



## ELETTRICITÀ DI POTENZA DL GTUTOT-S

---



### Introduzione:

I moderni sistemi di energia elettrica sono cresciuti e si sono espansi geograficamente diventando sempre più complessi nel tempo. La pianificazione, il monitoraggio e la gestione di questi sistemi, necessita di analisi e tecniche di controllo avanzate per l'interconnessione delle reti, il controllo e stoccaggio e l'integrazione delle fonti energetiche rinnovabili distribuite nelle future implementazioni SMART GRID.

Il DL GTUTOT-S è stato progettato per fornire agli studenti una conoscenza completa dei sistemi di Ingegneria dell'Energia Elettrica, in una soluzione compatta e flessibile.

Il laboratorio è suddiviso in quattro grandi aree di studio:

- Produzione di energia elettrica,
- Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica,
- Consumo di energia elettrica,
- Tecniche di protezione.

**Ideale per 5 studenti che lavorano contemporaneamente.**

Università e istituti tecnici.

E applicabile ai corsi di: Macchine Elettriche, Ingegneria Energetica Elettrica.



## GENERAZIONE DI POTENZA

---

### Introduzione:

La potenza elettrica trifase è quella più impiegata per la generazione, trasmissione, distribuzione e uso nel settore dell'energia pubblico.

I sistemi trifase sono più economici rispetto a quelli monofase per via del minore quantitativo di materiale conduttore necessario per la trasmissione del medesimo quantitativo di potenza, rendendoli adatti per la trasmissione di valori di tensione elevate attraverso lunghe distanze. È inoltre ideale per l'uso da parte di utenze trifase (motori, carichi pesanti) o utenze monofase.

La generazione di energia elettrica è attuata quasi esclusivamente attraverso l'utilizzo di macchine sincrone ad alta potenza o alternatori, le cui specifiche costruttive dipendono in base al tipo di alimentazione del loro meccanismo di rotazione, normalmente composto da vapore, gas o acqua.

Uno dei principali limiti dell'energia elettrica è che non può essere immagazzinata in grandi quantitativi e perciò deve essere generata quando richiesta dall'utilizzatore.

Il generatore sincrono può operare in modo isolato, fornendo potenza ad un utilizzatore singolo, oppure può essere collegato in parallelo con un sistema di rete a voltaggio e frequenza costante.

In questo laboratorio sono studiate le principali caratteristiche del generatore sincrono, la sua sincronizzazione alla rete pubblica e comportamento in base alle differenti condizioni di carico.



## Esperimenti

### Analisi del generatore

- Misura della resistenza degli avvolgimenti
- Verifica del generatore a vuoto
- Verifica del generatore in corto circuito
- Efficienza elettrica

### Caratteristiche del carico

- Generazione di potenza induttiva - reattiva.
- Generazione di potenza reattiva - capacitiva.
- Analisi delle prestazioni di regolazione

### Sincronizzazione alla rete

- Sincronizzazione manuale: Metodi di sincronizzazione a lampada spenta, a due accese - una spenta e uso in parallelo di un sincronoscopio
- Sincronizzazione automatica attraverso un relè di sincronizzazione

### Utilizzo del generatore in rete

- Utilizzo come alternatore oppure come motore sincro.
- Controllo dinamico del fattore di potenza di rete



## TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE POTENZA

---

### Introduzione:

Oggigiorno la distribuzione dell'energia elettrica è realizzata quasi esclusivamente attraverso l'uso di sistemi trifase con frequenza di 50 o 60 Hz a seconda del paese utilizzatore. Il grande vantaggio della corrente alternata trifase sui sistemi a corrente continua è che l'energia può essere realizzata economicamente in grandi centrali elettriche poste relativamente distanti dall'utilizzatore finale, essere trasportata ad alto voltaggio attraverso lunghe distanze con perdite di potenza molto basse ed infine venire resa disponibile agli utilizzatori finali fornendo due differenti valori di voltaggio in base all'applicazione richiesta.

