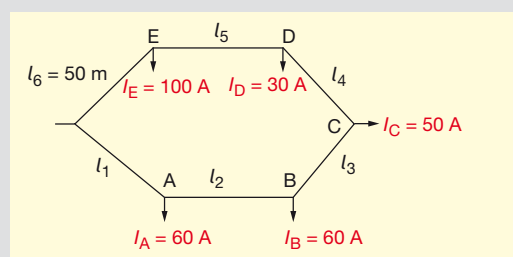


Spannungsbetrachtungen in Verteilungsnetzen (2)

Im vorhergehenden Beitrag [1] wurden die Merkmale verschiedener Netze zusammengestellt. So kann nach Leiterzahl oder Anzahl der Phasen sowie in offene oder geschlossene Netze unterschieden werden. Ein weiterer Schwerpunkt bildete die Spannungsbetrachtungen an der punktweise belasteten Stichleitung. Abschließend werden hier die Betrachtungen zum Ringnetz fortgesetzt.

Spannungsbetrachtung am Ringnetz

Zur Analyse der Belastungsverhältnisse kann die Einspeisung des Ringnetzes (Bild 5) gedanklich getrennt werden. Es entsteht ein fiktives zweiseitig gespeistes Netz in gestreckter Form (Bild 6).

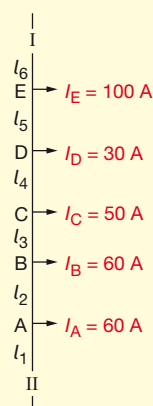


▲ 5 Laststellen des Ringnetzes

6 Zweiseitig gespeistes fiktives Netz ▶

Die Richtungen der Ströme – identisch mit den Richtungen des Energieflusses – können eindeutig nur für den Leitungsabschnitt 6, von der Einspeisung I zur Laststelle E und für den Leitungsabschnitt 1, von der Einspeisung II zur Laststelle A, angegeben werden. Die Ströme in den anderen Netzteilen ergeben sich in Betrag und Richtung erst dann nach dem Knotenpunktsatz, wenn die Belastungen der Einspeisungen I und II bekannt sind. Zum Ziel führen folgende Überlegungen [2]:

- Eine Einspeisung wird als stromlos angesehen. Somit entsteht ein offenes einseitig gespeistes Netz.
- Der bei Belastung entstehende Gesamtspannungsunterschied des offenen Netzes zwischen I und II ist nach dem Maschensatz die Summe der durch die einzelnen Belastungsströme entstehenden Teilspannungsunterschiede.
- Zur Vereinfachung werden phasengleiche Ströme angenommen, so dass die Summe der Teilspannungsunterschiede arithmetisch berechnet werden kann.
- Alle Belastungsströme der Netzteile, die durch die Lastströme I_A bis I_E entstehen, werden jeweils von der



INHALT

Grundwissen
Lernfelder 1-5

Elektrische Netze

Spannungsbetrachtungen
in Verteilungsnetzen (2) 1

Fachbegriffe

Was versteht man unter 3

Fachwissen
Lernfelder 6-13

Software

MyOpenLab – Entwerfen
und Erproben am PC.....5

Antennentechnik

Koaxiales Verteilungssystem (1) 7

Regelungstechnik

Linearisierung von Widerstands-
Sensorkennlinien (1) 10

Arbeitssicherheit

Ersatzstromerzeuger auf
Bau- und Montagestellen (4) 11

Fremdsprache

Technisches Englisch 13

Prüfung
Lernfelder 1-13

Fachtest

Fachtest ST 14

WISO

Wirtschafts-, Sozial- und
Gemeinschaftskunde 15

Lösungen 16

Impressum

ep – LERNEN und KÖNNEN
Magazin für die Aus- und Weiterbildung
HUSS-MEDIEN GmbH
Am Friedrichshain 22; 10407 Berlin
Tel. 030 42151-378, Fax 030 42151-251

Redaktion:

Rüdiger Tuzinski (Redaktionsleiter),
Hein Elster, Heino Hackbarth (Redakteure),
Sabine Funke (Layout), Petra Richter (Zeichnungen)

Schülerservice

Abo-Verwaltung und Vertrieb:

Directa Buldt Fachverlag
Lübecker Str. 8; 23611 Bad Schwartau
Tel. 0451 49999-0, Fax 0451 49999-40

Erscheinungsweise:

Monatlich als Beilage der Zeitschrift Elektropraktiker

Einspeisung bis zur entsprechenden Laststelle angegeben. So berechnen sich zum Beispiel ohne Einspeisung II die Teilspannungsunterschiede zwischen Einspeisung I bis Laststelle E

$$\Delta U_E = I_E \cdot \frac{l_6}{\kappa \cdot A}$$

oder Einspeisung I bis Laststelle D

$$\Delta U_D = I_D \cdot \left(\frac{l_6}{\kappa \cdot A} + \frac{l_5}{\kappa \cdot A} \right)$$

Die nach dem Maschensatz gebildete Spannungsgleichung vereinfacht sich, wenn die Spannungsgrößen durch den Term $\frac{1}{\kappa \cdot A}$ gekürzt werden zu

$$I_1 \cdot l = I_E \cdot l_6 + I_D \cdot (l_6 + l_5) + I_C \cdot (l_6 + l_5 + l_4) + I_B \cdot (l_6 + l_5 + l_4 + l_3) + I_A \cdot (l_6 + l_5 + l_4 + l_3 + l_2)$$

Die elektrischen Größen in der oberen Gleichung werden analog dem

Drehmoment = Kraft · Hebelarm

eines mechanischen Systems bezeichnet als:

Strommoment = Stromstärke · Leitungslänge

Im zweiseitig gespeisten Netz steht das Gesamtstrommoment einer Einspeisung im Gleichgewicht zur Summe der Strommomente, die durch die einzelnen Lastströme entstehen.

