

Lösung der Übungsaufgabe ÜA\_3\_19.3.B:

22.09.2022

Berechnen Sie allgemein den Betrag der Ausgangsspannung eines verlustlosen Übertragers. Er wird primärseitig mit einem Vorwiderstand  $R_1 = 10 \Omega$  beschaltet und sekundärseitig mit einem Widerstand  $R_a = 100 \Omega$  belastet.

Ein Übertrager ist eine spezielle Ausführung eines Transformators mit  $\ddot{u} = 1$ . Für diesen Spezialfall gilt:

$$L_1 = L_2 = L \quad \text{und:} \quad M = k \cdot \sqrt{L_1 L_2} = k \cdot L$$

Bei einem Kopplungsfaktor mit  $k \rightarrow 1$  gilt außerdem:  $L_1 = L_2 = L \approx M$ .

In beiden Fällen vereinfacht sich die Transformator-Schaltung (dargestellt über das T-ESB) erkennbar:

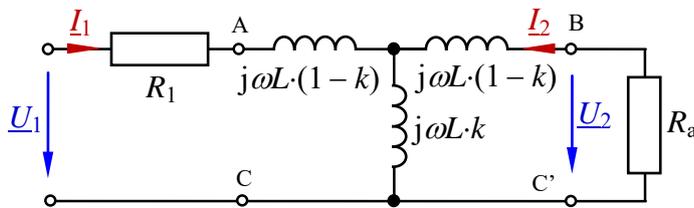


Bild ÜA\_3\_19.3.B\_1: T-Ersatzschaltbild

Bei  $k = 1$  entfallen die Induktivitäten im Längszweig. Vom eigentlichen Transformator bleibt nur noch die Wirkung des Widerstandes im Querzweig  $j\omega M = j\omega L \cdot k$  übrig.

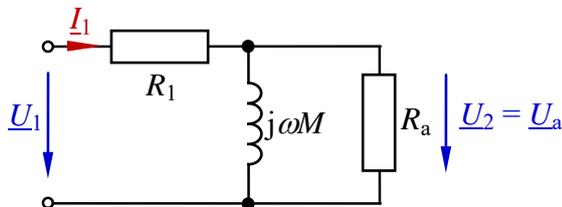


Bild ÜA\_3\_19.3.B\_2: Vereinfachtes Ersatzschaltbild

Nun können wir die Ausgangsspannung berechnen. Dazu setzen wir die Spannungsteilerregel im vereinfachten Ersatzschaltbild an:

$$\frac{U_a}{U_1} = \frac{R_a // j\omega M}{R_1 + R_a // j\omega M} = \frac{\frac{R_a \cdot j\omega M}{R_a + j\omega M}}{R_1 + \frac{R_a \cdot j\omega M}{R_a + j\omega M}} = \frac{R_a \cdot j\omega M}{R_1 \cdot (R_a + j\omega M) + R_a \cdot j\omega M}$$

$$\frac{U_a}{U_1} = \frac{j\omega M \cdot R_a}{R_1 R_a + j\omega M \cdot (R_1 + R_a)}$$

$$\frac{U_a}{U_1} = \frac{\omega M \cdot R_a}{\sqrt{(R_1 R_a)^2 + \omega^2 M^2 \cdot (R_1 + R_a)^2}} \cdot e^{j[90^\circ - \arctan \frac{\omega M \cdot (R_1 + R_a)}{R_1 R_a}]}$$

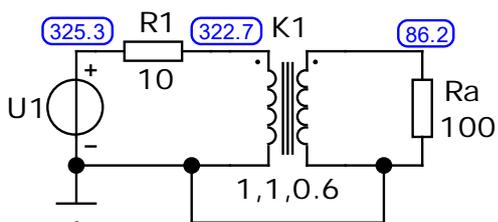


Obwohl in der Aufgabenstellung steht, dass die Simulation mit PSPICE durchgeführt werden soll, wäre ja auch eine relativ einfache Lösung mit MICROCAP interessant. Es geht hier um die Grundlagen der Elektrotechnik. Dabei spielt die verwendete Simulationstechnik eine untergeordnete Rolle.

