

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.

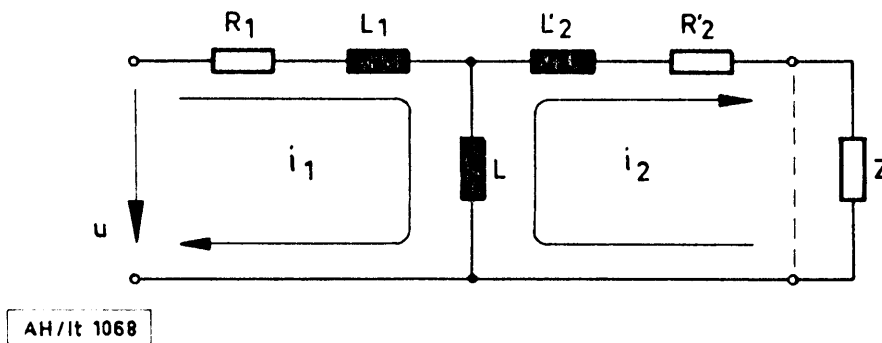


Bild 1 Ersatzschaltbild des Transformators

Bild 1 zeigt das Ersatzschaltbild. Es bedeuten

R_1, R'_2 Wicklungswiderstand

L_1, L'_2 Streuinduktivitäten

L Hauptinduktivität

Z Verbraucher

$Z =$

$R_0 + j\omega L_0$: ohmisch-induktiv

$R_0 + \frac{1}{j\omega C_0}$: ohmisch-kapazitiv

2. Gleichungen und Transformatoraten

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

$$(R_0 + R'_2) i_2 + (L'_2 + L_0) \frac{di_2}{dt} + L \frac{di_2}{dt} - L \frac{di_1}{dt} = 0 \quad \text{ohm.-ind.}$$

$$(R + R'_2) i_2 + L'_2 \frac{di_2}{dt} + L \frac{di_2}{dt} - L \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C_0} \int i_2 dt = 0 \quad \text{ohm.-kap.}$$

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

Konstanten:

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

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$i_{\text{max}} = 23 \text{ A}$$

$$R_1 = 5 \Omega$$

$$L_1 = 0,0191 \text{ H}$$

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

$$R_2 = 6,5 \Omega$$

$$L'_2 = 0,0221 \text{ H}$$

$$L_0 = 0,204 \text{ H}$$

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

$$R_0 = 60$$

$$C_0 = 6,66 \mu\text{F}$$

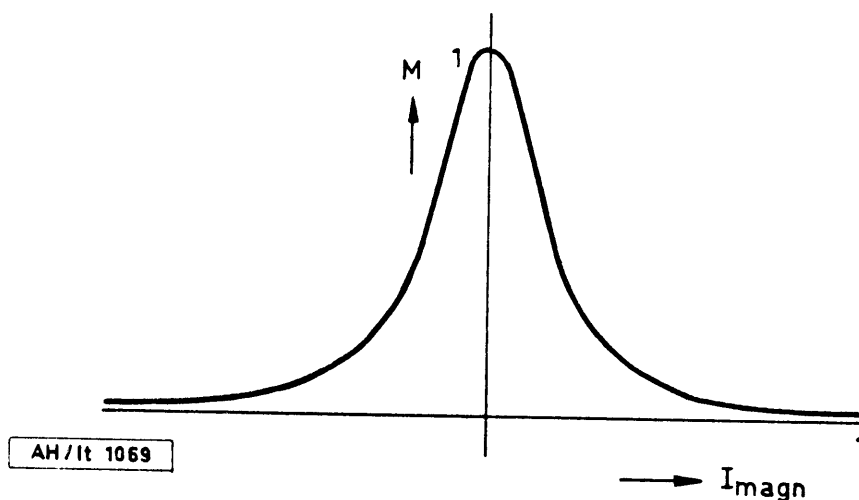


Bild 2 Verlauf der Funktion $M(I_{\text{magn}})$

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:

