

Versuch 311

Leistungsanpassung

1. Aufgaben

- 1.1 Mit einem Wechselspannungsgenerator ist ein Verbraucher (Schiebewiderstand) zu speisen. Dessen Leistungsaufnahme P_a ist in Abhängigkeit seines Widerstandswertes R_a zu bestimmen und grafisch darzustellen.
- 1.2 Mittels eines Übertragers ist zu versuchen, einen gegebenen Verbraucher an einen Generator anzupassen. Die Leistungsaufnahme ist für unterschiedliche Übertragungsverhältnisse zu messen und grafisch darzustellen.
- 1.3 Fertigen Sie in Vorbereitung des Versuches eine grafische Darstellung der theoretischen Abhängigkeit des Wirkungsgrades η und der Verbraucherleistung P_a vom Verbraucherwiderstand R_a an (Gl.2 und 4). Dabei ist R_a auf R_i (Generatorinnenwiderstand) sowie P_a auf P_a^{\max} (bei Anpassung) zu normieren.
- 1.4 (Zusatzaufgabe): Realisieren Sie (analog 1.2) die Leistungsanpassung für eine Glühlampe.

2. Grundlagen

Stichworte:

Leistung, Leistungsanpassung, Wirkungsgrad, Übertrager, Innenwiderstand

2.1 Leerlaufspannung und Kurzschlußstrom

Wird aus einer Spannungsquelle kein Strom entnommen ($R_a = \infty$), so liegt an den Klemmen die volle Leerlaufspannung E an. Wird die Spannungsquelle kurzgeschlossen ($R_a = 0$), so fließt der Kurzschlußstrom I_k . Dieser wird durch den Innenwiderstand R_i der Spannungsquelle begrenzt:

$$I_k = E / R_i \quad (1)$$

Eine Spannungsquelle (allg.: ein „aktiver Zweipol“) ist damit eindeutig durch zwei der folgenden Größen charakterisiert: Leerlaufspannung, Kurzschlußstrom und Innenwiderstand. (Lesen Sie dazu auch die entsprechenden Abschnitte in der Anleitung zum Versuch 003 bzw. 300!)

2.2 Leistungsanpassung

Wegen $P = U \cdot I$ ist im Leerlauf ($I = 0$) bzw. bei Kurzschluß ($U = 0$) die an einen äußeren Verbraucher (R_a) abgegebene Leistung gleich Null. Wann ist die abgegebene Leistung maximal?

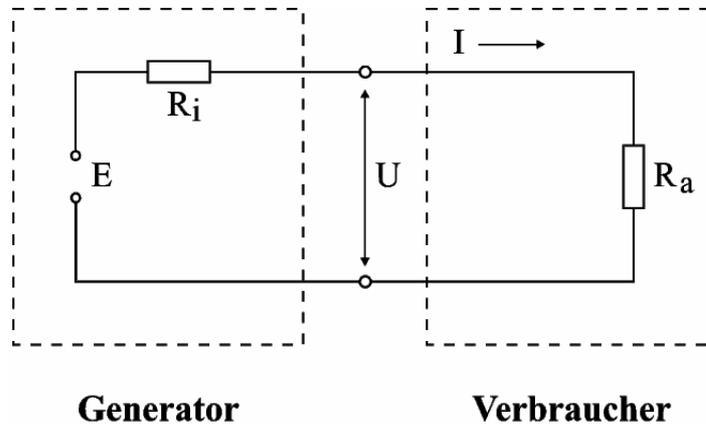


Bild 1: Grundsaltung

Ein Widerstand R setzt bei einem Stromfluß I die Leistung $P = R \cdot I^2$ um. Gemäß Bild 1 wird dabei der Quelle E die Leistung $P_E = (R_i + R_a) \cdot I^2$ entzogen, vom Verbraucher aber nur der Anteil $P_a = R_a \cdot I^2$ genutzt. Für P_a gilt:

$$P_a = R_a \cdot I^2 = U^2 / R_a = \frac{E^2 \cdot R_a}{(R_i + R_a)^2} \quad (2)$$

