zusätzliches Sekundärsystem (bis zu drei Ergänzungen)



EPH 3 - Photovoltaik Professional



EWG 1 - Windkraftanlagen



EUG 3 - Pumpspeicherkraftwerk



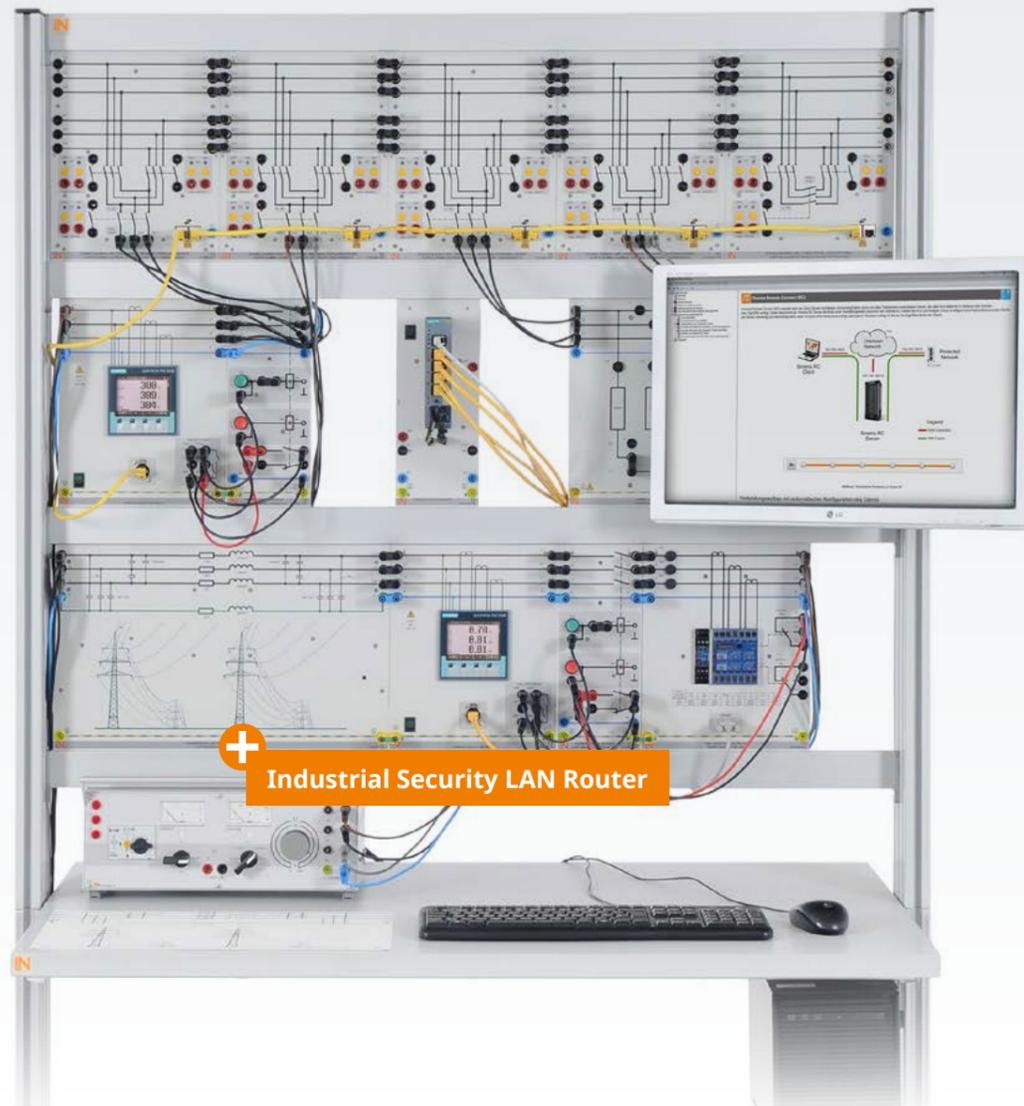
EUC 2 - Dynamische Verbraucher



ECS 1 - Industrial Cyber Security

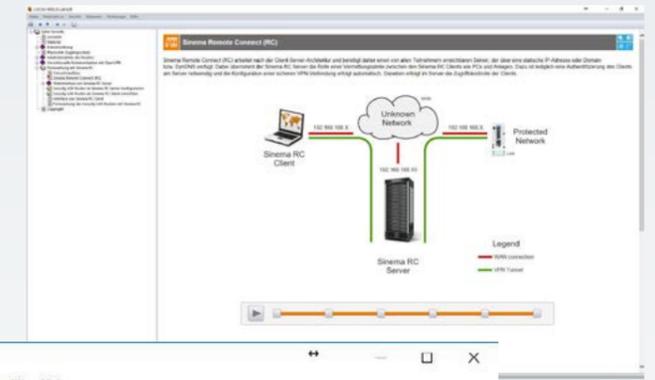


INDUSTRIAL CYBER SECURITY



```

192.168.1.1 - PuTTY
show flow-control [ interface <interface-type> <interface-id> ]
show zwlog [[ info | warning | critical ]]
show history
show im
show interface mtu [ ( Vlan <vlan-id (1-4094)> | <interface-type> <interface-id> ) ]
show interfaces [ ( <interface-type> <interface-id> | Vlan <vlan-id(1-4094)> ) ]
show interfaces [ ( <interface-type> <interface-id> ) [ description | status ] ]
show ip arp [ ( Vlan <vlan-id(1-4094)> ) | <interface-type> <interface-id> | <ip-address> | <mac-address> ] [ summary | information ] ]
show ip dhcp client
show ip dhcp client state
show ip dhcp-server bindings
show ip dhcp-server pools [pool-id (1-5)]
show ip http secure server status
show ip http server status
show ip interface [ (Vlan <vlan-id(1-4094)> | <interface-type> <interface-id> | loopback) ]
show ip route [ ( <ip-address> [ <mask> ] | connected | static | dhcp ) ]
show ip routing
show ip ssh
--More--
    
```



Zenmap

Target: 192.168.1.1 Profile: Quick scan Scan Cancel

Command: nmap -T4 -F 192.168.1.1

OS	Host	Nmap Output	Ports / Hosts	Topology	Host Details	Scans
OS	Host					
	192.168.1.1	PORT STATE SERVICE 22/tcp open ssh 23/tcp open telnet 53/tcp closed domain 80/tcp open http 443/tcp open https MAC Address: 20:67:56:29:F3:F4 (Siemens AG)				

Nmap done: 1 IP address (1 host up) scanned in 22.65 seconds

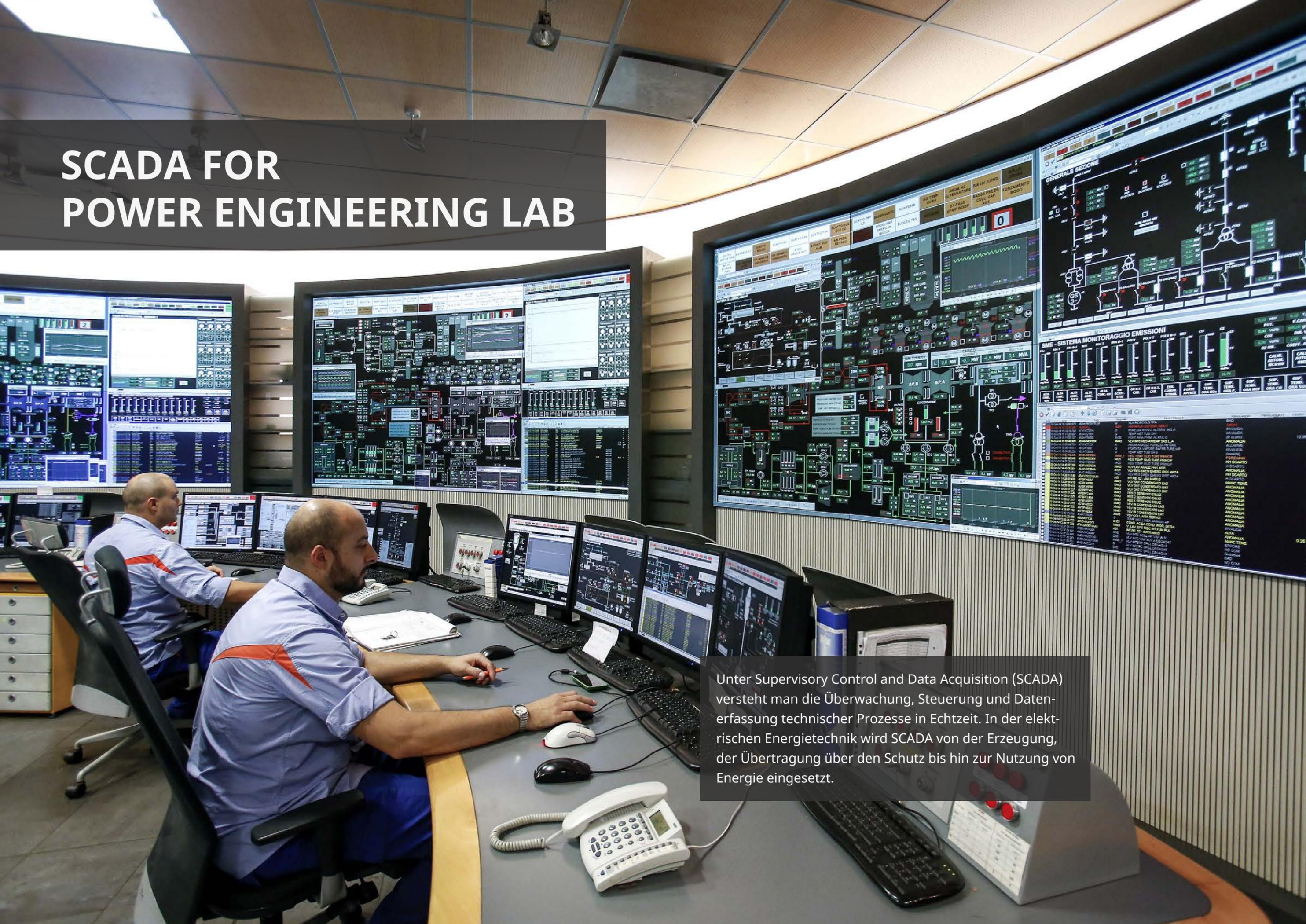
In modernen Energienetzen ist das Thema Cyber Security unverzichtbar. Mit vielen Übungen werden alle gängigen Schutzmaßnahmen gegen Cyber Attacken auf Energietechnische Systeme vermittelt.

- Lerninhalte**
- Verhaltensregeln für die Nutzung von Systemen
 - Physikalische Maßnahmen
 - Konfigurieren eines Security LAN Routers
 - DHCP Server
 - Firewall
 - Open VPN
 - Netzwerkprotokolle analysieren
 - Secure Shell (SSH)
 - HTTP(S)
 - Fernwartung mit Sinema
 - Access Control / Zugriffbeschränkung
 - Authentifizierung / Freigaben
 - Verschlüsselung / Encryption
 - Zertifikate

Industrial Security LAN Router
 Der SCALANCE S615 LAN-Router dient zum Schutz von Geräten/Netzen in der Automatisierungstechnik und zur Sicherung der industriellen Kommunikation mittels VPN und Firewall. Einfache Projektierung mittels Web-based Management.

- Security Funktionen**
- Ausführung der Firewall: stateful inspection
 - Produktfunktion / bei VPN-Verbindung: IPsec, OpenVPN (als Client zu SINEMA RC)
 - Art der Verschlüsselungsalgorithmen (VPN-Verbindung): AES-256, AES-192, AES-128, 3DES-168, DES-56
 - Art der Authentifizierungsverfahren (VPN-Verbindung): Preshared Key (PSK), X.509v3 Zertifikate
 - Art der Hashingalgorithmen (VPN-Verbindung): MD5, SHA-1, SHA-256, SHA-384, SHA-512
 - Anzahl der möglichen Verbindungen (VPN-Verbindung): 20
 - Passwortschutz
 - Adressumsetzung: NAT/NAPT
 - Anbindung an SINEMA RC

SCADA FOR POWER ENGINEERING LAB



Unter Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) versteht man die Überwachung, Steuerung und Datenerfassung technischer Prozesse in Echtzeit. In der elektrischen Energietechnik wird SCADA von der Erzeugung, der Übertragung über den Schutz bis hin zur Nutzung von Energie eingesetzt.

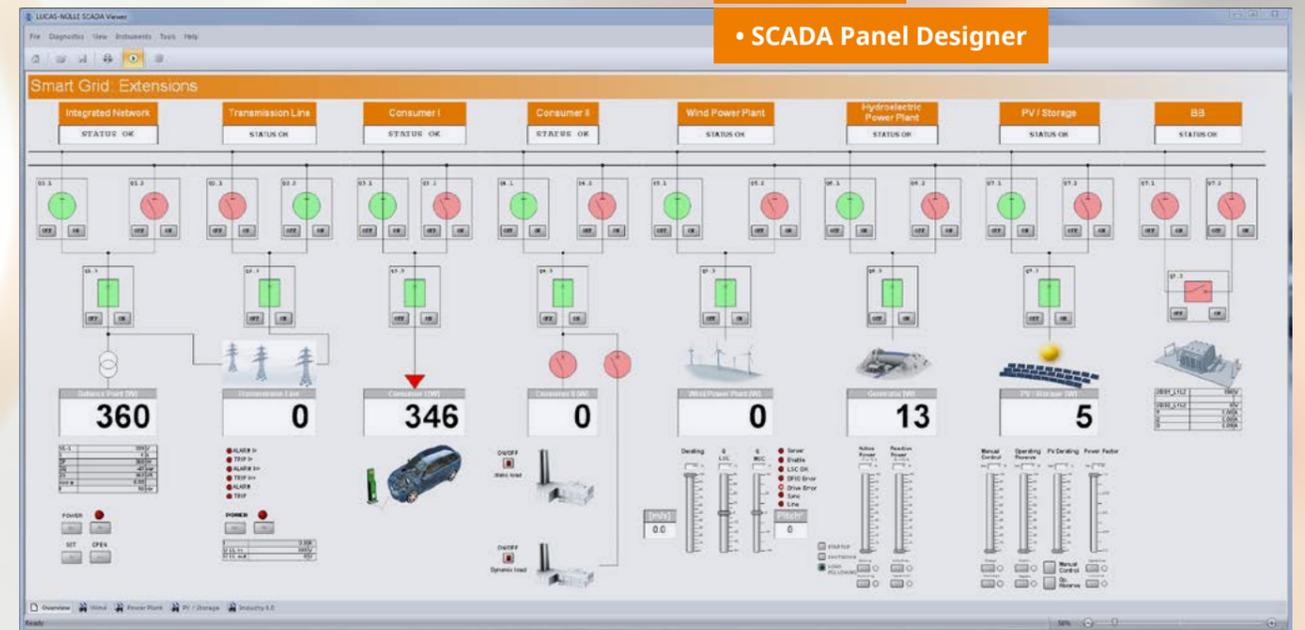
SCADA FOR POWER LAB IM SMART GRID



Cyber Security



- SCADA NET
- SCADA Remote
- SCADA Logger
- SCADA PLC
- SCADA Panel Designer



Unter Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) versteht man die Überwachung, Steuerung und Datenerfassung technischer Prozesse in Echtzeit. In der elektrischen Energietechnik wird SCADA von der Erzeugung, der Übertragung über den Schutz bis hin zur Nutzung von Energie eingesetzt.