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

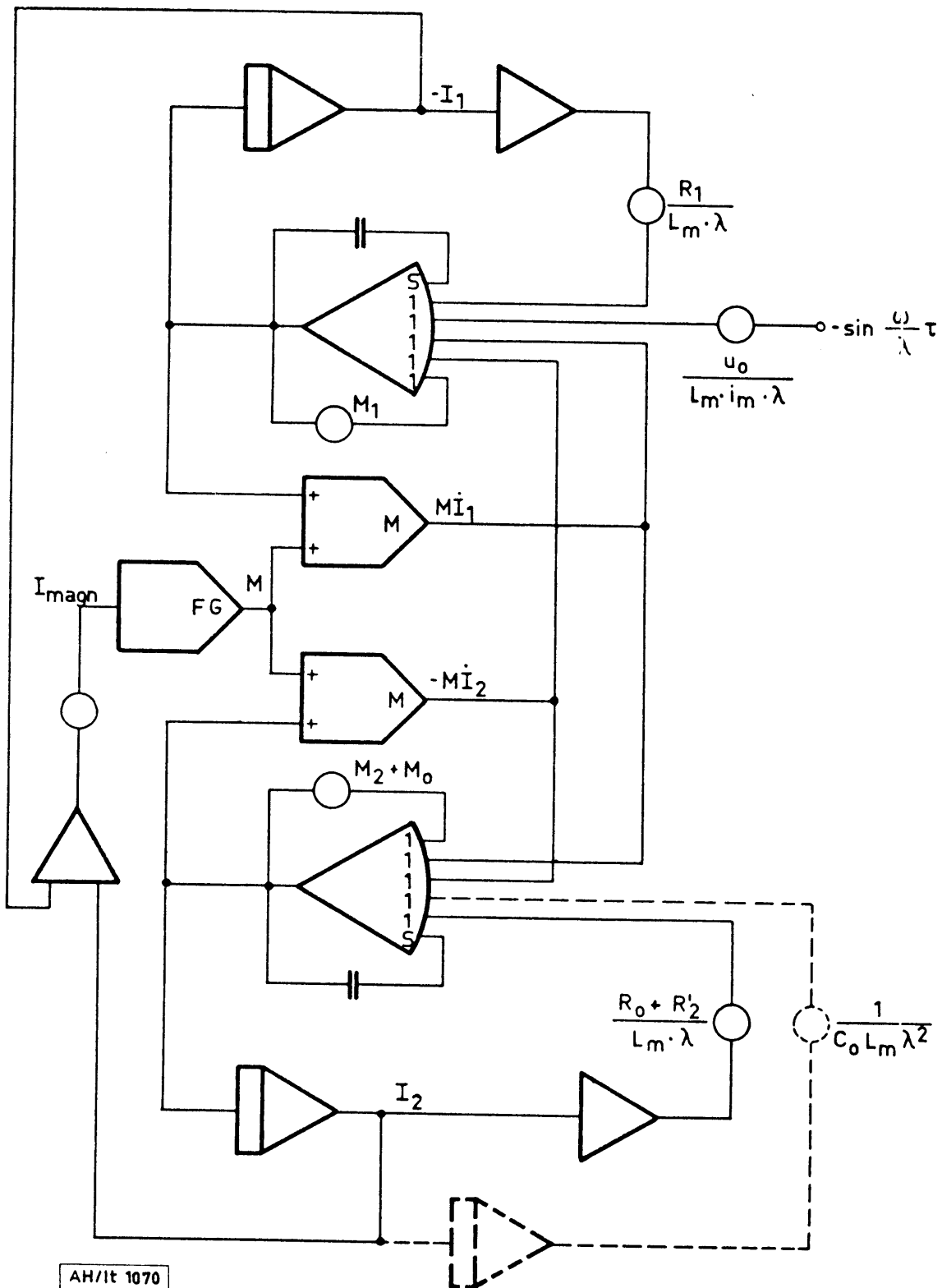
$$M\dot{I}_2 + (M_2 + M_0)\dot{I}_2 + \frac{R_0 + R'_2}{L_{\max}\lambda} I_2 - M\dot{I}_1 = 0 \quad \text{ohmisch-induktiv}$$

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

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

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

4. Rechenschaltung



AH/lt 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.