Für $R_a = R_i$ erreicht diese Leistung ein Maximum. Man spricht von „Leistungsanpassung“. Der Maximalwert beträgt:

$$P_a^{\max} = \frac{E^2}{4R_i} \quad (3)$$

Für den Wirkungsgrad ergibt sich:

$$\eta = \frac{P_a}{P_E} = \frac{R_a \cdot I^2}{(R_a + R_i) I^2} = \frac{R_a}{R_a + R_i} = 0.5 \quad (\text{für } R_a = R_i) \quad (4)$$

Bemerkung:

In der Starkstromtechnik ist natürlich ein Wirkungsgrad von 50 % (d.h. 50 % Energieverluste) nicht zu vertreten. Hier wird mit Überanpassung ($R_a \gg R_i$; $\eta \rightarrow 100$ %) gearbeitet und die Leistungsanpassung im Sinne obiger Überlegungen spielt keine Rolle. Ganz anders ist das in der Schwachstromtechnik, wo keine großen Leistungen umgesetzt werden, sondern das Problem darin besteht, ein Signal aus einer Quelle auszukoppeln (Beispiel aus der Unterhaltungselektronik: Impedanzanpassung beim Übergang von der Verstärkerendstufe zum Lautsprecher).

2.3 Anpassung mit Übertrager

Bei Wechselstrom besteht die Möglichkeit zur Anpassung eines gegebenen Verbrauchers an einen vorgegebenen Generator mit $R_i \neq R_a$ mit Hilfe eines Übertragers (Bild 2).

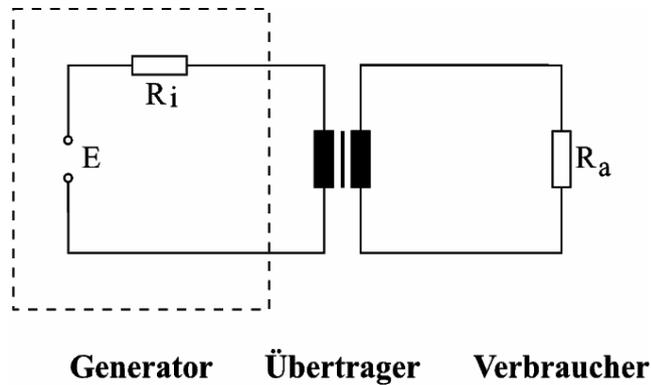


Bild 2 : Übertrager zwischen Generator und Verbraucher

Strom und Spannung haben an R_a denselben Betrag wie an der Sekundärwicklung des Übertragers. Bei einem Übertragungsverhältnis \ddot{U} ergibt sich damit für die Primärseite:

$$I_{pr} = \ddot{U} \cdot I_a \quad U_{pr} = U_a / \ddot{U} \quad (5)$$

Das aus R_a und \ddot{U} bestehende System wirkt auf den Generator wie ein Widerstand R'_a :

$$R'_a = \frac{U_{pr}}{I_{pr}} = \frac{U_a}{I_a \cdot \ddot{U}^2} = \frac{R_a}{\ddot{U}^2} \quad (6)$$

Leistungsanpassung liegt vor, wenn $R'_a = R_i$ ist, was sich durch geeignete Wahl des richtigen Übertragungsverhältnisses erreichen läßt.

3. Versuchsdurchführung

- 3.1 Messen Sie die Innenwiderstände der Generatoren und wählen Sie für die nachfolgenden Messungen den jeweils geeignetsten aus.
- 3.2 Bauen Sie die Meßanordnung nach Bild 3 auf.

