

# Energie- und Antriebstechnik

## 3.+4. Übung

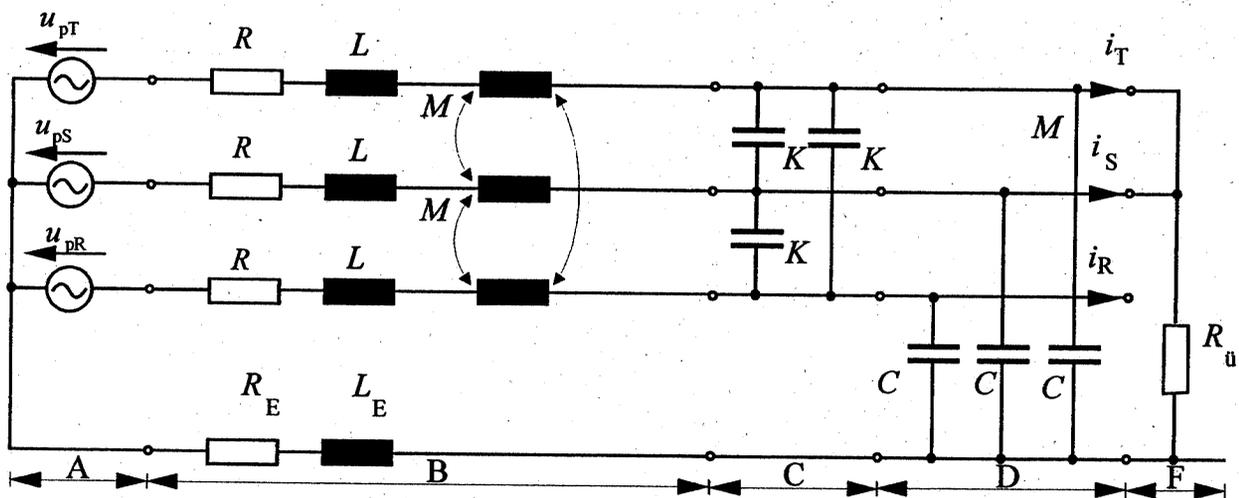
### Ersatzschaltungen im Raumzeiger und Nullsystem Ersatzschaltungen in Symmetrischen Komponenten

#### Aufgabe 1:

#### Berechnung unsymmetrischer Betriebszustände [Kap. 3.4, 3.5]

Bild 1.1 zeigt eine symmetrisch aufgebaute Anlage zur Energieübertragung aus einem Generator und einer Leitung. Zur Vereinfachung sind die Widerstände  $R$ , die Eigeninduktivitäten  $L$  und die Koppelinduktivitäten  $M$  im Abschnitt B, die Koppelkapazitäten  $K$  im Abschnitt C, die Erdkapazitäten  $C$  im Abschnitt D zusammengefaßt.

Die Ersatzschaltpläne im Raumzeiger- und Nullsystem, sowie im Mit-, Gegen- und Nullsystem werden für die Abschnitte A bis F nacheinander bestimmt und danach zusammengesetzt. Anschließend werden verschiedene Fehlerbedingungen im Abschnitt F betrachtet; eingezeichnet im Bild 1.1 ist ein impedanzloser Kurzschluß zwischen den Leitern S und T, der über einen Übergangswiderstand  $R_u$  mit Erde verbunden ist (3.9.)



$$u_{pR}(t) = \hat{U} \cos(\omega t) \quad u_{pS}(t) = \hat{U} \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \quad u_{pT}(t) = \hat{U} \cos\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right)$$

Bild 1.1: Symmetrisch aufgebaute Anlage zur Energieübertragung aus Generator und Leitung.

## Bestimmung der Ersatzschaltbilder

- 1.1. Bei der Berechnung unsymmetrischer Betriebszustände müssen für Real- und Imaginärteil des Raumzeigers getrennte Ersatzschaltbilder entwickelt werden. Begründen Sie dieses Vorgehen.
- 1.2. Bestimmen Sie die Spannungsquellen im Abschnitt A für den Real- und Imaginärteil des Raumzeigers und das Nullsystem.
- 1.3. Bestimmen Sie die Impedanz im Abschnitt B für den Real- und Imaginärteil des Raumzeigers und das Nullsystem.
- 1.4. Bestimmen Sie die Kapazität in Abschnitt C für den Real- und Imaginärteil des Raumzeigers und das Nullsystem.
- 1.5. Bestimmen Sie die Kapazitäten in Abschnitt D für den Real- und Imaginärteil des Raumzeigers und das Nullsystem. Zeichnen Sie die Ersatzschaltbilder für alle Abschnitte.
- 1.6. Im Falle der Symmetrie kann das Raumzeigersystem auch mit Hilfe eines einzigen, komplexen Ersatzschaltbildes angegeben werden. Geben Sie dieses an und begründen Sie Ihr Vorgehen.
- 1.7. Entwickeln Sie aus dem komplexen Raumzeigerersatzschaltbild das Ersatzschaltbild im Mitsystem und Gegensystem.
- 1.8. Worin besteht der Unterschied des Nullsystems der Raumzeigertransformation und des Nullsystems der Symmetrischen Komponenten?

