

Messung mittlerer Spannungen:

Digitalmultimeter sind fuer alle Spannungen im mittleren Bereich geeignet;
bei teuren Messgeraeten wird der echte Effektivwert ueber das Integrall berechnet,
ansonsten nur Koeffizienten betrachtet

Messung hoher Spannungen:

Seite 150:

Basiert auf einem Transformator;
Beim Stromwandler kompensieren sich die Primaer- und Sekundaeranteile(durch
Gegenkopplung), ein Stoff mit hoher permiabilitaet reicht aus.

Ein Messwandler wird im Leerlauf betrieben, es gibt einen Fluss im Primaerkreis,
d.h. es wird ein Feld im Kern aufgebaut. (bsp. 2,7kV mit mehreren Hundert Henry
Primaerinduktivitaet)

Die Messabweichung passiert durch Eisenverluste;

Ein Spannungswandler kann offen betrieben (z.B.: ideales Voltmeter am
Messausgang) werden, im Kurzschlussfall kommt es zu sehr hohen Stroemen die
zum abbrennen der Spule fuehrt;

Seite 151:

Spannungsteiler durch Kapazitaeten;
Nachgeschaltet einen Spannungswandler (hauptsaechlich wegen Galvanischer
Trennung)
Zusaetzlich ein Blindelement um Blindstrom zu kompensieren;

Impedanzmessung:

Seite 153:

Die meisten Digitalmultimeter bieten Messungen fuer den Gleichstromwiderstand
von Blindelementen; (durch Strom und Spannungsmessung)

Indirekte Messung ueber spannungs- oder stromrichtige Messung

Spannungsvergleich (Abb. 3.40)

Messgeraet muss nicht absolut genau sein;
U am R messen, U_x am R_x messen; U/U_x selbes V_H wie bei R/R_x

Stromvergleich (Abb 3.41)

Selbes Prinzip wie beim Spannungsvergleich

Bei beiden Verfahren ist ein genaues Referenzmas notwendig;
Bei beiden Messverfahren muss das Messgeraet linear sein!

Wheatsonebruecke:

Seite 154
(Abb 3.42)

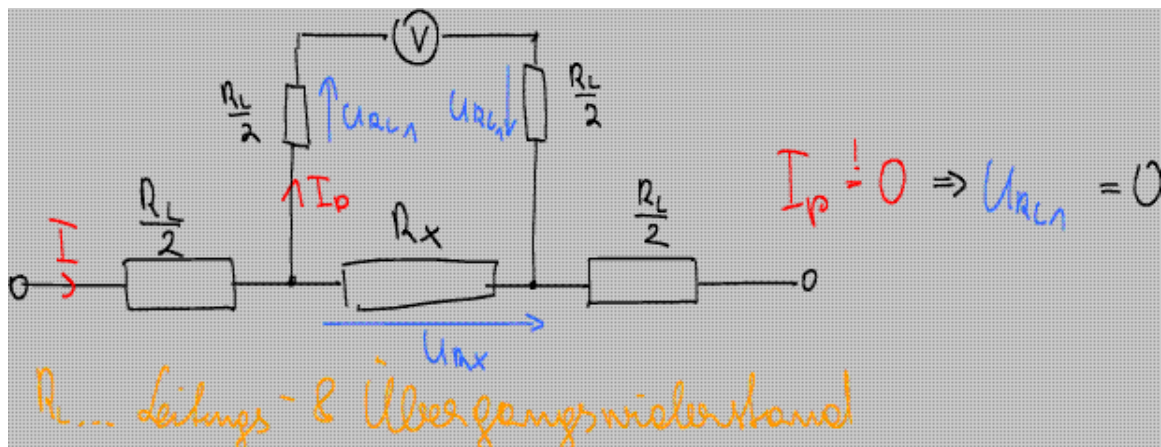
Klassische implementierung der Kompensationsmethode:

Es koennen am Eingang sehr viele Stoergroessen kompensiert werden;
Das Messgeraet muss nicht sehr genau sein, jedoch sehr empfindlich da es nur anzeigen muss ob eine Spannung da ist oder nicht!

