Anwendungsbeispiele für Analogrechner

Beispiel 5 15. Oktober 1963

TRANSFORMATOR

1. Aufgabenstellung

Es soll der zeitliche Verlauf des Primär- und des Sekundärstromes eines Transformators bei ohmisch-induktiver und ohmisch-kapazitiver Last nach dem Einschalten der Netzspannung u ermittelt werden. Die Magnetisierungskennlinie des Eisens soll berücksichtigt werden.

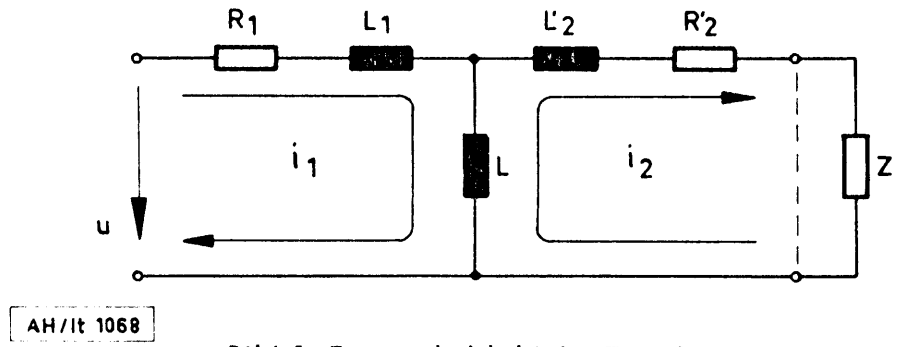


Bild 1 Ersatzschaltbild des Transformators

Bild 1 zeigt das Ersatzschaltbild. Es bedeuten

R_1, R_2' Wicklungswiderstand

L_1, L_2' Streuinduktivitäten

L Hauptinduktivität

Z Verbraucher

$$Z = \begin{cases} R_0 + j\omega L_0 & \text{: ohmisch-induktiv} \\ R_0 + \dfrac{1}{j\omega C_0} & \text{: ohmisch-kapazitiv} \end{cases}$$

2. Gleichungen und Transformatordaten

$$R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + L \frac{di_1}{dt} - L \frac{di_2}{dt} - u_0 \sin\omega t = 0$$

Herausgeber: TELEFUNKEN Aktiengesellschaft · Fachbereich Anlagen Hochfrequenz · Fachgebiet Informationstechnik
Elektronische Rechenanlagen · 775 Konstanz/Bodensee

$$(R_0 + R_2') \, i_2 + (L_2' + L_0) \frac{di_2}{dt} + L \frac{di_2}{dt} - L \frac{di_1}{dt} = 0 \quad \text{ohm.-ind.}$$

$$(R + R_2') \, i_2 + L_2' \frac{di_2}{dt} + L \frac{di_2}{dt} - L \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C_0} \int i_2 dt = 0 \quad \text{ohm.-kap.}$$

$$i_{magn} = i_1 - i_2$$

Konstanten:

$u_0 = \sqrt{2} \cdot 220$ V

$R_1 = 5\,\Omega$

$R_2 = 6{,}5\,\Omega$

$L(I_{magn})$ nach Bild 2

$f = 50$ Hz

$L_1 = 0{,}0191$ H

$L_2' = 0{,}0221$ H

$i_{max} = 23$ A

$L_{max} = 1{,}6$ H

$L_0 = 0{,}204$ H

$R_0 = 60$

$C_0 = 6{,}65\,\mu F$

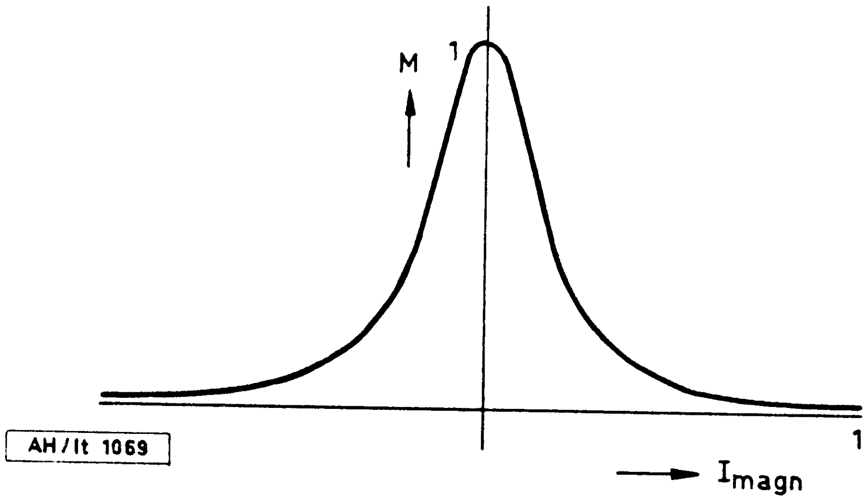


Bild 2 Verlauf der Funktion M (I_{magn})