SCADA ermöglicht Daten in Prozessen zu visualisieren und zu verändern. Messwerte werden in Echtzeit auf dem Bildschirm dargestellt. Steuersignale können während des Prozesses justiert werden. Das SCADA System kann den Prozess auch automatisch steuern. Die Aufnahme vieler Messwerte ermöglicht eine Zukunftsplanung und eine ökonomische Optimierung. Das System kann durch lokale Netzwerke (LAN), wie auch über das Internet ferngesteuert werden.

SCADA for Power Engineering Lab ist eine Software zur Steuerung und Überwachung energietechnischer Anlagen. In der Software können alle Messwerte und Zustände der im System vorhandenen Messgeräte in Echtzeit angezeigt werden. Wichtige Parameter und Signale sind durch Software steuerbar.

Die Messwerte und Zustände der Geräte lassen sich auswählen, aufnehmen und über die Zeit darstellen. Auch die Auswertung und der Export sind möglich.

Der SCADA Designer dient zur Erstellung von Benutzeroberflächen.

Der Viewer ist das SCADA System zum Bedienen und Beobachten der Systeme.

Funktionen der Software

• SCADA Designer

- Frei konfigurierbare Benutzeroberflächen
- Symbolische Anordnung aller Geräte der Lucas-Nülle Energietechnik
- Normierte elektronische Schaltsymbole zur Visualisierung von Schaltungen
- Individuell konfigurierbare Werteliste zur Anzeige von beliebig vielen Messwerten
- Anzeige der Messwerte und Zustände in Echtzeit
- Realisierung und Analyse intelligenter Netze (Smart Grid)
- Design mehrerer Arbeitsblätter pro System

• SCADA Viewer

- Volle Kontrolle der Systeme
- Analyse intelligenter Netze (Smart Grid)
- Anzeige der Messwerte und Zustände in Echtzeit
- Mit SCADA Designer erstellte Dateien konfigurieren
- Für alle Versuche vorgefertigte Beispieldateien (Templates)
- Multiuser fähig



- + • Tablet Mode
- Arbeitsblätter (Tabs)
- Multiuser



Komfortable Beobachtung und Steuerung des SMART GRID mit verschiedenen Endgeräten

- Tablet Mode
- Übersichtliche Bedienung durch passende Arbeitsblätter:
 - Übersicht des Gesamtsystems
 - Bedienung des Einzelsystems
- Verbindung über WLAN
- Verbindung über Internet
- Gleichzeitiger Zugang von allen Computern

- + • Encryption
- Firewall
- Security Router



Verbindungsaufbau mit automatischer Konfiguration des Clients

SO2805-4B: Kurs „Cyber Security in der Automatisierungs- und Energietechnik“

In modernen Energienetzen ist das Thema Cyber Security unverzichtbar. Mit vielen Übungen werden alle gängigen Schutzmaßnahmen gegen Cyber Attacken auf Energietechnische Systeme vermittelt.

Lerninhalte

- Verhaltensregeln für die Nutzung von Systemen
- Physikalische Maßnahmen
- Konfigurieren eines Security LAN Routers
- DHCP Server
- Firewall
- Open VPN
- Netzwerkprotokolle analysieren
- Secure Shell (SSH)
- HTTP(S)
- Fernwartung mit Sinema
- Access Control / Zugriffbeschränkung
- Authentifizierung / Freigaben
- Verschlüsselung / Encryption
- Zertifikate

SCADA NET

+ SCADA Client Server
 + SCADA OPC
 + Cyber Security
 + SCADA IEC 61850

The image shows three software windows. On the left is the 'Device Manager' window with a list of devices including 'Wind_SCADA RC Client', 'Wmd_Double busbar feeder CO3301-SR', and 'SCADA Advanced Remote Control Server'. In the center is the 'Properties' window for 'Access Control' showing a 'WhiteList' table with columns for 'Start Address' and 'End Address'. On the right is the 'OPC Client' window displaying a table of data points for 'LN OPC Server for SCADA'.

Group	Name	Type	Value	Quality	Timestamp	Access	ID
Group 1	[00] Apparent current in phase L1	LRREAL	0	Good	01.12.2017 15:32:25	R	[07] Time Over Current Relay CO3301-4I.[00].[00] Apparent current in phase L1
Group 1	[01] Apparent current in phase L2	LRREAL	0	Good	01.12.2017 15:32:25	R	[07] Time Over Current Relay CO3301-4I.[00].[01] Apparent current in phase L2
Group 1	[02] Apparent current in phase L3	LRREAL	0	Good	01.12.2017 15:32:25	R	[07] Time Over Current Relay CO3301-4I.[00].[02] Apparent current in phase L3
Group 1	[00] Voltage VL1-N	LRREAL	233,9857	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[00] Voltage VL1-N
Group 1	[01] Voltage VL2-N	LRREAL	232,8020	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[01] Voltage VL2-N
Group 1	[02] Voltage VL3-N	LRREAL	236,6636	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[02] Voltage VL3-N
Group 1	[03] Voltage VL1-L3	LRREAL	402,8106	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[03] Voltage VL1-L3
Group 1	[04] Voltage VL2-L3	LRREAL	398,5500	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[04] Voltage VL2-L3
Group 1	[05] Voltage VL3-L1	LRREAL	398,5576	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[05] Voltage VL3-L1
Group 1	[06] Current L1	LRREAL	0,172957	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[06] Current L1
Group 1	[07] Current L2	LRREAL	0,146506	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[07] Current L2
Group 1	[08] Current L3	LRREAL	0,134731	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[08] Current L3
Group 1	[09] Neutral Current	LRREAL	0,120544	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[09] Neutral Current
Group 1	[10] Apparent power L1	LRREAL	40,45951	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[10] Apparent power L1
Group 1	[11] Apparent power L2	LRREAL	34,03427	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[11] Apparent power L2
Group 1	[12] Apparent power L3	LRREAL	30,53921	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[12] Apparent power L3
Group 1	[13] Active power L1	LRREAL	22,80010	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[13] Active power L1
Group 1	[14] Active power L2	LRREAL	-8,66728	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[14] Active power L2
Group 1	[15] Active power L3	LRREAL	-9,27730	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[15] Active power L3
Group 1	[16] Reactive power L1	LRREAL	-8,54271	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[16] Reactive power L1

SCADA TOOLS

+ SCADA Logger
 + SCADA Panel Designer
 + SCADA PLC

The image shows three software windows. On the left is a 'Generator settings (after gen restart)' window with a frequency slider and several analog gauges for power, voltage, and current. In the center is the 'SCADA Panel Designer' window showing a graphical interface with various gauges and indicators. On the right is the 'SCADA PLC' window displaying a ladder logic diagram with various logic gates and timers.



• SCADA Remote Client / Server

- Beobachten und Bedienung aller Systeme an jedem PC im Labor
- das Energietechniklabor in der Cloud

• SCADA OPC Client

- Anbindung externer Geräte, z.B. SPS

• SCADA OPC NET Server

- Echtzeitanbindung an z.B. MATLAB®/Simulink® und LabVIEW über OPC-Server

• Cyber Security

- Limitierung der Verbindungen
- Access Control (Black / White List)
- Encryption

• Weitere unterstützte Protokolle:

- SCADA IEC 61850 Client (Anbindung externer Geräte, z.B. PMU)
- TCP/IP Client/ Server
- MODBUS
- SML (Smart Message Language)
- HTTP

• SCADA Logger

- Aufnahme von Diagrammen der Messwerte und Signale über die Zeit
- Bearbeitung, Analyse und Export der Diagramme
- Ausmessen der Werte

• SCADA Panel Designer

- Entwurf und Configuration eigener Bedienoberflächen

• SCADA PLC

- Integrierte Soft SPS (IEC61131 konform)
- Zugriff auf alle Werte und Signale im Smart Grid
- Automatische Erzeugung der Variablenliste
- Variablen beobachten

REGENERATIVE ENERGIEERZEUGUNG



Der Anteil an erneuerbarer Energien gegenüber fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl und Gas, nimmt weltweit immer mehr zu. Die technischen Möglichkeiten wachsen dank innovativer Technologien und Konzepte stetig. Die Solarenergie, Windkraft, Wasserstoff und Biomasse sind als umweltfreundliche Energieträger etabliert und nutzbar. Schwankungen der Energieerzeugung werden durch Energiemanagement, Speichertechnologien und Sektorkopplung kompensiert. Damit sich der Trend fortsetzen kann und die Energiewende gelingt, werden weltweit gut ausgebildete technische Fachkräfte benötigt.

PHOTOVOLTAIK PROFESSIONAL – MODERNE PV-ANLAGEN IM NETZPARALLELBETRIEB



Der Aufbau von PV-Anlagen im Netzparallelbetrieb wird realitätsnah vermittelt. Zur Stabilisierung des Stromnetzes werden die Techniken Derating des Wechselrichters und regelbarer Ortsnetztransformator angewendet. Die Vermittlung von Kenntnissen, Know-how und die PC-gestützte Auswertung der Messdaten wird durch den Multimediakurs Photovoltaik Professional zusammen mit der SCADA Power Lab Software ermöglicht.

Lerninhalte

Untersuchung von Solarmodulen

- Aufnahme des Tages- und Jahresverlaufs
- Optimale Ausrichtung von Solarmodulen erproben (Steigerung des Energieertrages)
- Kennlinienaufnahme von Solarmodulen

Aufbau von PV-Anlagen im Inselbetrieb

- Messung der erzeugten Energie einer PV-Anlage
- Leistungsbegrenzung des PV-Wechselrichters (Derating)
- Bestimmung des Wirkungsgrades des Netz-Wechselrichters
- Regelverhalten des Netz-Wechselrichters, MPP Tracking

- Aufnahme der Ertragsdaten mittels Sonnenverlaufsemulator
- Untersuchung des Verhaltens einer PV-Anlage bei Netzausfall
- Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen

Spannungsregelung im Ortsnetz

- Ortsnetztransformator
- Leistungsbegrenzung des PV-Wechselrichters (Derating)
- Automatische Regelung der Spannung im Ortsnetz
- Integration moderner PV-Anlagen ins SMART Grid

UNTERSUCHUNG VON BATTERIESPEICHERN MIT PV-ANLAGEN



Video zum Thema ansehen!



Untersuchung von Batteriespeichern mit PV-Anlagen

Ein elektrochemischer Energiespeicher mit Photovoltaikanlage verfolgt das Ziel, die Stromerzeugung in Zeiten des Verbrauchs bzw. den Verbrauch in die Zeiten der Erzeugung zu verlagern. Dazu muss die vorhandene, verfügbare (Solare-) Energie erzeugt und dann gespeichert werden, um sie in Zeiten des Energiebedarfs wieder nutzbar zu machen. Die wichtigsten Motive eines elektrochemischen Energiespeichers sind daher:

- Erhöhung des Eigenverbrauchs
- Versorgungssicherheit durch Notstrom

Lerninhalte

- Aufbau und Installation des Batteriespeichers
- Inbetriebnahme des Speichers
- Zusammenwirken von PV-Anlage und Speicher
- Steigerung des Eigenverbrauchs durch den Energiespeicher

PHOTOVOLTAIK ADVANCED – PROJEKTARBEITEN MIT INDUSTRIEKOMPONENTEN



Das Trainingssystem ermöglicht die realitätsnahe Simulation des Sonnenverlaufs. Auch ohne Sonne im Labor lassen sich die Versuche mit Hilfe von Emulatoren praxistgerecht durchführen. Die Vermittlung von Kenntnissen, Know-how und die PC-gestützte Auswertung der Messdaten wird durch den Multimediakurs Photovoltaik Advanced ermöglicht.

Lerninhalte

Untersuchung von Solarmodulen

- Optimale Ausrichtung von Solarmodulen erproben
- Kennlinienaufnahme von Solarmodulen
- Untersuchung des Verhaltens bei Abschattung
- Untersuchung der Wirkungsweise von Bypassdioden
- Verschaltungsarten von Solarmodulen kennen lernen

Aufbau von PV-Anlagen im Inselbetrieb

- Installation von PV-Anlagen
- Aufbau und Test einer Insel-PV-Anlage im Direktbetrieb
- Aufbau und Test einer Insel-PV-Anlage im Speicherbetrieb
- Aufbau und Test einer Insel-PV-Anlage zur Erzeugung von 230 V Wechselspannung

Aufbau von PV-Anlagen im Netzparallelbetrieb

- Installation, Aufbau und Test einer PV-Anlage mit Netzeinspeisung
- Messung der erzeugten Energie einer PV-Anlage
- Bestimmung des Wirkungsgrades des Netz-Wechselrichters
- Untersuchung des Verhaltens einer PV-Anlage bei Netzausfall

Art.-Nr. EPH 2

SOLARPUMPENSYSTEM



Solarpumpen für die autarke Wasserversorgung

Die Kombination des Solarpumpensystems mit dem Photovoltaik-Hybridsystem ermöglicht die Förderung von Brunnenwasser auch ohne Sonneneinstrahlung, da über das Hybridsystem zusätzlich ein Batteriespeicher zur Verfügung steht. Neben der Förderung von Wasser können weitere AC-Verbraucher über das Hybridsystem versorgt werden. Hier gilt es die Komponenten auf die Anforderung abzustimmen und über die Parametrierung eine Priorisierung zu erzielen.

Lerninhalte

- Unterschiede verschiedener Solarpumpen Systemen
- Planung von Solarpumpen Systemen
- Messung des Durchflusses
- Messung des Tagesvolumens
- Untersuchung des Verhaltens bei unterschiedlicher Bestrahlungsstärken und Abschattungen
- Untersuchung bei unterschiedlicher Bestrahlungsdauern pro Tag
- Aufnahmen von Charakteristiken und Berechnung der Effizienz der Pumpe und des Gesamtsystems

Art.-Nr. EPH 2.4

WINDKRAFTANLAGEN



+ Video zum Thema ansehen!