Das Messgeraet muss nicht linear sein, da nur verlangt wird das es 0 anzeigt;
 R_1 aus Maschen ermittelbar;

Bei den Brueckenschaltungen muessen die diagonalelemente auf 0 abgleichbar sein!

Messung kleinster Widerstaend:



4 Leiter Messmethode

Die 4 Leiter Messmethode ist notwendig um die Widerstände der Anschlüsse und Messleitung zu kompensieren!

Thomsonbruecke: (Abb 3.43)

Seite 155

Durch den Abgleich zwischen R_3 und R_1 bzw. R_4 und R_2 kann R_x laut Gl 3.38 ermittelt werden.

$$\begin{aligned}
 (I_x R_u + I_3 R_3') \cdot R_4' &= R_3' (I_x R_x + I_3 R_4') \\
 \cancel{I_x} R_u R_4' + \cancel{I_3} R_3' R_4' &= R_3' \cancel{I_x} R_x + \cancel{I_3} R_4' R_3' \\
 \frac{R_u R_4'}{R_3' R_x} &= 1 \Rightarrow R_x = R_u \cdot \frac{R_4'}{R_3'}
 \end{aligned}$$

RL2 wird nicht vernachlässigbar sein, daher fällt über R_3' und R_4' eine erhebliche Spannung ab;

Wechselstrombrücken:

Seite 156

Es sind 2 Abgleichbedingungen zu erfüllen, da die Gleichung im Komplexen gilt; d.h. es muss der Betrag und die Phase abgeglichen werden!

$$\begin{aligned}
 \underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_4 &= \underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_3 \\
 Z_1 e^{j\varphi_1} \cdot Z_4 e^{j\varphi_4} &= Z_2 e^{j\varphi_2} \cdot Z_3 e^{j\varphi_3} \\
 Z_1 \cdot Z_4 e^{j(\varphi_1 + \varphi_4)} &= Z_2 \cdot Z_3 \cdot e^{j(\varphi_2 + \varphi_3)}
 \end{aligned}$$

Wien – Brücke:

Seite 157

Abb. 3.45

Wien bedeutet immer das ein Kondensator im Spiel ist; Selbes Abgleichprinzip wieder; wird meist zur Bestimmung von Kondensatoren (sowie deren Verlusten) verwendet;

Ein Kondensator sollte keinen Wirkstrom fließen lassen, d.h. wird der Verlust als R_1 dargestellt und als $\tan \delta = I_{RX}/I_{CX}$ angegeben;

Beim Abgleich wird zuerst der Betrag abgeglichen, danach die Phase; dadurch einen Kondensator regeln und einen Widerstand

Maxwell Brücke:

Seite 157

Abb 3.46a

Es kann nicht direkt abgeglichen werden, da eine variable Induktivität nicht so leicht herstellbar ist.

Durch R_1 kann ein Phasenabgleich vorgenommen werden, durch R_3 den Betrag abgleichen;

Maxwell – Wien Brücke:

Seite 157

Abb 3.46b

Sie funktioniert, wie alle anderen Brücken auch mit einer $C_3 R_3$ Serienschaltung, da das Ziel ja nur ist Betrag und Phase abzugleichen!

Theoretisch egal welche Frequenz verwendet wird (Grenze nach unten ist 0 Hz, da sich sonst der Kondensator auflädt); nach unten gibt es parasitäre Effekte, d.h. in der Spule zwischen den Windungen gibt es Kapazitäten die zum tragen kommen, der Schaltungsaufbau ermöglicht Kapazitäten, ...