3. Normierung

Mit $I = \frac{i}{i_{max}}$; $M = \frac{L}{L_{max}}$; $M_1 = \frac{L_1}{L_{max}}$; $M_2 = \frac{L_2}{L_{max}}$ und $\tau = \lambda t$

lauten die normierten Gleichungen:

$$M\dot{I}_1 + M_1\dot{I}_1 + \frac{R_1}{L_{max}\lambda^2} I_1 - M\dot{I}_2 - \frac{u_0}{L_{max} i_{max} \lambda} \sin \frac{\omega}{\lambda} \tau = 0$$

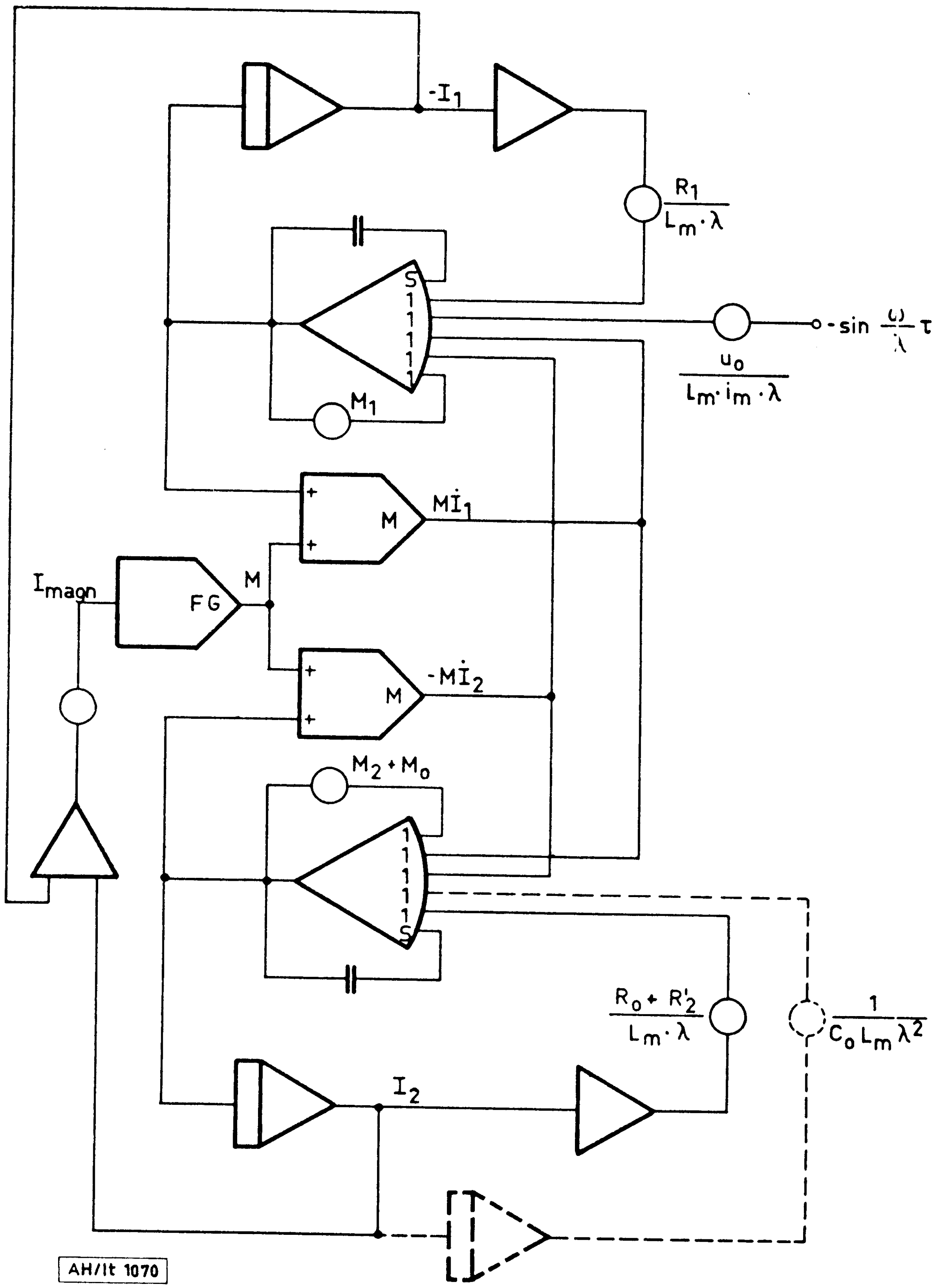
$$M\dot{I}_2 + (M_2 + M_0)\dot{I}_2 + \frac{R_0 + R_2'}{L_{max}\lambda} I_2 - M\dot{I}_1 = 0 \quad \text{ohmisch-induktiv}$$