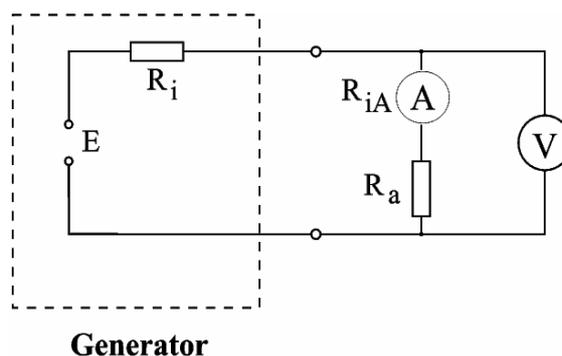


Bild 3

Verändern Sie schrittweise die Größe von R_a , und messen Sie die zugehörigen Werte U und I (mindestens 10 Wertepaare). Berechnen Sie jeweils P_a und R_a , und fertigen Sie eine grafische Darstellung an. Überprüfen Sie, ob Leistungsanpassung tatsächlich bei $R_a = R_i$ vorliegt.

Beachten Sie bei der Auswertung, daß der zwar kleine aber doch nicht völlig zu vernachlässigende Innenwiderstand R_{iA} des Amperemeters in Reihe mit R_a liegt, d.h.: entweder R_{iA} abziehen oder besser gleich $R_a + R_{iA}$ insgesamt als Verbraucher ansehen. Die Größe von R_{iA} in den einzelnen Meßbereichen kann dem Datenblatt entnommen werden.

Bei einem Digital-Multimeter liegt der Innenwiderstand des Voltmeters im Mega-Ohm-Bereich, d.h. der durch das Meßgerät fließende Strom kann hier vernachlässigt werden.

- 3.3 Ermitteln Sie den Wert des gegebenen Verbraucherwiderstandes. Entscheiden Sie anhand der mit dem vorhandenen Übertrager möglichen Übertragungsverhältnisse (Tab.1), für welchen Generator eine Leistungsanpassung möglich ist.

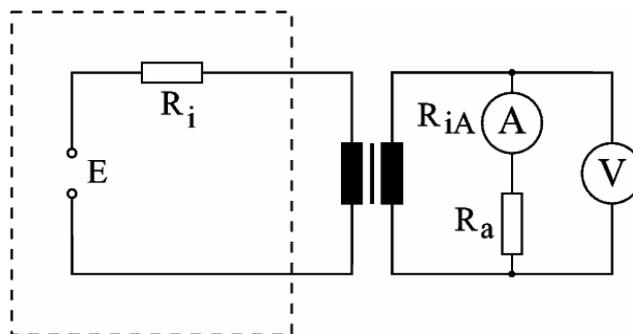
Das Übertragungsverhältnis $\ddot{U} = \frac{N_{\text{sek}}}{N_{\text{prim}}}$, wobei N die Windungszahl ist, hat zwischen

den sekundärseitigen Klemmen 1 und X ($X = 2, \dots, 13$) die folgenden Werte:

X	2	3	4	5	6	7
\ddot{U}	0.61	0.65	0.70	0.75	0.81	0.90
X	8	9	10	11	12	13
\ddot{U}	0.99	1.05	1.18	1.32	1.58	1.91

Tab. 1: Übertragungsverhältnis

Für alle Übertragungsverhältnisse sind Strom und Spannung nach der angegebenen Schaltung (Bild 4) zu messen und die Leistungsaufnahme P_a des Widerstandes sowie die Größe R'_a sind zu berechnen. P_a ist grafisch über R'_a darzustellen.



Generator Übertrager

Bild 4

- 3.4 Für alle wesentlichen Meßgrößen (R_i , R_a , P_a^{max} ...) und Ergebnisse (Lage der Maxima bzgl. R_i) sind Genauigkeitsaussagen zu treffen (Fehlerrechnung).
- 3.5 (Zusatzaufgabe): Wiederholen Sie die Messung zur Leistungsanpassung für eine kleine Glühlampe. Beachten Sie dabei, daß der Widerstand der Lampe temperatur- und damit leistungsabhängig ist.

Literatur

Clausnitzer, H.: Einführung in die Elektrotechnik, Verlag Technik, Berlin 1965
Elschner, H.: Grundlagen der Elektrotechnik, Verlag Technik, Berlin 1990