+ Fault-ride-through (FRT)

Doppelgespeiste Asynchrongeneratoren (DFIG)

Die Ausstattung ermöglicht die Untersuchung moderner Windkraftanlagen mit „Doppelgespeisten Asynchrongeneratoren“. Der Wind lässt sich realitätsnah mit dem Servo-Maschinenprüfstand und der Software „WindSim“ emulieren. Durch die PC-Anbindung ist während der Experimente eine komfortable Bedienung und Visualisierung gewährleistet. Der dazu gehörende Multimediakurs „Interactive Lab Assistent“ vermittelt die theoretischen Kenntnisse, unterstützt die Durchführung der Versuche und die Auswertung von Messdaten.

Lerninhalte

- Aufbau und Wirkungsweise moderner Windkraftanlagen verstehen
- Physikalische Grundlagen „Vom Wind zur Welle“ erarbeiten
- Verschiedene Windkraftanlagenkonzepte kennen lernen
- Aufbau und Inbetriebnahme eines doppelgespeisten Asynchrongenerators
- Betrieb des Generators bei wechselnden Windstärken und Regelung der Ausgangsspannung und -frequenz
- Bestimmung von optimalen Arbeitspunkten bei wechselnden Windbedingungen
- Untersuchung des Verhaltens bei Netzfehlern
- „Fault-ride-through“

Art.-Nr. EWG 1

KLEINWINDKRAFTANLAGEN



Strom für die dezentrale Versorgung

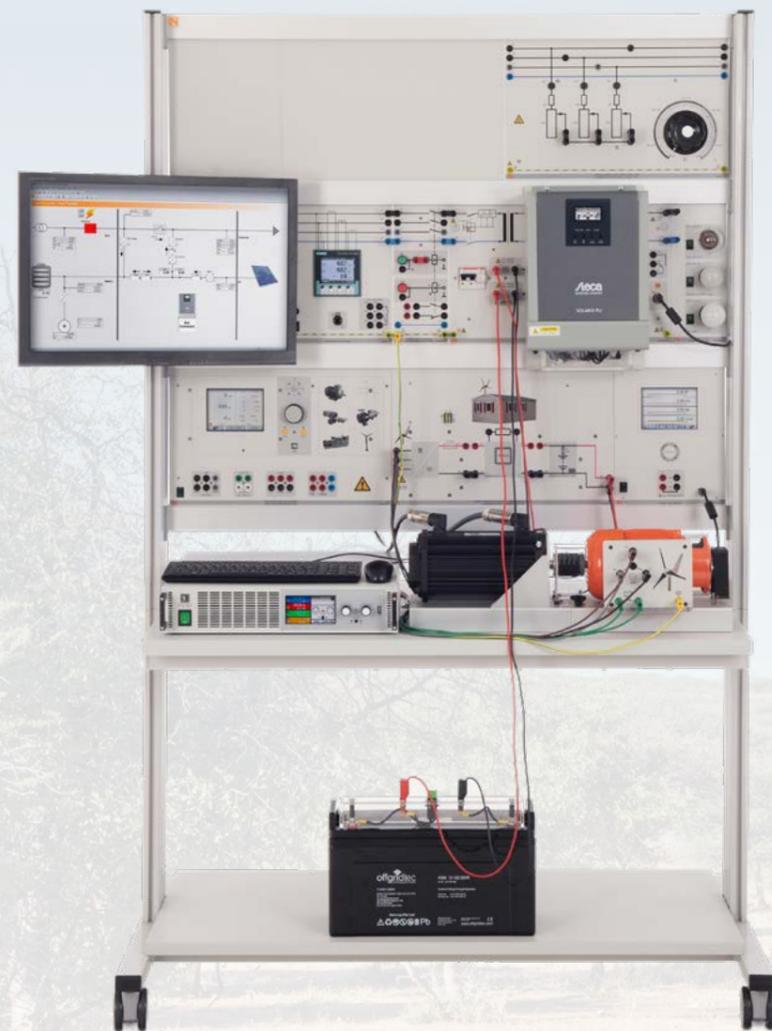
Kleinwindkraftanlagen bis 5 kW Leistung werden heute für dezentrale Stromversorgungen eingesetzt. Die Anlagen erzeugen Gleichspannung. Die Energie lässt sich über Laderegler in Akkus speichern. Über Wechselrichter werden Wechselspannungen für den Betrieb von Netzverbrauchern erzeugt. Der Einfluss von Windstärke und mechanischem Aufbau der Windkraftanlage lassen sich detailgetreu mit dem Servo-Maschinenprüfstand und der Software „WindSim“ emulieren.

Lerninhalte

- Aufbau und Wirkungsweise moderner Kleinwindkraftanlagen verstehen
- Physikalische Grundlagen „Vom Wind zur Welle“ erarbeiten
- Verschiedene Windkraftanlagenkonzepte kennen lernen
- Aufbau und Inbetriebnahme eines Kleinwindkraftgenerators
- Betrieb mit wechselnden Windstärken im Speicherbetrieb
- Energiespeicherung
- Optimierung der Anlage
- Aufbau einer Inselanlage zur Erzeugung von 230 V Wechselspannung
- Hybridsysteme zur autarken Stromversorgung

Art.-Nr. EWG 2

DAS ERWEITERBARE PHOTOVOLTAIK-HYBRIDSYSTEM



Das erweiterbare Photovoltaik-Hybridssystem

Das Trainingssystem ermöglicht den realitätsnahen Aufbau eines Photovoltaik-Hybridsystems durch den Einsatz industrieller Komponenten. Die fehlergeschützten Anschlüsse und Sicherheitsverbindungen vermittelt die Funktionsweise des Systems in einer sicheren Umgebung. Komplexe Energieflüsse innerhalb des Hybridsystems werden mit Hilfe von SCADA anschaulich visualisiert und ausgewertet. Die Betriebsweisen Inselnetz, Netzparallelbetrieb und unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) werden mit dem kompakten Trainingssystem abgebildet. Die Versuche im Labor werden mit Hilfe einer Solarfeld-Emulation durchgeführt. Somit werden reproduzierbare Ergebnisse auch ohne Sonne sichergestellt.

Art.-Nr. EPH 4

Lerninhalte

- Parametrieren der Ladekennlinie für den Akkumulator
- Wirkungsgrade der Systemkomponenten
- Funktionsweise eines Wechselrichters
- Dimensionierung der Systemkomponenten
- Aufbau und Parametrieren der Komponenten
- Betrachtung verschiedener Betriebsweisen: Inselnetz, Netzparallelbetrieb und USV
- Komplexe Energieflüsse mit SCADA auswerten
- Erweiterbar um die Kleinwindkraftanlage zum Microgrid
- Hybridsysteme zur autarken Stromversorgung



Solarpumpensystem

Solarmodule



Kleinwindkraftanlage 370W, inkl. Präsentationsmast



Reale Komponenten als Erweiterung

Das Trainingssystem ist kombinierbar mit dem Trainingssystem für Kleinwindkraftanlagen und Solarpumpensystem zum Microgrid. Optional kann das System um reale PV- und Windkraftanlagen erweitert werden, um das Trainingssystem außerhalb des Labors einzusetzen.

Art.-Nr. EPH 2.4

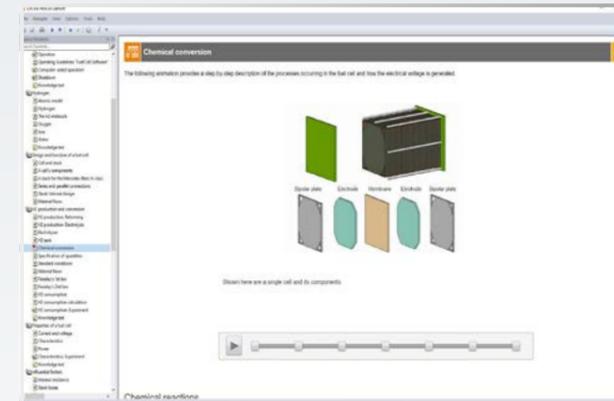
Art.-Nr. Solarmodule CO3208-1X

Art.-Nr. EWG 2

Sinnvolle Erweiterung für das Photovoltaik-Hybridssystem

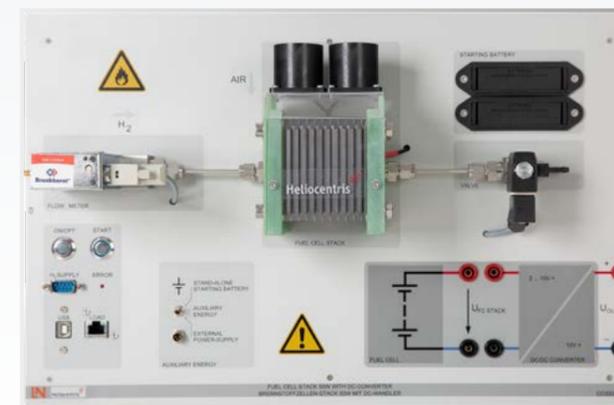
- Kleinwindkraftanlagen (EWG2)
- Solarpumpe (EPH2.4)
- Solarmodule CO3208-1X

BRENNSTOFFZELLENTÉCHNIK ADVANCED



„Interactive Lab Assistant“

- Multimediale Schritt-für-Schritt-Anleitung
- Erläuterung physikalischer Grundlagen durch leicht verständliche Animationen
- Testen des Lernfortschritts durch Fragen mit Auswertetool
- PC-gestützte Auswertung von Messdaten
- Starten von virtuellen Messgeräten direkt aus der Versuchsanleitung heraus



50-VA-Brennstoffzellen-Stack

Brennstoffzellen-Stack

- 50-VA-Stack
- Durchflussmesser für Wasserstoffzufuhr
- Lüfter mit variabler Drehzahl zur Belüftung der Brennstoffzelle
- Messung aller relevanten Größen

Autarke Stromversorgung mit Brennstoffzelle

Die Erzeugung elektrischer Energie mit Hilfe von Brennstoffzellen entwickelt sich zunehmend zu einem bedeutenden technischen Thema mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten in der Elektro- und Kraftfahrzeugtechnik. Das Experimentiersystem ermöglicht bei gefahrlosem Umgang mit Wasserstoff und Brennstoffzelle viele interessante Untersuchungen und ist sowohl für Demonstrationen als auch für einen Praktikumsbetrieb geeignet. Animierte Theorie, Experimentieranleitungen und Ergebnisfelder werden mit Hilfe des „Interactive Lab Assistant“ realisiert.

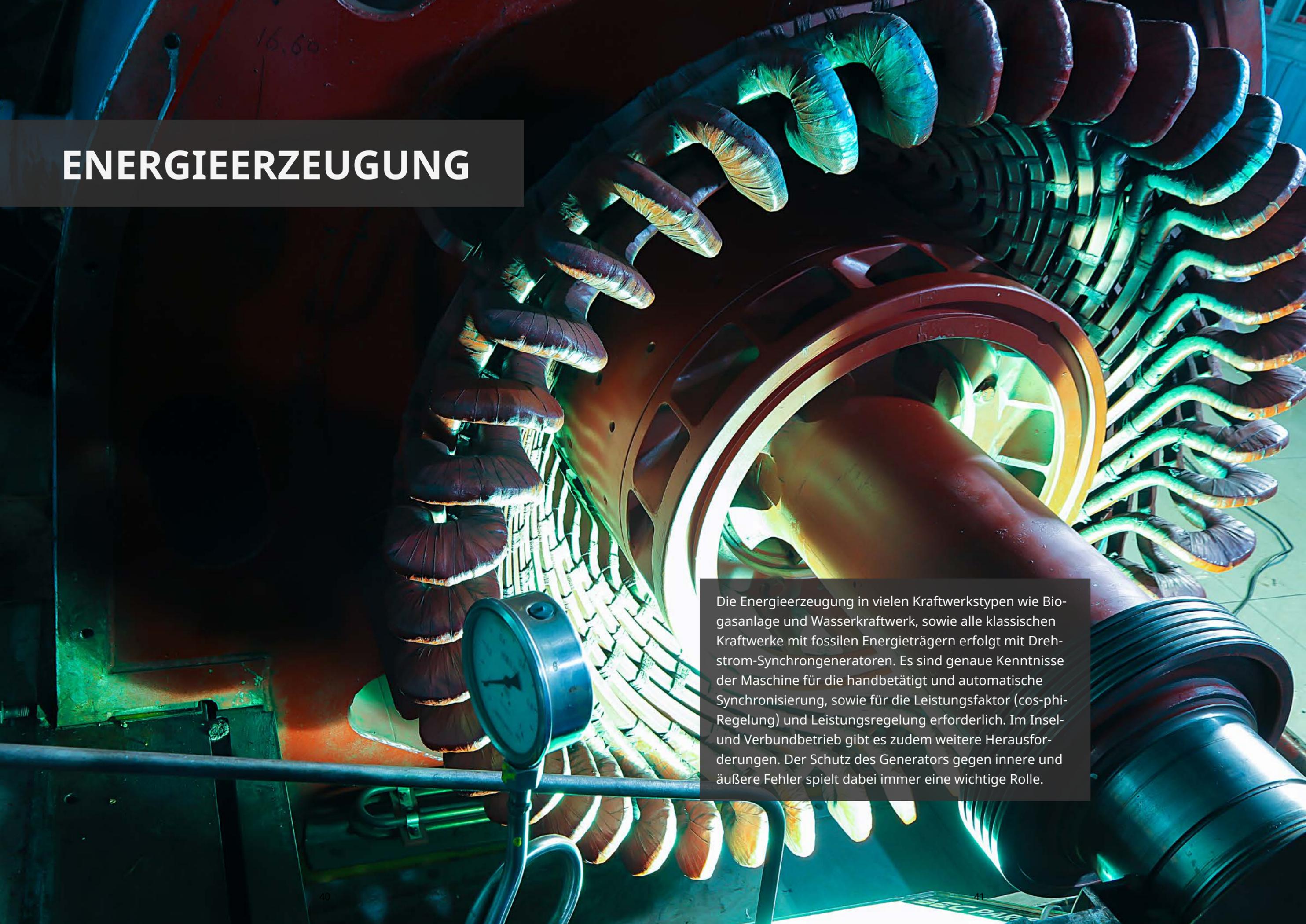
Lerninhalte

- Aufbau und Funktionsweise einer Brennstoffzelle
- Aufbau und Funktionsweise eines Elektrolyseurs
- Aufbau und Funktionsweise eines Metallhydridspeichers
- Thermodynamik der Brennstoffzelle
- Kennlinie und Leistungskurve der Brennstoffzelle
- Wirkungsgrad
- Notwendige Komponenten für eine autonome Stromversorgung
- Leistungselektronik und Spannungswandlung

