



## ÉLECTRICITÉ DE PUISSANCE DL GTUTOT-S

---



### Introduction:

Les systèmes électriques modernes se sont développés et étendus géographiquement, devenant plus complexes au fil du temps. La planification, la surveillance et la gestion de tels systèmes nécessitent des techniques avancées d'analyse et de contrôle pour l'interconnexion des réseaux, la gestion et le stockage de l'énergie, ainsi que l'intégration de sources d'énergie renouvelables distribuées dans les futures implémentations de Smart Grid.

Le formateur DL GTUTOT-S a été conçu pour fournir aux étudiants une connaissance complète des systèmes de génie électrique, dans une solution compacte et flexible.

Le laboratoire est subdivisé en quatre grands domaines d'étude:

- Production d'énergie électrique
- Transport et distribution d'énergie électrique
- Utilisation d'énergie électrique
- Techniques de protection

**Idéal pour que 5 étudiants travaillent simultanément.**

Université et Ecoles techniques.

Et applicable aux cours de: Machines électriques, électricité de puissance.



## PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

---

### Introduction:

L'électricité triphasée est la plus couramment utilisée pour la production, le transport, la distribution et l'utilisation dans le secteur public de l'énergie. Les systèmes triphasés sont plus économiques que les systèmes monophasés en raison de la quantité réduite de matériau conducteur nécessaire pour transmettre la même quantité d'énergie, ce qui les rend adaptés à la transmission haute tension sur de longues distances. De plus, il est idéal pour une utilisation par les consommateurs dans des applications triphasées (moteurs, charges lourdes) ou monophasées.

La génération d'énergie électrique est réalisée presque exclusivement au moyen de machines synchrones de haute puissance, ou alternateurs, dont la conception de construction dépend du type d'entraînement, qui peut normalement être de la vapeur, du gaz ou de l'eau. Une limitation majeure de la puissance électrique est qu'elle ne peut pas être stockée en grandes quantités et, par conséquent, elle doit être générée lorsque le consommateur en a besoin. Le générateur synchrone peut fonctionner en mode isolé, fournissant de l'énergie à un seul consommateur, ou il peut être connecté en parallèle avec un système de réseau à fréquence constante à tension constante.

Dans ce laboratoire, les principales caractéristiques d'un générateur synchrone sont étudiées ainsi que sa synchronisation avec le réseau principal et son comportement dans différentes conditions de charge.



## Expériences:

### Analyse du générateur

- Mesure de la résistance des enroulements.
- Test du générateur sans charge.
- Test du générateur en court-circuit.
- Efficacité conventionnelle.

### Caractéristiques de la charge

- Génération de puissance active.
- Génération de puissance réactive inductive.
- Génération de puissance réactive capacitive.
- Analyse des performances réglementaires.

### Synchronisation du réseau

- Synchronisation manuelle: méthode de synchronisation de la lampe sombre, méthode de synchronisation à deux lampes allumées et une sombre et fonctionnement en parallèle à l'aide d'un synchronoscope.
- Synchronisation automatique à l'aide d'un relais de synchronisation.

### Fonctionnement du générateur du réseau

- Fonctionnement de l'alternateur et du moteur synchrone.
- Contrôle dynamique du facteur de puissance du réseau.



## TRANSMISSION ET DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

---

### Introduction:

Aujourd'hui, l'énergie électrique publique est fournie presque exclusivement à l'aide de systèmes triphasés avec une fréquence de 50 ou 60 Hz, selon les pays. Le principal avantage des systèmes d'alimentation CA triphasé par rapport aux systèmes d'alimentation CC est que l'énergie électrique est générée de manière économique dans de grandes centrales électriques relativement éloignées des utilisateurs finaux, transportée à haute tension sur de longues distances avec très peu de perte de puissance et finalement mise à la disposition des consommateurs, leur fournissant deux niveaux de tension différents en fonction des besoins de l'application.

