



TECHNIQUE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Réseau intelligent (Smart Grid) | Microréseau
(Microgrid) | Énergies renouvelables

CONTENU



Aptes à relever de nouveaux défis

Systèmes d'apprentissage pour la technique d'énergie électrique 4

Plus qu'un système d'apprentissage

Solution complète de laboratoire d'automatisme 6

Smart Grid - Des réseaux électriques intelligents 10

Du banc d'expérimentation au réseau intelligent (Smart Grid) 12

Équipement de base : Réseau intelligent (Smart Grid) ... 14

Extensions: Réseau intelligent (Smart Grid) 15

Équipement de base: Microréseau (Microgrid) 16

Extensions: Microréseau (Microgrid) 17

Cybersécurité dans le réseau intelligent 18

SCADA for Power Engineering LAB 20

SCADA for Power Lab dans le réseau intelligent (Smart Grid) 22

SCADA Remote Control 24

Cybersécurité 25

SCADA Net 26

Outils Scada 27

Production d'énergie renouvelable 28

Photovoltaïque Professionnel 30

Étude d'accumulateurs de batteries avec des installations photovoltaïques 31

Photovoltaïque Advanced 32

Pompage solaire 33

Éoliennes MADA / DFIG 34

Petites centrales éoliennes 35

Photovoltaïque hybride évolutif PV et éoliennes 36

Technique des piles à combustible advanced 38

Production d'énergie électrique 40

Régulation et synchronisation de l'alternateur 42

Centrales électriques et pompage turbinage 44

Protection des alternateurs 46

Transformateurs 48

Transformateurs électriques 50

Protection des transformateurs électriques 51

Transformateurs de courant et transformateurs de tension 52

Transmission d'énergie électrique 54

Transmission haute tension continue (HVDC) 56

Lignes de transmission haute tension 58

Protection des lignes de transmission haute tension 60

Distribution d'énergie électrique 62

Système triphasé de jeux de barres omnibus doubles 64

Gestion de l'énergie 66

Consommateurs électriques 68

Protection de consommateurs électriques 70

Bases de la technique d'énergie 72

UniTrain- Un concept pour une motivation élevée 74

Technique du courant continu 76

Technique du courant alternatif 77

Technique du courant triphasé 78

Magnétisme / Électromagnétisme 79

Transformateurs mono - et triphasés 80

Réseaux électriques et leurs modèles 81

Photovoltaïque 82

Piles à combustible 83

APTES À RELEVER DE NOUVEAUX DÉFIS



Systèmes d'apprentissage pour la technique d'énergie électrique

Les changements dans le secteur l'approvisionnement énergétique...

Grâce à des technologies et des concepts innovants, les possibilités offertes par la technique connaissent un progrès constant. L'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'hydrogène et la biomasse sont des sources d'énergie écologiques désormais bien établies et exploitables. Les fluctuations dans la production d'énergie sont compensées par la gestion de l'énergie, les technologies de stockage et le couplage des secteurs. Des spécialistes techniquement bien formés sont nécessaires dans le monde entier pour assurer la poursuite de cette tendance et le succès de la transition énergétique.

... exerce une grande influence sur la formation

De nouvelles exigences demandent de nouveaux systèmes d'apprentissage modernes, orientés vers la pratique, qui transmettent aux apprenants l'état actuel de la technique et la compétence en action requise.

Apprentissage avec Lucas-Nülle

Les systèmes d'apprentissage modulaires et formation de qualité approfondie dans le domaine de la technique d'énergie électrique.

Avantages

- Association de la théorie et de la pratique
- Apprentissage/enseignement individuel
- Apprentissage par soi-même
- Combinaison logiciel/matériel
- Labsoft contient des animations et des instruments
- Logiciel adaptable (langue, contenu, épreuves d'examen)

PLUS QU'UN SYSTÈME D'APPRENTISSAGE

Présentation interactive de contenus didactiques complexes à l'aide de supports d'apprentissage modernes



Réseau intelligent (Smart Grid)
Mesurer et commander le flux d'énergie avec le système SCADA



Solutions complètes pour la technique d'énergie électrique
de la production, de la transmission et de la distribution jusqu'à la consommation



Énergies renouvelables

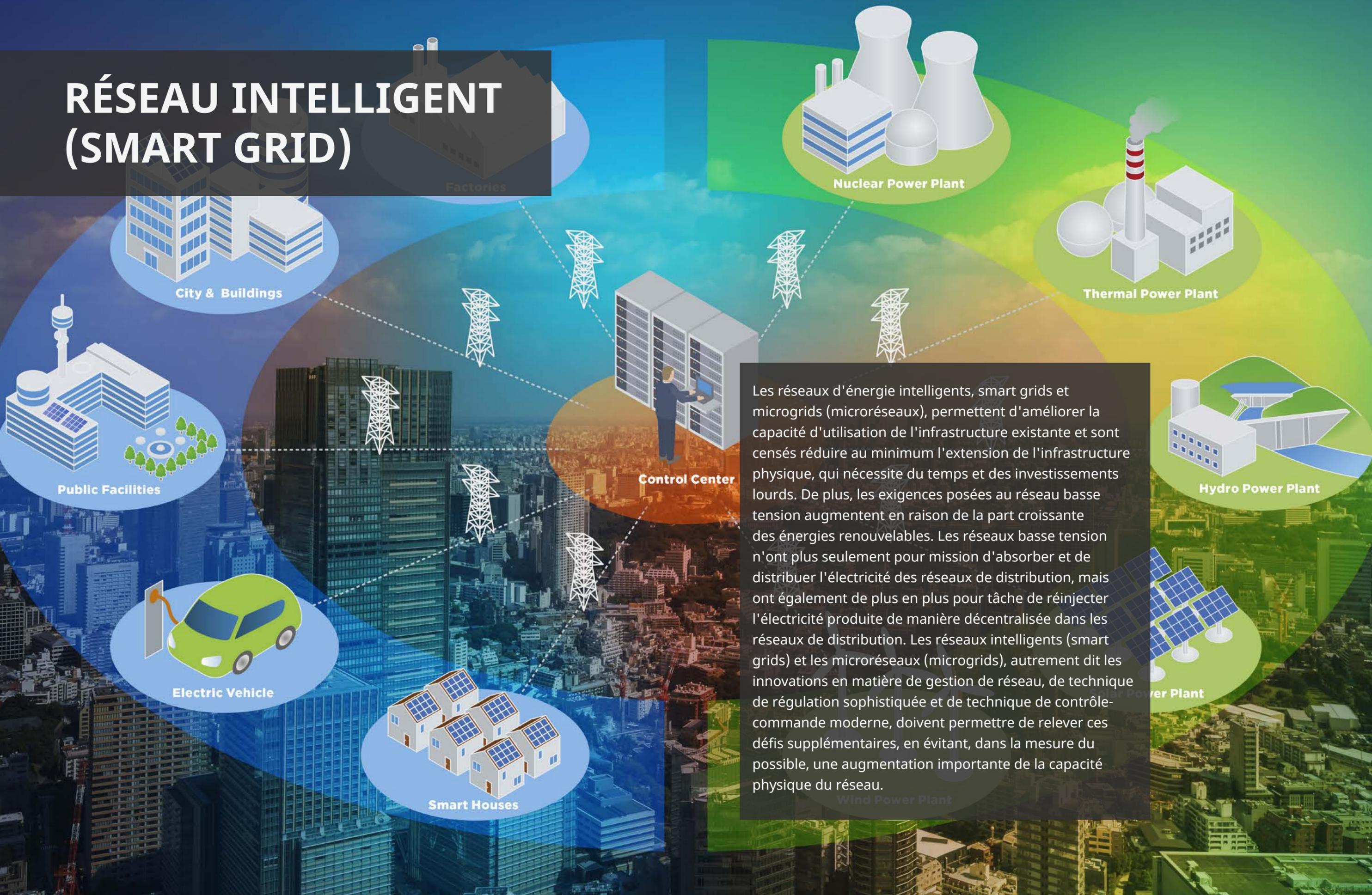
Énergie éolienne, piles à combustible, photovoltaïque



Transmission des connaissances de base par le système interactif d'apprentissage UniTrain



RÉSEAU INTELLIGENT (SMART GRID)



Les réseaux d'énergie intelligents, smart grids et microgrids (microréseaux), permettent d'améliorer la capacité d'utilisation de l'infrastructure existante et sont censés réduire au minimum l'extension de l'infrastructure physique, qui nécessite du temps et des investissements lourds. De plus, les exigences posées au réseau basse tension augmentent en raison de la part croissante des énergies renouvelables. Les réseaux basse tension n'ont plus seulement pour mission d'absorber et de distribuer l'électricité des réseaux de distribution, mais ont également de plus en plus pour tâche de réinjecter l'électricité produite de manière décentralisée dans les réseaux de distribution. Les réseaux intelligents (smart grids) et les microréseaux (microgrids), autrement dit les innovations en matière de gestion de réseau, de technique de régulation sophistiquée et de technique de contrôle-commande moderne, doivent permettre de relever ces défis supplémentaires, en évitant, dans la mesure du possible, une augmentation importante de la capacité physique du réseau.



Vidéo : découvrez votre solution de réseau intelligent (Smart Grid) !



Parés pour l'avenir :

Réseaux électriques intelligents dans le laboratoire de technique de l'énergie

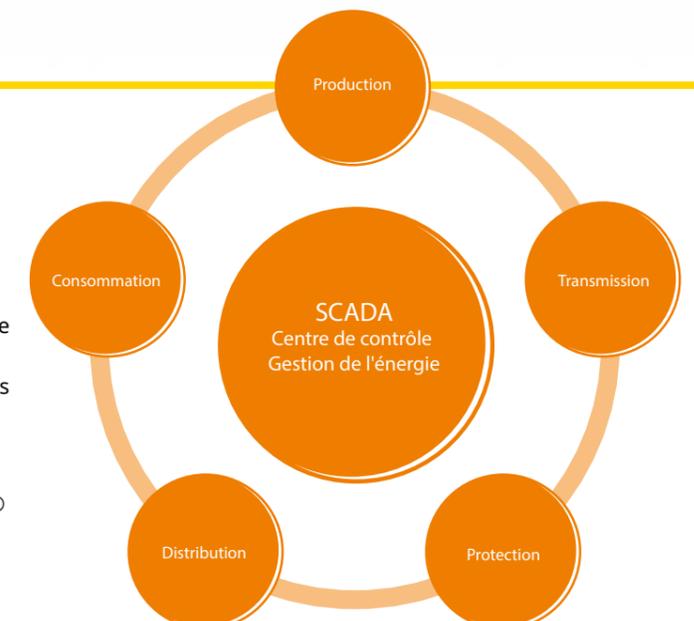
Le réseau intelligent (Smart Grid) se compose d'équipements de production d'énergie à l'aide d'énergies conventionnelles et renouvelables, de transmission, de distribution, de protection et de gestion de l'énergie. Les équipements peuvent être adaptés et étendus en fonction des besoins. Le système d'apprentissage se distingue par son haut degré de modularité.

Le laboratoire de technique d'énergie connecté en réseau

Les équipements permettent de combiner les aspects électriques et informatiques des systèmes d'apprentissage pour la production, la transmission, la distribution, la protection et la gestion d'énergie électrique. L'impact exercé par la production d'énergie renouvelable sur la production d'énergie peut ainsi être étudié en laboratoire. La commande des consommateurs en fonction des besoins peut constituer un volet de la gestion d'énergie. Il est ainsi possible de réaliser n'importe quel scénario.

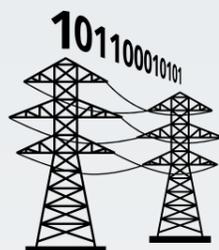
Avantages

- Vaste choix de thèmes concernant la production, la transmission, la distribution, la protection et la gestion d'énergie
- Matériel utilisable de manière modulaire pour reproduire n'importe quel scénario
- Système SCADA didactique pour une réalisation proche de la pratique d'expériences et de scénarios
- Cours d'apprentissage interactif avec expériences guidées
- Extension possible à des systèmes d'apprentissage du domaine des machines électriques, électronique de puissance tels que les entraînements à haute efficacité énergétique et l'électronique de puissance (avec Matlab® Simulink®) utilisés comme charges (dynamiques) supplémentaires dans le réseau intelligent (Smart Grid)

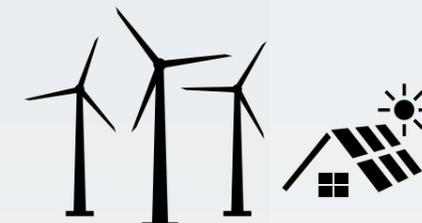


DU BANC D'EXPÉRIMENTATION AU RÉSEAU INTELLIGENT (SMART GRID)

SCADA



Réseau intelligent (Smart Grid)



Énergies renouvelables



Cybersécurité



Fault-Ride-Through



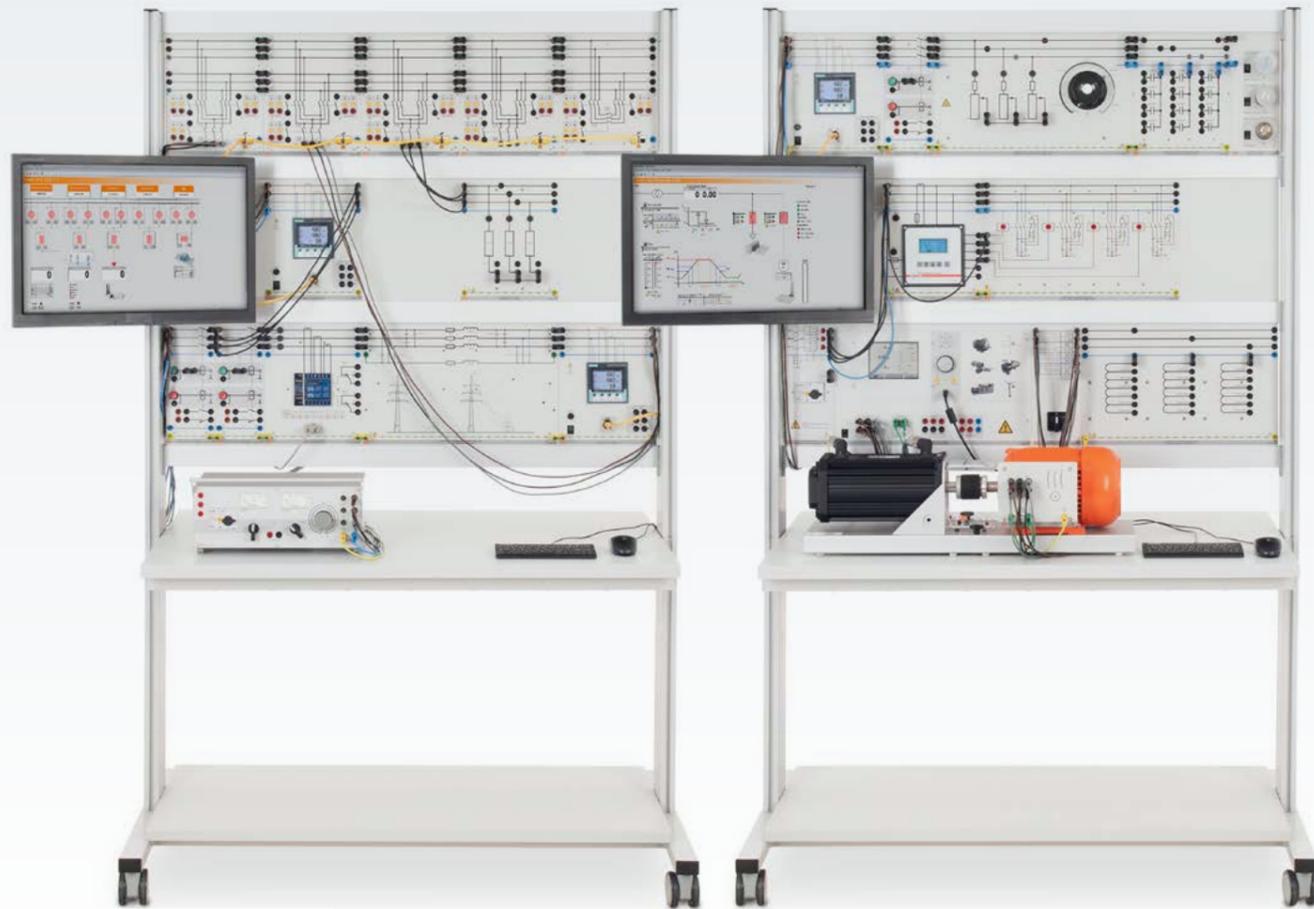
Aménagement flexible

Grâce au caractère modulaire du système, les appareils peuvent être assemblés en toute flexibilité. En quelques minutes, des applications complexes peuvent être mises en place sur le chariot d'expérimentation et adaptées en fonction de la flexibilité du cours. La combinaison de systèmes permet la mise en place de n'importe quel scénario, Y compris les réseaux intelligents microgrid et smartgrid.

En adéquation avec votre budget

L'acquisition peut se faire par étapes. Commencez par un équipement de base et faites évoluer votre système au moment voulu vers un laboratoire de technique d'énergie smartgrid ou microgrid complet.

ÉQUIPEMENT DE BASE : RÉSEAU INTELLIGENT (SMART GRID)



Réseau intelligent (Smart Grid) - Centre de commande - Gestion d'énergie

Cet équipement constitue la centrale du réseau intelligent (Smart Grid) dans le laboratoire de technique d'énergie. Outre la production, la transmission et la distribution d'énergie, le logiciel SCADA permet en plus de visualiser toutes les valeurs et de commander les actions à distance. Cela peut se faire manuellement ou automatiquement à l'aide d'un soft API (Automate Programmable Industriel) intégré. Les injections d'énergie électrique produite et les variations de charge sont enregistrées par le centre de commande du réseau intelligent (Smart Grid) et des mesures correctives sont prises afin de maintenir la stabilité du réseau d'énergie.