Vorteile

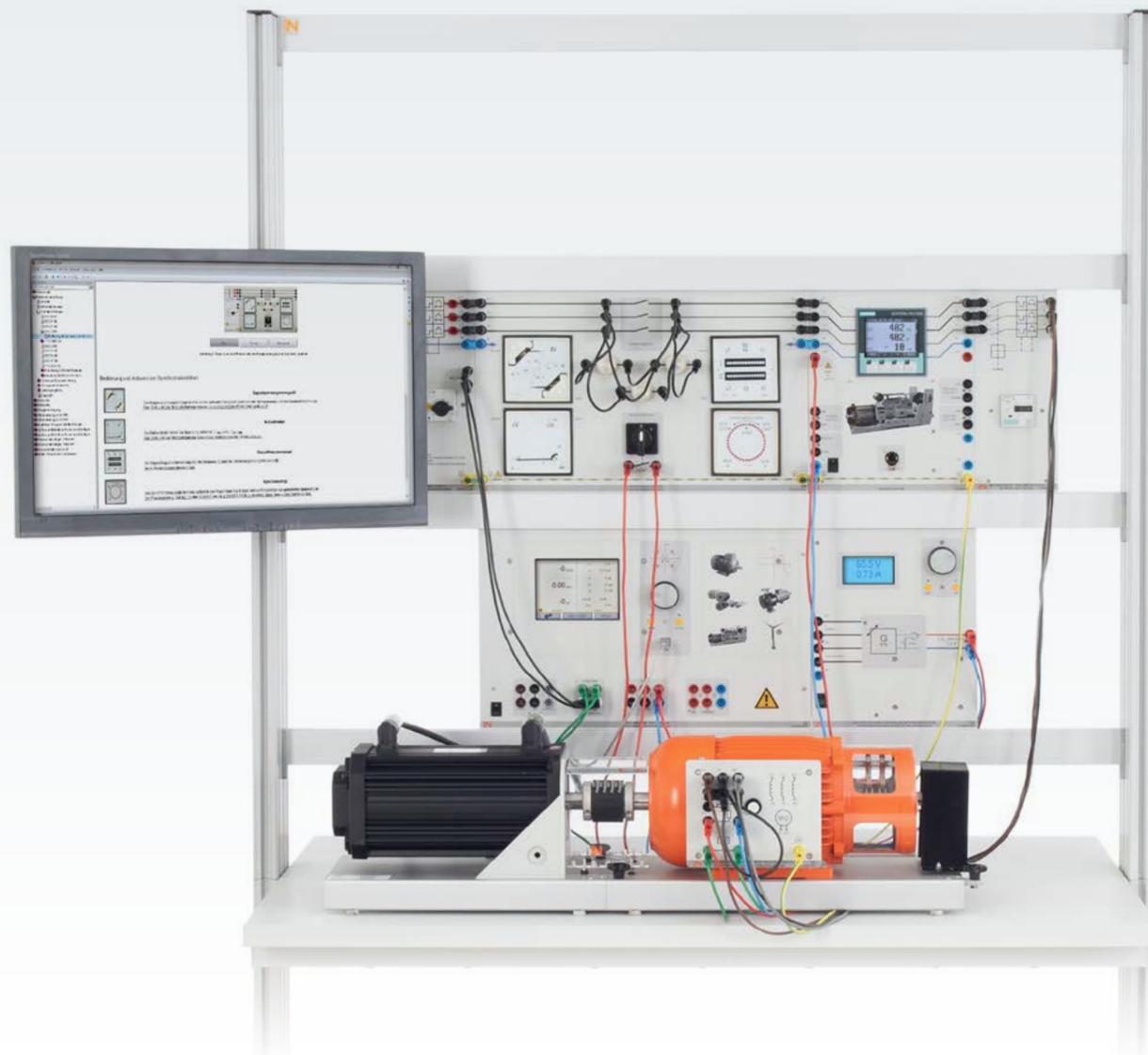
- Vermittlung von Kenntnissen und Know-how mittels Multimedialkurs „Interactive Lab Assistant“
- Einfacher Einstieg in das Thema Brennstoffzelle
- Gefahrloses Experimentieren mit Wasserstoff
- 50-VA-Brennstoffzellen-Stack
- Anschluss für Wasserstoff-Druckspeicher
- Leistungsstarker Elektrolyseur
- Vielfalt von Lasten
- Variable Last zur Kennlinienaufnahme

ENERGIEERZEUGUNG



Die Energieerzeugung in vielen Kraftwerkstypen wie Biogasanlage und Wasserkraftwerk, sowie alle klassischen Kraftwerke mit fossilen Energieträgern erfolgt mit Drehstrom-Synchrongeneratoren. Es sind genaue Kenntnisse der Maschine für die handbetätigt und automatische Synchronisierung, sowie für die Leistungsfaktor ($\cos\phi$ -Regelung) und Leistungsregelung erforderlich. Im Insel- und Verbundbetrieb gibt es zudem weitere Herausforderungen. Der Schutz des Generators gegen innere und äußere Fehler spielt dabei immer eine wichtige Rolle.

GENERATORREGELUNG UND SYNCHRONISATION



Handbetätigte Synchronisierschaltungen

Elektrische Energie wird hauptsächlich mit Drehstromgeneratoren erzeugt. Das gilt für konventionelle Dampf- und Wasserkraftwerke sowie für Stromaggregate und Windgeneratoren. Neben den grundlegenden Versuchen zum Drehstromsynchrongenerator werden verschiedene Versuche zum Thema handbetätigter Synchronisierschaltungen durchgeführt.

Lerninhalte

- Dunkelschaltung
- Hellschaltung
- Umlaufschaltung
- Wirkleistungserzeugung
- Induktive Blindleistungserzeugung
- Kapazitive Blindleistungserzeugung

Art.-Nr. EUG 1



Automatische Synchronisierschaltungen, Leistungsregelung und Leistungsfaktorregelung

Neben den Versuchen zu automatischen Synchronisierschaltungen werden Experimente zur automatischen Leistungsfaktor- ($\cos\phi$) und Leistungsregelung durchgeführt. Es lässt sich damit ein Kraftwerk im Insel- und Verbundbetrieb nachbilden.

Lerninhalte

- Automatische Synchronisierschaltungen
 - Inbetriebnahme und Parametrierung des Automatisierungsgerätes
 - Synchronisation im Testbetrieb
 - Synchronisation auf das reale Netz
 - Verhalten des Automatisierungsgerätes bei Fehlprogrammierung
- Automatische Leistungsfaktorregelung
 - Parametrierung des automatischen $\cos\phi$ -Reglers
 - Synchronisation des Generators mit dem Netz
 - $\cos\phi$ -Regelung des Synchrongenerators
 - $\cos\phi$ -Regelung des Netzes
- Automatische Leistungsregelung
 - Parametrierung des automatischen Leistungsreglers
 - Synchronisation des Generators mit dem Netz
 - Führungs- und Störverhalten des Leistungsreglers
 - Empfindlichkeit und Wirkungsrichtung des Leistungsreglers

Art.-Nr. EUG 2

KRAFTWERKE



Emulation verschiedener Kraftwerke

In den Versuchen werden die folgenden Kraftwerkstypen anhand ihrer typischen Kennlinien und Kennzahlen untersucht und miteinander verglichen. Es wird außerdem das Pumpspeicherkraftwerk als Energiespeicher im Smart Grid näher betrachtet.

- Braunkohlekraftwerk
- Steinkohlekraftwerk
- Gasturbinenkraftwerk
- Gas- und Dampfkraftwerk
- Biogas Blockheizkraftwerk (BHKW)
- Kernkraftwerk
- Wasserkraftwerke
- Pumpspeicherkraftwerk

Lerninhalte

- Einrichtung Synchronisation
 - Inbetriebnahme eines Multifunktionsrelais
- Generatorbetrieb
- Netzsynchrisation
 - Parametrierung eines Multifunktionsrelais
 - Automatische Synchronisation
- Manuelle Leistungsregelung: Generatorisch und Motorisch
- Generatorregelung über SCADA
- Kraftwerke
 - Arten von Kraftwerken
 - Typische Kennlinien und Kennzahlen
 - Inbetriebnahme und Betreiben verschiedener Kraftwerkstypen
 - Funktionsweise von Kraftwerken erarbeiten

Art.-Nr. EUG 4



24 h Power Cycle - CO3301-5L01



Coal-Fired Power Plant - CO3301-5L02



Gas-Fired Power Plant - CO3301-5L03



Biogas CHP - CO3301-5L04



Nuclear Power Plant - CO3301-5L05



Hydroelectric Power Plant - CO3301-5L06

GENERATORSCHUTZ



Multifunktionsrelais

Ein wirksamer Schutz von Generatoren gegen innere und äußere Fehler setzt voraus, dass eine Vielzahl von Schutzeinrichtungen eingesetzt werden. Der Überstromschutz bildet den Reserveschutz für den Generator und ist auch für die Erfassung von äußeren Fehlern, wie z. B. Kurzschluss und Überlast, einsetzbar. Mit dem Ständererdschluss-Schutz werden Erdschlussfehler erfasst. Die Untersuchung des Rückleistungs- und Schiefastschutzes sowie des Überspannungs-/ Unterspannungsschutzes schließt die Versuchsreihe „EGP“ zum Generatorschutz ab.

Lerninhalte

- Überstromschutz
- Schiefastschutz
- Rückleistungsschutz
- Über- und Unterspannungsschutz
- Ständererdschlusschutz

Art.-Nr. EGP 1



Generator-Differentialschutz

Der Generatordifferentialschutz, der innere Fehler wie Kurzschluss, Windungs- und Wicklungsschluss oder Doppelerdschlüsse erfasst, dient als Hauptschutz.

Lerninhalte

- Berechnung der Ansprechwerte des Schutzes
- Fehlererkennung innerhalb des Schutzbereiches
- Überprüfung der Auslösung und der Entregung bei Fehlern innerhalb und außerhalb des Schutzbereiches
- Abschaltung und Entregung des Generators
- Messung der Ansprechströme des Schutzes für symmetrische und unsymmetrische Fehler
- Vergleich der Messwerte mit den Einstellwerten

Art.-Nr. EGP 2



Läufererdschlusschutz

Der Läufererdschlusschutz wird zur Ermittlung von Erdfehlern im Erregerstromkreis von Synchronmaschinen verwendet.

Lerninhalte

- Inbetriebnahme des Synchrongenerators
- Untersuchung im Normalbetrieb und bei Läufererdschluss
- Messung des Läufererdschlussstromes
- Läufererdschlussrelais im Erdschlussbetrieb:
 - Anschluss und Prüfung des Läufererdschlussrelais
 - Vorgabe unterschiedlicher Läufererdkurzschlüsse
 - Überprüfung der Fehlermeldung und der Abschaltung

Art.-Nr. EGP 3

TRANSFORMATOREN



In der Energietechnik verwendet man Transformatoren, um die verschiedenen Spannungsebenen des Stromnetzes miteinander zu verbinden. In Transformatorstationen wird die Elektrizität des regionalen Verteilnetzes mit der Mittelspannung von 10 bis 36 kV zur Versorgung der Niederspannungsendkunden auf die im Ortsnetz verwendeten 400 V bzw. 230 V transformiert. Kernstück einer Umspannanlage ist der Transformator, für den Schutzeinrichtungen benötigt werden. Durch praxisbezogene Messungen und Fehlersimulationen am Trainingssystem kann das Verständnis für diese komplexen Anlagen im Unterricht vermittelt werden.

UNTERSUCHUNGEN AN TRANSFORMATOREN



Transformatoren

In der Energietechnik verwendet man Transformatoren, um die verschiedenen Spannungsebenen des Stromnetzes miteinander zu verbinden. In den Versuchen wird das Transformator-Ersatzschaltbild behandelt, die Kenngrößen werden durch Messungen bestimmt.

Lerninhalte

- Transformator-Ersatzschaltbild
- Mehrphasentransformator im Leerlauf und Kurzschluss
- Mehrphasentransformator mit ohmscher, induktiver und kapazitiver Belastung
- Parallelbetrieb von Mehrphasentransformatoren
- Stromverteilung für verschiedene Schaltgruppen
- Bestimmung der Nullimpedanz
- Untersuchung des Übersetzungsverhältnisses

Art.-Nr. EUT

TRANSFORMATORSCHUTZ



Transformator-Differentialschutz

Der Differentialschutz für Transformatoren (ab ca. 1 MVA) wird bei unterschiedlichen Wicklungsschaltungen (Stern, Dreieck) in verschiedenen Schaltgruppen und in Abhängigkeit der Sternpunktbehandlung (frei, direkt oder über Erdschlussspule geerdet) im Normalbetrieb und in verschiedenen Fehlerfällen messtechnisch untersucht.

Überstromzeitschutz

Der Überstromzeitschutz ergänzt die Schutzmaßnahmen des Transformator-Differentialschutzes. Der Überstromzeitschutz schützt den Transformator gegen Kurzschlüsse außerhalb des Schutzbereiches und gegen Überlast.

Lerninhalte

- Erfassen und Abschalten von Transformator internen Fehlern
- Erfassen von Einschaltstromspitzen (RUSH) ohne Abschaltung
- Fehlauslösungen durch falsch dimensionierte Wandler
- Auswahl der Auslösekennlinie unter Berücksichtigung von Differenzströmen
- Parametrierung des Überstromzeitrelais unter Berücksichtigung der Stromwandlerübersetzung
- Erfassung der Ansprechwerte für symmetrische und unsymmetrische Fehler
- Fehlauslösung des Schutzes durch Einschaltverhalten des Transformators
- Einschaltverhalten des Transformators im Hinblick auf den Schutz

Art.-Nr. ETP

STROMWANDLER UND SPANNUNGSWANDLER



Stromwandler für Schutzrichtungen

Strom- und Spannungswandler werden in großer Vielfalt für die verschiedenen Aufgaben in der elektrischen Energietechnik eingesetzt. In den Experimenten werden das Übertragungsverhalten, der Überstromfaktor, die Betrags- und Winkelfehler, wie z. B. bei unterschiedlichen Bürden, praxisgerecht untersucht. Weiterhin können die Anforderungen bei Normalbetrieb, Kurzschluss und unsymmetrischen Fehlern erarbeitet werden.