$$M\dot{I}_2 + M_2\dot{I}_2 + \frac{R_0 + R_2'}{L_{max}\lambda} I_2 - M\dot{I}_1 + \frac{1}{C_0 L_{max}\lambda^2} \cdot \int I_2 d\tau = 0 \quad \text{ohm.-kap.}$$

$$I_{magn} = (I_1 - I_2) \cdot \frac{i_{max}}{i_{magn.max}}$$

Diese Gleichungen werden zweckmäßig in der impliziten Form gelöst ("Offene Verstärker" Technik) [2] . Bild 3 zeigt die Rechenschaltung.

4. Rechenschaltung



AH/It 1070

Bild 3 Rechenschaltung

5. Ergebnisse

Die Bilder 4 bis 7 zeigen den zeitlichen Verlauf des Primär- und Sekundärstromes bei ohmisch-induktiver und ohmisch-kapazitiver Last.

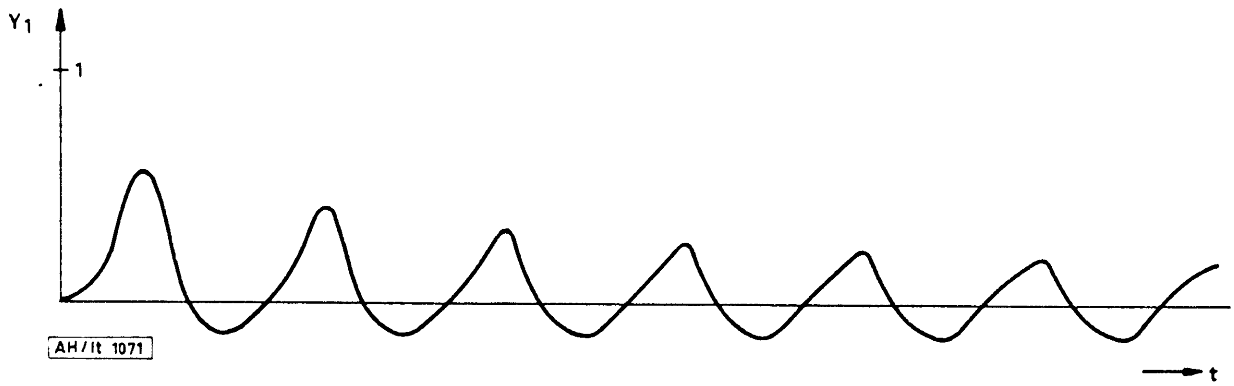


Bild 4 Primärstrom bei ohmisch-induktiver Last

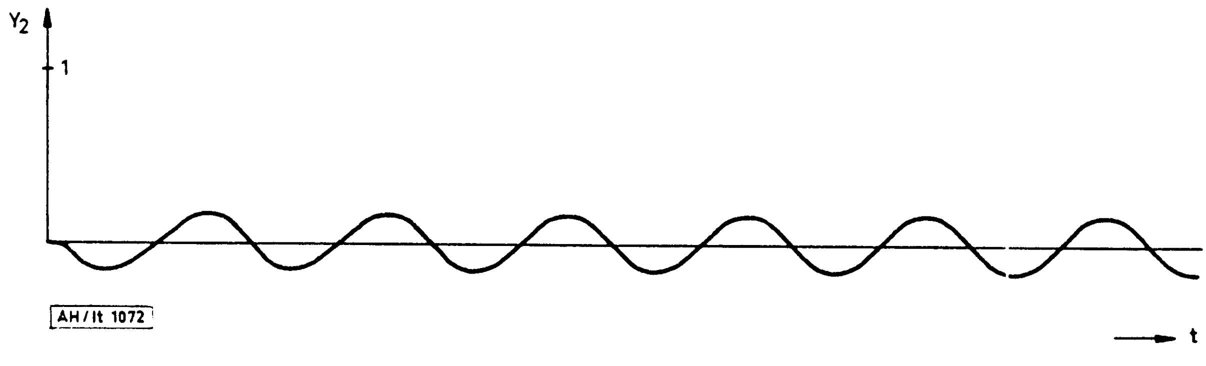


Bild 5 Sekundärstrom bei ohmisch-induktiver Last

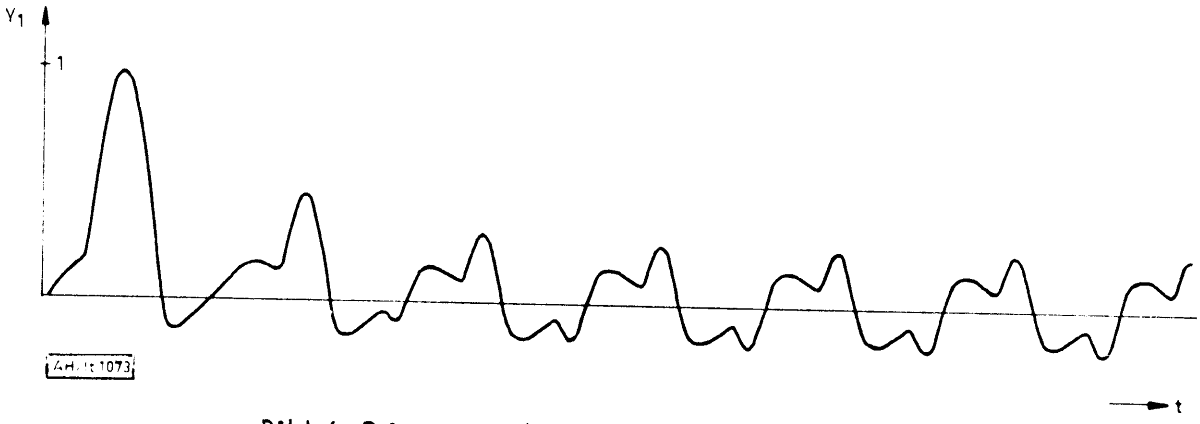


Bild 6 Primärstrom bei ohmisch-kapazitiver Last

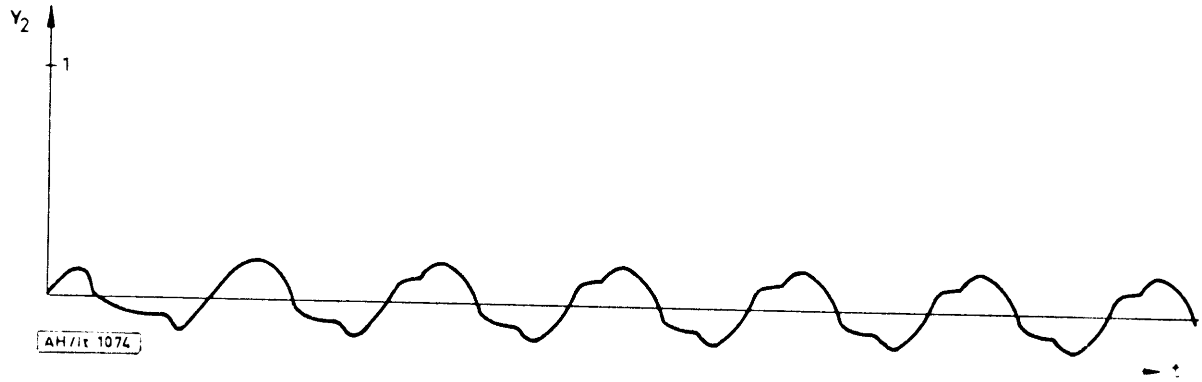


Bild 7 Sekundärstrom bei ohmisch-kapazitiver Last

Literatur:

[1] Richter, Elektrische Maschinen

[2] Giloi, W. und Herschel, R., Rechenanleitung für Analogrechner, TELEFUNKEN-Fachbuch 1961, Konstanz