Contenus didactiques

- Système triphasé de jeux de barres omnibus doubles
- Recherches sur des lignes triphasées
- Relais de surintensité pour lignes de transmission
- Consommateurs complexes, mesure de la consommation d'énergie et surveillance des charges maximales
- Compensation manuelle et automatique de la puissance réactive
- Gestion de charge - gestion de la demande
- Commande intelligente des producteurs et des consommateurs électriques

EXTENSIONS : RÉSEAU INTELLIGENT (SMART GRID)



EPH 3 - Photovoltaïque Professional



+ Fault-Ride-Through (FRT)



EDC - Transmission haute tension continue CCHT / HVDC



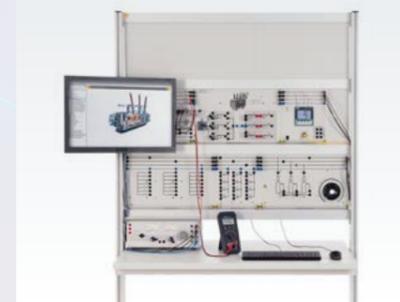
EUG - Alternateurs triphasés et synchronisation réseau



ECS 1 - La cybersécurité dans le réseau intelligent



EUK - Centrales électriques et pompage turbinage



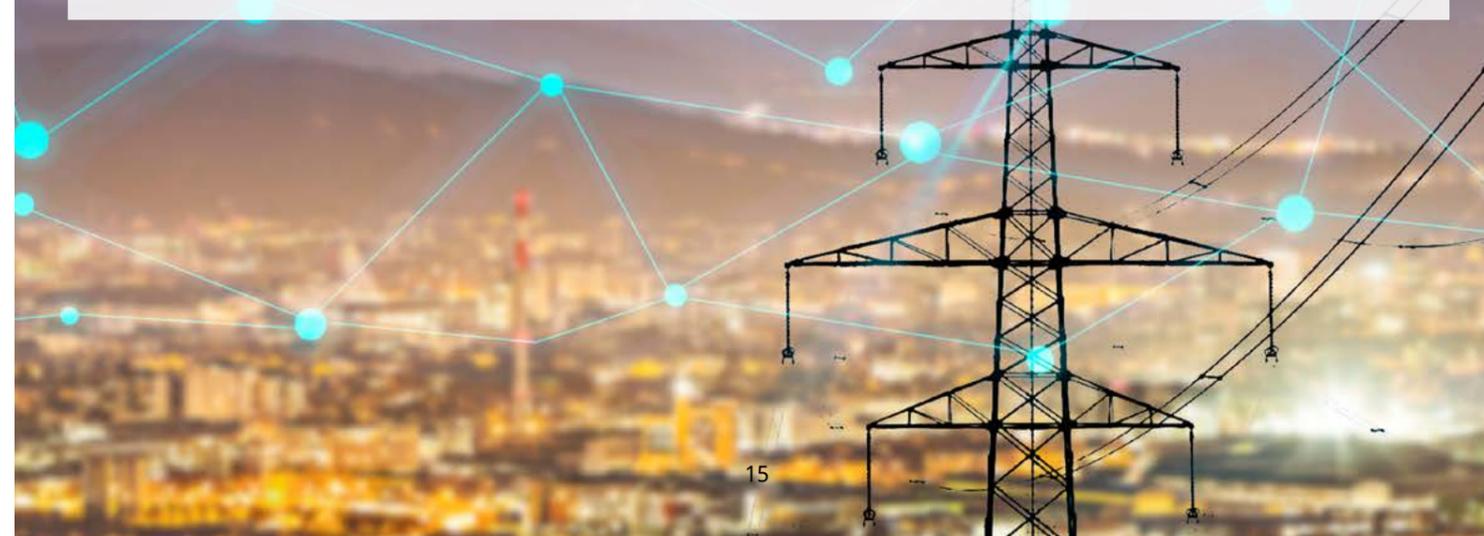
EUT - Transformateurs



EUL - Lignes électriques à haute tension



ELP - Protection des lignes électriques à haute tension



ÉQUIPEMENT DE BASE : MICRORÉSEAU (MICROGRID)



Mode parallèle en îlotage / microréseau (Microgrid)

Si un réseau en îlot est couplé au réseau intelligent (Smart Grid) on parle de microréseau (Microgrid) et il possède alors 3 états de fonctionnement: Mode connecté au réseau (On Grid), mode non connecté au réseau (Off Grid) et mode mixte (Dual mode). Les microréseaux sont appelés à jouer un rôle prépondérant dans le réseau intelligent (Smart Grid) de demain.

Avantages

- Diminution des pertes de transmission et de transformation
- Indépendance vis-à-vis des grands fournisseurs d'énergie
- Le réseau intelligent sert de système de secours
- Distribution et consommateurs intelligents pilotés par SCADA
- Production d'énergie à partir de sources d'énergie renouvelables
- Optimisation de la qualité de l'électricité, de la fiabilité et de la durabilité

Contenus didactiques

- Régulation de plusieurs générateurs en îlot couplé au réseau
- Régulation de plusieurs générateurs en mode connecté au réseau
- Coordination des besoins et de la production d'énergie dans un réseau en îlot
- Utilisation de technologies de l'information modernes telles que des capteurs/actionneurs en réseau, une commande API et une interface utilisateur SCADA
- Comptage intelligent (Smart Metering) au point d'injection réseau pour rendre un sous réseau autonome
- Régulation manuelle
- Régulation de tension
- Régulation de fréquence
- Régulation du couple
- Régulation cos phi
- Régulation du statisme

EXTENSIONS : MICRORÉSEAU (MICROGRID)



EMG 2 - Générateur secondaire supplémentaire



EPH 3 - Photovoltaïque Professional



EWG 1 - Éoliennes MADA - DFIG avec synchronisation au réseau triphasé



EUK - Centrales électriques et pompage turbinage



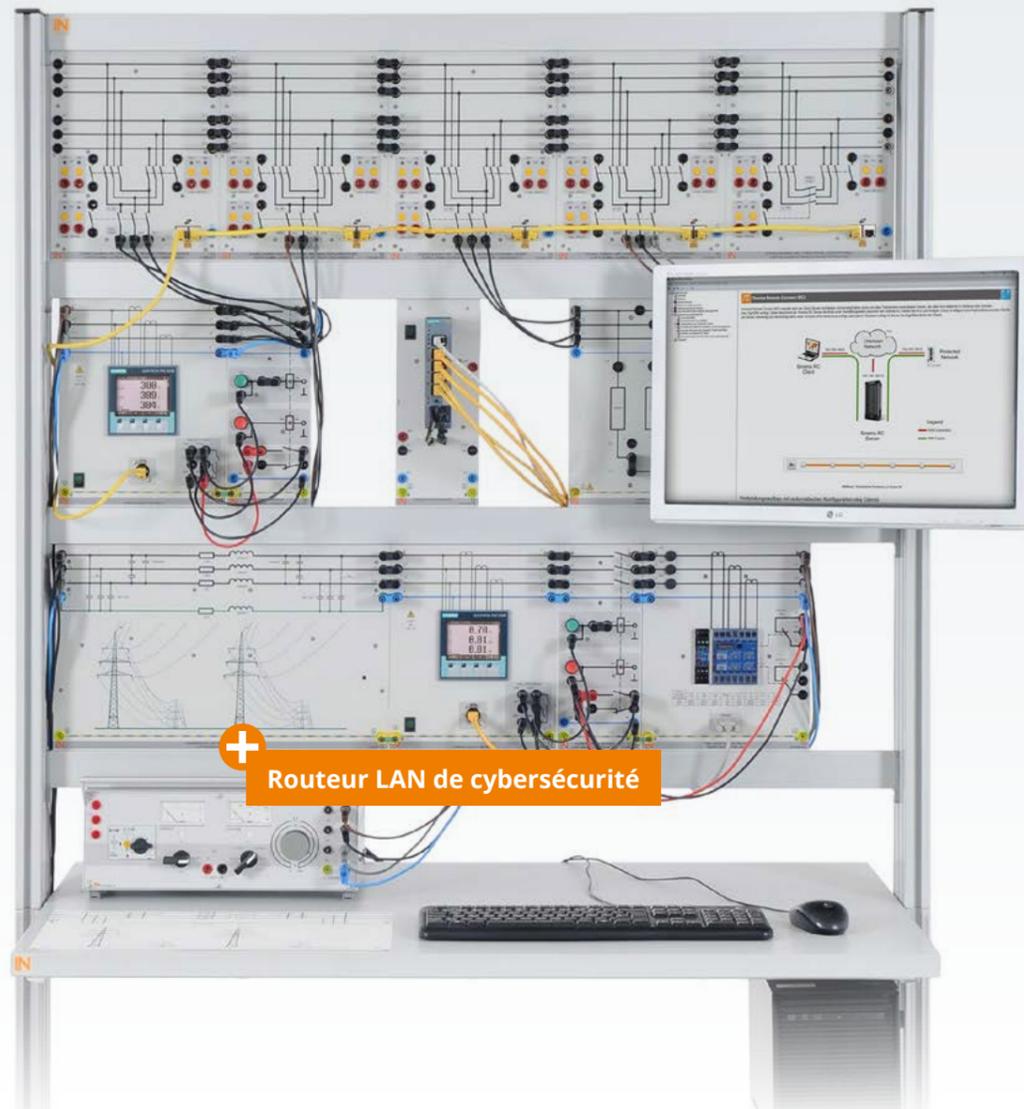
EUC 2 - Consommateurs dynamiques d'énergie électrique



ECS 1 - La cybersécurité dans le réseau intelligent



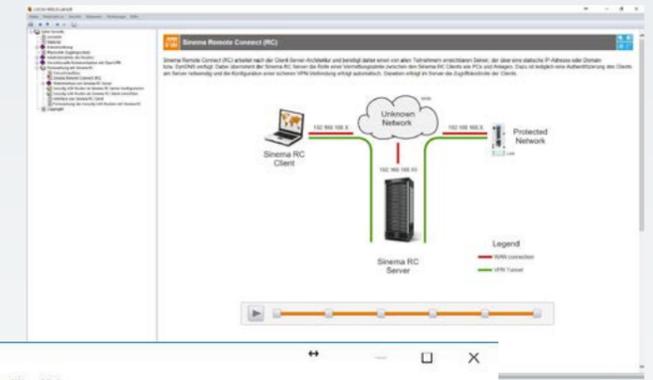
CYBERSÉCURITÉ DANS LE RÉSEAU INTELLIGENT



+ **Routeur LAN de cybersécurité**

```

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 stats
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--
    
```



+ **Analyse de réseau open source**

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

Dans les réseaux énergétiques modernes, la cybersécurité est un thème incontournable. De nombreux exercices permettent de se familiariser avec toutes les mesures de protection courantes contre les cyberattaques visant les systèmes de la technique d'énergie.

- Contenus didactiques**
- Règles de conduite à adopter dans le cadre de l'utilisation des systèmes
 - Mesures physiques
 - Configuration d'un routeur LAN de sécurité
 - Serveur DHCP
 - Pare-feu
 - Open VPN
 - Analyse de protocoles de réseau
 - Secure Shell (SSH)
 - HTTP(S)
 - Télémaintenance avec Sinema
 - Contrôle et restriction d'accès
 - Authentification / autorisations
 - Cryptage
 - Certificats

Routeur LAN de cybersécurité

Le routeur LAN SCALANCE S615 sert à protéger les appareils/réseaux dans l'automatisme et à sécuriser la communication industrielle à l'aide d'un VPN et d'un pare-feu. La configuration est d'une grande simplicité grâce à une gestion basée sur le web.

- Fonctions de sécurité**
- Exécution du pare-feu : inspection d'état
 - Fonction du produit / en cas de connexion VPN : IPsec, OpenVPN (comme client de SINEMA RC)
 - Type d'algorithme de cryptage (connexion VPN) : AES-256, AES-192, AES-128, 3DES-168, DES-56
 - Type de procédures d'authentification (connexion VPN) : clé pré-partagée (Preshared Key ou PSK), certificats X.509v3
 - Type d'algorithmes de hachage (connexion VPN) : MD5, SHA-1, SHA-256, SHA-384, SHA-512
 - Nombre de connexions possibles (connexion VPN) : 20
 - Protection par mot de passe
 - Traduction d'adresse : NAT/NAPT
 - Connexion à SINEMA RC

SCADA FOR POWER ENGINEERING LAB



Par Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), on entend la surveillance, la commande et la saisie de données en temps réel de processus techniques. Dans le domaine de l'énergie électrique, le système SCADA est utilisé pour la production, la transmission, la protection et l'utilisation de l'énergie.

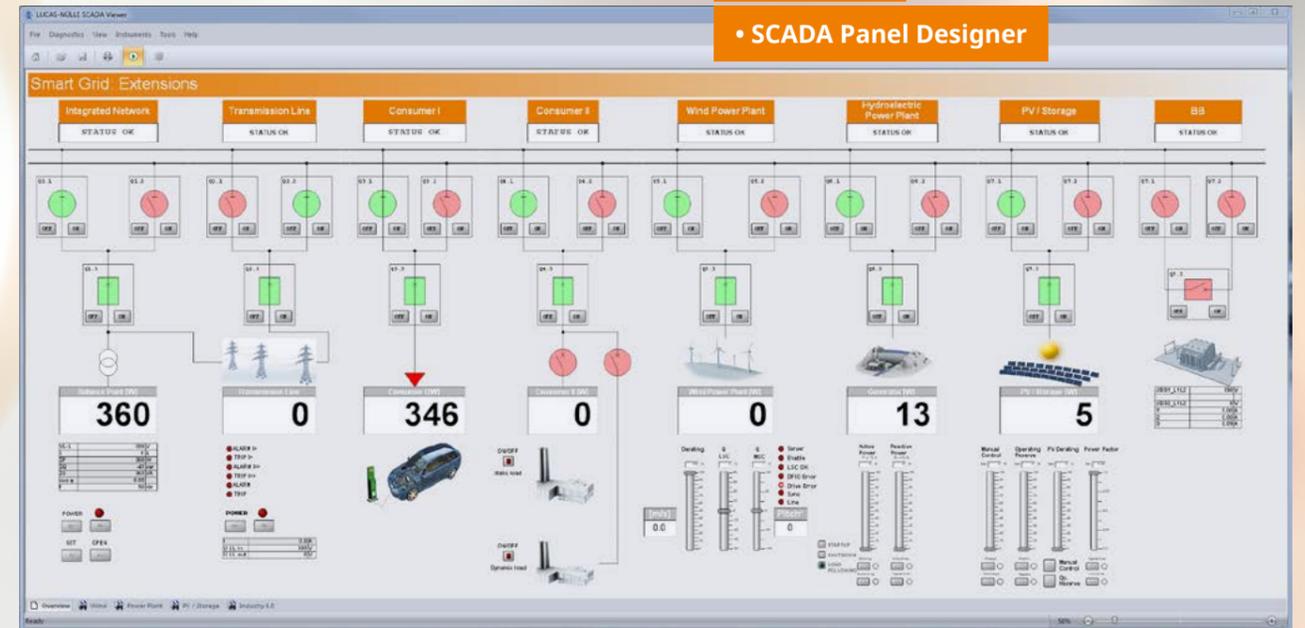
SCADA FOR POWER LAB DANS LE RÉSEAU INTELLIGENT (SMART GRID)



Cybersécurité



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



Par Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), on entend la surveillance, la commande et la saisie de données en temps réel de processus techniques. Dans le domaine de l'énergie électrique, le système SCADA est utilisé pour la production, la transmission, la protection et l'utilisation de l'énergie.

SCADA permet de visualiser et de modifier des données dans des processus. Les valeurs mesurées sont affichées en temps réel sur l'écran. Les signaux de commande peuvent être adaptés pendant le processus. Le système SCADA est également capable de piloter le processus automatiquement. L'enregistrement d'un grand nombre de valeurs de mesure permet une planification à long terme et se traduit par

une optimisation sur le plan économique. Le système peut être commandé à distance via un réseau local (LAN) ou par Internet.

SCADA for Power Engineering Lab est un logiciel de commande et de surveillance de systèmes dans le domaine de la technique d'énergie. Le logiciel permet d'afficher en temps réel toutes les valeurs de mesure et les états des appareils de mesure présents dans le système. Les paramètres et signaux importants peuvent être contrôlés par le logiciel.

Les valeurs de mesure et les états des appareils peuvent être sélectionnés, enregistrés et représentés en fonction du temps. Il est également possible de les évaluer et de les exporter.

Le SCADA Designer sert à créer des interfaces utilisateur. Le SCADA Viewer permet la commande et l'observation des systèmes.