I principali componenti nella trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica sono:

- **Trasformatori:** I trasformatori di salita incrementano il voltaggio generato ad un valore utilizzabile per il sistema di trasmissione, i trasformatori di isolamento sono utilizzati per lo scambio di energia tra le reti ed i trasformatori di discesa riducono dall'alta tensione alla media tensione e oltre, fino alla bassa tensione per la distribuzione agli utilizzatori finali.
- **Linee aeree di trasmissione:** Le linee aeree di potenza sono impiegate principalmente per trasportare l'energia elettrica dalle centrali di produzione agli utilizzatori. Tuttavia, nelle aree densamente popolate, l'energia elettrica può essere trasportata solamente via cavo. Per la trasmissione della potenza vengono usati diversi valori di voltaggio, il cui valore viene stabilito in base alla potenza da trasmettere e alla distanza da coprire; più alto sarà il voltaggio di trasmissione, più bassa sarà la corrente così come le perdite nella trasmissione. Bisogna tuttavia considerare che i costi di investimento per la realizzazione della rete aumentano con il voltaggio.
- **Barre collettrici, sezionatori e interruttori di potenza:** sono i principali componenti che si possono trovare in una stazione di commutazione per la distribuzione di potenza.

Al fine di valutare una configurazione di rete ottimale, devono essere effettuati calcoli complessi.



## Esperimenti:

### DL GTU102-S - Trasmissione E Distribuzione Potenza

#### DL GTU102.1-S - Trasformatore Trifase

- Gruppo vettoriale del trasformatore
- Caratteristiche del trasformatore a vuoto
- Caratteristiche del trasformatore in corto circuito e circuito equivalente
- Caratteristiche a carico
- Impedenza zero
- Carico elettrico squilibrato
- Autotrasformatore
- Funzionamento in parallelo

#### DL GTU102.2-S - Linee di Trasmissione

Studio delle linee di trasmissione trifase

- Caratteristiche a vuoto, effetto Ferranti
- Caratteristiche a carico corrispondente
- Corto circuito simmetrico trifase
- Carico resistivo-capacitivo
- Impedenza zero - fase
- Compensazione in parallelo per carico resistivo - induttivo
- Compensazione in serie per carico resistivo - induttivo
- Corto circuito asimmetrico trifase

Connessione in serie e parallelo di linee di trasmissione

- Connessione in serie di due linee
- Connessione in parallelo di due linee

Linee di trasmissione con compensazione di danno con scarico a terra

- Scarico a terra di una linea con punto stella isolato
- Bobina di soppressione di Petersen

#### DL GTU102.3-S - Distribuzione della potenza

Sistema di doppia barra colletttrice a tre poli

- Doppio sistema di barre colletttrici di base
- Doppio sistema di barre colletttrici con carico
- Connessione delle barre colletttrici

Tipologie di rete

- Rete radiale.
- Rete a maglie.



## TRASFORMATORI DI CORRENTE E TENSIONE

### Introduzione:

Nei sistemi di fornitura energia elettrica, i valori di corrente e voltaggio sono costantemente misurati e monitorati in modo da assicurare che rimangano entro precisi parametri. Generalmente i valori di corrente e voltaggio sono così alti da non poter essere misurati direttamente.

Devono essere impiegati trasformatori speciali per ridurre questi valori ad un livello che possa essere misurato in maniera sicura ed economica.

Questi valori sono necessari al fine di dare informazioni sullo stato di salute del sistema, per calcolare il quantitativo di potenza elettrica fornito al cliente e spegnere rapidamente delle sezioni di rete in caso di eventuali guasti, in modo di prevenirne un eventuale espansione che potrebbe causare il collasso dell'intero sistema di fornitura dell'energia elettrica.

### Esperimenti:

#### Trasformatore di corrente

- Operazioni con trasformatori di corrente monofase
- Test di carico del trasformatore di corrente monofase
- Trasformatore di corrente trifase
- Circuito di somma del trasformatore di corrente trifase - Sequenza "Zero - fase" di un sistema trifase
- Trasformatore di corrente sommatoria

#### Trasformatore di tensione

- Trasformatore di tensione monofase - Rapporto di trasformazione e influenze del carico
- Trasformatore di tensione monofase e guasto a terra
- Due trasformatori di tensione unipolari



## GESTIONE DELL' ENERGIA

---

### Introduzione:

In molti paesi, il consumo di energia elettrica ha raggiunto livelli che eccedono dalla fornitura disponibile.

C'è quindi un bisogno crescente ad ottimizzare e ridurre questo livello di richiesta e trovarne alternative attraverso fonti di energia più efficienti e fonti di energia rinnovabile.

Le compagnie di fornitura elettrica usano contatori elettrici posti presso le strutture degli utilizzatori per misurare la potenza inviata loro e per necessità di fatturazione. Contatori Moderni con elettronica allo stato solido sono in grado di misurare sia la potenza attiva che reattiva, potenza richiesta e picco di potenza elettrica, oppure abilitare differenti tariffe da applicare nelle differenti parti della giornata.