Les principaux composants des systèmes de transport et de distribution d'énergie électrique sont:

- **Transformateurs:** les transformateurs élévateurs augmentent la tension générée à des valeurs appropriées pour les systèmes de transmission haute tension, les transformateurs d'isolement sont utilisés pour échanger de l'énergie entre les réseaux et les transformateurs abaisseur abaissent les tensions au niveau de moyenne tension et plus loin à la basse tension pour la distribution aux consommateurs.
- **Lignes de transmission:** les lignes électriques aériennes sont principalement utilisées pour transmettre l'énergie électrique des centrales aux consommateurs. Cependant, dans les zones densément peuplées, l'alimentation ne peut être fournie que par des câbles. Différents niveaux de tension sont utilisés pour transmettre la puissance; les niveaux sont déterminés par la quantité de puissance et la distance; plus les tensions de transmission sont élevées, plus les courants ainsi que les pertes de transmission sont faibles. Cependant, il faut également considérer que les coûts d'investissement du réseau augmentent avec la tension.
- **Jeux de barres, sectionneurs et disjoncteurs de puissance:** ce sont les principaux composants que l'on retrouve dans une station de commutation utilisée pour la distribution d'énergie.

Dans cette section, les circuits de base de l'ingénierie électrique, les connexions étoile-triangle et triangle-étoile, les connexions en série et en parallèle des équipements d'exploitation (lignes, transformateurs) et les différentes topologies de réseau sont analysés.



## Expériences:

### Distribution et transmission de puissance

#### Transformateurs triphasés

- Groupe de vecteurs du transformateur.
- Performances sans charge du transformateur.
- Performances de court-circuit du transformateur et circuit équivalent.
- Performance de charge.
- Impédance zéro.
- Charge asymétrique.
- Autotransformateur.
- Fonctionnement parallèle.

#### Lignes de transmission

Etudes sur les lignes de transmission triphasées

- Performances sans charge, effet Ferranti.
- Performance de charge adaptée.
- Court-circuits symétriques triphasés.
- Charge résistive-inductive.
- Charge résistive-capacitive.
- Impédance de phase zéro.
- Compensation en parallèle pour une charge résistive-inductive.
- Compensation en série pour une charge résistive-inductive.
- Court-circuit asymétrique triphasé.

Connexion en parallèle et en série des lignes de transmission

- Connexion en série de deux lignes.
- Connexion en parallèle de deux lignes.

Ligne de transmission avec compensation de défaut à la terre

- Défaut à la terre sur une ligne avec un point étoile isolé.
- Bobine de suppression Petersen.

#### Distribution de puissance

Systèmes à double jeu de barres tripolaires

- Système de base à double jeu de barres.
- Système à double jeu de barres avec charge.
- Couplage de jeu de barres.

Topologies du réseau:

- Réseau radial.
- Réseau maillé.



## TRANSFORMATEURS DE COURANT ET DE TENSION

---

### Introduction:

Dans les systèmes d'alimentation électrique, les courants et les tensions sont constamment mesurés et surveillés pour s'assurer qu'ils restent dans certaines limites. En général, les valeurs de courant et de tension sont si élevées qu'elles ne peuvent pas être mesurées directement.

Des transformateurs spéciaux doivent être utilisés pour réduire ces valeurs à un niveau pouvant être mesuré de manière sûre et économique. Ces valeurs sont nécessaires pour fournir des informations sur l'état de santé du système, pour calculer la quantité d'énergie fournie à un client et pour éteindre rapidement des sections d'un réseau en cas d'événement de panne pour éviter sa propagation qui pourrait entraîner l'effondrement de l'ensemble du système d'alimentation électrique.

### Expériences:

#### Transformateur de courant

- Fonctionnement du transformateur de courant monophasé
- Test de charge de transformateur de courant monophasé
- Transformateur de courant triphasé
- Circuit de sommation de transformateur de courant triphasé - séquence de phase zéro d'un système triphasé.
- Transformateur de courant de sommation

#### Transformateur de tension

- Transformateur de tension monophasé - Rapport de transformation et influence de la charge.
- Transformateurs de tension triphasés et défaut à la terre.
- Transformateurs à deux tension unipolaires.



## GESTION DE L'ÉNERGIE

---

### Introduction:

Dans certains pays, les niveaux de consommation d'énergie électrique ont atteint des niveaux supérieurs à l'offre disponible. Il est de plus en plus nécessaire d'optimiser et de réduire ce niveau d'utilisation et de trouver des sources d'énergie alternatives, plus efficaces et renouvelables.