Fonctions du logiciel

• SCADA Designer

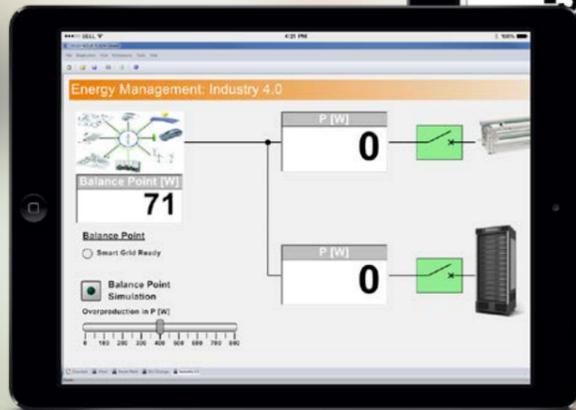
- Interfaces utilisateur pouvant être configurées librement
- Disposition symbolique de tous les appareils de la technique d'énergie Lucas-Nülle
- Symboles de commutation électroniques normalisés pour la visualisation des circuits
- Liste de valeurs pouvant être configurée de manière individuelle pour l'affichage d'un très grand nombre de valeurs de mesure
- Affichage des valeurs mesurées et des états en temps réel
- Réalisation et analyse de réseaux intelligents (Smart Grid)
- Conception de plusieurs onglets par modèle SCADA

• SCADA Viewer

- Contrôle intégral des systèmes
- Analyse de réseaux intelligents (Smart Grid)
- Affichage des valeurs mesurées et des états en temps réel
- Configuration des fichiers créés avec SCADA Designer
- Fichiers d'exemple (modèles) préétablis pour toutes les expériences
- Compatible avec le mode multi-utilisateurs



- Mode tablette
- Différents onglets
- Multi-utilisateurs



Observation et commande conviviales du réseau intelligent SMART GRID avec différents terminaux

- Mode tablette
- Utilisation claire grâce à des onglets de travail adaptés :
 - aperçu de l'ensemble du système
 - commande du système individuel
- Connexion via le réseau Wi-Fi
- Connexion par Internet
- Accès simultané depuis tous les ordinateurs



- Cryptage
- Pare-feu
- Routeur de sécurité



SO2805-4B : Cybersécurité dans le domaine de l'automatisme et de la technique d'énergie

Dans les réseaux énergétiques modernes, la cybersécurité est un thème incontournable. De nombreux exercices permettent de se familiariser avec toutes les mesures de protection courantes contre les cyberattaques visant les systèmes de la technique d'énergie.

Contenus didactiques

- Règles de conduite à adopter dans le cadre de l'utilisation des systèmes
- Mesures physiques
- Configuration d'un routeur LAN de sécurité
- Serveur DHCP
- Pare-feu
- Open VPN
- Analyse de protocoles de réseau
- Secure Shell (SSH)
- HTTP(S)
- Télémaintenance avec Sinema
- Contrôle et restriction des accès
- Authentification / autorisations
- Cryptage
- Certificats

SCADA NET

+ Client / serveur distant SCADA

- SCADA OPC
- Cybersécurité
- SCADA IEC 61850

Group	Name	Type	Value	Quality	Timestamp	Access	ID
Group 1	[00] Apparent current in phase L1	REAL	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	REAL	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	REAL	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	REAL	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	REAL	232,8026	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	REAL	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	REAL	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	REAL	398,5576	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	REAL	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	REAL	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	REAL	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	REAL	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	REAL	0,120564	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	REAL	40,459561	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	REAL	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	REAL	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	REAL	22,80016	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	REAL	-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	REAL	-9,27793	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	REAL	-8,54271	Good	01.12.2017 15:33:24	R	[08] BP-Power Quality Meter COS127-1S.[00].[16] Reactive power L1

OUTILS SCADA

+ SCADA Logger

• SCADA Panel Designer

• SCADA PLC

Generator settings (after gen restart)

Hz: 50 60 100 150 200 250 300 350 400 450 V

Ex.Volt. On

0.0 V

0.00 Hz

Item	Value	Unit
Ex.Volt.	On	
V	0.0	V
Hz	0.00	Hz



• Client / serveur distant SCADA

- Observation et utilisation de tous les systèmes sur n'importe quel ordinateur dans le laboratoire
- Le laboratoire de technique d'énergie dans le cloud

• Client SCADA OPC

- Connexion d'appareils externes, par ex. API

• Serveur SCADA OPC NET

- Connexion en temps réel avec, par exemple, MATLAB®/ Simulink® et LabVIEW via un serveur OPC

• Cybersécurité

- Limitation des connexions
- Contrôle d'accès (liste noire/blanche)
- Cryptage

• Autres protocoles pris en charge :

- Client SCADA IEC 61850 (connexion d'appareils externes, par ex. relais)
- Client / serveur TCP/IP
- MODBUS
- SML (Smart Message Language)
- HTTP

• SCADA Logger

- Enregistrement de diagrammes des valeurs mesurées et des signaux en fonction du temps
- Traitement, analyse et exportation des diagrammes
- Mesure des valeurs

• SCADA Panel Designer

- Conception et configuration d'interfaces utilisateur personnelles

• SCADA PLC

- API logiciel intégré (conforme à la norme CEI 61131)
- Accès à toutes les valeurs et signaux dans le réseau intelligent (Smart Grid)
- Génération automatique de la liste des variables
- Observation des variables

PRODUCTION D'ÉNERGIE RENOUVELABLE



La part des énergies renouvelables par rapport aux sources d'énergie fossiles telles que le charbon, le pétrole et le gaz ne cesse d'augmenter dans le monde. Grâce à des technologies et des concepts innovants, les possibilités offertes par la technique connaissent un progrès constant. L'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'hydrogène et la biomasse sont des sources d'énergie écologiques désormais bien établies et exploitables. Les fluctuations dans la production d'énergie sont compensées par la gestion de l'énergie, les technologies de stockage et le couplage des secteurs. Des spécialistes techniquement bien formés sont nécessaires dans le monde entier pour assurer la poursuite de cette tendance et le succès de la transition énergétique.

PHOTOVOLTAÏQUE PROFESSIONAL – INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES MODERNES EN MODE D'EXPLOITATION PARALLÈLE AU RÉSEAU



Le montage d'installations photovoltaïques en mode parallèle au réseau est enseigné de manière réaliste. Les techniques de derating (réduction de charge) de l'onduleur et d'utilisation d'un transformateur de réseau local réglable sont appliquées pour stabiliser le réseau électrique. La transmission des connaissances, du savoir-faire et l'évaluation des données de mesure assistée par ordinateur sont assurées par le cours interactif d'apprentissage et le logiciel SCADA.

Contenus didactiques

Étude de modules solaires

- Enregistrement de la courbe journalière et annuelle
- Tester l'orientation optimale des modules solaires (augmentation du rendement énergétique)
- Enregistrement des courbes caractéristiques de modules solaires

Structure d'installations photovoltaïques en exploitation parallèle avec le réseau

- Mesure de l'énergie produite par une installation photovoltaïque
- Limitation de la puissance de l'onduleur photovoltaïque (derating)
- Détermination du rendement de l'onduleur de réseau
- Comportement de régulation de l'onduleur de réseau, suivi du point optimal de fonctionnement (tracker MPP)

- Enregistrement des données de rendement à l'aide d'un émulateur de course du soleil
- Étude du comportement d'une installation photovoltaïque en cas de panne du secteur
- Rentabilité des installations photovoltaïques

Régulation de la tension dans le réseau local

- Transformateur de réseau local
- Limitation de la puissance de l'onduleur photovoltaïque (derating)
- Régulation automatique de la tension dans le réseau local
- Intégration d'installations photovoltaïques modernes dans le réseau intelligent (Smart Grid)

Réf. EPH 3

ÉTUDE D'ACCUMULATEURS DE BATTERIES AVEC DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES



Voir la vidéo correspondante !



Étude d'accumulateurs de batteries en liaison avec des installations photovoltaïques

Un accumulateur d'énergie électrochimique avec installation photovoltaïque a pour objectif de déplacer la production d'électricité dans les périodes de consommation ou la consommation dans les périodes de production. Pour ce faire, l'énergie (solaire) disponible doit être produite puis stockée afin d'être réutilisée aux périodes de demande d'énergie. Les principales raisons pour lesquelles un accumulateur d'énergie électrochimique est utilisé sont donc les suivantes :

- Augmentation de la propre consommation
- Sécurité d'approvisionnement grâce à une alimentation électrique de secours

Réf. EPH 3.4

PHOTOVOLTAÏQUE ADVANCED – DIVERS PROJETS AVEC DES COMPOSANTS INDUSTRIELS



Le système propose une simulation très réaliste de la course du soleil. Des émulateurs permettent de réaliser les expériences avec réalisme, même en l'absence de soleil, dans un laboratoire. La communication des connaissances et du savoir-faire et l'évaluation assistée par ordinateur des données de mesure sont rendues possibles grâce au cours d'apprentissage interactif.

Contenus didactiques

Étude de modules solaires

- Test de l'orientation optimale de modules solaires
- Enregistrement des courbes caractéristiques de modules solaires
- Étude du comportement en cas d'ombrage
- Étude du fonctionnement des diodes de dérivation
- Familiarisation avec les types de circuits des modules solaires

Structure d'installations photovoltaïques en mode d'exploitation autonome

- Installation de systèmes photovoltaïques
- Structure et test d'une installation photovoltaïque en îlot en mode d'exploitation direct
- Structure et test d'une installation photovoltaïque en îlot en mode accumulateur

- Structure et test d'une installation photovoltaïque en îlot pour la production d'une tension alternative de 230 V

Structure d'installations photovoltaïques en exploitation parallèle au réseau

- Structure et test d'une installation photovoltaïque avec alimentation réseau
- Mesure de l'énergie produite par une installation photovoltaïque
- Détermination du rendement de l'onduleur de réseau
- Étude du comportement d'une installation photovoltaïque en cas de panne de secteur

Réf. EPH 2

POMPAGE SOLAIRE



Pompes solaires pour un approvisionnement en eau autonome

La combinaison du système de pompage solaire et du système photovoltaïque advanced ou hybride permet de pomper de l'eau avec de l'énergie solaire simulée. Avec le système hybride un fonctionnement sur batteries est également possible pour un pompage même en l'absence de soleil. Outre le pompage d'eau, d'autres consommateurs CA peuvent être alimentés par le système hybride. L'objectif est ici d'adapter les composants à la demande et de définir des priorités par le biais du paramétrage.

Contenus didactiques

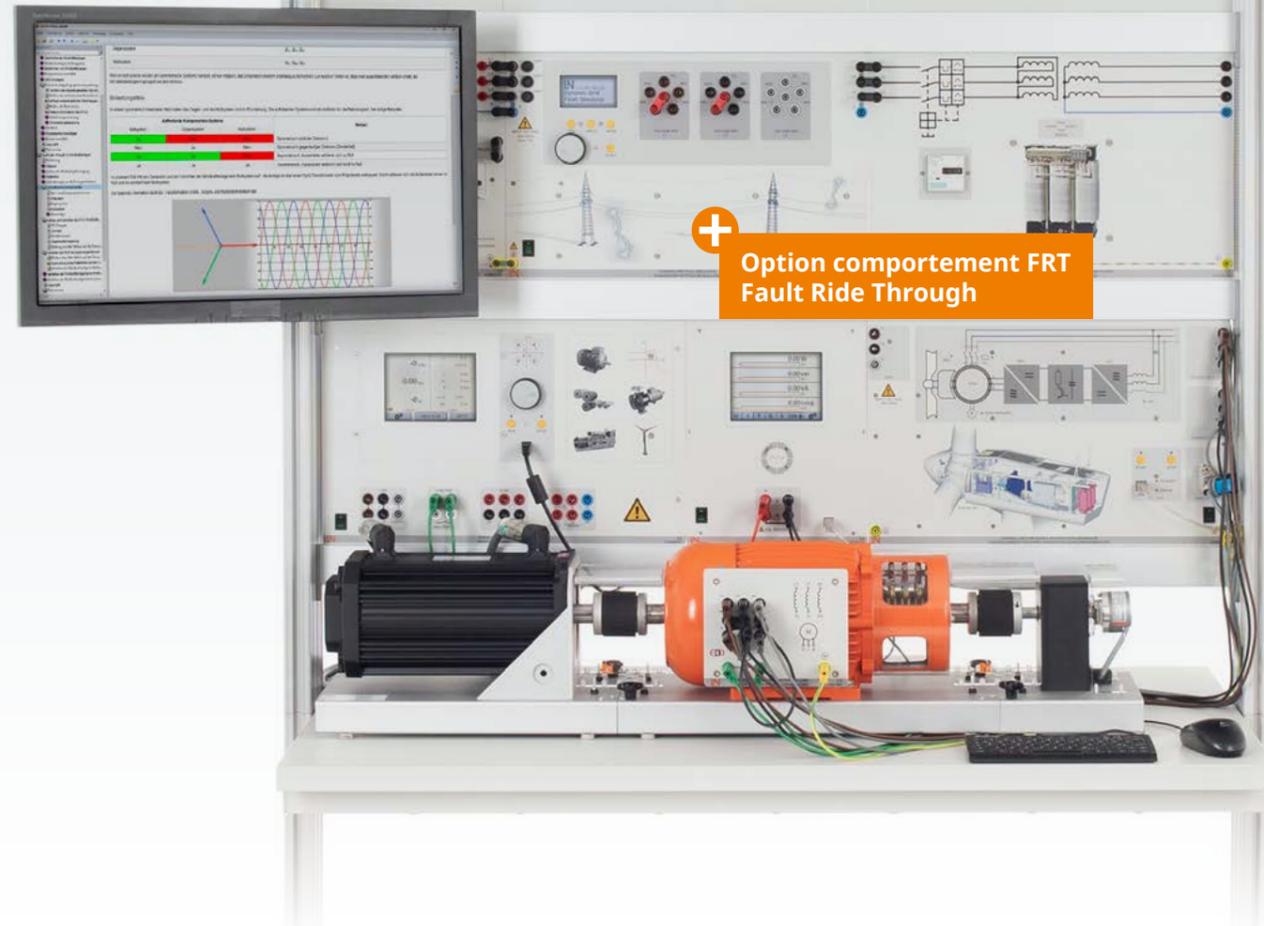
- Différences entre différents systèmes de pompage solaire
- Planification d'installations de pompage solaire
- Mesures du débit
- Mesure du volume journalier
- Étude du comportement à différentes intensités de rayonnement et à différents niveaux d'ombrage
- Étude de différentes durées de rayonnement par jour
- Enregistrement de courbes caractéristiques et calcul du rendement de la pompe / du système complet

Réf. EPH 2.4

ÉOLIENNES MADA / DFIG - AVEC SYNCHRONISATION AU RÉSEAU TRIPHASÉ



Voir la vidéo correspondante !



Générateurs asynchrones à double alimentation (DFIG)

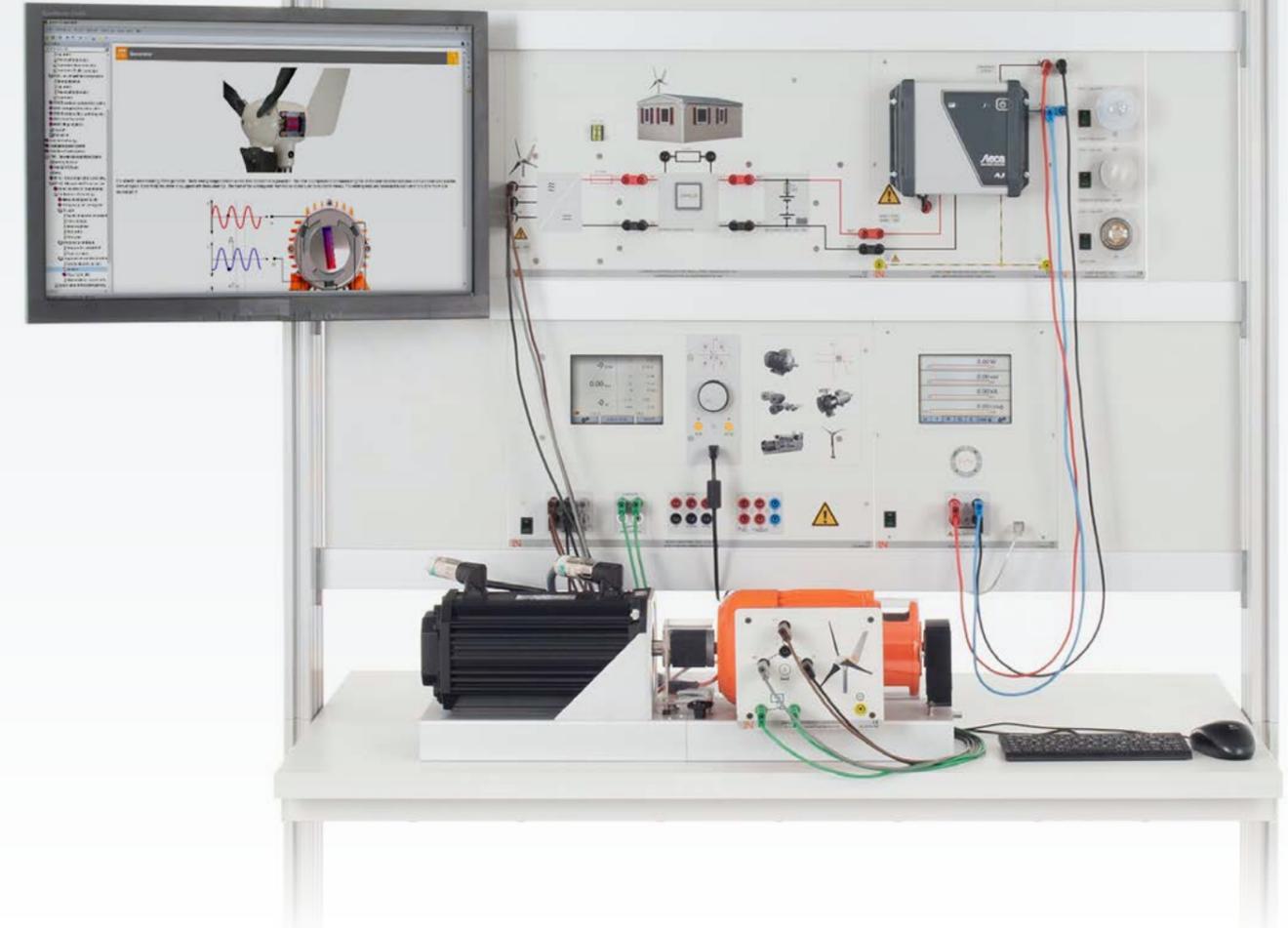
L'équipement permet d'étudier des éoliennes modernes équipées de générateurs asynchrones à double alimentation. Le banc d'essai pour machines à servocommande et le logiciel WindSim permettent d'émuler la force du vent de manière très réaliste. La connexion à un ordinateur permet une utilisation et une visualisation conviviales pendant les expériences. Le cours interactif d'apprentissage complet correspondant transmet les connaissances théoriques, fournit une aide utile lors de la réalisation des expériences et de l'évaluation des données de mesure.