Lerninhalte

- Stromwandlersekundärstrom als Funktion des Primärstromes
- Einfluss der Bürde auf den Stromfehler
- Überprüfung des Nennüberstromfaktors
- Stromwandlerschaltung im Dreileiternetz
- Stromwandlerschaltung im Vierleiternetz
- Bestimmung des Nullstromes

Art.-Nr. EUB 1



Spannungswandler für Schutzrichtungen

Der Schutz von Anlagen und Anlagenteilen ist nicht nur abhängig von selektiven Schutzrichtungen, sondern auch von der korrekten Erfassung und Messung kleinster Fehlerströme und Spannungen. Bei unterschiedlichen Sternpunktbeschaltungen sind verschiedene Messschaltungen anzuwenden, um die möglichen Fehlerarten richtig zu erfassen und zu lokalisieren.

Lerninhalte

- Spannungswandlerkennlinien
- Berechnung von Spannungsfehlern und Klassengenauigkeiten
- Einfluss der Bürde auf das Übersetzungsverhältnis
- Dreiphasige Spannungswandler im gesunden Netz
- Dreiphasige Spannungswandler im Netz mit primärseitigem Erdschluss

Art.-Nr. EUB 2

ENERGIEÜBERTRAGUNG



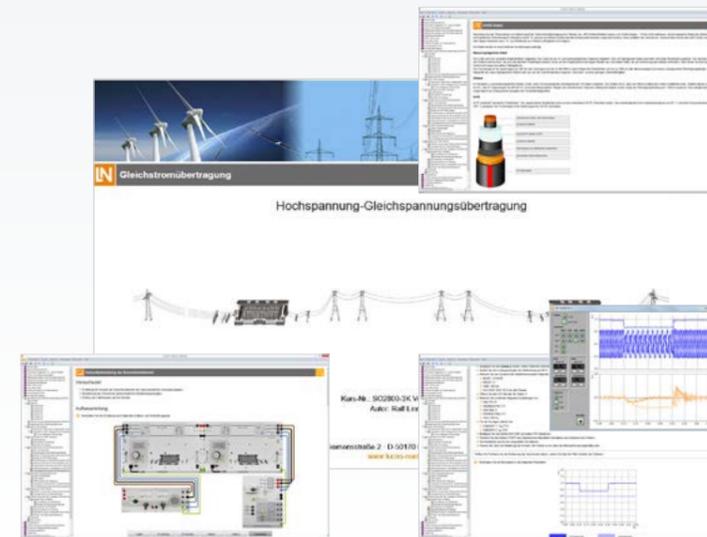
Hochspannungsnetze werden in der Regel mit Spannungen von 110 kV bis 380 kV betrieben, wobei Großstädte und große Industriebetriebe mit 110 kV versorgt werden und für die Fernübertragung 380 kV gewählt wird. Die Leitungsnachbildung ist so konzipiert, dass die Modellspannungen zwischen 110 V und 380 V liegen. Verschiedene Leitungslängen können über entsprechende Auflagemasken gewählt werden. Die Untersuchungen am Trainingssystem können im Leerlauf, im Normalbetrieb, im Kurzschlussfall sowie bei unsymmetrischen Fehlern, einschließlich Erdschluss mit und ohne Kompensation durchgeführt werden. Darüber hinaus bietet sich die Möglichkeit, komplexe Strukturen aufzubauen, indem die Leitungsnachbildungen parallel oder in Reihe geschaltet werden. Die Spannungseinspeisung kann über ein starres Netz oder via Synchrongenerator erfolgen.

HOCHSPANNUNGS-GLEICHSTROMÜBERTRAGUNG



Umrücker Station

- Wirkleistungssteuerung in beide Richtungen
- STATCOM-Betrieb
- Anbindung von Synchrongeneratoren, Windkraftanlagen- und Verbrauchern
- Kopplung zwischen Netz mit verschiedenen Frequenzen
- Autarke Regelung von Blind- und Wirkleistung, Frequenz, Spannung
- Messung und Darstellung aller Systemgrößen
- Manuelle und automatische Synchronisation mit aktiven Netzen
- Leistungsübertragung bis zu 1000 W



„Interactive Lab Assistant“

- Multimediale Schritt-für-Schritt-Anleitung
- Erläuterung physikalischer Grundlagen durch leicht verständliche Animationen
- Testen des Lernfortschritts durch Fragen mit Auswertetool
- PC-gestützte Auswertung von Messdaten
- Starten von virtuellen Messgeräten direkt aus der Versuchsanleitung heraus
- Interaktive Darstellung der Versuchsaufbauten
- Übernahme der Messergebnisse in den Kurs per „Drag and Drop“

Nachhaltige Energieübertragung für effiziente und zuverlässige Netze der Zukunft

Die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) ist ein Verfahren der elektrischen Energieübertragung mit hoher Gleichspannung. Die HGÜ-Technik dient der Energieübertragung mittels Gleichstrom über weite Entfernungen, da die HGÜ ab bestimmten Entfernungen trotz der zusätzlichen Konverterverluste in Summe geringere Übertragungsverluste als die Übertragung mit Dreiphasenwechselstrom aufweist. Die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung wird häufig auch bei der Energieübertragung über vergleichbar kurze Distanzen eingesetzt, wenn die elektrische Übertragungsleitung konstruktionsbedingt einen sehr hohen kapazitiven Belag aufweist. Dies ist typischerweise bei Seekabeln oder auch bei Erdkabeln der Fall.

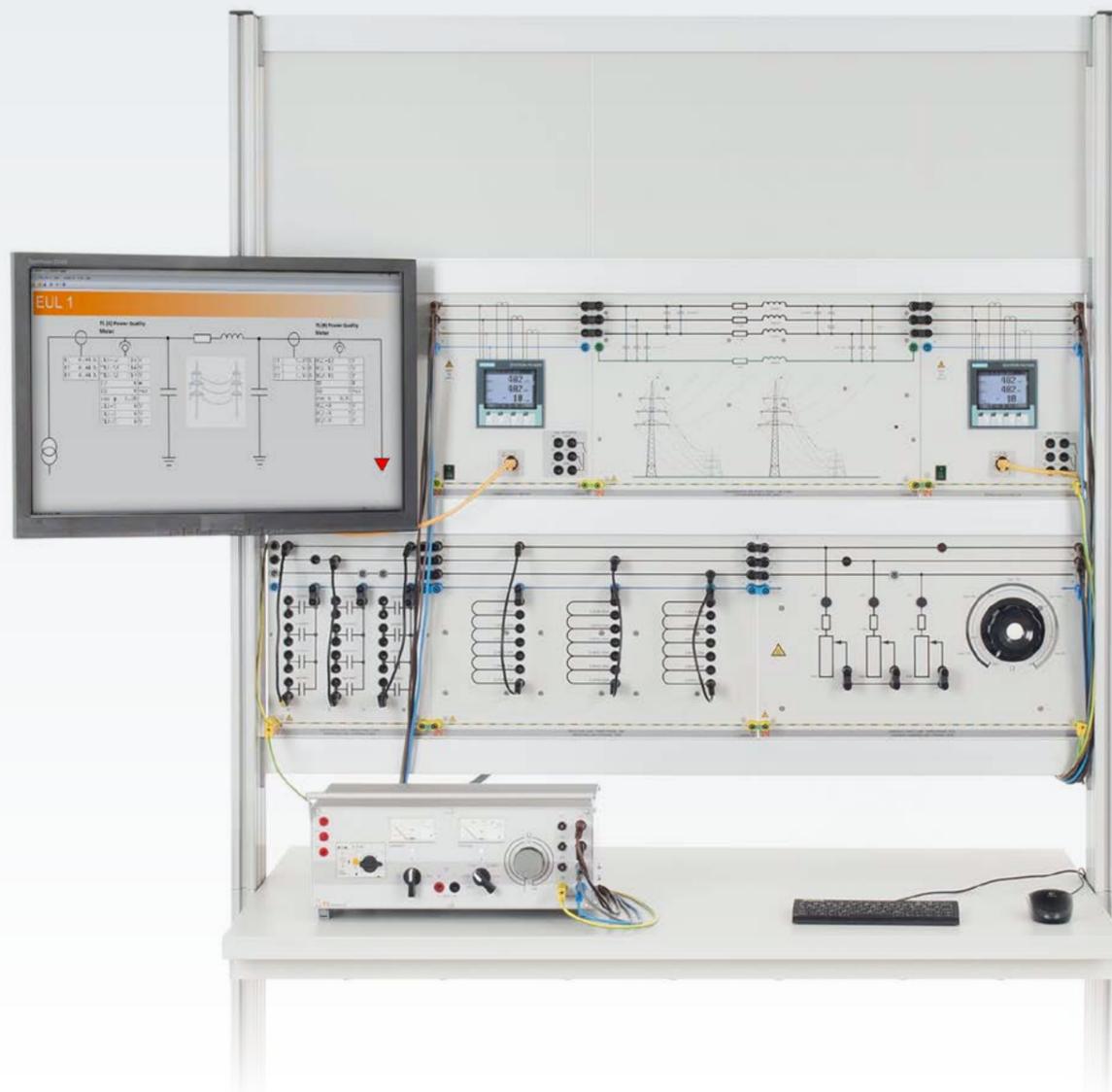
Lerninhalte

- Regelung der Zwischenkreisspannung
- Blindleistungsbereitstellung ohne Wirkleistungsfluss (STATCOM)
- Manuelle und automatische Synchronisation mit dem Netz
- Wirkleistungsregelung der HGÜ mit Leistungsflussänderung
- Individuelle Blindleistungsregelung für beide Umrichterstationen
- Verlustbetrachtung bei unterschiedlichen Längen der HGÜ
- Versorgung eines Netzes mit passiven Verbraucher per HGÜ (Schwarzstart)
- Ankopplung von Windkraftanlagen
- Untersuchung des FRT-Verhaltens bei HGÜ-Systemen

Vorteile

- Vermittlung von Kenntnissen und Know-how mittels Multi-Mediakurs „Interactive Lab Assistant“
- PC-gestützte Auswertung von Messdaten
- Integration in die Systeme der Energietechnik
- Modernste Technologie mit „Fault-ride-through“
- Das mikrocontroller-gesteuerte Steuergerät der Umrichterstation ermöglicht eine komfortable Bedienung und Visualisierung während der Experimente
- „Moderne“ HVDC (Voltage Source Converter, VSC)
- SCADA Control - Überwachung und Steuerung der Umrichterstationen im Smart Grid

ÜBERTRAGUNGSLEITUNGEN



Untersuchungen an Drehstromleitungen

Die Untersuchung von 380-kV- und 110kV Übertragungsleitungen und deren Zusammenschaltung findet zu Ihrer Sicherheit auf der Niederspannungsebene statt, ohne dass die Eigenschaften der echten Hochspannungsleitung verloren gehen! Diese realistischen Nachbildungen einer 380-kV-Übertragungsleitung und einer 110kV Kabelnachbildung schalten automatisch nach Auflegen der Auflagemaske zwischen verschiedenen Leitungslängen um. Durch Verwendung verschiedener Leitungsnachbildungen bietet sich die Möglichkeit, komplexe Netze aufzubauen.

An dreiphasigen Leitungsnachbildungen sollen bei Parallelschaltung die Kenngrößen der Energieübertragung mit Einspeisung aus einem starren Netz oder mit einer Generator-einspeisung gemessen und betriebstechnische Zusammenhänge quantitativ und qualitativ bewertet werden.

Art.-Nr. EUL

Lerninhalte

- Kapazitive und induktive Verlustleistung
- Phasenverschiebung, Lastverteilung, Leistungsfluss und Spannungsverteilung
- Erdschlusskompensation
- Leistungs- und Stromverteilung eines generatorgespeisten Leitungsnetzes
- Ferranti-Effekt, Ladeleistung, kritische Länge
- Ohmsche-, induktive- und gemischt ohmsch-induktive Last
- Bestimmung der Nullimpedanz
- Symmetrische und unsymmetrische Kurzschlüsse
- Sternpunktbehandlung und Erdschluss
- Freileitung, Umspannstation und Kabel
- Unterschiede zwischen unregelmäßig/geregelten Transformator
- Transformator Längs-, Quer- und Schrägregelung
- Regelbarer Ortsnetztransformator



EUL 1 – Untersuchung an Drehstromleitungen



EUL 2 – Parallel- und Reihenschaltung von Leitungen



EUL 3 – Leitung mit Erdschlusskompensation



EUL 4 – Übertragungssysteme mit Synchrongenerator



EUL 5 – Untersuchung an Drehstromkabeln



EUL 6 – Verbundnetz aus Kabeln und Leitungen



EUL 7 – Leistungsflussregelung in vermaschten Netzen



EUL 8 – Lastabhängige Spannungsregelung einer Leitung

LEITUNGSSCHUTZ



Leitungsschutz

Der Ausfall von Komponenten der Energieversorgung in den Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetzen kann große Auswirkungen auf die nachfolgenden Anlagen und das Netz haben. Zudem stellen die Komponenten eine hohe Wertanlage da. Die Schutztechnik soll die Komponenten vor den Auswirkungen elektrischer Fehler schützen und die zuverlässige Versorgung nicht betroffener Verbraucher gewährleisten. Dabei müssen Fehler unbedingt schnell und sicher erkannt und diese selektiv abgeschaltet werden.