Les entreprises d'électricité utilisent des compteurs électriques installés dans les installations des consommateurs pour mesurer la puissance qui leur est fournie à des fins de facturation. Les compteurs d'électricité modernes à semi-conducteurs sont capables de mesurer à la fois la puissance active et réactive, la demande et l'utilisation maximale de l'énergie, ou permettent d'appliquer différents tarifs à différentes périodes de la journée.

La plupart des installations électriques agissent comme des charges inductives sur le réseau électrique. Ces charges comprennent des équipements avec des bobines ou des enroulements, tels que des moteurs et des transformateurs qui produisent un délai entre les variables de tension et de courant. Les consommateurs d'énergie, en particulier les plus grands comme les installations industrielles, sont tenus, soit par contrat, soit pour des raisons économiques, de compenser la puissance réactive consommée par leurs équipements.

L'intégration de systèmes d'énergie renouvelable distribués liés au réseau principal crée un flux d'énergie bidirectionnel qui doit être correctement géré, à l'aide de compteurs et de techniques avancées de conversion d'électronique de puissance.

Dans cette section, plusieurs types d'utilisateurs peuvent être simulés à l'aide de charges statiques et dynamiques pour étudier la compensation du facteur de puissance, la consommation d'énergie, le profil de charge et l'optimisation de l'utilisation de l'énergie électrique.



## Expériences

### Charges complexes, consommation d'énergie et de puissance

- Consommateurs triphasés avec connexions en étoile et en triangle (charges R, L, C, RL, RC et RLC).
- Charge dynamique:
  - Etude d'un moteur asynchrone comme charge triphasée.
  - Mesure de puissance en cas d'inversion de flux d'énergie.
- Consommation d'énergie active.
- Consommation d'énergie réactive:
  - pour charges RL symétriques et asymétriques.
  - en cas de panne de phase.
  - en cas de surcompensation (charge RC).
  - pour les charges actives.
- Demande de puissance maximale.

### Compensation du facteur de puissance

- Compensation manuelle du facteur de puissance:
  - Calcul des paramètres des condensateurs de compensation.
  - Compensation à l'aide de divers condensateurs.
- Compensation automatique du facteur de puissance.

### Gestion de l'énergie

- Profilage de charge et efficacité.
- Analyse de la consommation d'énergie de charge mixte avec et sans compensation du facteur de puissance.



# ÉLECTRICITÉ DE PUISSANCE



## DL GTUTOT-S Liste des modules:

DL 10065N	Module de mesure de puissance électrique	1
DL 2108T02A	Interrupteur de puissance	1
DL 2109T1T	Indicateur de synchronisation	1
DL 2109T32	Synchronoscope	1
DL 2108T25	Relais de synchronisation du générateur	1
DL 1067S	Régulateur de tension automatique	1
DL 2108T26	Moteur brushless avec contrôleur	2
DL 2108T26BR	Résistance de freinage	2
DL 1013A	Base universelle	2
DL 1026P4	Machine synchrone triphasée 4 pôles	1
DL 1013T1MR	Alimentation triphasée variable motorisée	1
DL 1080TT	Transformateur triphasé	2
DL 2109T29	Compteur de puissance triphasé	2
DL 2108T02	Interrupteur de puissance	4
DL 2109D51	Compteur numérique de groupe de vecteurs	1
DL 2109D30	Compteur de puissance numérique	1
DL 7901TT	Modèle de ligne aérienne	2
DL 7901TTS	Modèle de ligne aérienne 110Km	1
DL 2108T03	Condensateur de ligne	2
DL 2108T04	Bobine Petersen	1
DL 2108T02/2	Double barre avec deux sectionneurs	3
DL 2109T21	Transformateur de courant monophasé	1
DL 2109T22	Transformateur de courant triphasé	1
DL 2109T25	Transformateur additionneur de courant	1
DL 2108T10	Charge CT	1
DL 2108T11	Charge VT	1
DL 2109T23	Transformateur de tension monophasé	1
DL 2109T24	Transformateur de tension triphasé	1
DL 2102AL	Unité d'alimentation triphasée	1
DL 1021/4	Moteur asynchrone triphasé	1
DL 2108T19	Contrôleur de puissance réactive	1
DL 2108T20	Batterie de condensateurs commutables	1
DL 1017R	Charge résistive	1
DL 1017L	Charge inductive	1
DL 1017C	Charge capacitive	1
DL 4236	Module de gestion de charge	1
DL HMI	IHM	1
DL HUBRS485F	Hub pour communication Modbus	1
DL PCGRID	Ordinateur tout-en-un	1
DL SCADA-512	Logiciel SCADA avec une capacité limitée à 512 étiquettes	1
DL A120-3M	Cadre à trois niveaux, version de base	4
DL SP-A120-LED	Socle supérieur avec bande LED, pour DL A120-3M	4
DL T12090_SK	Banc de travail 120x90	4
DL T06090	Banc de travail 60x90	2
DL 2600TTI	Transformateur d'isolement triphasé	1
DL 1196	Support pour câbles	1
TLGTU101	Câbles	1
TLGTU102.T	Câbles	1
TLGTU104	Câbles	1