Contenus didactiques

- Comprendre la structure et le fonctionnement des éoliennes modernes
- Bases physiques du vent à l'arbre mécanique »
- Familiarisation avec différents concepts d'éoliennes
- Montage et mise en service d'un générateur asynchrone à double alimentation
- Fonctionnement du générateur en cas de force de vent variable et régulation de la tension et de la fréquence de sortie
- Détermination de points de travail optimaux dans des conditions de vent variables
- Étude du comportement en cas de défaillances du réseau
- Option comportement FRT Fault Ride
- Through

Réf. EWG 1

PETITES CENTRALES ÉOLIENNES



De l'électricité pour un approvisionnement décentralisé

De nos jours, les petites centrales éoliennes d'une puissance maximale d'environ 5 kW sont utilisées pour des alimentations électriques décentralisées. Les installations génèrent une tension continue. L'énergie est emmagasinée dans des accumulateurs via un régulateur de charge. Un onduleur génère des tensions alternatives pour l'exploitation de consommateurs sur secteur. Le banc d'essai pour machines à servocommande et le logiciel WindSim permettent d'émuler l'influence de la force du vent et la structure mécanique de l'éolienne fidèlement jusque dans les moindres détails.

Contenus didactiques

- Structure et fonctionnement de petites centrales éoliennes modernes
- Bases physiques du vent à l'arbre mécanique
- Familiarisation avec différents concepts d'éoliennes
- Structure et mise en service d'une génératrice de petites centrales éoliennes
- Fonctionnement avec différentes forces de vent en mode d'accumulation
- Accumulation d'énergie
- Optimisation de la centrale
- Structure d'une centrale en îlot pour la production d'une tension alternative de 230 V
- Système hybride pour la combinaison avec le système PV et une plus grosse batterie.

Réf. EWG 2

PHOTOVOLTAÏQUE HYBRIDE ÉVOLUTIF PV ET ÉOLIENNES



Le système hybride photovoltaïque évolutif

Le système d'apprentissage permet le montage réaliste d'un système photovoltaïque hybride grâce à l'utilisation de composants industriels. Les connexions protégées contre les défauts et les bornes de sécurité 4mm permettent de comprendre le fonctionnement du système dans un environnement sûr. Les flux d'énergie complexes au sein du système hybride sont clairement visualisés et évalués à l'aide du système SCADA. Les modes de fonctionnement réseau en îlotage, mode parallèle au réseau et alimentation sans interruption (ASI) sont illustrés par le système de formation compact. Les essais en laboratoire sont réalisés à l'aide d'une émulation de module solaire, ce qui garantit des résultats reproductibles, même sans soleil.

Réf. EPH 4

Contenus didactiques

- Paramétrage de la courbe caractéristique de charge de l'accumulateur
- Rendements des composants du système
- Fonctionnement d'un onduleur
- Dimensionnement des composants du système
- Montage et paramétrage des composants
- Observation de différents modes de fonctionnement : Réseau en îlotage, mode parallèle au réseau et ASI
- Analyse de flux d'énergie complexes à l'aide de SCADA
- Extension possible avec une petite centrale éolienne pour former un micro-réseau
- Système hybride la combinaison entre le système PV, éolien et une plus grosse batterie



Petite centrale éolienne de 370W, y compris un mât de présentation

Système de pompage solaire

Modules photovoltaïques

Composants réels utilisés en complément

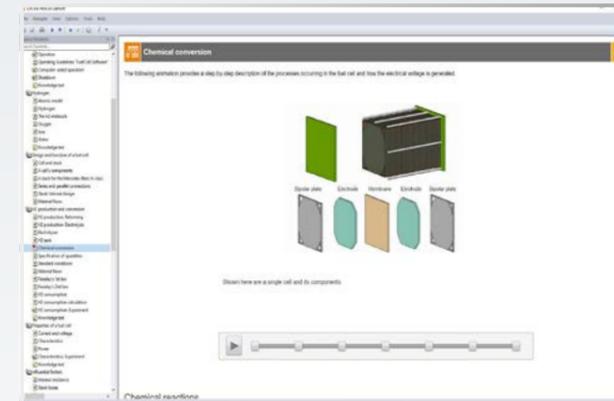
Le système d'apprentissage peut être combiné avec le système d'apprentissage pour les petites centrales éoliennes et le système de pompage solaire pour former un micro-réseau. En option, le système peut être complété par des installations photovoltaïques et des éoliennes réelles pour permettre son utilisation en dehors du laboratoire.

Réf. EPH 2.4
Réf. Modules PV pliables CO3208-1X
Réf. EWG 2

Extension judicieuse du système photovoltaïque hybride

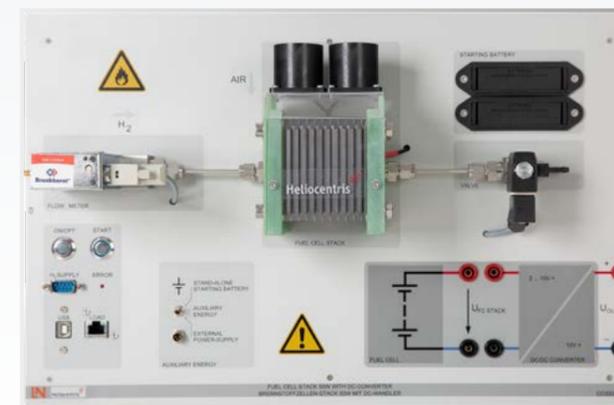
- Petites centrales éoliennes (EWG2)
- Pompage solaire (EPH2.4)
- Modules solaires CO3208-1X

TECHNIQUE DES PILES À COMBUSTIBLE ADVANCED



Cours interactif d'apprentissage

- Instructions multimédias étape par étape
- Explication de principes physiques de base par des animations facilement compréhensibles
- Contrôle des progrès d'apprentissage par des questions avec outil d'évaluation
- Analyse des données de mesure assistée par ordinateur
- Démarrage d'appareils de mesure virtuels directement à partir des instructions de réalisation des expériences



Bloc de piles à combustible 50 VA

Bloc de piles à combustible

- Bloc de 50 VA
- Débitmètre d'alimentation en hydrogène
- Ventilateur à vitesse variable pour le refroidissement de la pile à combustible
- Mesure de toutes les variables pertinentes

Alimentation électrique autonome avec pile à combustible

La production d'énergie électrique à l'aide de piles à combustible constitue un thème technique majeur qui comporte de nombreuses possibilités d'application dans l'électrotechnique et la technique automobile. Le système d'expérimentation offre la possibilité d'effectuer de nombreuses recherches intéressantes dans le cadre d'une manipulation sans danger de l'hydrogène et de la pile à combustible. Il est adapté à la fois pour les démonstrations et pour les travaux pratiques. La théorie animée, les instructions d'expérimentation et les champs de résultats sont réalisés à l'aide du cours interactif d'apprentissage.

Contenus didactiques

- Structure et principe de fonctionnement de la pile à combustible
- Structure et principe de fonctionnement de l'électrolyseur
- Structure et principe de fonctionnement de la batterie
- Thermodynamique de la pile à combustible
- Courbe caractéristique et courbe de puissance de la pile à combustible
- Rendement
- Composants nécessaires pour une alimentation électrique autonome
- Électronique de puissance et conversion de tension

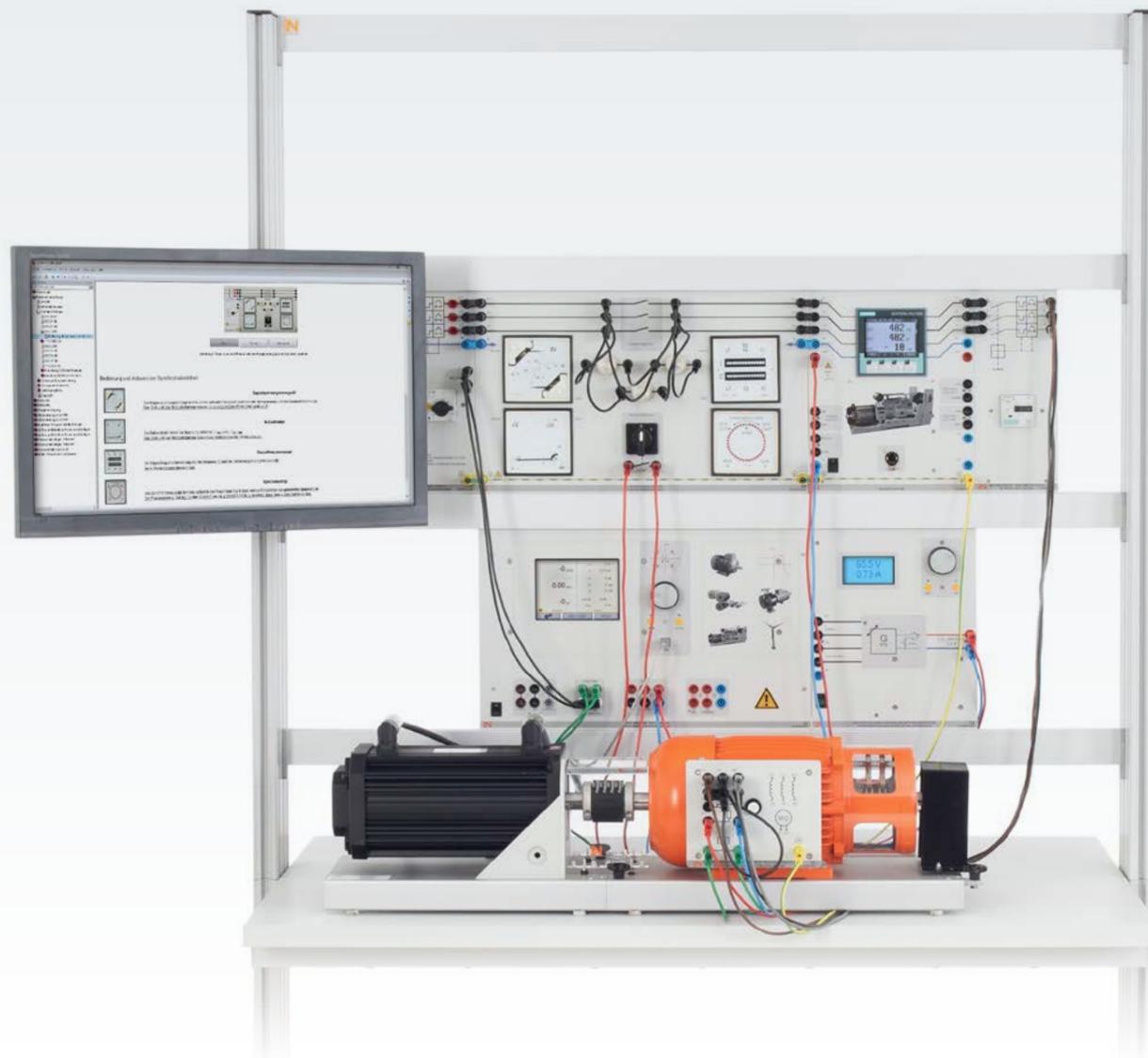
Avantages

- Transmission des connaissances et du savoir-faire par le biais d'un cours interactif d'apprentissage
- Entrée en matière facile sur le thème de la pile à combustible
- Expérimentation sans danger avec l'hydrogène
- Bloc de piles à combustible 50 VA
- Raccordement pour accumulateur de pression à hydrogène
- Électrolyseur puissant
- Charges diverses
- Charge variable pour l'enregistrement de la courbe caractéristique

PRODUCTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

La production d'énergie électrique dans de nombreux types de centrales électriques, telles que les centrales au biogaz et les centrales hydroélectriques, ainsi que toutes les centrales électriques classiques utilisant des énergies fossiles, est assurée par des alternateurs synchrones triphasés. Des connaissances précises de la machine sont indispensables pour la synchronisation manuelle et automatique, ainsi que pour la régulation du facteur de puissance (régulation $\cos\phi$) et de la puissance. Le mode de fonctionnement en îlot et en réseau interconnecté présente en outre des défis supplémentaires. Dans ce contexte, la protection de l'alternateur contre toute défaillance interne ou externe constitue toujours un aspect important.

RÉGULATION ET SYNCHRONISATION DE L'ALTERNATEUR



Circuits de synchronisation manuelle

L'énergie électrique est principalement produite par des alternateurs triphasés. C'est le cas des centrales à vapeur et des centrales hydrauliques conventionnelles, ainsi que des groupes électrogènes et des générateurs éoliens. Outre les expériences de base sur les alternateurs triphasés synchrones, différentes expériences sont menées sur le thème des circuits de synchronisation à commande manuelle.

Contenus didactiques

- Commutation sombre
- Commutation claire
- Commutation circulaire
- Génération de puissance active
- Génération de puissance réactive inductive
- Génération de puissance réactive capacitive

Réf. EUG 1



Circuits de synchronisation automatiques, régulation de la puissance et du facteur de puissance

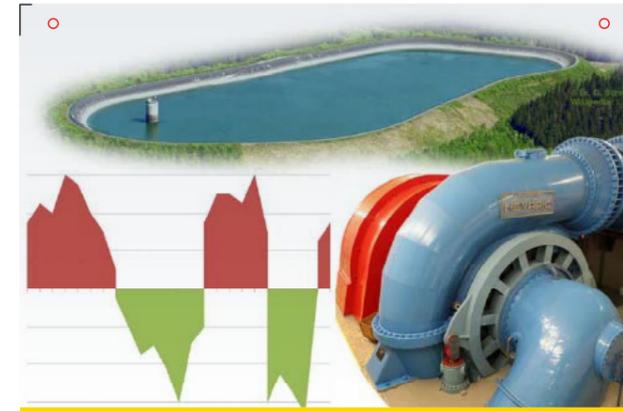
Outre les expériences portant sur les circuits de synchronisation automatiques, des expériences sont menées sur la régulation automatique du facteur de puissance ($\cos\phi$) et de la puissance. Il est ainsi possible de simuler une centrale électrique fonctionnant en îlotage ou en réseau interconnecté.

Contenus didactiques

- Circuits de synchronisation automatiques
 - Mise en service et paramétrage du régulateur automatique
 - Synchronisation en mode d'essai
 - Synchronisation avec le réseau réel
 - Comportement du régulateur automatique en cas d'erreur de programmation
- Régulation automatique du facteur de puissance
 - Paramétrage du régulateur automatique $\cos\phi$
 - Synchronisation de l'alternateur avec le réseau
 - Régulation du $\cos\phi$ de l'alternateur synchrone
 - Régulation du $\cos\phi$ du réseau
- Régulation automatique de la puissance
 - Paramétrage du régulateur de puissance automatique
 - Synchronisation de l'alternateur avec le réseau
 - Comportement du régulateur de puissance en cas normal et en cas de perturbation
- Sensibilité et sens d'action du régulateur de puissance

Réf. EUG 2

CENTRALES ÉLECTRIQUES ET POMPAGE TURBINAGE



Centrale pompage turbinage - CO3301-5L01



Centrale électrique au charbon - CO3301-5L02



Centrale électrique à turbine à gaz - CO3301-5L03



Centrale au biogaz - CO3301-5L04

Émulation de différentes centrales électriques

Au cours des expériences, les types de centrales suivants sont étudiés et comparés entre eux sur la base de leurs caractéristiques typiques et indicateurs principaux. La centrale de pompage-turbinage est également étudiée plus en détail en tant que système de stockage d'énergie dans le réseau intelligent (Smart Grid).

- Centrale électrique au lignite
- Centrale électrique au charbon
- Centrale électrique à turbine à gaz
- Centrale à cycle combiné gaz et vapeur
- Centrale au de biogaz
- Centrale nucléaire
- Centrale hydraulique
- Centrale de pompage-turbinage

Contenus didactiques

- Configuration de la synchronisation
 - Mise en service d'un relais multifonction
- Mode alternateur
- Synchronisation du réseau
 - Paramétrage d'un relais multifonction
 - Synchronisation automatique
- Régulation manuelle de la puissance : par alternateur et par moteur
- Régulation de l'alternateur via SCADA
- Centrales électriques
 - Types de centrales
 - Caractéristiques typiques et indicateurs principaux
 - Mise en service et exploitation de différents types de centrales
 - Étude du mode de fonctionnement de centrales

Réf. EUK



Centrale nucléaire - CO3301-5L05



Centrale hydraulique - CO3301-5L06

PROTECTION DES ALTERNATEURS



Relais multifonction

Une protection efficace des alternateurs contre les défaillances internes et externes présuppose l'utilisation d'un grand nombre de dispositifs de protection. Le relais de surintensité constitue une protection de réserve pour l'alternateur et peut également être utilisé pour détecter les dysfonctionnements externes, comme les courts-circuits et les surcharges. La protection contre les défauts de terre du stator permet de détecter les défauts de terre. L'étude de la protection contre les retours de puissance et contre les charges déséquilibrées ainsi que de la protection contre les surtensions et les sous-tensions clôt la série d'expériences « EGP » sur la protection des alternateurs.

Contenus didactiques

- Relais de surintensité
- Protection contre les charges déséquilibrées
- Protection contre les retours de puissance
- Protection contre les surtensions et les sous-tensions
- Protection contre les défauts de terre du stator

Réf. EGP 1



Dispositif de protection différentielle des alternateurs

Le dispositif de protection différentielle de l'alternateur sert de protection principale. Il détecte les défaillances internes telles que les courts-circuits, les courts-circuits entre spires et les courts-circuits entre enroulements ou encore les doubles courts-circuits à la terre.