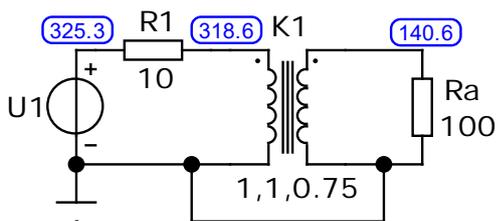
In MICROCAP könnten wir z.B. die Dynamic-AC-Analyse oder die Transienten-Analyse einsetzen. Die Transienten-Analyse wird auf den Zeitraum:  $100 \text{ ms} \leq t \leq 200 \text{ ms}$  eingestellt. Dann kann der Einschwingvorgang nach fünf Perioden als nahezu abgeschlossen betrachtet werden.

Zur Simulation wählen wir drei unterschiedliche Kopplungsfaktoren mit:  $k = 0,6$  sowie  $0,75$  und  $0,9$ . Weitere Zwischenlösungen finden wir bei Bedarf im Bild ÜA\_3\_19.3.B\_3.

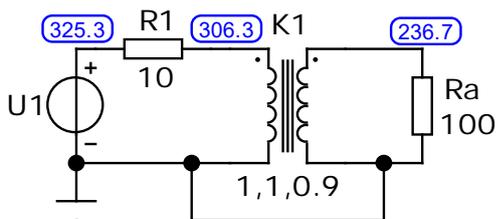
• **Dynamic-AC-Analyse:**



a) Kopplungsfaktor  $k = 0,6$



b) Kopplungsfaktor  $k = 0,75$



c) Kopplungsfaktor  $k = 0,9$

• **Transienten-Analyse:**

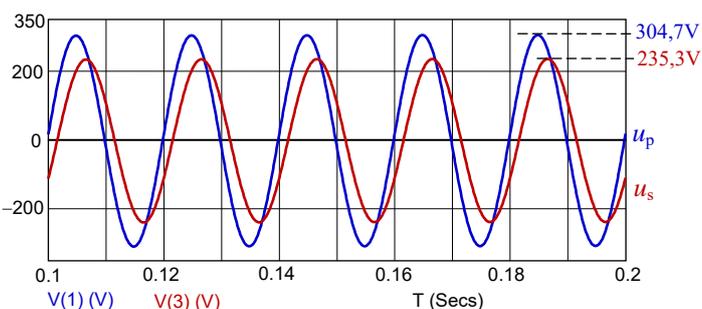
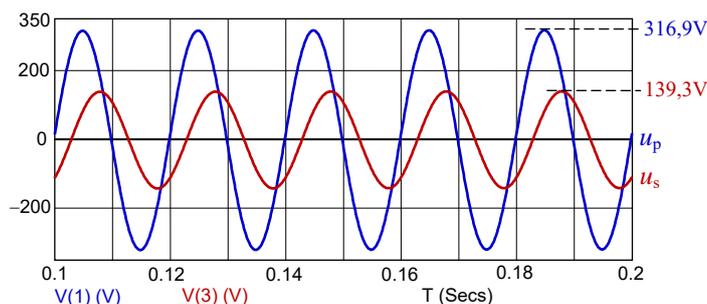
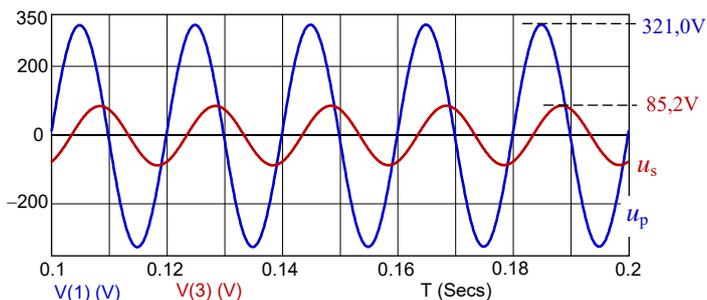


Bild ÜA\_3\_19.3.B\_4: Ergebnisse der Dynamic-AC-Analyse (links) und der Transienten-Analyse (rechts)

Die Ergebnisse stimmen mit der PSPICE-Analyse im Bild ÜA\_3\_19.3.B\_3 überein. Die Zahlenwerte muss man aber bei den grafischen Lösungen über die Cursor-Funktion bestimmen.

Ende der zusätzlichen Lösung