La maggior parte delle installazioni sulla rete principale agiscono come carichi induttivi. Questi carichi includono equipaggiamenti con bobine e avvolgimenti come motori e trasformatori che producono un ritardo di tempo tra le variabili di tensione e corrente.

Gli utilizzatori di corrente, in particolare i più grandi come gli stabilimenti industriali, sono obbligati sia da contratto che da motivazioni economiche a compensare la potenza reattiva consumata dalle loro attrezzature.

L'integrazione di sistemi di energia rinnovabile connessi alla rete principale crea un flusso bidirezionale di energia che richiede di essere gestito in maniera appropriata, utilizzando sistemi di misura e con l'ottimizzazione dell'uso della potenza elettrica.

In questo laboratorio possono essere simulati diverse tipologie di utilizzatore tramite l'uso di carichi variabili, al fine di studiare la compensazione del fattore di potenza, riconoscimento carico e ottimizzazione dell'uso della potenza elettrica.



## Carichi complessi, energia e consumo di potenza

- Utenze trifase con connessioni a stella e triangolo (R, L, C, RL, RC and RLC loads).
- Carico dinamico:
  - Studio del motore asincrono come carico trifase
  - Misura della potenza in caso di inversione del flusso di potenza.
- Consumo di energia attiva
- Consumo di energia reattiva:
  - Per carichi RL simmetrici e asimmetrici.
  - In caso di guasto a una fase
  - In caso di sovracompensazione (Carico RC ).
  - Per carichi attivi
- Richiesta massima di potenza.

## Compensazione del fattore di potenza

- Compensazione manuale del fattore di potenza:
- Calcolo dei parametri dei condensatori di compensazione
- Compensazione usando vari condensatori.
- Compensazione automatica del fattore di potenza.

## Gestione dell' energia

- Riconoscimento del carico ed efficienza
- Analisi del consumo di energia con carichi misti con e senza compensazione del fattore di potenza.



## DL GTUTOT-S

### Lista di moduli:

|                |                                                   |   |
|----------------|---------------------------------------------------|---|
| DL 10065N      | Modulo di misura potenza elettrica                | 1 |
| DL 2108T02A    | Interruttore automatico di potenza                | 1 |
| DL 2109T1T     | Indicatore di sincronizzazione                    | 1 |
| DL 2109T32     | Sincronoscopio                                    | 1 |
| DL 2108T25     | Relè di sincronizzazione generatore               | 1 |
| DL 1067S       | Alimentatore motorizzato                          | 1 |
| DL 2108T26     | Motore brushless con controllore                  | 2 |
| DL 2108T26BR   | Resistenza di frenatura                           | 2 |
| DL 1013A       | Base universale                                   | 2 |
| DL 1026P4      | Alternatore trifase                               | 1 |
| DL 1013T1MR    | Alimentatore trifase variabile motorizzato        | 1 |
| DL 1080TT      | Trasformatore trifase                             | 2 |
| DL 2109T29     | Misuratore di energia trifase                     | 2 |
| DL 2108T02     | Interruttore di potenza                           | 4 |
| DL 2109D51     | Misuratore digitale di gruppo vettoriale          | 1 |
| DL 2109D30     | Wattmetro digitale multicampo                     | 1 |
| DL 7901TT      | Modello di linea                                  | 2 |
| DL 7901TTS     | Modello di linea 110Km                            | 1 |
| DL 2108T03     | Condensatore di linea                             | 2 |
| DL 2108T04     | Bobina di Petersen                                | 1 |
| DL 2108T02/2   | Doppia sbarra con due sezionatori                 | 3 |
| DL 2109T21     | Trasformatore di corrente monofase                | 1 |
| DL 2109T22     | Trasformatore di corrente trifase                 | 1 |
| DL 2109T25     | Trasformatore sommatore di corrente               | 1 |
| DL 2108T10     | Carico CT                                         | 1 |
| DL 2108T11     | Carico VT                                         | 1 |
| DL 2109T23     | Trasformatore di tensione monofase                | 1 |
| DL 2109T24     | Trasformatore di tensione trifase                 | 1 |
| DL 2102AL      | Unità di alimentazione trifase                    | 1 |
| DL 1021/4      | Motore asincrono trifase a gabbia di scoiattolo   | 1 |
| DL 2108T19     | Controllore dell'energia reattiva                 | 1 |
| DL 2108T20     | Batteria di condensatori commutabili              | 1 |
| DL 1017R       | Carico resistivo                                  | 1 |
| DL 1017L       | Carico induttivo                                  | 1 |
| DL 1017C       | Carico capacitivo                                 | 1 |
| DL 4236        | Gestore dei carichi                               | 1 |
| DL HMI         | HMI                                               | 1 |
| DL HUBRS485F   | Comunicazione MODBUS                              | 1 |
| DL PCGRID      | Computer All-in-One                               | 1 |
| DL SCADA-512   | Software SCADA con capacità limitata a 512 tag    | 1 |
| DL A120-3M     | Frame a tre livelli, versione base                | 4 |
| DL SP-A120-LED | Base superiore con striscia a LED, per DL A120-3M | 4 |
| DL T12090_SK   | Banco di lavoro 120x90                            | 4 |
| DL T06090      | Banco di lavoro 60x90                             | 2 |
| DL 2600TTI     | Trasformatore d'isolamento trifase                | 1 |
| DL 1196        | Porta cavi                                        | 1 |
| TLGTU101       | Set di cavetti                                    | 1 |
| TLGTU102.T     | Set di cavetti                                    | 1 |
| TLGTU104       | Set di cavetti                                    | 1 |