Contenus didactiques

- Calcul des valeurs de fonctionnement du dispositif de protection
- Détection des défauts dans la plage de protection
- Contrôle du déclenchement et de la désexcitation en cas de défaut à l'intérieur et à l'extérieur de la plage de protection
- Coupure et désexcitation de l'alternateur
- Mesure des courants de fonctionnement du dispositif de protection pour les défauts équilibrés et non équilibrés
- Comparaison des valeurs mesurées avec les valeurs de réglage

Réf. EGP 2



Protection contre les défauts de terre du rotor

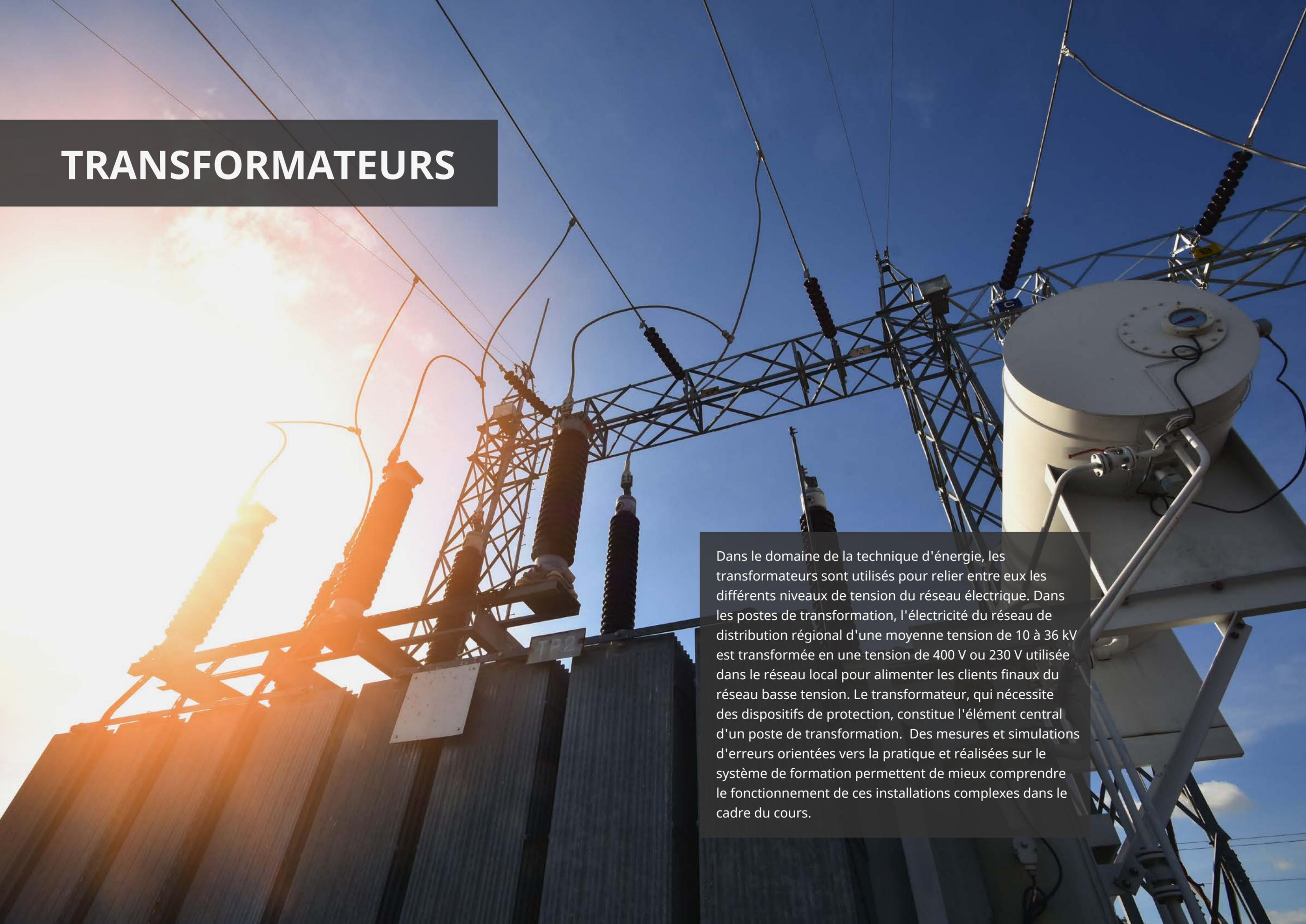
La protection contre les défauts de terre du rotor est utilisée pour détecter les défauts de terre dans le circuit d'excitation des machines synchrones.

Contenus didactiques

- Mise en service de l'alternateur synchrone
- Examen en fonctionnement normal et en cas de défaut de terre du rotor
- Mesure du courant de défaut de terre du rotor
- Relais de défaut à la terre du rotor en mode de défaut à la terre
 - Raccordement et contrôle du relais de défaut à la terre du rotor
 - Définition de différents défauts de terre du rotor
 - Vérification du message de défaut et de la coupure

Réf. EGP 3

TRANSFORMATEURS



Dans le domaine de la technique d'énergie, les transformateurs sont utilisés pour relier entre eux les différents niveaux de tension du réseau électrique. Dans les postes de transformation, l'électricité du réseau de distribution régional d'une moyenne tension de 10 à 36 kV est transformée en une tension de 400 V ou 230 V utilisée dans le réseau local pour alimenter les clients finaux du réseau basse tension. Le transformateur, qui nécessite des dispositifs de protection, constitue l'élément central d'un poste de transformation. Des mesures et simulations d'erreurs orientées vers la pratique et réalisées sur le système de formation permettent de mieux comprendre le fonctionnement de ces installations complexes dans le cadre du cours.

TRANSFORMATEURS ÉLECTRIQUES



Transformateurs

Dans le domaine de la technique d'énergie, les transformateurs sont utilisés pour relier entre eux les différents niveaux de tension du réseau électrique. Les expériences portent sur le schéma équivalent du transformateur, les valeurs caractéristiques sont déterminées par des mesures.

Contenus didactiques

- Schéma équivalent du transformateur
- Transformateur multiphase en marche à vide et court-circuit
- Transformateur multiphase avec charge ohmique, inductive et capacitive
- Fonctionnement en parallèle de transformateurs multiphase
- Distribution électrique pour différents couplages
- Détermination de l'impédance homopolaire
- Analyse du rapport de transformation

PROTECTION DES TRANSFORMATEURS ÉLECTRIQUES



Protection différentielle des transformateurs

La protection différentielle pour transformateurs (à partir d'environ 1 MVA) est étudiée au moyen de mesures sur différents circuits de bobines (étoile, triangle), dans divers couplages et en liaison avec le traitement du point neutre (libre, direct ou mis à la terre via la bobine de terre) en mode de fonctionnement normal ou dans le contexte de défauts divers.

Relais de surintensité

Le relais de surintensité complète les mesures de sécurité de la protection différentielle du transformateur. Il protège le transformateur des surcharges et des courts-circuits ayant lieu en dehors de la plage de protection.

Contenus didactiques

- Saisie et désactivation de défauts internes au transformateur
- Saisie de pointes de courant d'appel (RUSH) sans désactivation
- Déclenchement intempestif dû à un mauvais dimensionnement du transformateur
- Sélection de la caractéristique de déclenchement compte tenu des courants différentiels
- Paramétrage des relais en fonction du rapport de transformation du transformateur d'intensité
- Saisie des valeurs seuil pour les défauts équilibrés et déséquilibrés
- Déclenchement intempestif du dispositif de protection dû au comportement de commutation du transformateur
- Comportement de commutation du transformateur par rapport à un dispositif de protection

TRANSFORMATEURS DE COURANT ET TRANSFORMATEURS DE TENSION



Transformateurs de courant pour dispositifs de protection

Les transformateurs de courant et de tension sont utilisés couramment dans de nombreuses applications des techniques d'énergie électrique. Proches de la pratique, les expériences permettent d'étudier le comportement de la transmission, le facteur de surintensité, les erreurs de valeur et d'angle, comme par ex. pour des charges différentes. Il est également possible de traiter les exigences posées en mode de service normal, en cas de court-circuit et de défauts équilibrés et non équilibrés.

Contenus didactiques

- Courant secondaire du transformateur de courant comme fonction du courant primaire
- Influence de la charge sur l'erreur de courant
- Vérification du facteur de surintensité nominal
- Couplage du transformateur de courant dans le réseau à trois fils
- Couplage du transformateur de courant dans le réseau à quatre fils
- Détermination du courant homopolaire



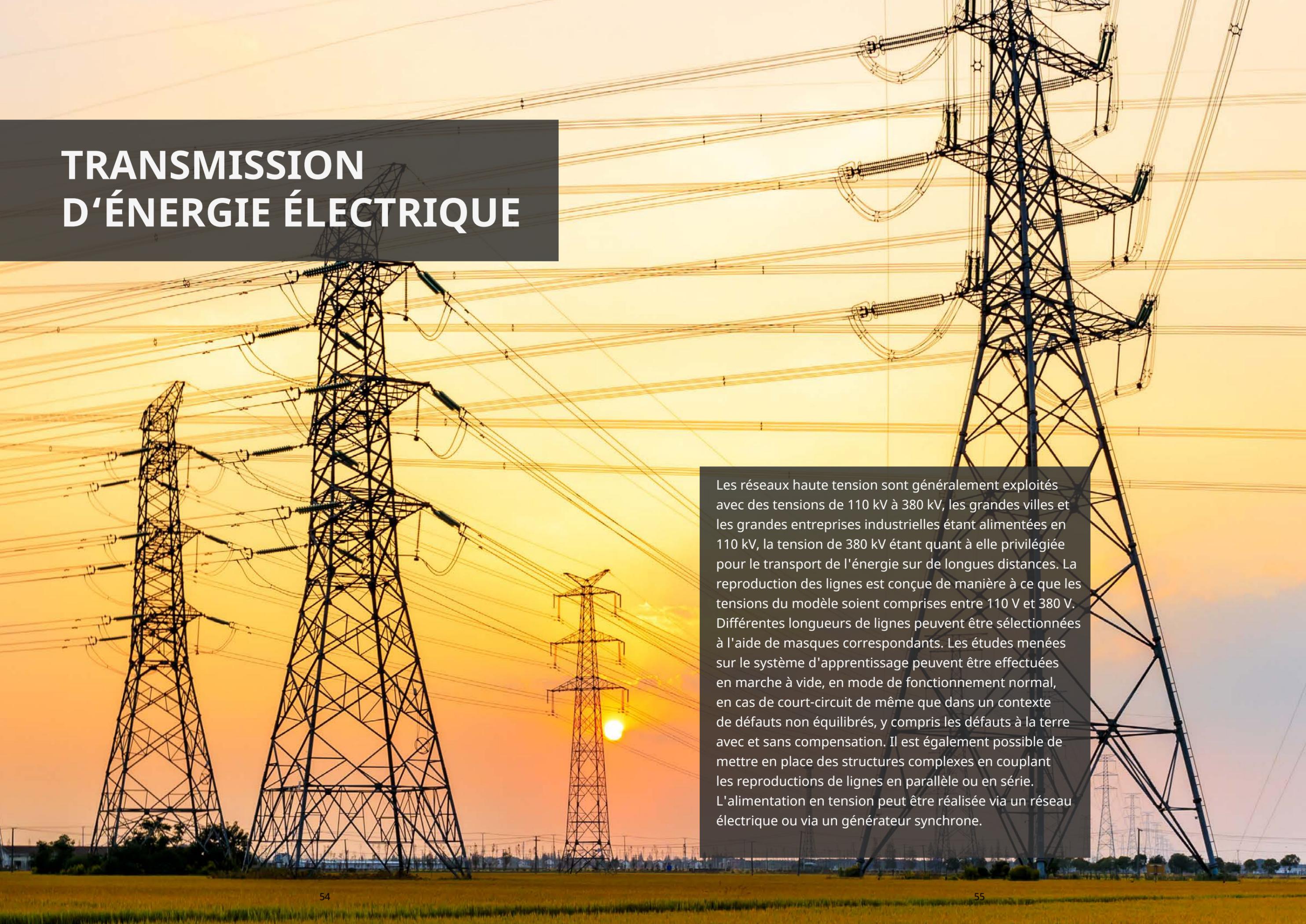
Transformateurs de tension pour dispositifs de protection

La protection d'installations et de certaines parties des installations ne dépend pas seulement de dispositifs de protection sélectifs, mais aussi de la saisie et de la mesure correctes des plus petits courants et tensions de défaut. Différents circuits en étoile requièrent différents circuits de mesure, pour permettre une saisie et une localisation correctes des types d'erreur potentiels.

Contenus didactiques

- Courbes caractéristiques du transformateur de tension
- Calcul d'erreurs de potentiel et précisions de classes
- Influence de la charge sur le rapport de transformation
- Transformateur de tension triphasé dans un réseau sain
- Transformateur de tension triphasé en réseau avec mise à la terre côté primaire

TRANSMISSION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE



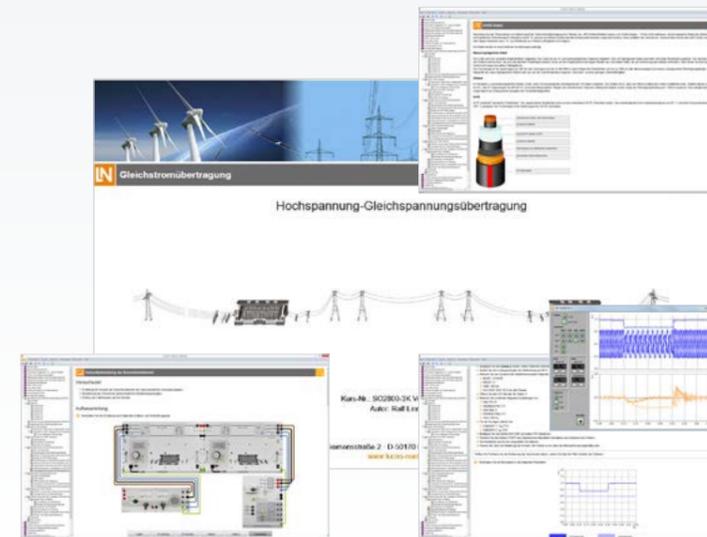
Les réseaux haute tension sont généralement exploités avec des tensions de 110 kV à 380 kV, les grandes villes et les grandes entreprises industrielles étant alimentées en 110 kV, la tension de 380 kV étant quant à elle privilégiée pour le transport de l'énergie sur de longues distances. La reproduction des lignes est conçue de manière à ce que les tensions du modèle soient comprises entre 110 V et 380 V. Différentes longueurs de lignes peuvent être sélectionnées à l'aide de masques correspondants. Les études menées sur le système d'apprentissage peuvent être effectuées en marche à vide, en mode de fonctionnement normal, en cas de court-circuit de même que dans un contexte de défauts non équilibrés, y compris les défauts à la terre avec et sans compensation. Il est également possible de mettre en place des structures complexes en couplant les reproductions de lignes en parallèle ou en série. L'alimentation en tension peut être réalisée via un réseau électrique ou via un générateur synchrone.

TRANSMISSION HAUTE TENSION CONTINUE (HVDC)



Poste de conversion

- Commande de la puissance active dans les deux sens
- Mode STATCOM
- Connexion de générateurs synchrones, d'éoliennes et de consommateurs
- Couplage entre des réseaux de différentes fréquences
- Régulation autonome de la puissance réactive, de la puissance active, de la fréquence et de la tension
- Mesure et représentation de toutes les grandeurs du système
- Synchronisation manuelle et automatique avec les réseaux actifs
- Transmission de puissance jusqu'à 1 000 kW



Interactive Lab Assistant

- Instructions multimédias étape par étape
- Explication des principes physiques de base
- à l'aide d'animations faciles à comprendre
- Test des progrès d'apprentissage par le biais de questions avec outil d'évaluation
- Évaluation des données de mesure assistée par ordinateur
- Démarrage des appareils de mesure virtuels directement à partir des instructions de réalisation des expériences
- Représentation interactive des montages expérimentaux
- Transfert des résultats de mesure dans le cours via la fonction « glisser et déposer »

Transmission d'énergie durable pour des réseaux futurs efficaces et fiables

La transmission à haute tension continue (CCHT / HVDC) est un procédé de transport d'énergie électrique à haute tension continue. La CCHT/HVDC est utilisée sur de grandes distances, étant donné qu'à partir de certaines distances, la transmission à haute tension continue, malgré les pertes de convertisseur supplémentaires, affiche dans l'ensemble des pertes de transmission moindres que lors du transport d'énergie par courant alternatif triphasé. La transmission à haute tension continue est également utilisée lors du transport d'énergie sur de plus courtes distances lorsque la ligne de transmission électrique possède, pour des raisons de conception, une capacité linéique très élevée. C'est notamment le cas pour les câbles maritimes mais aussi pour les câbles souterrains.