Lerninhalte

- Bemessung und Parametrierung von Schutzrelais
- Ermittlung der Ansprech- und Abfallwerte
- Ermittlung der Eigenzeit (Grundzeit)
- Reaktion des Relais
- Einstellen und Testen verschiedener Kennlinien



ELP 1 – Überstromzeitschutz für Leitungen



ELP 2 – Richtungsabhängiger Überstromzeitschutz



ELP 3 – Über- und Unterspannungsschutz



ELP 4 – Leitungsrichtungsschutz



ELP 5 – Erschlussspannungsschutz



ELP 6 – Schutz paralleler Leitungen



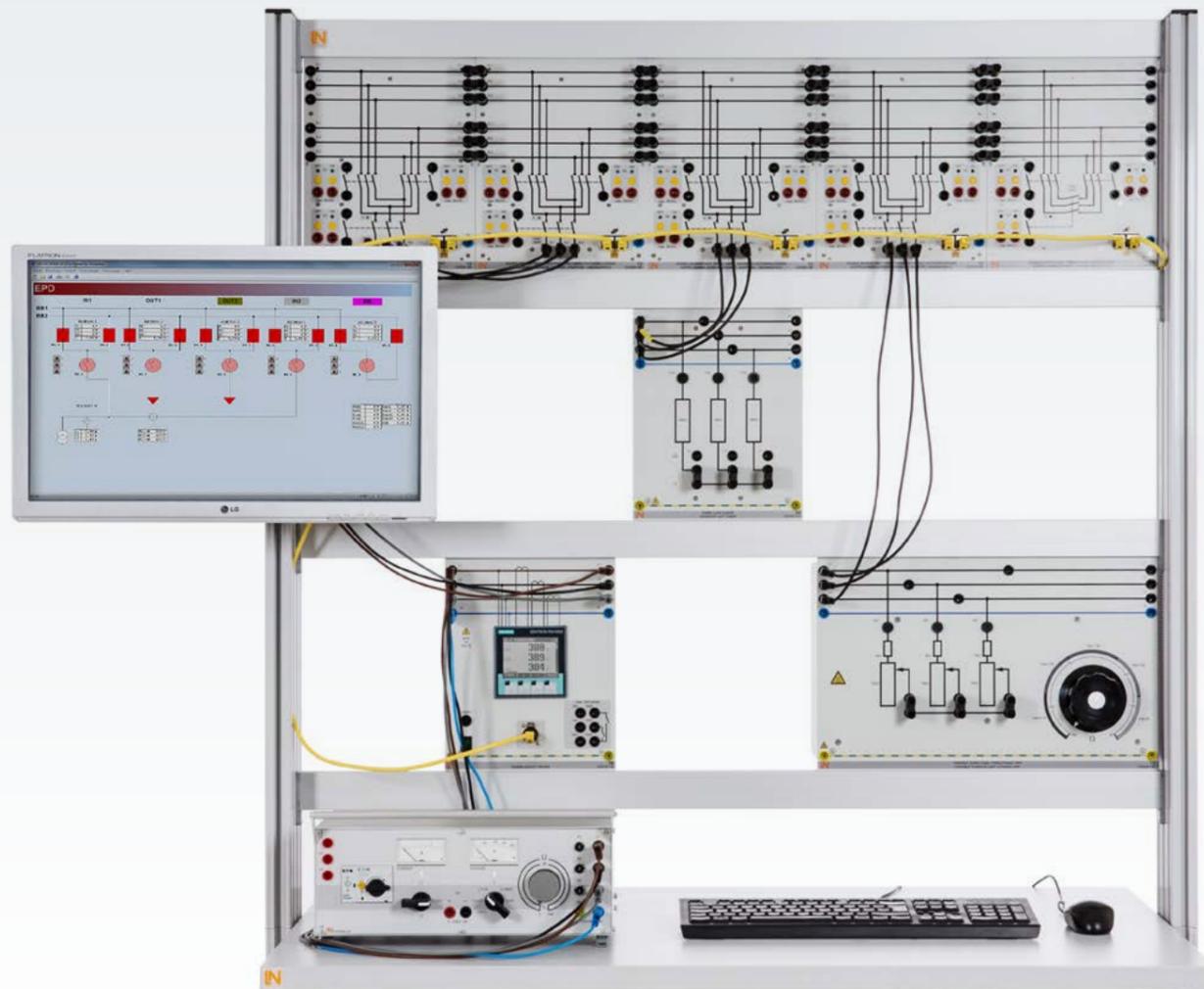
ELP 7 – Schnelldistanzschutz

ENERGIEVERTEILUNG

The background image shows a complex electrical substation with various metal structures, insulators, and power lines. The scene is captured in silhouette against a bright, orange and yellow sunset sky with scattered clouds. The overall mood is industrial and dramatic.

Die Verteilung der elektrischen Energie erfolgt bei größeren Schaltanlagen fast ausschließlich über Doppelsammelschienen Systeme. Diese Anlagen enthalten Kuppelfelder zur Verbindung der beiden Sammelschienen, der Einspeise- und Abgangsfelder sowie der Messfelder. In den Einspeise-, Abgangs- und Kuppelfeldern werden Leistungsschalter und je Sammelschienenanschluss ein Trennschalter eingesetzt. Hier muss aus Sicherheitsgründen einer streng einzuhaltenden Schaltlogik gefolgt werden. Das Doppelsammelschienenmodell beinhaltet alle Funktionen, die für die Praxis relevant sind. Eingebaute Messgeräte für Ströme und Spannungen ermöglichen, die Schalthandlungen umgehend zu analysieren.

DREIPHASIGES DOPPELSAMMELSCHIENENSYSTEM

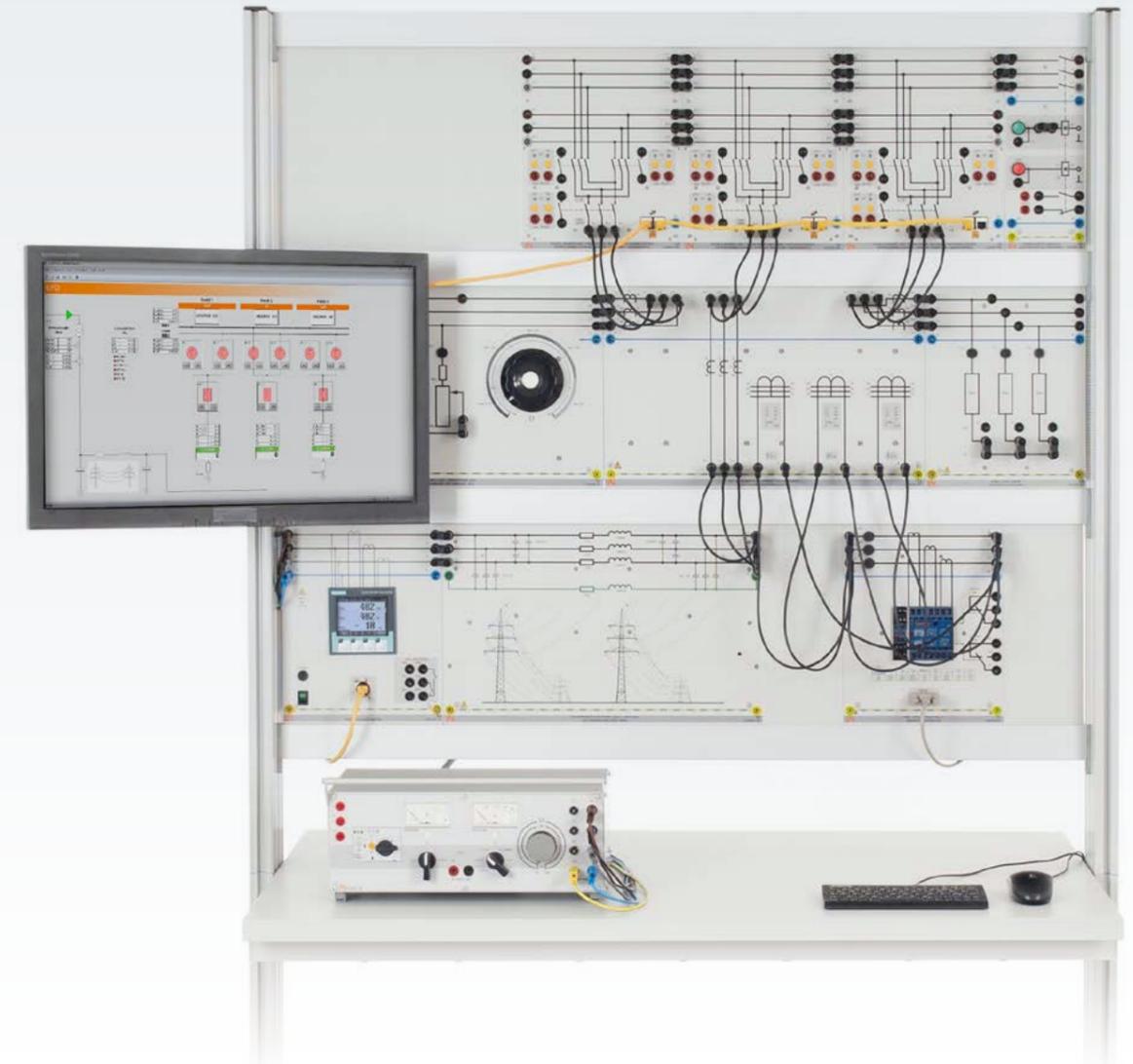


Zentral verteilt und gesteuert

Sammelschienen dienen als zentraler Verteiler von elektrischer Energie, da an die Sammelschienen alle ankommenden und abgehenden Leitungen angeschlossen sind. Sammelschienen bestehen aus Einspeise-, Abgangs-, Kuppel- und Wandlerfeldern. In der Lucas-Nülle Ausstattung sind diese Funktionen in Schaltfeldern, die Leistungs-, Trennschalter und Messwert-erfassung enthalten, zusammengefasst.

Lerninhalte

- Grundsaltungen eines dreipoligen Doppelsammelschienen-systems
- Dreiphasiges Doppelsammelschienen-system mit Belastung
- Sammelschienenwechsel ohne Unterbrechung des Abzweiges
- Erarbeitung von Schaltalgorithmen für verschiedene Schalt-handlungen
- Sammelschienen-Kupplung



Überstromschutz für Sammelschienen

Durch den Sammelschienen-differentialschutz wird der Ein-gangs- und Ausgangsstrom über einen Stromwandler sum-miert. Bei Differenzströmen werden die Auslösekriterien anhand der Kennlinienempfindlichkeit ermittelt.

Lerninhalte

- Erfassung der Ströme im Normalbetrieb
- Erfassung der Ströme bei ein-, zwei- oder dreipoligem Kurzschluss
- Fehler außerhalb des Schutzbereiches
- Reaktion des Schutzes bei Fehlern innerhalb und außerhalb der Schaltanlage

ENERGIEMANAGEMENT

An aerial night view of a city, likely Dubai, showing a dense cluster of skyscrapers and a complex network of highways. The buildings are illuminated with various colors, including blue and yellow, and the highways are lit up with orange and yellow lights. The overall scene is a vibrant, illuminated urban landscape.

Ein rationeller Energieeinsatz ist aufgrund von wirtschaftlichen und umwelttechnischen Anforderungen immer wichtiger geworden. Die Versuche zur manuellen und automatischen Blindleistungskompensation, wie auch die Experimente zur Absenkung der Spitzenlast durch Messungen mit einem Wirkstrom- und Maximumzähler zeigen, wie die Netzbelastung reduziert bzw. gleichmäßig über 24 Stunden verteilt werden kann. Die Voraussetzung für den effektiven Einsatz der Messtechnik ist die Analyse des Netzes und der angeschlossenen Verbraucher. Daher können in den einzelnen Experimenten statische, dynamische, symmetrische und unsymmetrische Lasten ausführlich untersucht werden. Weiterhin ist der Schutz von elektrischen Verbrauchern ein wichtiges Thema in der Ausbildung.

ENERGIEMANAGEMENT



Komplexe Verbraucher, Energieverbrauchsmessung und Spitzenlastüberwachung

Die Experimente zur Absenkung der Spitzenlast durch Messungen mit einem Wirkstrom- und Maximumzähler zeigen, wie die Netzbelastung reduziert bzw. gleichmäßig über 24 Stunden verteilt werden kann. Die Voraussetzung für den effektiven Einsatz der Messtechnik ist die Analyse des Netzes und der angeschlossenen Verbraucher. Daher werden in den einzelnen Experimenten statische, symmetrische und unsymmetrische Lasten ausführlich untersucht.

Lerninhalte

- Drehstromverbraucher in Stern- und Dreieck-Schaltung (R-, L-, C-, RL-, RC- oder RLC-Last)
- Messung mit Wirk- und Blindarbeitszählern
 - für symmetrische und unsymmetrische RL-Last
 - bei Phasenausfall
 - bei Überkompensation (RC-Last)
 - bei aktiver Last
 - bei Energierichtungsumkehr
- Ermittlung des ersten und zweiten Leistungsmaximums
- Ermittlung eines Leistungsmaximums bei unsymmetrischer Last
- Aufnahme von Lastgangkennlinien

Art.-Nr. EUC 1



Dynamische Verbraucher

Ein Drehstromsynchronmotor, gekoppelt mit dem Servo-Maschinenprüfstand, wird als dynamische Last verwendet. Die Wirkleistung und die Blindleistung ($\cos\phi$ des Motors) sind abhängig von der Belastung des Motors und somit nicht konstant. Der Servo-Maschinenprüfstand kann auch den Asynchronmotor antreiben, so dass Wirkleistung ins Drehstromnetz geliefert wird.

Lerninhalte

- Dynamischer Drehstromverbraucher (Asynchronmotor)
- Leistungsmessung bei Energierichtungsumkehr

Art.-Nr. EUC 2



Handbetätigte und automatische Blindleistungskompensation

Bei der Blindleistungskompensation wird in Drehstromnetzen die unerwünschte Blindleistung und der damit verbundene höhere Strom reduziert. Hierbei werden kapazitive Lasten am zentralen Einspeisepunkt zu allen induktiven Verbrauchern hinzugeschaltet. Deren entgegenwirkende kapazitive Blindleistung ist möglichst von gleicher Größe wie die installierte induktive Blindleistung. Damit werden unerwünschte Blindströme reduziert und alle Anlagen, die für die Bereitstellung und Übertragung des Blindstromes notwendig sind, müssen nicht unnötig groß dimensioniert werden.

Lerninhalte

- Inbetriebnahme der Asynchronmaschine und Aufnahme der Kennwerte
- Berechnung der Kompensationskondensatoren
- Kompensation mit unterschiedlichen Kondensatoren
- Bestimmung der Stufenleistung
- Handbetätigte Blindleistungskompensation
- Automatische Anschlusserkennung des Blindleistungsreglers
- Automatische Blindleistungskompensation

Art.-Nr. EUC 3

SCHUTZ ELEKTRISCHER VERBRAUCHER



Effektiver Motorschutz - vorbeugende Wartung

Motormanagementsysteme kommen in modernen Automatisierungssystemen zum Einsatz und bieten die Möglichkeit, Antriebe und Anlagen optimal zu schützen, zu steuern und zu überwachen. So lassen sich beispielsweise Motortemperatur, -spannung oder -strom erfassen. Durch die Anbindung an die übergeordnete Prozessautomatisierung über Feldbussysteme (z. B. PROFIBUS) wird der Motor transparenter. Dadurch lassen sich Auslastung und Energieverbrauch des Motors bestimmen, ohne vor Ort zu messen.