Wien – Robinson Brücke:

Seite 158

Abb 3.47

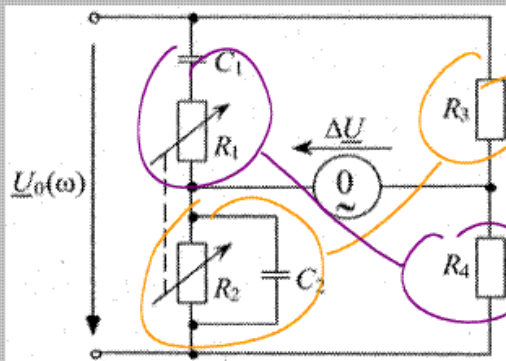
Sie ist Frequenzabhängig um eben eine Frequenzmessung durchzuführen;

Beispiel mit annahmen:

Es soll gezeigt werden das die Schaltung unter den Gewuentschen Bedingungen noch immer abgleichbar bleibt;

Zusaetzlich soll ermittelt werden, ob die Schaltung frequenzabhaengig ist:

$R_1 = R_2$ $C_1 = C_2$ $R_3 = 2 R_4$ \rightarrow bleibt die Brücke abgleichbar



\Rightarrow pos. } abgleichbar auf 0
 \Rightarrow neg. }

$$Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$$

$$\left(\frac{1}{j\omega C_1} + R_1\right) R_4 = \frac{R_2 \cdot \frac{1}{j\omega C_2}}{R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}} \cdot 2R_4$$

$$\left(\frac{1}{j\omega C_1} + R_1\right) \left(R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}\right) = 2R_1 \frac{1}{j\omega C_1}$$

$$R_1 \cdot \frac{1}{j\omega C_1} - \frac{1}{\omega^2 C_1^2} + R_1^2 + R_1 \cdot \frac{1}{j\omega C_1} = 2R_1 \frac{1}{j\omega C_1}$$

$$\Rightarrow R_1^2 = \frac{1}{\omega^2 C_1^2} \Rightarrow \omega = \frac{1}{RC}$$

Oberflächen und Durchgangswiderstände:

Seite 160:

Durch eine andere Struktur der Oberfläche kann es zu Strömen an der Oberfläche kommen;

Aus diesem Grund wird an der Oberfläche ein Ring angeschlossen der zu einem Punkt nach dem Messgerät ableitet (Abb 3.48); es wird jedoch nicht perfekt rein der Oberflächenstrom abgeleitet, sondern auch sehr wenig innerer Strom. Aus diesem Grund wird ein Messobjekt dessen Durchgangswiderstand zu messen ist, kurz mit hohem Durchmesser sein.

Oberflächenwiderstand kann durch z.B.: Luftfeuchtigkeit, Anlagerungen von Kristallen, ... entstehen

Fehlerfortbestimmung an Leitern:

Seite 160/161

Abb 3.50/3.51

Ist im Prinzip wider eine Brücke, da L sowie die l_x als Widerstand aufgefasst werden kann;

Diese Methode wird verwendet um bei beschädigten Erdkabeln festzustellen wo es einen Erdschluss gibt.

Leistungsmessung:

Seite 161:

Im Gleichstromnetz sehr einfach durch Strom und Spannungsmessung;

Im Wechselstromnetz muss mit den periodischen Mittelwerten bzw. den Effektivwerten gerechnet werden.

Berücksichtigen von Wirk- (Umsetzbare Leistung in z.B.: mech Arbeit) und Blindleistung (Leistung die nicht umgesetzt wird und zwischen Quelle und Verbraucher hin und her pendelt)

Wattmeter:

Seite 162

Abb 3.52

Es gibt einen Strompfad und einen Spannungspfad (da es im Prinzip 2 Messgeräte (V- und A meter));

Es empfiehlt sich ein A- und ein V- meter in die Schaltung mit einzubauen, da ein Leistungsmessgerät ev. 0 anzeigt ($\cos(\phi) = 0$), aber der Strom oder die Spannung sind sehr hoch; ein Leistungsmessgerät hat auch nur eine bestimmte Menge an Strom bzw. Spannung aus.

