

## Übung 14                      Elektromagnetische Induktion Transformator, Drehstrom, RL-Stromkreis, Zus.spiel el.-magn. Felder

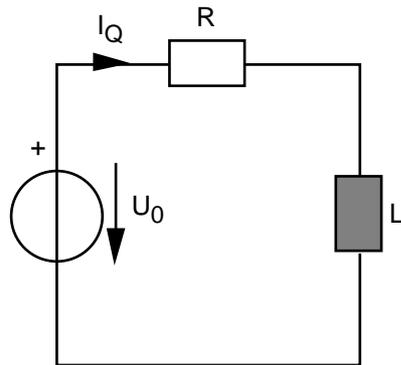
### Lernziele

- verstehen, warum bei der Energieübertragung über grosse Strecken Hochspannung verwendet wird.
- die grundlegende Funktionsweise eines Transformators verstehen.
- verstehen, wie Drehstrom erzeugt wird.
- die Schaltungsmöglichkeiten Stern- und Dreieck-Schaltung kennen und verstehen.
- die Beziehungen zwischen den Spannungen zwischen den einzelnen Strängen in der Stern- und Dreieck-Schaltung verstehen.
- mit dem Computerprogramm VENSIM ein einfaches systemdynamisches Modell erstellen und abändern können.
- mit dem Computerprogramm VENSIM einfache Simulationen und Parameterstudien ausführen können.
- den zeitlichen Verlauf der elektrischen Stromstärke und der verschiedenen Spannungen in einer Serieschaltung einer Spule mit einem Widerstandselement kennen.
- die Verallgemeinerung des Induktionsgesetzes kennen.
- wissen, dass es eine Kopplung zwischen elektrischen und magnetischen Feldern gibt.
- eine Rechte-Hand-Regel für die Beziehung zwischen einem zeitlich veränderlichen elektrischen Feld und einem magnetischen Feld kennen.
- eine Linke-Hand-Regel für die Beziehung zwischen einem zeitlich veränderlichen magnetischen Feld und einem elektrischen Feld kennen.
- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse erarbeiten können.

### Aufgaben

1. Energie kann mit Hilfe von elektrischen Leitungen transportiert werden. Um beim Energietransport über eine grosse Entfernung die Energieverluste klein zu halten, ist es zweckmässig, eine hohe Spannung zu verwenden.  
  
Begründen Sie schlüssig, warum die Energieverluste bei hoher Spannung kleiner sind als bei kleiner Spannung.
2. Studieren Sie im Buch KPK 1 den folgenden Abschnitt:  
- 3.4 Der Transformator (Seiten 67 bis 69)
3. Studieren Sie den Text "Die öffentliche Versorgung mit elektrischer Energie" (Metzler-Physik, Seite 272, kopiertes Blatt).  
  
Bearbeiten Sie dazu die folgenden Aufgaben:  
  
Die Abbildung links unten auf der Seite 272 zeigt den zeitlichen Verlauf der Spannungen in den drei Strängen bezüglich des Nulleiters.
  - a) Zeigen Sie, dass in der Dreiecksschaltung die Amplitude der Spannung zwischen zwei Strängen um den Faktor  $\sqrt{3}$  grösser ist als die Amplitude der Spannung zwischen einem Strang und dem Nulleiter in der Stern-Schaltung.  
  
Hinweis:  
Es gilt die trigonometrische Beziehung  
$$\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) - \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = 2 \cos\left(\omega t\right) \sin\left(\frac{\pi}{2}\right)$$
  - b) Zeigen Sie, dass in der Stern-Schaltung im Nulleiter keine elektrische Ladung fliesst, wenn alle drei Stränge gleich stark belastet werden.

4. Betrachten Sie den folgenden Stromkreis, welcher aus einer Serieschaltung einer Spule (Induktivität  $L$ ) und eines Widerstandselementes (Widerstand  $R$ ) besteht:

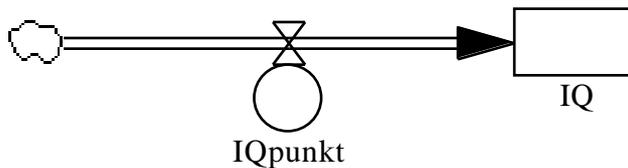


Erstellen Sie mit VENSIM ein systemdynamisches Modell, mit welchem man den zeitlichen Verlauf der elektrischen Ladungsstromstärke  $I_Q$  sowie die Spannungen  $U_R$  und  $U_L$  über dem Widerstandselement und der Spule simulieren kann.

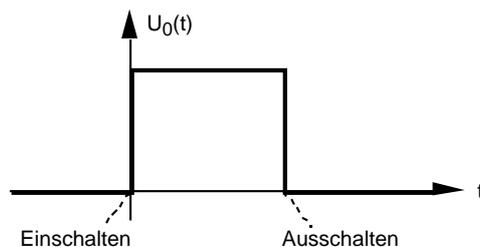
- a) Bauen Sie das Modell, und bringen Sie es zum Laufen.

Hinweise:

- Aus dem Induktionsgesetz kann man einen Zusammenhang zwischen der Spannung  $U_L$  über der Spule, der Induktivität  $L$  der Spule und der Änderungsrate  $\dot{I}_Q$  der elektrischen Ladungsstromstärke  $I_Q$  herleiten.
- Der Zusammenhang zwischen der Ladungsstromstärke  $I_Q$  und ihrer Änderungsrate  $\dot{I}_Q$  kann wie folgt modelliert werden:



- b) Führen Sie die Simulation für einen Ein- und Ausschaltvorgang durch:



Stellen Sie ...

- i) ... die drei Spannungen  $U_0$ ,  $U_R$  und  $U_L$  in einem Diagramm dar.
  - ii) ... die elektrische Ladungsstromstärke  $I_Q$  und die Spannung  $U_L$  in einem Diagramm dar. Erklären Sie eine Analogie zum Auf- und Entladen eines Kondensators über einem Widerstandselement.
- c) Führen Sie die Simulation für eine sinusförmige Quellspannung  $U_0$  durch. Stellen Sie die elektrische Ladungsstromstärke  $I_Q$  und die Spannung  $U_L$  in einem Diagramm dar. Lesen Sie aus dem Diagramm eine Beziehung zwischen  $I_Q$  und  $U_L$  heraus.

5. Studieren Sie im Buch KPK 1 den folgenden Abschnitt:  
 - 3.6 Induzierte elektrische Felder - das Zusammenspiel von ... (Seiten 71 und 72)

## Lösungen

1. ...

2. ...

Lösungen zu den Aufgaben siehe kopiertes Blatt

3. a) ...

b) ...

4. a) Ein VENSIM-Muster-File "Stromkreis mit Spule und Widerstandselement (spule.mdl)" finden Sie im Internet unter:  
<http://telecom.tlab.ch/~borer> Physik Unterlagen (...)

b) ...

c) ...

5. ...

Lösungen zu den Aufgaben siehe kopiertes Blatt