Lerninhalte

- PC-gestützte Inbetriebnahme des Motormanagementsystems
- Programmierung der Funktionen Direktstarter, Stern-Dreieck-Anlauf, Start von polumschaltbaren Motoren, Motorschutz
- Parametrierung der Überlastgrößen und des Abschaltverhaltens bei verschiedenen Lasten
- Messung von dynamischen Vorgängen beim Anlauf
- Vorbeugende Wartung

Art.-Nr. EDT 51



Drehstrom-Asynchronmaschinen

Käfigläufermotoren sind für einen gleichbleibenden Lastzustand konzipiert. Änderungen des Lastzustandes, aber auch hohe Anlaufströme führen zu unzulässiger Erwärmung des Motors. Sensoren überwachen die Temperatur und die Stromaufnahme des Motors. Sie aktivieren Schutzvorrichtungen wie Motorschutzschalter, Motorschutzrelais oder Thermistorrelais.

Lerninhalte

- Auswahl, Installation und Einstellen verschiedener Motorschutzsysteme
- Motorschutzschalter
- Motorschutzrelais
- Thermistorschutz
- Einfluss verschiedener Betriebsarten auf die Erwärmung des Motors
- Auslösecharakteristika der Schutzsysteme
- Schutz vor unzulässigen Lastzustände

Art.-Nr. EEM 4.6

GRUNDLAGEN DER ENERGIETECHNIK

A close-up photograph of a person's hands using a multimeter to test an electrical motor. The multimeter is yellow and black, and the person is holding its red and black probes. The motor is a large, cylindrical device with a metal casing and a visible stator winding. The background is a workshop setting with various tools and equipment.

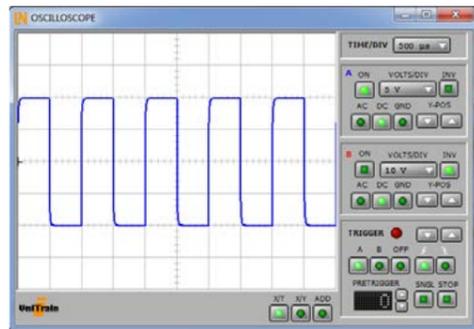
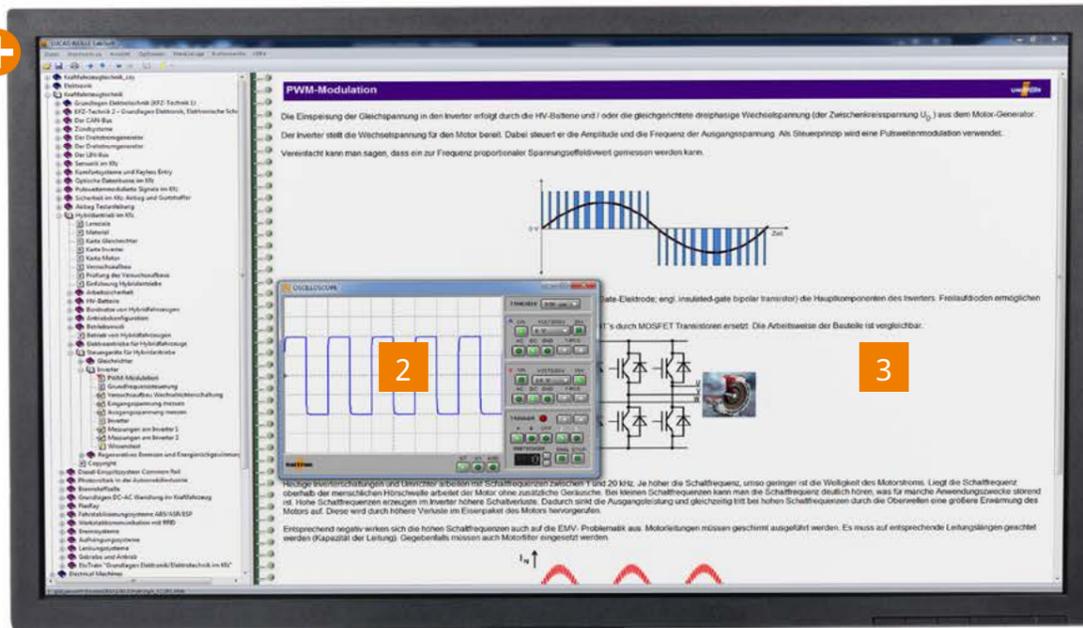
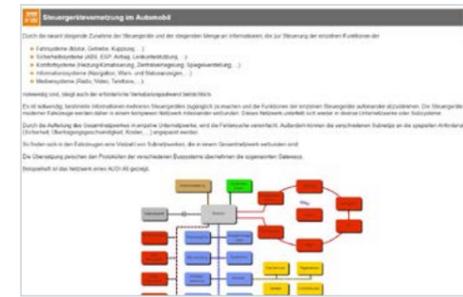
Mit den Trainingssystemen von Lucas-Nülle vermitteln Sie alle notwendigen Kompetenzen in praktischen Übungen und Projekten. In digitalen Lerneinheiten vermitteln die Systeme die Grundlagen und Funktionsweise elektrischer Maschinen und zeigen charakteristische Kennlinien.

UNITRAIN – MOTIVIERT LERNEN MIT KONZEPT

Ein System für die gesamte technische Ausbildung

Wissen und Handlungskompetenzen über technische Systeme stetig steigender Komplexität in immer kürzerer Zeit zu erlangen, das ist die große Herausforderung in der technischen Ausbildung heute und morgen. Dieser Herausforderung gerecht zu werden, hilft das UniTrain-System, das computergestützte, multimediale Experimentier- und Trainingssystem für die Elektrotechnik und Elektronikausbildung.

Die Verknüpfung von Lernprogrammen mit einem vollständigen Elektrolabor in nur einem mobilen Interface ermöglicht die effiziente Vermittlung von Theorie und Praxis an jedem Ort und zu jeder Zeit.



2 Virtuelles Instrument

120 virtuelle Instrumente zur Steuerung des Interfaces

1 UniTrain-Interface

Mess- und Steuerinterface: Analoge / digitale Messeingänge und Spannungsquellen für die Experimente



3 LabSoft-Kurs

Über 130 Lernprogramme mit Experimentierhardware aus allen Bereichen der Elektrotechnik

Ihre Vorteile

- ✓ Universelles Trainingssystem
- ✓ Mobil und überall einsetzbar
- ✓ Fördert individuelles Lernen
- ✓ Handlungskompetenz durch praktische Experimente
- ✓ Hohe Motivation durch wechselnde Anforderungen
- ✓ Sicheres Experimentieren durch Schutzkleinspannung
- ✓ Lernprogramme vereinen Theorie und Praxis
- ✓ Für die gesamte Elektrotechnik

Produktvideo

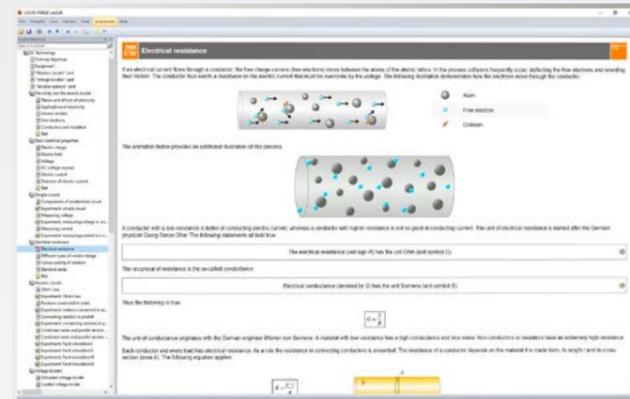
Überzeugen Sie sich von den Vorteilen.



4 Experimentier

Aufnahme der Experimentierkarten und zusätzlichen Spannungsausgänge (Drehstrom)

GLEICHSTROMTECHNIK



UNITRAIN
SYSTEM

Strom, Spannung und Widerstandsschaltungen

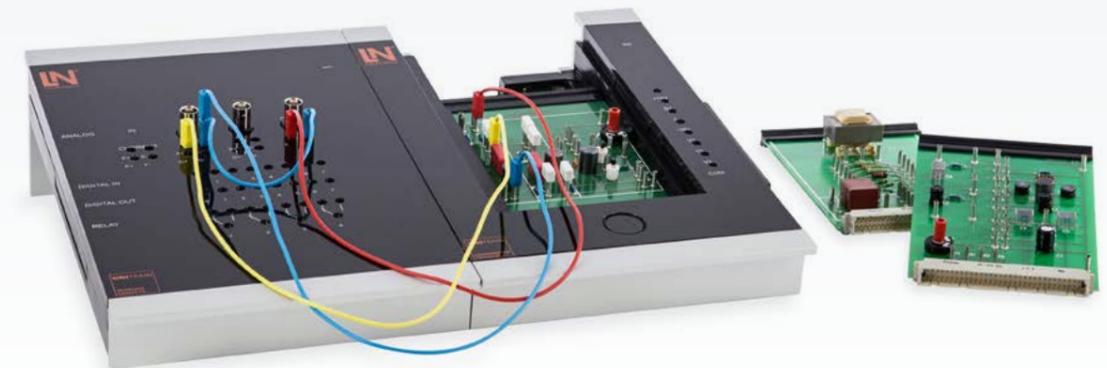
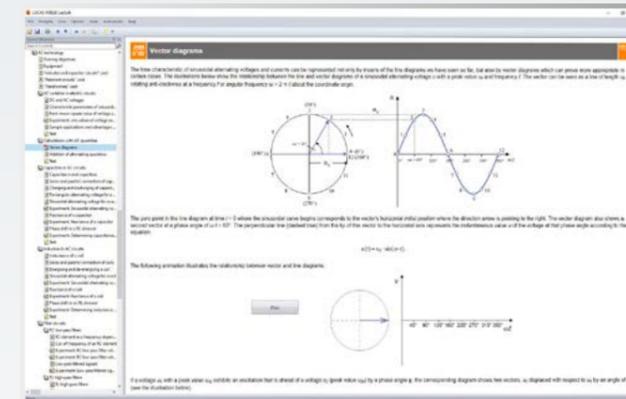
Strom, Spannung, Widerstand – elektrotechnische Grundlagen handlungsorientiert erlernen. Im Kurs werden die grundlegenden Gesetze der Elektrotechnik in zahlreichen, leicht verständlichen Experimenten, Animationen und Texten anschaulich erarbeitet.

Lerninhalte

- Grundbegriffe: Elektrische Ladung, elektrisches Feld, Strom, Spannung, Widerstand und Leistung
- Umgang mit Spannungsquellen und Messgeräten
- Experimenteller Nachweis des ohmschen und der kirchhoffschen Gesetze
- Messungen an Reihen-, Parallelschaltung und Spannungsteilern
- Kennlinienaufnahme von veränderlichen Widerständen (LDR, NTC, PTC, VDR)
- Untersuchung von Spule und Kondensator im Gleichstromkreis
- Fehlersuche
- Kursdauer: ca. 8 h (davon ca. 1,5 h Fehlersuche)

Art.-Nr. SO4204-4D

WECHSELSTROMTECHNIK



UNITRAIN
SYSTEM

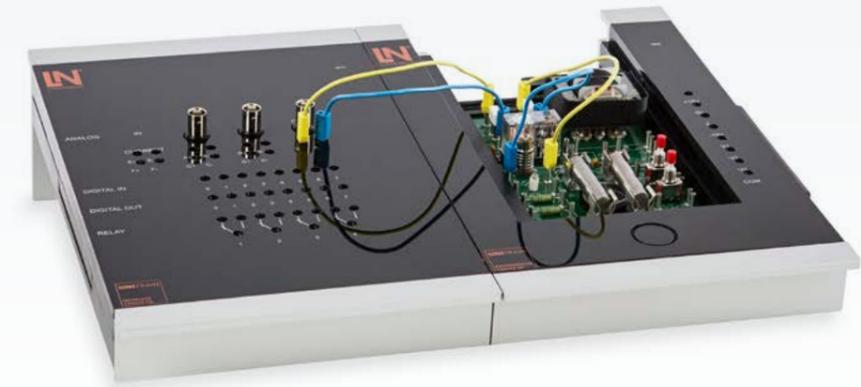
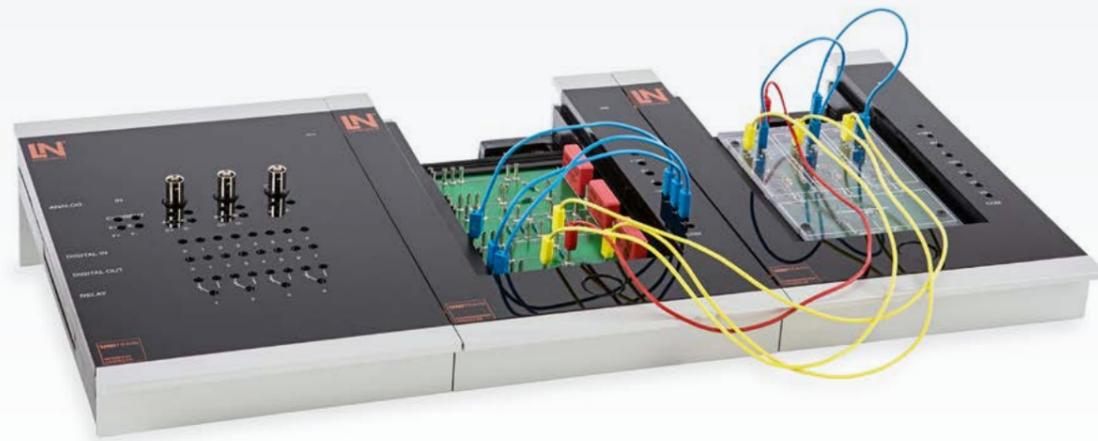
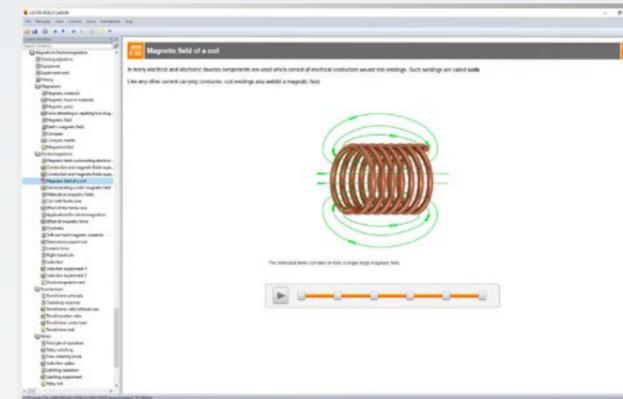
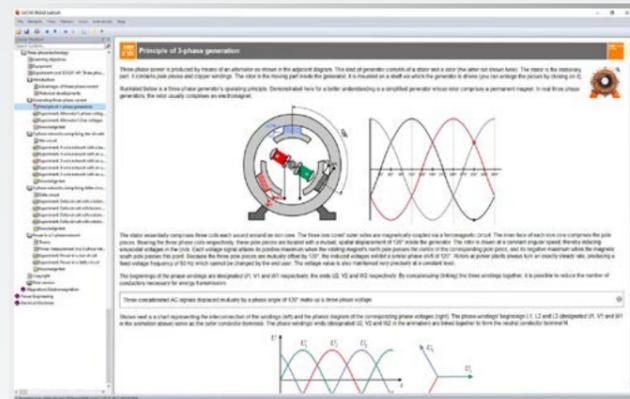
Induktivität, Kapazität, Schwingkreis/Transformator

Wie verhalten sich Spulen und Kondensatoren am Wechselstrom? Was ist ein Schwingkreis und wie funktioniert ein Transformator?