## RELÈ DI PROTEZIONE DL GTUTOT-P

---



### Introduzione:

Vengono impiegati dei relè dedicati alla protezione per monitorare ogni sezione del Sistema di potenza (Generatori, trasformatori e linee di Potenza), per riconoscere un componente di sistema danneggiato o un guasto specifico (sovra/sotto voltaggio, sovra/sotto frequenza, sovracorrente, guasto a terra, potenza inversa, etc.) per disconnetterli rapidamente e efficacemente, proteggendo le persone e le altre parti sane del sistema mentre viene mantenuta la distribuzione di potenza.

Aggiungendo alla configurazione DL GTUTOT-S il kit di espansione opzionale dei moduli di protezione DL GTUTOT-P, si amplia la lista disponibile di sperimentazioni e capacità del sistema, consentendo lo studio di tecniche e strategie di protezione applicate a ciascuna sezione della rete di distribuzione dell'energia.



## Esperimenti

### Protezione generale

- *Configurazione parametri, simulazione guasti, misura della risposta relè e registrazioni oscilloscopio per le seguenti protezioni*
- *Protezione alla sovracorrente*
- *Protezione alla sovratensione e sottotensione*
- *Protezione alla sovrافrequenza e sottofrequenza*
- *Protezione da carico suilibrato*
- *Protezione da guasto statore-terra*
- *Protezione da potenza inversa*
- *Protezione differenziale del generatore*

### Protezione della linea di trasmissione

- *Configurazione parametri, simulazione guasti, misura della risposta relè e registrazioni oscilloscopio per le seguenti protezioni*
- *Protezione dalla sottocorrente a tempo definito*
- *Protezione dalla sovracorrente a tempo inverso*
- *Protezione dell' alimentatore radiale*
- *Protezione da guasto a terra*
- *Protezione da sovratensione e sottotensione*
- *Protezione da carico squilibrato*
- *Protezione da potenza direzionale*
- *Protezione linee connesse in parallelo*

### Protezione del trasformatore

- *Configurazione parametri, simulazione guasti, misura della risposta relè e registrazioni oscilloscopio per le seguenti protezioni*
- *Protezione da sovracorrente a tempo definito*
- *Protezione differenziale del trasformatore*



## DL GTUTOT-P

### Lista di moduli:

|            |                                       |   |
|------------|---------------------------------------|---|
| DL 2108T23 | Feeder manager relè                   | 1 |
| DL 2109T22 | Trasformatore di corrente trifase     | 1 |
| DL 2108T24 | Relè differenziale del generatore     | 1 |
| DL 2108T21 | Relè differenziale per trasformatore  | 1 |
| DL 2108T18 | Relè di guasto a terra                | 1 |
| DL 2108T13 | Relè di sovracorrente a tempo inverso | 1 |

## Kit di Espansione

Aggiungendo il modulo opzionale DL 2108T22 alle configurazioni DL GTUTOT-S e DL GTUTOT-P, l'elenco disponibile di esperimenti e capacità del sistema viene ampliato:

### Lista esperimenti

#### DL 2108T22

#### Protezione a distanza

• *Configurazione parametri, simulazione guasti, misura della risposta relè e registrazioni per le seguenti protezioni*

Protezione da sovracorrente

Protezione da carico squilibrato

Protezione a distanza

### Moduli:

|            |                            |   |
|------------|----------------------------|---|
| DL 2108T22 | Relè protezione a distanza | 1 |
|------------|----------------------------|---|