## Fehlerberechnung im Raumzeiger- und Nullsystem

2. An der Fehlerstelle F tritt nach Bild 1.1 ein zweipoliger, impedanzloser Kurzschluß zwischen den Leitern S und T auf.
- 2.1. Geben Sie die Fehlerbedingungen für einen impedanzlosen Fehler zwischen den Leitern S und T ohne Erdberührung im R,S,T-System an.
- 2.2. Transformieren Sie die Fehlerbedingungen mit den Fehlerbedingungen in das  $(\alpha, \beta, 0)$ -System.
- 2.3. Tragen Sie die Verbindungen nach Aufgabe 2.2 in ihre Ersatzschaltbilder ein.
- 2.4. Berechnen Sie die  $(\alpha, \beta, 0)$ -Größen im stationären Zustand abhängig von den gegebenen Netzgrößen. *→ Teile in Handlösung!  $U_{\alpha\beta}$  |*
- 2.5. Berechnen Sie die R,S,T-Größen an der Fehlerstelle.  *$U_{\alpha}$*

- 2.6 Wiederholen Sie die Schritte nach Aufgabe 2.1 bis 2.3 für einen impedanzlosen Fehler zwischen den Leitern S und T mit Erdberührung.
- 2.7 Wiederholen Sie die Schritte nach Aufgabe 2.1 bis 2.3 für einen einpoligen Lichtbogenfehler mit dem Lichtbogenwiderstand  $R_L$  zwischen dem Leiter R und Erde.

### Fehlerberechnung mit Symmetrischen Komponenten

- 3.1 Geben Sie die Fehlerbedingungen für einen impedanzlosen Fehler zwischen den Leitern S und T ohne Erdberührung im R,S,T-System an.
- 3.2 Transformieren Sie die Fehlerbedingungen mit den Fehlerbedingungen in das (0,1,2)-System.
- 3.3 Mit Hilfe des Satzes von der Ersatzspannungsquelle können die Ersatzschaltbilder von Aufgabe 1.7 umgewandelt werden. Geben Sie die Parameter der umgewandelten Ersatzschaltungen an!
- 3.4 Tragen Sie die Verbindungen nach Aufgabe 3.2 in ihre Ersatzschaltbilder ein.
- 3.5 Geben Sie die (0,1,2)-Größen abhängig von  $\underline{E}_{(1)}$ ,  $\underline{Z}_{(1)}$  und  $\underline{Z}_{(0)}$  an.
- 3.6 Berechnen Sie die R,S,T-Größen abhängig von  $\underline{E}$ ,  $\underline{Z}_{(1)}$  und  $\underline{Z}_{(0)}$ .
- 3.7 Wiederholen Sie die Schritte nach Aufgabe 3.1 bis 3.3 für einen impedanzlosen Fehler zwischen den Leitern S und T mit Erdberührung.  
Berechnen Sie die (0,1,2)-Größen und daraus die R,S,T-Größen.
- 3.8 Wiederholen Sie die Schritte nach Aufgabe 3.1 bis 3.3 für einen einpoligen Lichtbogenfehler mit dem Lichtbogenwiderstand  $R_L$  zwischen dem Leiter R und Erde. Berechnen Sie die (0,1,2)-Größen und daraus die R,S,T-Größen.
- 3.9 Wiederholen Sie die Schritte nach Aufgabe 3.1 bis 3.3 für einen impedanzlosen Kurzschluß zwischen den Leitern S und T, der über den Übergangswiderstand  $R_{\bar{u}}$  mit Erde verbunden ist.  
Berechnen Sie die (0,1,2)-Größen und daraus die R,S,T-Größen.  
Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse, indem Sie vergleichen
- $R_{\bar{u}} \rightarrow \infty$  mit Aufgabe 1.6,
  - $R_{\bar{u}} = 0$  mit Aufgabe 1.7.

## Zur Vertiefung

### Aufgabe 2:

Konstruktion der Mit- und Gegenkomponente eines nullsystemfreien Drehstromes aus den Beträgen [Kap. 3.2]

- 1.1 Skizzieren Sie die Zeiger der Ströme in der komplexen  $\underline{I}/I_n$ -Ebene für folgende Meßwerte:

$$\left| \frac{\underline{I}_R}{I_n} \right| = 1,2; \quad \left| \frac{\underline{I}_S}{I_n} \right| = 0,8; \quad \left| \frac{\underline{I}_T}{I_n} \right| = 1,0;$$

- 1.2 Konstruieren Sie die Zeiger der Mit- und Gegenkomponente mit dem Ergebnis von Aufgabe 1.1 und der Gleichung

$$\begin{pmatrix} \underline{I}_{(0)} \\ \underline{I}_{(1)} \\ \underline{I}_{(2)} \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \underline{a} & \underline{a}^2 \\ 1 & \underline{a}^2 & \underline{a} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{I}_R \\ \underline{I}_S \\ \underline{I}_T \end{pmatrix}$$

- 1.3 Wie vereinfacht sich die unter 1.2 angewandte Konstruktion mit der Beziehung  $\underline{I}_{(0)}=0$ ? Geben Sie hierzu  $\underline{I}_T$  abhängig von  $\underline{I}_R$  und  $\underline{I}_S$  an und konstruieren Sie die Mit- und Gegenkomponente.
- 1.4 Geben Sie die Beträge der Mit- und Gegenkomponente an.