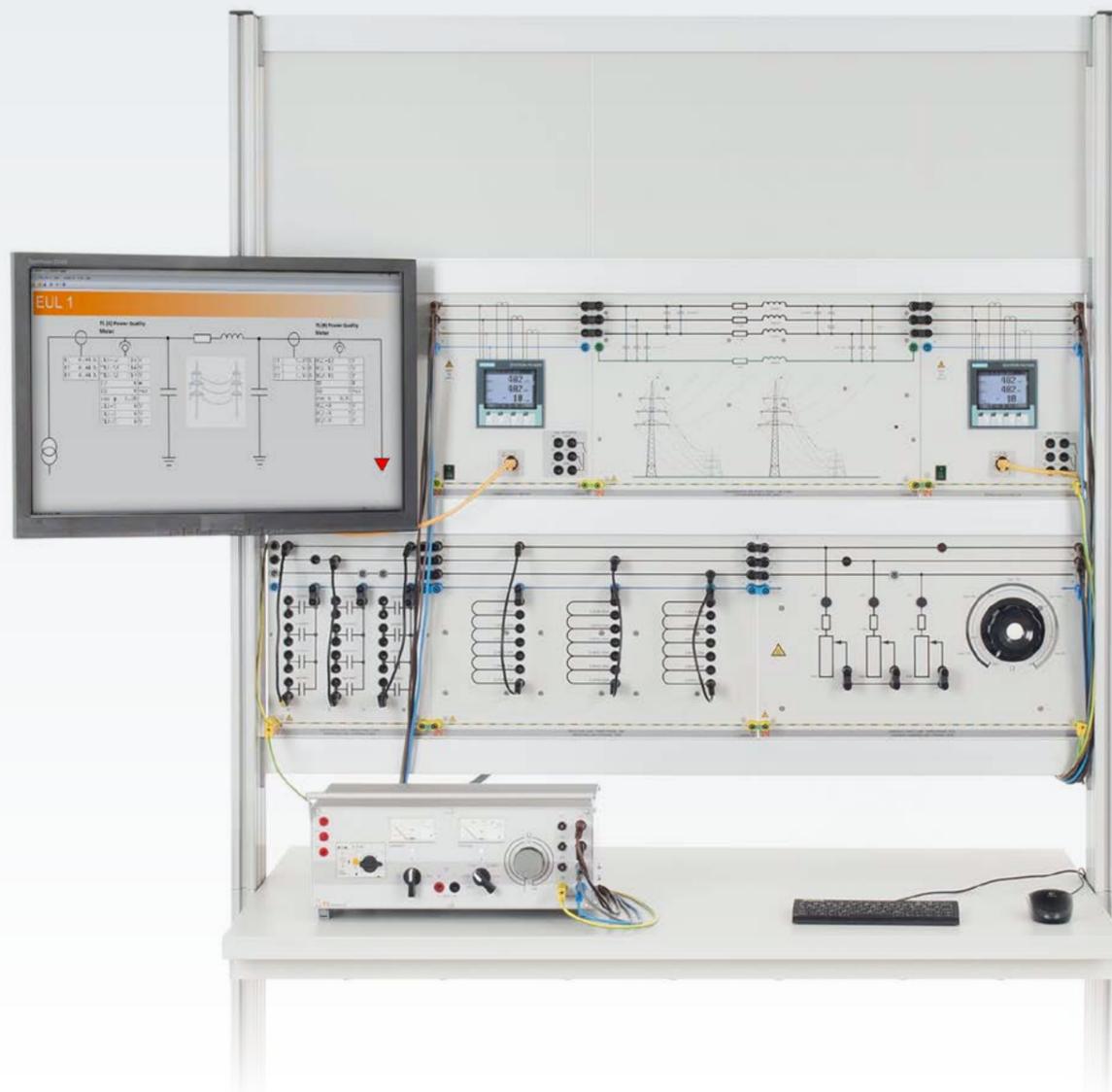
Contenus didactiques

- Régulation de la tension de circuit intermédiaire
- Génération de puissance réactive sans flux de puissance active (STATCOM)
- Synchronisation manuelle et automatique avec le réseau
- Régulation de la puissance réactive de la transmission à haute tension continue avec modification du flux de puissance
- Régulation individuelle de la puissance réactive pour les deux postes de conversion
- Analyse des pertes pour différentes longueurs de lignes de transmission
- Alimentation d'un réseau avec des consommateurs passifs par CCHT/HVDC (démarrage autonome)
- Couplage d'éoliennes
- Comportement en cas d'erreurs réseau (FRT - Fault Ride Trough) dans les systèmes CCHT / HVDC

Avantages

- Transmission de connaissances et de savoir-faire par le biais d'un cours multimédia « Interactive Lab Assistant »
- Évaluation des données de mesure assistée par ordinateur
- Intégration dans les systèmes de la technique d'énergie
- Technologie de pointe avec l'alimentation sans panne (FRT)
- Unité de commande pilotée par microcontrôleur du poste de conversion permettant une utilisation et une visualisation conviviales pendant les expériences
- CCHT « moderne » (convertisseur à source de tension, VSC)
- SCADA Control - surveillance et commande des postes de conversion dans le réseau intelligent (Smart Grid)

LIGNES DE TRANSMISSION HAUTE TENSION



Étude de lignes électriques triphasées

Pour votre sécurité, l'étude des lignes de transmission de 380 kV et 110 kV et de leur interconnexion s'effectue à un niveau de basse tension, sans que les caractéristiques de la vraie ligne à haute tension en soient affectées ! Ces reproductions réalistes d'une ligne de transmission de 380 kV et d'une réplique de câble de 110 kV commutent automatiquement entre différentes longueurs de ligne après la mise en place du masque. L'utilisation de différentes simulations de lignes permet de créer des réseaux complexes.

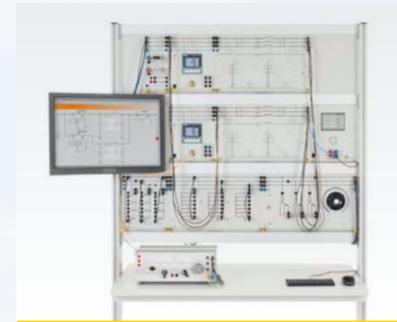
Une mesure des caractéristiques de la transmission d'énergie avec alimentation à partir d'un réseau électrique permanent ou d'un générateur est effectuée sur des répliques de lignes triphasées montées en parallèle. Dans ce contexte, on procède à une évaluation quantitative et qualitative des interactions techniques dans le cadre de l'exploitation.

Réf. EUL

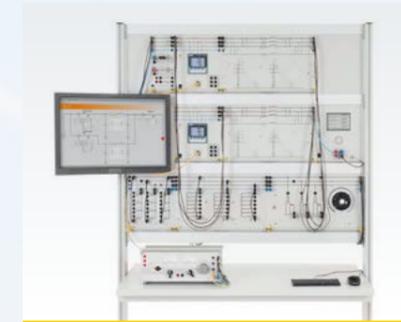
Contenus didactiques

- Puissance dissipée capacitive et inductive
- Déphasage sur la ligne, distribution de la charge, flux de la puissance et distribution de la tension
- Compensation de mise à la terre
- Distribution de la puissance et du courant d'un réseau alimenté par un générateur
- Effet Ferranti, puissance de charge, longueur critique
- Charge ohmique, inductive et ohmique-inductive
- Détermination de l'impédance homopolaire
- Courts-circuits symétriques et asymétriques
- Traitement du point neutre et défaut à la terre
- Ligne aérienne, poste de transformation et câble
- Différences entre un transformateur non régulé et un transformateur régulé
- Réglage de tension en phase, réglage de tension en quadrature et réglage d'angle du transformateur
- Transformateur de réseau local réglable

58



EUL 1 - Lignes électriques à courant triphasé



EUL 2 - Lignes électriques en parallèle et en série



EUL 3 - Lignes électriques compensées et en série



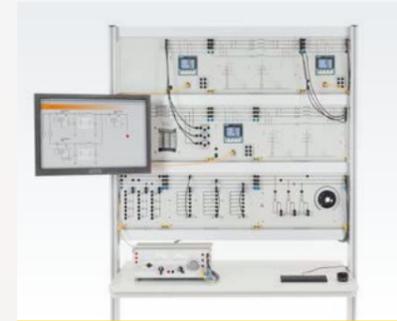
EUL 4 - Lignes électriques en combinaison avec l'alternateur synchrone



EUL 5 - Lignes électriques triphasées souterraines



EUL 6 - Réseaux interconnectés à partir de lignes aériennes et souterraines



EUL 7 - Régulation du flux de puissance dans les réseaux maillés



EUL 8 - Régulation de tension d'une ligne en fonction de la charge

59

PROTECTION DES LIGNES DE TRANSMISSION HAUTE TENSION



Protection des lignes électriques à haute tension

La défaillance de composants de l'alimentation en énergie dans les réseaux basse, moyenne et haute tension peut avoir des répercussions importantes sur les installations et le réseau situés en aval. De plus, les composants représentent un investissement important. La technique de protection a pour but de protéger les composants contre les effets des défauts électriques et de garantir une alimentation fiable des consommateurs non concernés. Les dysfonctionnements doivent impérativement être détectés rapidement et de manière fiable et éliminés de manière sélective.

Contenus didactiques

- Dimensionnement et paramétrage des relais de protection
- Détermination des valeurs de fonctionnement et de retombée
- Détermination du temps propre (temps de base)
- Réaction du relais
- Réglage et test de différentes courbes caractéristiques



ELP 1 - Relais de surintensité pour lignes électriques



ELP 2 - Relais de surintensité directionnel pour lignes électriques



ELP 3 - Protection contre les surtensions et les sous-tensions pour lignes électriques



ELP 4 - Relais directionnel de puissance



ELP 5 - Relais de mise à la terre pour lignes électriques



ELP 6 - Protection de lignes électriques parallèles

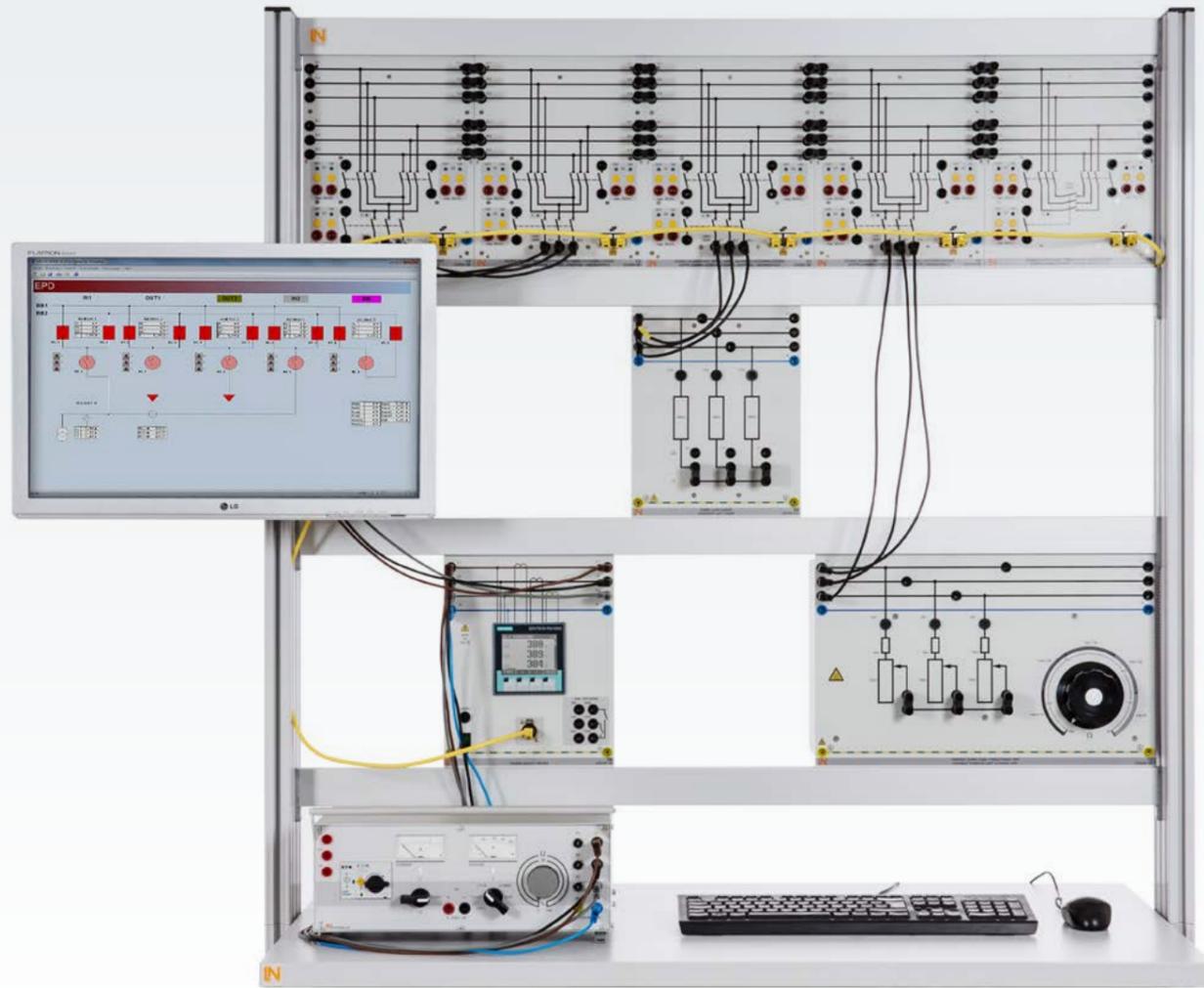


ELP 7 - Protection rapide à distance des lignes électriques

DISTRIBUTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Dans les grands tableaux de distribution, la distribution de l'énergie électrique est presque exclusivement assurée par des systèmes de jeux de barres omnibus doubles. Ces systèmes comprennent des travées de couplage pour relier les deux jeux de barres omnibus, les champs d'alimentation et de départ ainsi que les champs de mesure. Dans les champs d'alimentation, de départ et les travées de couplage, on utilise des disjoncteurs et un sectionneur par connexion de jeu de barres omnibus. Pour des raisons de sécurité, une logique de commutation doit être strictement respectée ici. Le modèle de double jeu de barres omnibus comprend toutes les fonctions pertinentes pour la pratique. Des instruments de mesure intégrés pour les courants et les tensions permettent d'analyser immédiatement les manœuvres.

SYSTÈME TRIPHASÉ DE JEUX DE BARRES OMNIBUS DOUBLES

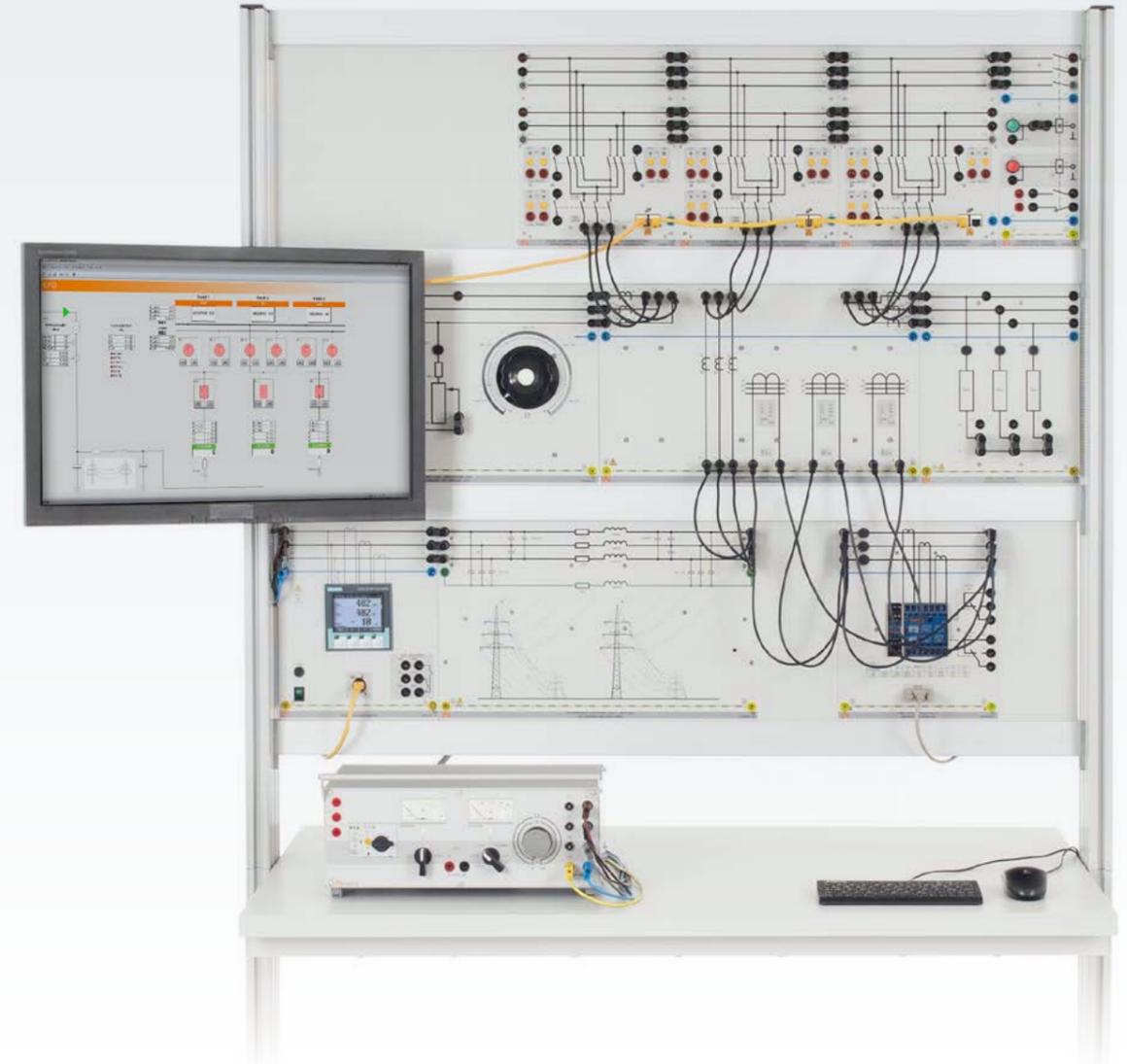


Distribution et commande centralisée

Les barres omnibus servent à la distribution centralisée de l'énergie électrique, car toutes les lignes d'arrivée et de départ y sont raccordées. Les barres omnibus se composent d'un champ d'alimentation, d'un départ, d'une travée de couplage et d'un transformateur. Dans l'équipement Lucas-Nülle, ces fonctions sont regroupées dans des champs de commutation qui comprennent à la fois un disjoncteur, un sectionneur et une saisie des valeurs de mesure.

Contenus didactiques

- Circuits de base d'un système triphasé de jeux des barres omnibus doubles
- Système triphasé de jeux des barres omnibus doubles avec charge
- Changement de jeu de barre omnibus sans interruption de la dérivation
- Élaboration des algorithmes de commutation pour différentes manœuvres
- Couplage des jeux de barres omnibus



Relais de surintensité pour barres omnibus

La protection différentielle du jeu de barres omnibus permet d'additionner le courant d'entrée et le courant de sortie d'un transformateur de courant. En cas de courants différentiels, la sensibilité de la courbe caractéristique contribue à déterminer les critères de déclenchement.