Mit den Werten der Ströme und Leitungslängen ist

$$I_1 \cdot 340 \text{ m} = 100 \text{ A} \cdot 50 \text{ m} + 30 \text{ A} \cdot 130 \text{ m} + 50 \text{ A} \cdot 180 \text{ m} + 60 \text{ A} \cdot 210 \text{ m} + 60 \text{ A} \cdot 290 \text{ m}$$

$$I_1 = 159 \text{ A}$$

Analog ergibt sich die Strommomentengleichung für die Einspeisung II, die mit $I_{II} = 141 \text{ A}$ belastet wird.

Nach dem Energieerhaltungssatz muss die Summe der die Einspeisungen I und II belastenden Ströme gleich der Summe der Ströme der einzelnen Laststellen sein:

$$I_1 + I_{II} = \sum_{i=A}^E I_i$$

Mit dem Knotenpunktsatz werden die Ströme berechnet, die die einzelnen Abschnitte des zweiseitig gespeisten Netzes somit auch die des Ringnetzes belasten.

Stromverteilung:

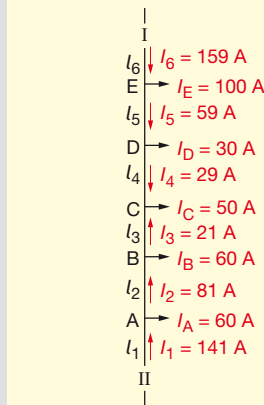
$$I_1 = I_{II}$$

$$I_1 = 141 \text{ A}$$

$$I_2 = I_1 - I_A$$

$$I_2 = 81 \text{ A}$$

$$I_3 = I_2 - I_B$$



7 Belastung der Leitungsstrecken des Ringnetzes

$$I_3 = 21 \text{ A}$$

$$I_6 = I_1$$

$$I_6 = 159 \text{ A}$$

$$I_5 = I_6 - I_E$$

$$I_5 = 59 \text{ A}$$

$$I_4 = I_5 - I_D$$

$$I_4 = 29 \text{ A}$$

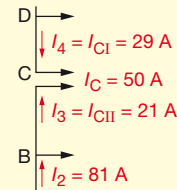
Aus dem Bild 7 können zwei wesentliche Aussagen abgeleitet werden.

1. Die Leitungsstrecke zwischen der Einspeisung und der Laststelle E wird mit $I_6 = 159 \text{ A}$ am stärksten belastet. Im Vergleich zur Dauerstrombelastbarkeit des Leiterquerschnitts von 270 A liegt der Auslastungsgrad jedoch nur bei 59 %. Eine hinreichende Reserve ist noch vorhanden.
2. Die Laststelle C wird von beiden Seiten eingespeist. Die Last in C kann deshalb als Summe der beiden von I bzw. II gespeisten Teillasten $I_{C4} = 29 \text{ A}$ und $I_{C3} = 21 \text{ A}$ angesehen werden.

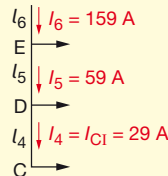
Talpunkt

Aufgrund der Spannungsunterschiede ist die Spannung an der Laststelle C am kleinsten. Dieser Punkt wird als Talpunkt bezeichnet.

Beide Spannungsunterschiede zwischen der Einspeisung über E, D zu C (Talpunkt) bzw. über A, B zu C müssen denselben Betrag haben, da am Talpunkt nur ein Spannungswert auftreten kann. An der Laststelle C kann deshalb das zweiseitig gespeiste Netz in zwei punktwise belastete Stichleitungen mit den Endlasten I_{C4} und I_{CII} getrennt werden (Bild 8). Für eine dieser frei wählbaren Stichleitung ist der Spannungsunterschied zu berechnen.



8 Trennung der Laststelle C



9 Teilnetz zwischen Einspeisung und Talpunkt

Sein Betrag ist bei den gegebenen Lasten der Gesamtspannungsunterschied des Ringnetzes.

Mit den Angaben des Bildes 9 beträgt der Spannungsunterschied des Teilnetzes zwischen Einspeisung und Talpunkt mit dem Leiterquerschnitt von 70 mm² und $\cos \varphi = 1$

$$\Delta U = 9,97 \text{ V oder } \Delta u = 2,5 \text{ \%}$$

Fazit

Der zunehmende Leistungsbedarf führt in einer punktwise belasteten Stichleitung zum Unterschreiten der Bemessungsspannung an den angeschlossenen Verbrauchern. In Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen kann eine zweiseitige Einspeisung des Netzes wirtschaftlicher als eine Querschnittserhöhung sein. Durch Berechnungen der Ströme und der Betriebsspannungen konnte diese Aussage bestätigt werden.

Wenn die örtlichen Voraussetzungen gegeben sind, ist der wirtschaftliche Aufwand für die Umwandlung eines offenen Netzes in ein geschlossenes im Vergleich zu einer Querschnittserhöhung des Strahlennetzes wesentlich geringer. Im Ringnetz reduziert sich die Belastung in den einzelnen Netzabschnitten. Die Spannungshaltung ist günstiger.

Literatur

- [1] Spanneberg, H.: Spannungsbetrachtungen in Verteilungsnetzen (1). Elektropraktiker Berlin, 64(2010)5 Lernen und Können S. 2–3.
- [2] Spanneberg, H.: Elektrotechnik – Formeln; Verlag Handwerk und Technik – Berlin.

H. Spanneberg