Die Anschlüsse mit den * sollten immer zusammen geschlossen werden um den eigenverbrauch des Gerätes zu kompensieren!

Es gibt eine vorgeschriebene beschaltungsrichtung, da das Messgerät nicht negativ ausschlagen kann. (am einfachsten kann der Strompfad geändert werden, jedoch nicht im Betrieb! Eine Änderung des Spannungspfades ist nicht empfehlenswert da der interne Aufbau des Messgerätes zu berücksichtigen ist.)

Für hohe Leistungen ist ev. ein Strom- sowie ein Spannungswandler erforderlich, da ein Leistungsmesser ja nur aus A- und V meter besteht.

Abb 3.55 bzw. 3.56; Seite 164

Dadurch kommt es zu einer Messbereichserweiterung des Leistungsmessers

Leistung im Drehstromnetz:

Auf jede Phase einen Leistungsmesser (Spannungsmessung von Phase auf N für jedes Messgerät) und aufsummieren! Abb. 3.57 Seite 164

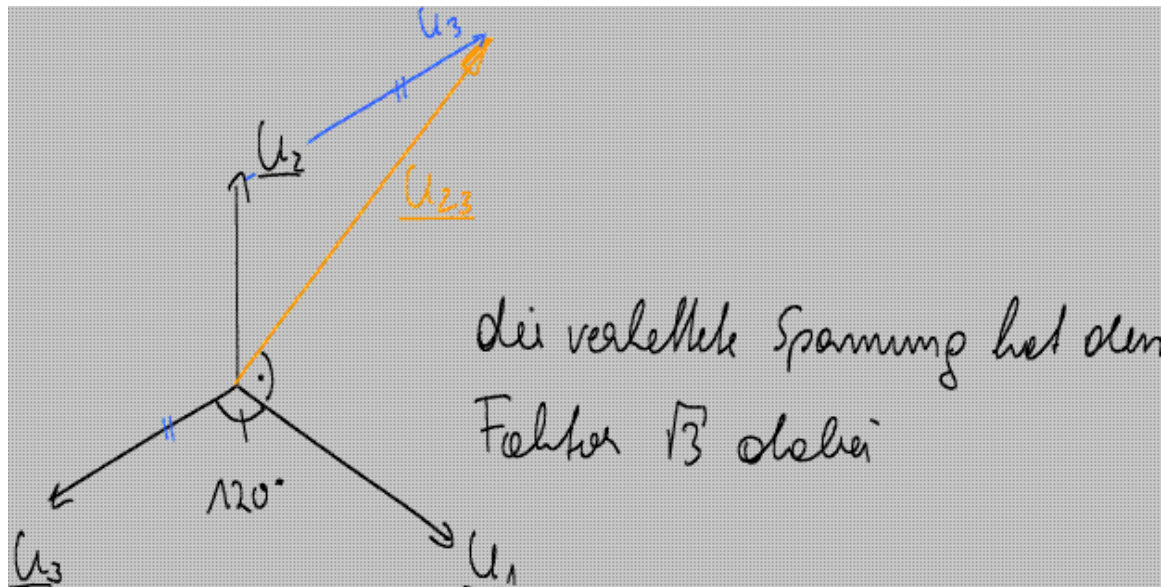
Symmetrischer Verbraucher z.B.: eine Heizung, unsymmetrisch z.B.: ein 3 Phasen Motor;

Wenn es keinen Neutralleiter gibt, beschaltung nach 3.59 Seite 165;

Alternativ über 3 Widerstände in Stern Schaltung; deren Mittelpunkt ist 0! Abb 3.58 Seite 165

Blindleistungsmessung:

Seite 166



Bei symmetrischen Phasen kann an einem Punkt gemessen werden und mit 3 multipliziert werden;

Bei unsymmetrischen Phasen muss zum Schluss durch $\sqrt{3}$ dividiert werden, da jede Messung der Leistungsmesser um $\sqrt{3}$ zu groß ist.