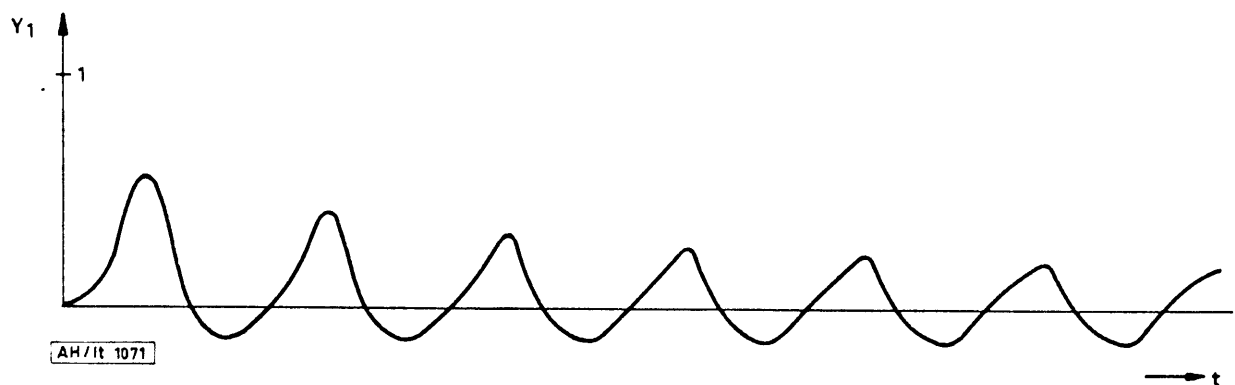


Bild 4 Primärstrom bei ohmisch-induktiver Last

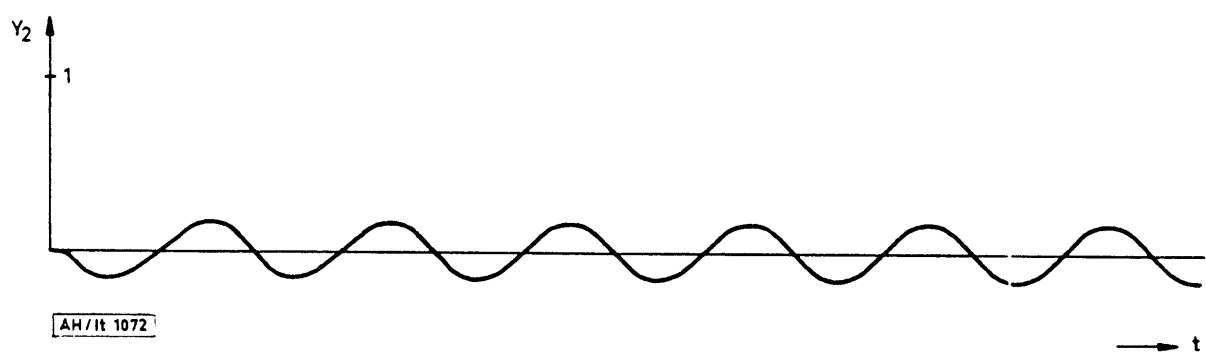


Bild 5 Sekundärstrom bei ohmisch-induktiver Last

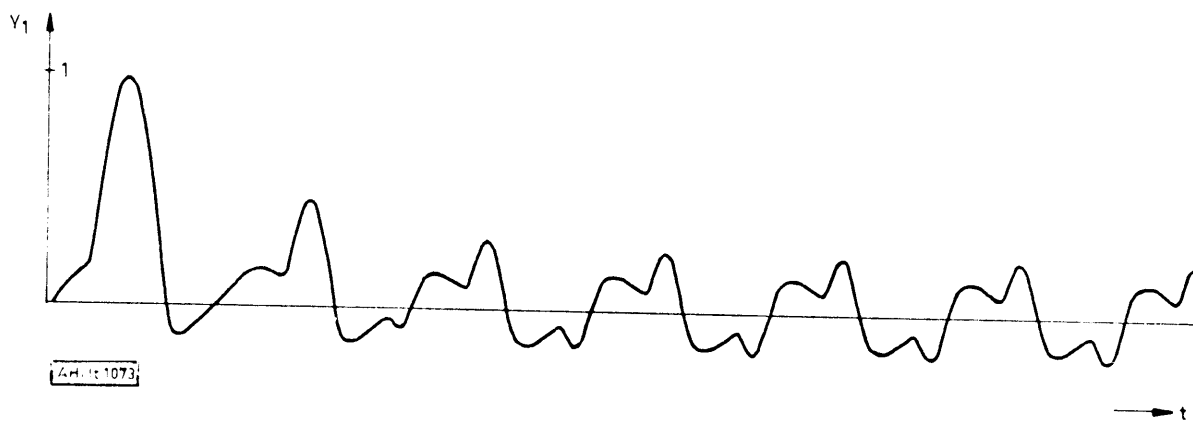


Bild 6 Primärstrom bei ohmisch-kapazitiver Last

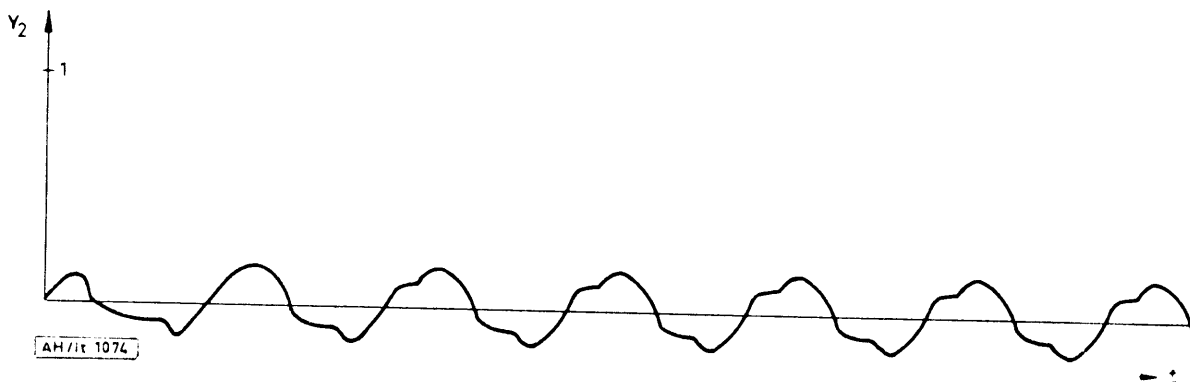


Bild 7 Sekundärstrom bei ohmisch-kapazitiver Last

Literatur:

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