Contenus didactiques

- Saisie des courants en mode normal
- Saisie des courants en cas de court-circuit à un, deux ou trois pôles
- Erreurs extérieures à la plage de protection
- Réaction de la protection en cas d'erreurs à l'intérieur et à l'extérieur de l'installation de distribution

GESTION DE L'ÉNERGIE

An aerial night view of a city, likely Dubai, showing a dense cluster of illuminated skyscrapers and a complex network of highways with glowing orange lights. The city lights create a vibrant, high-contrast scene against the dark night sky.

Les exigences économiques et environnementales actuelles font que la gestion rationnelle de l'énergie revêt une importance croissante. Les essais de compensation manuelle et automatique de la puissance réactive, tout comme les expériences de réduction des charges maximales par des mesures effectuées à l'aide d'un compteur de courant actif et de maximum, montrent comment il est possible de réduire ou de répartir uniformément la charge du réseau sur 24 heures. Pour pouvoir utiliser efficacement la technique de mesure, il est indispensable d'analyser au préalable le réseau et les consommateurs qui y sont raccordés. Les charges statiques, dynamiques, équilibrées et déséquilibrées peuvent par conséquent être étudiées de manière approfondie dans le cadre des différentes expériences. Par ailleurs, la protection des consommateurs électriques constitue un thème important de la formation.

CONSOMMATEURS ÉLECTRIQUES



Consommateurs complexes, mesure de la consommation d'énergie et surveillance des charges maximales

Les expériences de réduction des charges maximales par des mesures effectuées à l'aide d'un compteur de courant actif et de maximum, montrent comment il est possible de réduire ou de répartir uniformément la charge du réseau sur 24 heures. Pour pouvoir utiliser efficacement la technique de mesure, il est indispensable d'analyser au préalable le réseau et les consommateurs qui y sont raccordés. Les charges statiques, équilibrées et déséquilibrées peuvent par conséquent être étudiées de manière approfondie dans le cadre des différentes expériences.

Contenus didactiques

- Consommateurs à courant triphasé dans un circuit en étoile et en triangle (charge R, L, C, RL, RC ou RLC)
- Mesure avec des compteurs d'énergie active et réactive
 - pour charge RL équilibrées et déséquilibrées
 - en cas de défaut de phase
 - en cas de surcompensation (charge RC)
 - en cas de charge active
 - en cas d'inversion du sens de l'énergie
- Détermination de premier et deuxième maxima de puissance
- Détermination d'un maximum de puissance en cas de charge déséquilibrée
- Relevé de courbes caractéristiques de charge

Réf. EUC 1



Consommateurs dynamiques

Un moteur asynchrone triphasé couplé au banc d'essai pour machines à servocommande, est utilisé comme charge dynamique. La puissance active et la puissance réactive ($\cos\phi$ du moteur) dépendent de la charge du moteur et ne sont par conséquent pas constantes. Le banc d'essai pour machines à servocommande peut également entraîner le moteur asynchrone, ce qui permet de fournir de la puissance active au réseau triphasé.

Contenus didactiques

- Consommateur dynamique de courant triphasé (moteur asynchrone)
- Mesure de puissance dans le cas d'une inversion du sens de l'énergie

Réf. EUC 2



Compensation manuelle et automatique de la puissance réactive

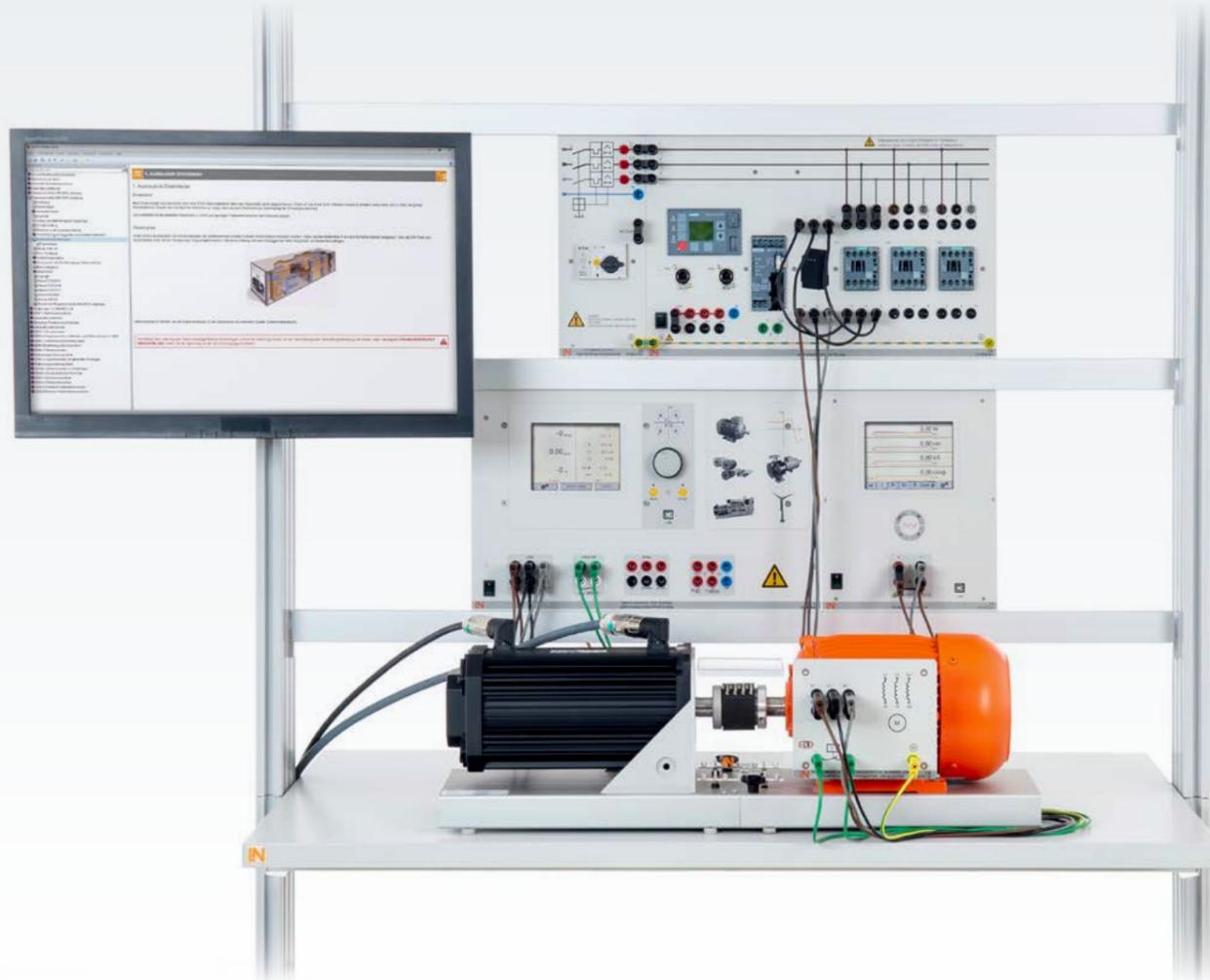
La compensation de la puissance réactive consiste à réduire la puissance réactive indésirable dans les réseaux triphasés et le courant plus élevé qui en résulte. Pour ce faire, des charges capacitatives sont ajoutées à tous les consommateurs inductifs au point d'alimentation central. Leur puissance réactive capacitive opposée est dans la mesure du possible de la même ampleur que la puissance réactive inductive installée, ce qui permet de réduire les courants réactifs indésirables et rend superflu un surdimensionnement des installations nécessaires à la fourniture et à la transmission du courant réactif.

Contenus didactiques

- Mise en service de la machine asynchrone et enregistrement des valeurs caractéristiques
- Calcul des condensateurs de compensation
- Compensation au moyen de différents condensateurs
- Détermination de la puissance d'échelon
- Compensation manuelle de la puissance réactive
- Détection automatique de la connexion du régulateur de puissance réactive
- Compensation automatique de la puissance réactive

Réf. EUC 3

PROTECTION DE CONSOMMATEURS ÉLECTRIQUES



Protection efficace du moteur - entretien préventif

Les systèmes de gestion de moteur employés dans les systèmes d'automatisation modernes permettent une protection, une commande et une surveillance optimales des entraînements et des installations. Ainsi par exemple est-il possible de saisir la température, la tension ou le courant du moteur. Le moteur devient plus transparent grâce à son intégration à l'automatisation des processus de niveau supérieur via des systèmes de bus de terrain (par ex. PROFIBUS). La sollicitation et la consommation d'énergie du moteur peuvent ainsi être déterminées sans mesure sur site.

Contenus didactiques

- Mise en service assistée par ordinateur du système de gestion du moteur
- Programmation des fonctions de base : démarreur direct, démarrage en étoile-triangle, démarrage de moteurs à commutation de polarité, protection du moteur
- Paramétrage des grandeurs de surcharge et du comportement à la mise hors service pour différentes charges
- Mesure de processus dynamiques au démarrage
- Entretien préventif



Machines asynchrones triphasées

Les moteurs à cage d'écureuil sont conçus pour un état de charge constant. Toute modification de l'état de charge, mais aussi des courants de démarrage trop élevés, entraînent un échauffement inadmissible du moteur. Des capteurs surveillent la température et la consommation électrique de ce dernier. Ils activent des dispositifs de protection comme des disjoncteurs de protection, des relais de protection de moteur ou des relais à thermistor.

Contenus didactiques

- Sélection, installation et réglage de différents systèmes de protection de moteur
- Disjoncteurs de protection de moteur
- Relais de protection de moteur
- Protection à thermistor
- Influence de différents modes de service sur l'échauffement du moteur
- Caractéristiques de déclenchement des systèmes de protection
- Protection contre des états de charge inadmissibles

BASES DE LA TECHNIQUE D'ÉNERGIE

A close-up photograph of a person's hands using a multimeter to test an electric motor. The multimeter is yellow and black, and the person is holding its red and black probes. The motor is partially disassembled, showing its internal stator windings and rotor. The background is a workshop with various tools and equipment.

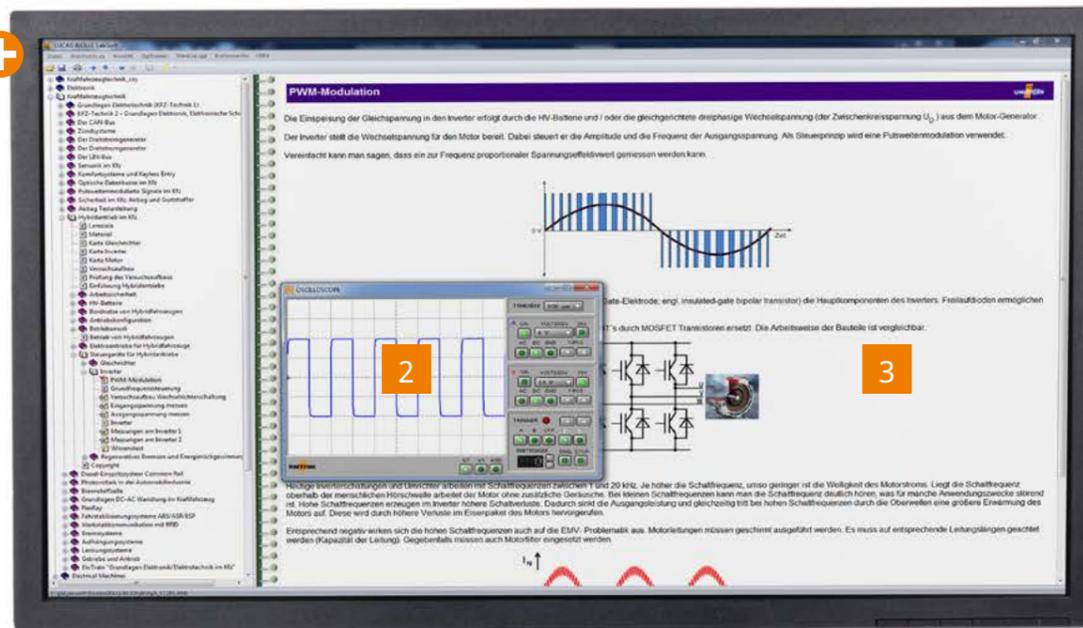
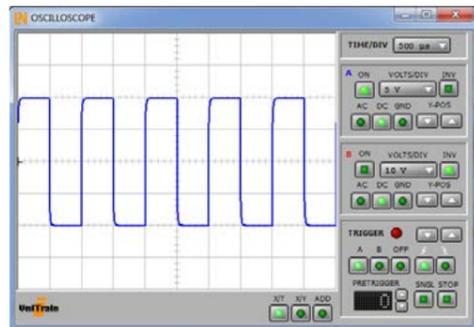
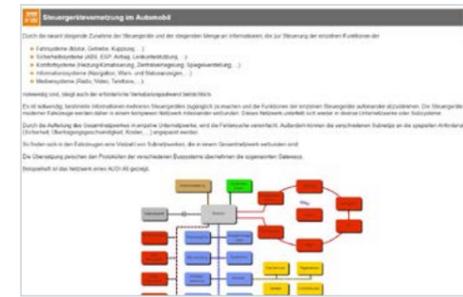
Avec les systèmes d'apprentissage de Lucas-Nülle, vous enseignez toutes les compétences requises dans des exercices et des projets pratiques. Dans le système interactif d'apprentissage les notions fondamentales et le mode de fonctionnement des machines électriques peuvent être facilement compris.

UNITRAIN - UN CONCEPT POUR UNE MOTIVATION ÉLEVÉE

Un seul système pour toute la formation technique

Acquérir en peu de temps les connaissances et les compétences en action sur des systèmes techniques d'une complexité sans cesse croissante, tel est le défi lancé à la formation technique d'aujourd'hui et de demain. Système d'apprentissage et d'expérimentation interactif assisté par ordinateur pour la formation en électrotechnique et électronique, UniTrain permet de relever ce défi.

La combinaison des didacticiels avec un laboratoire électrique complet dans une seule interface mobile permet la transmission efficace de la théorie et de la pratique à n'importe quel emplacement et à n'importe quel moment.



2 Instruments virtuel
Plus de 120 instruments virtuels pour commander l'interface

1 Interface UniTrain
Interface de mesure et de commande : entrées de mesure analogiques / numériques et sortie analogique (générateur) / sorties numériques / relais



3 Cours Labsoft
Plus de 130 didacticiels avec un matériel d'expérimentation sur tous les domaines de l'électrotechnique

Avantages

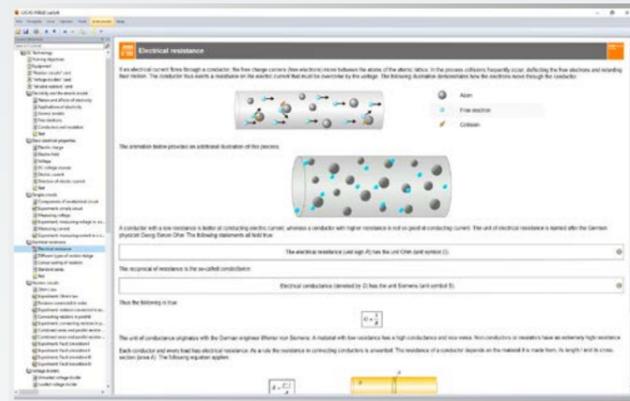
- Système d'apprentissage universel
- Mobile et utilisable partout
- Favorise l'apprentissage personnalisé
- Compétence en action par des expériences pratiques
- Motivation élevée par des exigences en mutation permanente
- Pour tous les domaines qui touchent à l'électronique et l'électrotechnique
- Expérimentation sûre grâce à une très basse tension de sécurité
- Les cours interactifs d'apprentissage combinent la théorie et la pratique

Vidéo produit
Découvrez les avantages

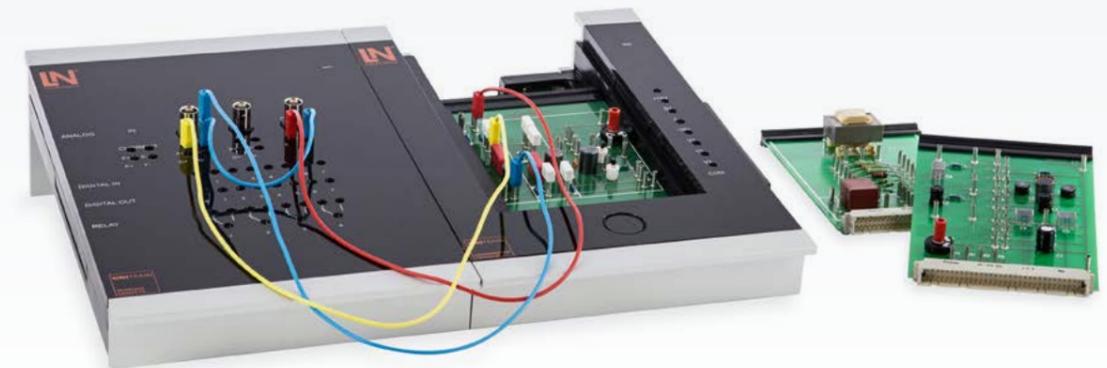
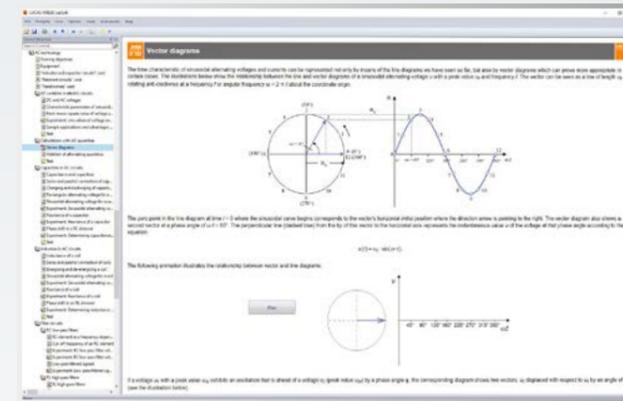


4 Expérimenteur
Réception des cartes d'essai et sorties de tensions fixes et variables supplémentaires (courant triphasé)

TECHNIQUE DU COURANT CONTINU



TECHNIQUE DU COURANT ALTERNATIF



UNITRAIN
SYSTEM

UNITRAIN
SYSTEM

Courant, tension et circuits à résistance

Courant, tension, résistance – apprendre les bases de l'électrotechnique de façon pratique. Dans ce cours, les lois fondamentales de l'électrotechnique sont abordées de manière claire à l'aide de nombreuses expériences, animations et textes aisément compréhensibles.