## RELAIS DE PROTECTION DL GTUTOT-P

---



### Introduction:

Des relais de protection dédiés sont utilisés pour surveiller chaque section du système électrique (générateurs, transformateurs et lignes de transmission). Leur rôle principal est d'identifier un composant du système endommagé à partir d'un événement de défaut spécifique (sous/surtension, sous/sur fréquence, surintensité, défaut à la terre, retour de puissance, etc.), et de le déconnecter rapidement et de manière fiable, en protégeant les humains et les autres parties saines du système sans interrompre la distribution électrique.

En ajoutant le kit d'extension de modules de protection DL GTUTOT-P en option à la configuration DL GTUTOT-S, la liste disponible des expériences et des capacités du système est étendue, permettant l'étude des techniques et stratégies de protection appliquées à chaque section du réseau de distribution électrique.



## Expériences

### Protection de la génération

• *Configuration des paramètres, simulation de défaut, mesure de la réponse du relais et enregistrement de l'oscillographe pour les protections suivantes:*

- Protection contre les surintensités.
- Protection contre les surtensions et les sous-tensions.
- Protection contre les sur-fréquences et sous-fréquences.
- Protection de charge déséquilibrée.
- Protection contre les défauts à la terre du stator.
- Protection contre les retours de puissance.
- Protection différentielle du générateur.

### Protection de la ligne de transmission

• *Configuration des paramètres, simulation de défaut, mesure de la réponse du relais et enregistrement de l'oscillographe pour les protections suivantes:*

- Protection instantanée contre les surintensités.
- Protection contre les surintensités à temps défini.
- Protection contre les surintensités à temps inverse.
- Protection contre les défauts à la terre.
- Protection contre les sous-tensions et les surtensions.
- Protection de charge déséquilibrée.
- Protection de puissance directionnelle.
- Protection des lignes connectées en parallèle.

### Protection du transformateur

• *Configuration des paramètres, simulation de défaut, mesure de la réponse du relais et enregistrement de l'oscillographe pour les protections suivantes:*

- Protection contre les surintensités à temps.
- Protection différentielle du transformateur.



## DL GTUTOT-P Liste des modules:

DL 2108T23	Feeder manager relay	1
DL 2109T22	Transformateur de courant triphasé	1
DL 2108T24	Relais différentiel pour générateurs	1
DL 2108T21	Relais de transformateur différentiel	1
DL 2108T18	Relais de défaut à la terre	1
DL 2108T13	Relais de surintensité à temps inverse	1

## Kit d'extension

En ajoutant le module optionnel DL 2108T22 aux configurations DL GTUTOT-S et DL GTUTOT-P, la liste des expériences disponibles et les capacités du système sont étendues:

## Liste des expériences

### DL 2108T22 Protection à distance

- Configuration des paramètres, simulation de défaut, mesure de la réponse du relais et enregistrement pour les protections suivantes:
  - Protection contre les surintensités.
  - Protection de charge déséquilibrée.
  - Protection à distance.

## Modules:

DL 2108T22	Relais de protection à distance	1
------------	---------------------------------	---