

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 Realisieren Sie 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 301!).

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?

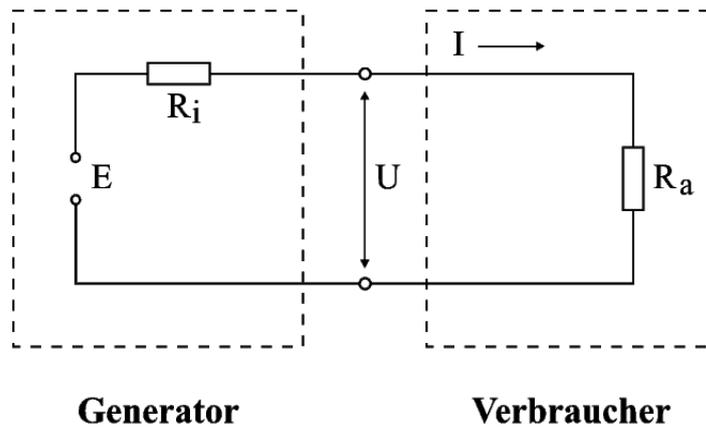


Bild 1: Grundschtung

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).

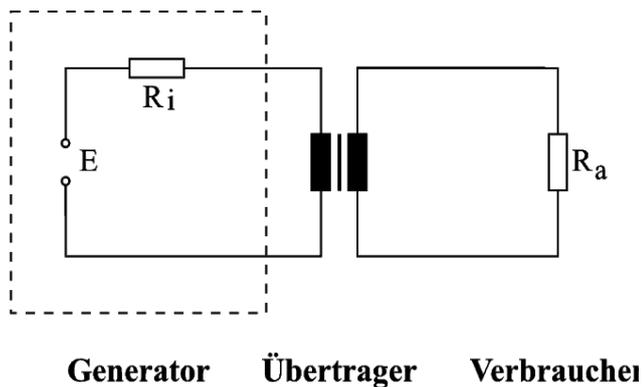


Bild 2: Übertrager zwischen Generator und Verbraucher

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 Bauen Sie die Messanordnung nach Bild 3 auf.

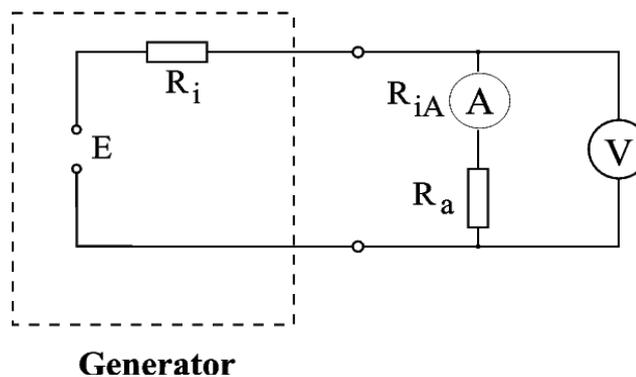


Bild 3: Schaltungsaufbau für Aufgabe 3.1

3.2 Ermitteln Sie über die Leistungsanpassungskurven die drei verschiedenen Generatorinnenwiderstände. Verändern Sie dafür schrittweise die Größe von R_a , und messen Sie die zugehörigen Werte U und I (10 bis 20 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.

Wie wirkt sich der zunächst unbekannte Innenwiderstand R_{iA} bei der verwendeten Schaltung auf den ermittelten Generatorinnenwiderstand aus? (Bei den verwendeten Digital-Multimetern liegt der Innenwiderstand des Voltmeters im Mega-Ohm-Bereich.)

3.3 Ermitteln Sie durch Strom und Spannungsmessung den Wert des vorliegenden Verbraucherwiderstandes. Beachten Sie dabei die Regeln für die strom- oder spannungsrichtige Messung. Entscheiden Sie anhand der mit dem vorhandenen Übertrager möglichen Übertragungsverhältnisse (Tab.1), für welchen Generatorwiderstand eine Leistungsanpassung möglich wäre und realisieren Sie diese.

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:

Tab. 1: Übertragungsverhältnis.

	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

Für alle Übertragungsverhältnisse sind Strom und Spannung nach der angegebenen Schaltung (Bild 4) zu messen und die Leistungsaufnahme P_a bzw. R'_a ($R_a + R_{iA}$) zu berechnen. P_a ist grafisch über R'_a darzustellen. Vergleichen Sie das Ergebnis mit den theoretischen Überlegungen.

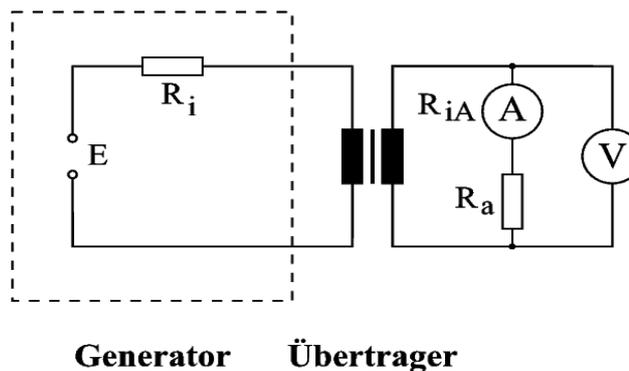


Bild 4: Schaltung für Aufgabe 3.3

Was müsste man beachten, wenn die Leistungsanpassung ohne eingefügten Amperemeter realisiert werden soll? (Bestimmen Sie dafür den Innerwiderstand des Amperemeters mit dieser Schaltung. Gehen Sie wieder von einem Innenwiderstand des Voltmeters im Mega-Ohm-Bereich aus.

- 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.
- 3.5 Verwirklichen Sie die Leistungsanpassung für eine kleine Glühlampe. Beachten Sie dabei, dass der Widerstand der Lampe temperatur- und damit leistungsabhängig ist. Messen Sie den Kaltwiderstand und diskutieren Sie das Ergebnis!

Literatur

Clausnitzer, H.: Einführung in die Elektrotechnik, Verlag Technik, Berlin 1965

Elschner, H.: Grundlagen der Elektrotechnik, Verlag Technik, Berlin 1990

Siehe Link \Rightarrow Versuche \Rightarrow Literatur:

http://www.uni-jena.de/Literatur_p_131600.html