Contenus didactiques

- Notions de base : charge électrique, champ électrique, courant, tension, résistance et puissance
- Manipulation de sources de tension et instruments de mesure
- Démonstration expérimentale des lois d'Ohm et de Kirchhoff
- Mesures sur les circuits en série, en parallèle et les diviseurs de tension
- Enregistrement de la courbe caractéristique de résistances variables (LDR, NTC, PTC, VDR)
- Étude de la bobine et du condensateur dans un circuit à courant continu
- Recherche d'erreurs
- Durée du cours : env. 8 h (recherche d'erreurs env. 1 h 30)

Réf. CO4204-4D

Inductance, capacité, circuit oscillant/transformateur

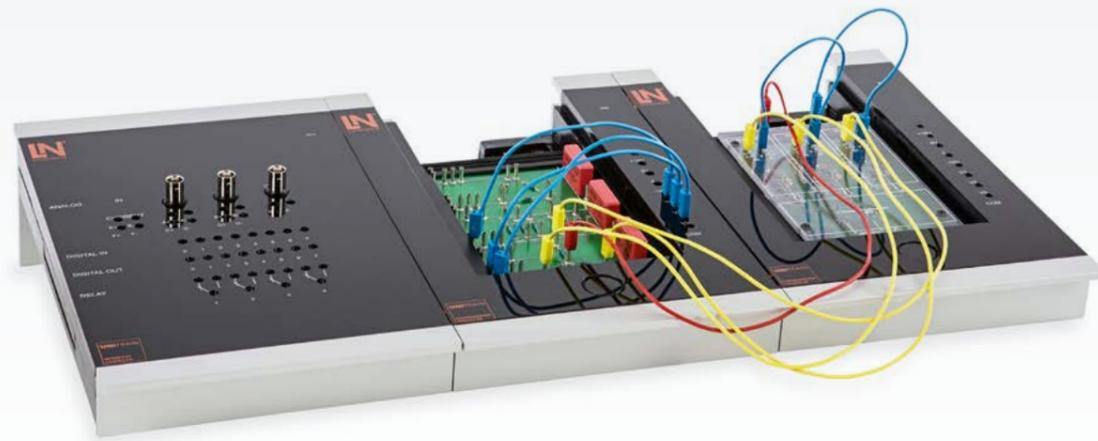
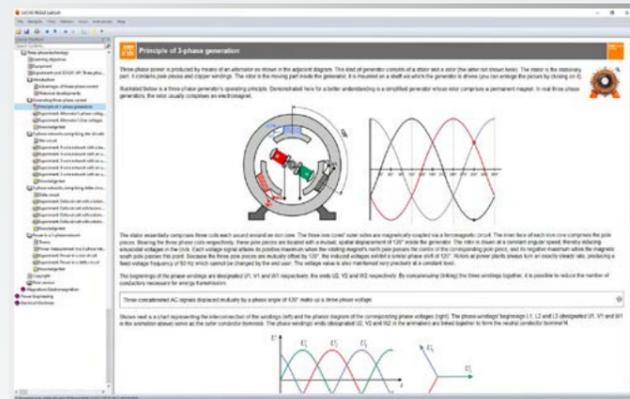
Comment se comportent les bobines et les condensateurs en cas de courant alternatif ? Qu'est-ce qu'un circuit oscillant et comment fonctionne un transformateur ?

Contenus didactiques

- Grandeurs caractéristiques des signaux périodiques et sinusoïdaux
- Utilisation de diagrammes vectoriels
- Détermination par l'expérience de la réactance de la bobine et du condensateur
- Puissance active, réactive et apparente
- Réponse en fréquence de circuits de filtrage simples
- Résonance, qualité, largeur de bande et fréquence limite de circuits oscillants
- Mesure de la réponse en fréquence de circuits oscillants série et parallèle
- Mesure en charge, en marche à vide et en court-circuit
- Réponse en fréquence des transformateurs et transducteurs
- Recherche d'erreurs
- Durée du cours : env. 8 h (dont recherche d'erreurs env. 1 h)

Réf. CO4204-4F

TECHNIQUE DU COURANT TRIPHASÉ



UNITRAIN
SYSTEM

Couplage en étoile et en triangle, alternateur triphasé

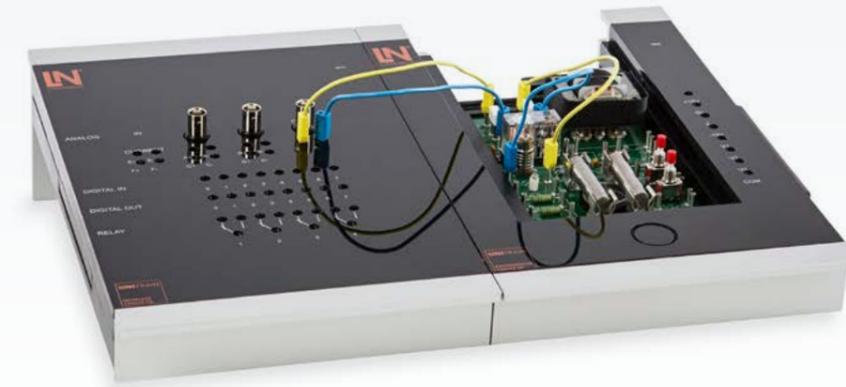
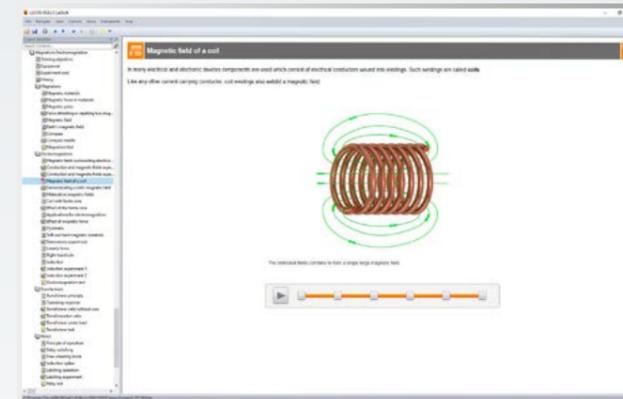
Le courant triphasé est d'une importance capitale dans le domaine de la technique d'énergie et d'entraînement, aussi bien pour la production et le transport d'énergie électrique que pour le fonctionnement de machines industrielles à haut rendement.

Contenus didactiques

- Mesures de grandeurs par phase et de grandeurs composées dans le réseau de courant triphasé
- Détermination par l'expérience des lois entre les tensions simples et composées
- Charges ohmiques et capacitives d'un montage en étoile et en triangle de consommateurs
- Déphasage entre les tensions simples et composées
- Mesure des courants compensateurs du conducteur neutre
- Conséquences d'interruptions du conducteur neutre
- Mesure du courant et de la tension sur des charges équilibrée et déséquilibrées
- Mesure de la puissance sur une charge de courant triphasé
- Durée du cours : env. 4 h

Réf. CO4204-4H

MAGNÉTISME / ÉLECTROMAGNÉTISME



UNITRAIN
SYSTEM

Champ magnétique, induction, composants

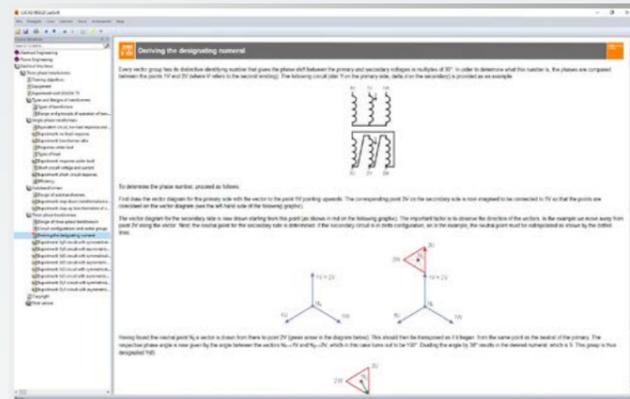
Le magnétisme et l'électricité sont étroitement liés. De nombreux composants de l'électrotechnique utilisent des effets (électro)magnétiques

Contenus didactiques

- Magnétisme : pôles magnétiques, champs magnétiques, lignes de flux magnétiques et intensité du champ magnétique
- Matériaux magnétiques durs et doux, hystérèse
- Étude du champ magnétique d'un conducteur traversé par du courant
- Étude du champ magnétique d'une bobine (bobine sans fer, bobine avec noyau)
- Induction électromagnétique, force de Lorentz
- Structure et fonctionnement d'un transformateur
- Étude du transformateur avec différentes charges
- Structure et fonctionnement de différents composants électromagnétiques : relais, capteur Reed, capteur Hall
- Étude de circuits d'application
- Durée du cours : env. 4 h

Réf. CO4204-4A

TRANSFORMATEURS MONO- ET TRIPHASÉS



UNITRAIN
SYSTEM

Formes de construction, types de raccordements, comportement en charge

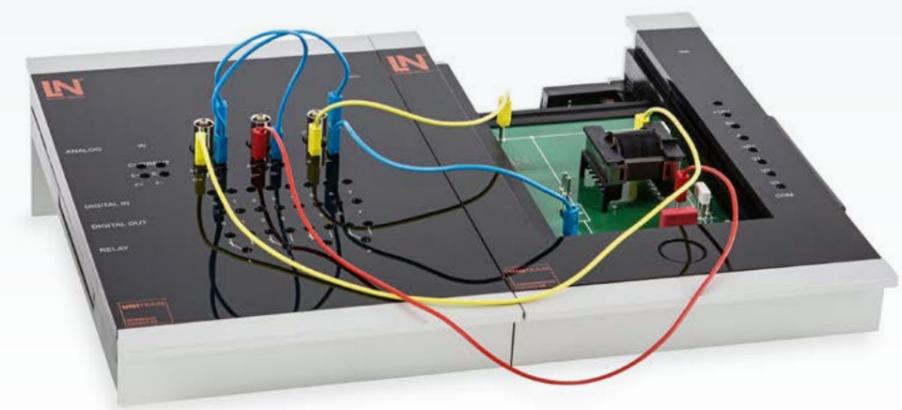
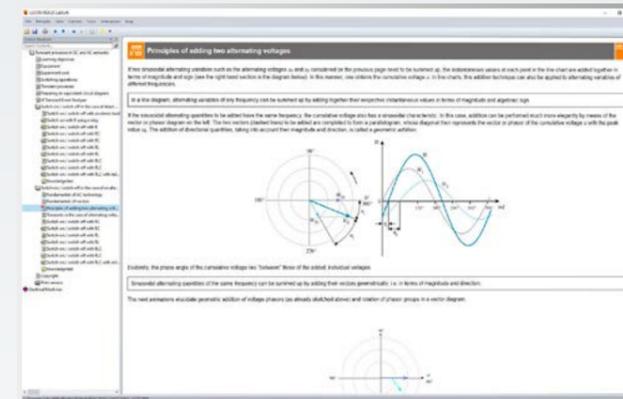
Les transformateurs sont des machines électriques qui servent à transformer des courants alternatifs ou triphasés en tensions plus ou moins élevées. Les transformateurs triphasés jouent un rôle particulièrement important dans la transmission de l'énergie électrique.

Contenus didactiques

- Principe du transformateur et schéma d'équivalence
- Étude du comportement en charge de transformateurs monophasés en mode à un et quatre quadrants
- Enregistrement du courant et de la tension avec et sans charge
- Étude du rapport de transmission
- Transformateurs triphasés
- Étude de cas de charge sur différents groupes de circuits
- Étude de charges déséquilibrées sur différents groupes de circuits
- Détermination de la tension de court-circuit
- Durée du cours : env. 3 h

Réf. CO4204-7Y

RÉSEAUX ÉLECTRIQUES ET LEURS MODÈLES



UNITRAIN
SYSTEM

Régimes transitoires dans les réseaux de courant continu et de courant alternatif

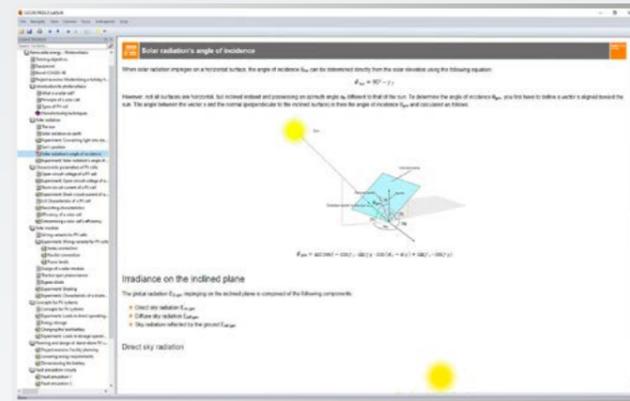
Dans les réseaux à basse, moyenne et haute tension existants, deux types de phénomènes différents peuvent être observés : les phénomènes stationnaires (charges constantes) et les phénomènes transitoires. Ces phénomènes transitoires typiques qui exigent des précautions particulières lors de la production et de la distribution d'énergie électrique, sont reproduits dans le cadre d'une expérience réalisée avec une très basse tension de sécurité.

Contenus didactiques

- Rôle des processus de commutation dans les réseaux d'énergie
- Conséquences (dangers) des processus de commutation dans les réseaux d'énergie
- Étude par l'expérience de l'allure du courant et de la tension lors de l'activation d'une tension continue
- Influence de différentes charges (R, L, C) sur la courbe des signaux
- Étude par l'expérience de l'allure du courant et de la tension lors de l'activation d'une tension alternative
- Influence du point d'activation et de désactivation
- Mesure de la courbe de signaux à différents points de désactivation
- Détermination du point de commutation idéal
- Analyse des processus d'activation et de désactivation sur des charges complexes (R, L, C) avec différents points de commutation
- Durée du cours : env. 3,5 h

Réf. CO4204-3B

PHOTOVOLTAÏQUE



UNITRAIN
SYSTEM

Des perspectives ensoleillées grâce au cours sur le photovoltaïque

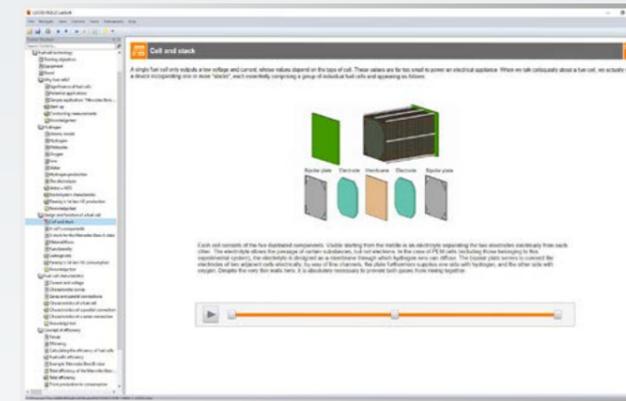
À une époque où les coûts de l'énergie ne cessent d'augmenter s'envolent et où la prise de conscience écologique se renforce, le photovoltaïque offre une alternative très intéressante à la production d'énergie traditionnelle. Le cours sur le photovoltaïque vous permet non seulement de découvrir et d'étudier les bases des modules solaires, mais aussi de simuler un système photovoltaïque en mode direct ou à accumulation.

Contenus didactiques

- Principe de fonctionnement et le mode opératoire de la cellule photovoltaïque
- Enregistrement de la courbe caractéristique d'un module solaire
- Rapports entre le courant ou la tension d'un module solaire et la température, l'intensité du rayonnement et l'angle d'incidence
- Circuits en série, en parallèle et autres types de couplage de cellules photovoltaïques
- Procédé de fabrication des cellules photovoltaïques
- Description des différents types de cellules photovoltaïques
- Structure d'un accumulateur solaire
- Familiarisation avec différents types d'installations photovoltaïques
- Structure d'un réseau en îlot avec accumulateur solaire

Réf. CO4204-3A

PILES À COMBUSTIBLE



UNITRAIN
SYSTEM

Structure et mode opératoire de la pile à combustible

Les énergies renouvelables sont d'ores et déjà considérées comme une solution à la pénurie d'énergie qui devrait survenir au 21e siècle. La pile à combustible basée sur l'hydrogène représente une partie de cette solution. En tant que technologie complémentaire, elle sera utilisée dans les futurs systèmes énergétiques pour produire de l'énergie propre à partir d'hydrogène renouvelable.

Contenus didactiques

- Principe de fonctionnement et mode opératoire de la pile à combustible
- Relevé de la courbe caractéristique d'une pile à combustible
- Processus électrochimiques de l'électrolyse (1er et 2e lois de Faraday)
- Rendement Faraday et énergétique d'une pile à combustible
- Montage en série et en parallèle de piles à combustible
- Rendement des piles à combustible
- Principe de fonctionnement et mode opératoire de l'électrolyseur
- Relevé de la courbe caractéristique UI de l'électrolyseur
- Rendement Faraday et énergétique d'un électrolyseur

Réf. CO4204-3C



LUCAS-NÜLLE GMBH

Siemensstraße 2
50170 Kerpen, Allemagne

Tél. : +49 2273 567-0
Fax : +49 2273 567-39

www.lucas-nuelle.fr
export@lucas-nuelle.com