Lerninhalte

- Kenngrößen periodischer und sinusförmiger Signale
- Umgang mit Zeigerdiagrammen
- Blindwiderstand von Spule und Kondensator experimentell ermitteln
- Wirk-, Blind- und Scheinleistung erklären
- Frequenzgang von einfachen Filterschaltungen bestimmen
- Elektrische Schwingkreise: Resonanz, Güte, Bandbreite und Grenzfrequenz
- Messung des Frequenzverhaltens von Reihen- und Parallelschwingkreisen
- Last-, Leerlauf- und Kurzschlussmessungen
- Frequenzverhalten von Transformatoren und Übertragern
- Fehlersuche
- Kursdauer: ca. 8 h (davon ca. 1 h Fehlersuche)

Art.-Nr. SO4204-4F



UNITRAIN
SYSTEM

UNITRAIN
SYSTEM

Stern- und Dreieck-Schaltung, Drehstromgenerator

Drehstrom hat eine überragende Bedeutung in der Energie- und Antriebstechnik, sowohl bei der Erzeugung und dem Transport elektrischer Energie als auch beim Betrieb leistungsstarker, industrieller Maschinen.

Lerninhalte

- Messungen von Strang- und Leitergrößen im Drehstromnetz
- Gesetzmäßigkeiten zwischen Leiter- und Strangspannungen experimentell ermitteln
- Ohmsche und kapazitive Verbraucher in Stern- und Dreieck-Schaltung
- Phasenverschiebung zwischen Leiter- und Strangspannungen
- Messung der Ausgleichsströme im Neutralleiter
- Auswirkungen von Neutralleiterunterbrechungen
- Strom- und Spannungsmessungen bei symmetrischen und unsymmetrischen Belastungen
- Leistungsmessung an einer Drehstromlast
- Kursdauer: ca. 4 h

Art.-Nr. SO4204-4H

Magnetfeld, Induktion, Bauelemente

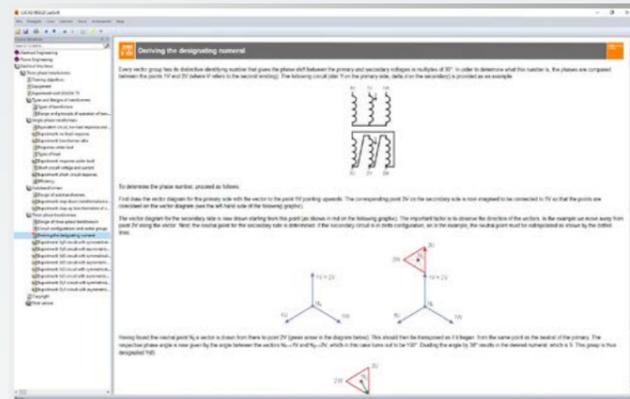
Magnetismus und Elektrizität sind eng miteinander verknüpft. Viele Bauelemente der Elektrotechnik nutzen (elektro-)magnetische Effekte.

Lerninhalte

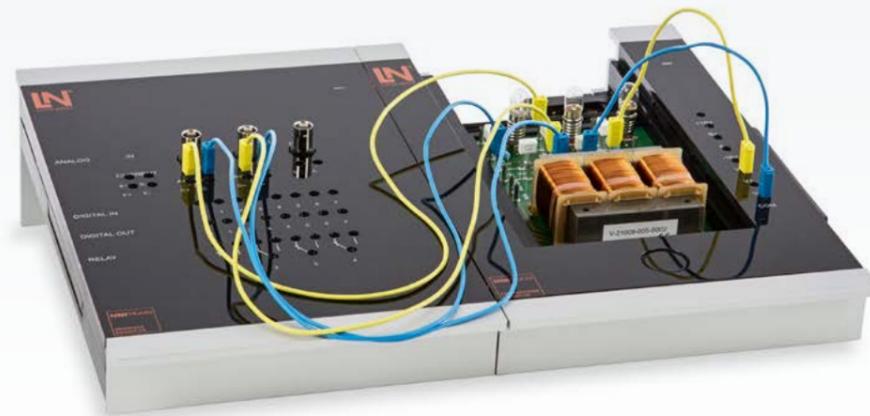
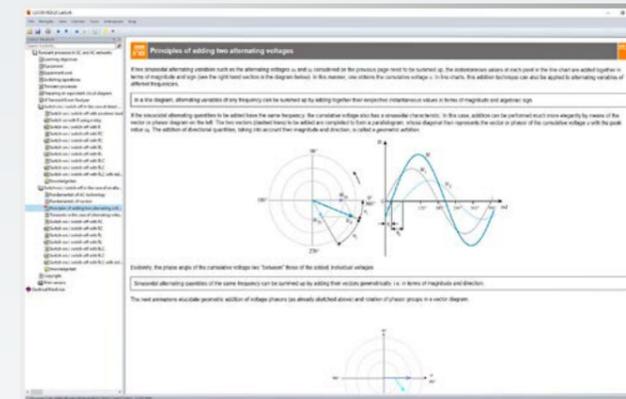
- Magnetismus: magnetische Pole, magnetisches Feld, Feldlinien und Feldstärke
- Hart- und weichmagnetische Materialien, Hysterese
- Untersuchung des Magnetfelds eines stromdurchflossenen Leiters
- Untersuchung des Magnetfelds einer Spule (Luftspule, Spule mit Kern)
- Elektromagnetische Induktion und Lorentzkraft
- Aufbau und Funktionsweise eines Transformators
- Untersuchung eines Transformators bei verschiedenen Lasten
- Aufbau und Funktion elektromagnetischer Bauelemente: Relais, Reedschalter, Hallschalter
- Untersuchung von Anwendungsschaltungen
- Kursdauer: ca. 4 h

Art.-Nr. SO4204-4A

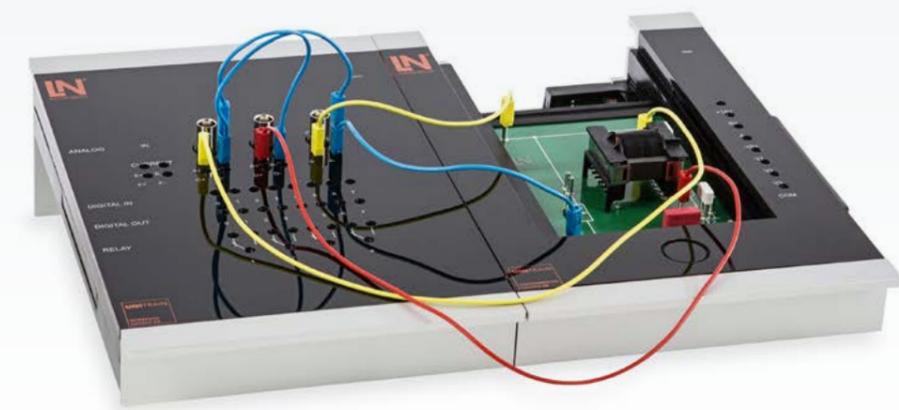
DREHSTROMTRANSFORMATOR



NETZE UND NETZMODELLE



UNITRAIN
SYSTEM



UNITRAIN
SYSTEM

Bauformen, Anschlussarten, Lastverhalten

Transformatoren sind elektrische Maschinen, die dazu dienen, Wechsel- oder Drehströme auf höhere oder niedrigere Spannungen umzuspannen. Drehstromtransformatoren sind insbesondere bei der Übertragung elektrischer Energie von großer Bedeutung.

Lerninhalte

- Transformatorprinzip und Ersatzschaltbild kennen lernen
- Untersuchung des Lastverhaltens von Einphasentransformatoren im Ein- und Vierquadrantenbetrieb
- Aufnahme von Strom und Spannung mit und ohne Last
- Untersuchung des Übersetzungsverhältnisses
- Kennenlernen von Drehstromtransformatoren
- Untersuchung von Lastfällen bei verschiedenen Schaltgruppen
- Untersuchung von unsymmetrischen Lasten an verschiedenen Schaltgruppen
- Bestimmung der Kurzschlussspannung
- Kursdauer: ca. 3 h

Art.-Nr. SO4204-7Y

Transiente Vorgänge im Gleichstrom- und Wechselstromnetz

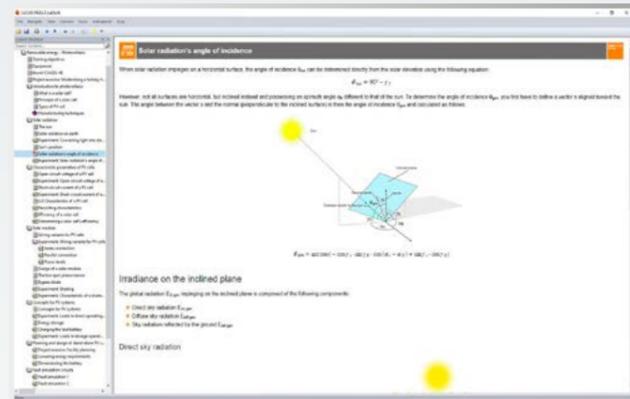
In den bestehenden Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetzen treten zwei unterschiedliche Vorgänge auf: stationäre (konstante Belastungen) und transiente Einschwingvorgänge. Diese typischen transienten Vorgänge, die bei der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie besondere Beachtung erfordern, werden im Experiment an ungefährlicher Schutzkleinspannung nachvollzogen.

Lerninhalte

- Die Bedeutung von Schaltvorgängen in Energienetzen kennen lernen
- Die Auswirkungen (Gefahren) von Schaltvorgängen in Energienetzen beurteilen
- Experimentelle Untersuchung des Strom- und Spannungsverlaufs bei Einschalten einer Gleichspannung
- Den Einfluss verschiedener Lasten (R, L, C) auf den Signalverlauf untersuchen
- Experimentelle Untersuchung des Strom- und Spannungsverlaufs bei Einschalten einer Wechselspannung
- Den Einfluss des Ein- bzw. Ausschaltzeitpunkts untersuchen
- Signalverlaufsmessungen bei verschiedenen Ausschaltzeitpunkten
- Bestimmung des optimalen Schaltzeitpunkts
- Ein- und Ausschaltvorgänge an komplexen Lasten (R, L, C) bei verschiedenen Schaltzeitpunkten analysieren
- Kursdauer: ca. 3,5 h

Art.-Nr. SO4204-3B

PHOTOVOLTAIK



UNITRAIN
SYSTEM

Sonntige Aussichten mit dem Photovoltaik-Kurs

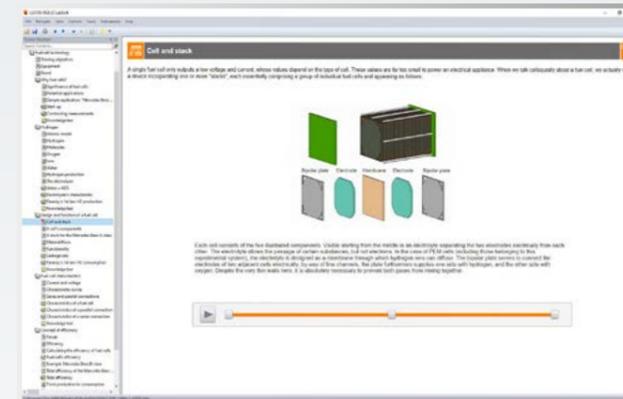
In Zeiten von rapide ansteigenden Energiekosten und verstärktem Umweltbewusstsein stellt die Photovoltaik eine sehr interessante Alternative zur herkömmlichen Energieerzeugung dar. Mit dem Photovoltaik-Kurs können Sie nicht nur die Grundlagen von Solarzellen kennen lernen und untersuchen, sondern auch ein Photovoltaiksystem im Direkt- oder Speicherbetrieb simulieren.

Lerninhalte

- Funktionsprinzip und Wirkungsweise der Solarzelle kennen lernen
- Kennlinienaufnahme eines Solarmoduls
- Die Abhängigkeiten des Stromes bzw. der Spannung eines Solarmoduls von Temperatur, Bestrahlungsstärke und Einfallswinkel erklären
- Reihen-, Parallel- und andere Verschaltungsarten von Solarzellen kennen lernen
- Herstellverfahren von Solarzellen kennen lernen
- Verschiedene Typen von Solarzellen erklären
- Aufbau eines Solarakkus kennen lernen
- Verschiedene Arten von Solaranlagen kennen lernen
- Aufbau eines Inselnetzes mit Solarakku

Art.-Nr. SO4204-3A

BRENNSTOFFZELLENTECHNIK



UNITRAIN
SYSTEM

Aufbau und Wirkungsweise von Brennstoffzellen

Erneuerbare Energien werden bereits heute als Lösung für die erwartete Energieknappheit im 21. Jahrhundert gehandelt. Die auf Wasserstoff basierende Brennstoffzelle ist Teil dieser Lösung. Als ergänzende Technologie wird es in künftigen Energiesystemen zur Erzeugung von sauberer Energie aus regenerativem Wasserstoff verwendet.

Lerninhalte

- Funktionsprinzip und Wirkungsweise der Brennstoffzelle kennen lernen
- Kennlinienaufnahme einer Brennstoffzelle
- Elektrochemische Prozesse der Elektrolyse erklären (1. und 2. Faraday'sche Gesetz)
- Faraday- und Energiewirkungsgrad einer Brennstoffzelle bestimmen
- Reihen- und Parallelschaltung von Brennstoffzellen
- Leistungsbetrachtung von Brennstoffzellen
- Funktionsprinzip und Wirkungsweise des Elektrolyseurs kennen lernen
- Aufnahme der UI-Kennlinie des Elektrolyseurs
- Faraday- und Energiewirkungsgrad eines Elektrolyseurs bestimmen

Art.-Nr. SO4204-3C



LUCAS-NÜLLE GMBH

Siemensstr. 2
50170 Kerpen

Tel.: +49 2273 567-0
Fax: +49 2273 567-69

lucas-nuelle.de
vertrieb@lucas-nuelle.de