

Diplomarbeit

Thema:

Erstellen eines Programmes zur Messung und grafischen Auswertung weichmagnetischer Werkstoffe unter Zuhilfenahme von IEEE Bus, Oszilloskop und Frequenzgenerator.

Ort:

Hochspannungslabor der Fachhochschule für Technik Esslingen.

Anregung:

Prof. Ing. Wolfgang Schöllhorn.

Betreuung:

Prof.Dr.-Ing. Helmut Förchner.

Technische Beratung:

Dipl.Ing.(FH) Uwe Weidlich.

Hochschule:

Fachhochschule für Technik Esslingen.

Student:

Matthias Schweizer
Lauterweg 17
73734 Esslingen.

1. Einleitung

1.1	Der Transformator	Seite	4
1.2	Das alte Meßsystem von KRUPP WIDIA.	Seite	4
1.3	Die Aufgabenstellung	Seite	5
1.4	Der Meßablauf theoretisch.	Seite	6
1.5	Probleme bei der Umsetzung der Messung	Seite	7

2. Voraussetzungen zum Programmstart

2.1	Welche Dateien müssen vorhanden sein ?	Seite	8
2.2	Anschluß der Geräte.	Seite	8
2.3	Adressen der Geräte.	Seite	8
2.4	Einstellungen der Geräte	Seite	9
2.5	Der Meßaufbau.	Seite	11

3. Programmbedienung

3.1	Starten des Programmes.	Seite	12
3.2	Eingabemöglichkeiten	Seite	12
3.3	Bedienschritte	Seite	13
3.4	Dateien, die gespeichert werden.	Seite	17
3.5	Abbruch möglich, aber wie ?	Seite	17

4. Leistungsumfang

4.1	Tabelle mit max. und min. Flußdichtewerten	Seite	18
4.2	Spannungen an den Oszilloskopeingängen	Seite	19
4.3	Spannungen der Kanäle 1 und 2 des Oszilloskopes . . Seite	20	

5. Programmbeschreibung

5.1	Beschreibung des Programmablaufes	Seite	37
5.2	Formeln mit Herleitung.	Seite	41
5.2.1	Formel für magnetische Feldstärke	Seite	41
5.2.2	Formel für magnetische Flußdichte	Seite	41
5.2.3	Formel für die Hystereseverluste	Seite	42
5.3	Beschreibung der gespeicherten Dateien	Seite	43
5.4	Aufbau der Grafik	Seite	44

6. Programmaufbau

6.1	Aufbau der Unit's	Seite 45
6.2	Programmtext mit Erklärung	Seite 47
6.2.1	Unit Messung mit Erklärung	Seite 47
6.2.2	Unit Geraete mit Erklärung	Seite 57
6.3	Programmtexte (Quelltexte)	Seite 69
6.3.1	Programm Magnet	Seite 69
6.3.2	Unit Anfang	Seite 73
6.3.3	Unit Geraete	Seite 85
6.3.4	Unit Grafik	Seite 96
6.3.5	Unit Mathe	Seite 108
6.3.6	Unit Meldung	Seite 112
6.3.7	Unit Messung	Seite 124
6.3.8	Unit Vardef	Seite 132
6.4	Flußdiagramm Programm Magnet.	Seite 134

7. Meßergebnisse

7.1	Ausgewertete Messungen	Seite 139
-----	----------------------------------	-----------

8. Literaturverweis

8.1	Literaturverweis	Seite 162
-----	----------------------------	-----------

1.1 Der Transformator

Der Transformator wird in der Elektrotechnik für viele verschiedene Aufgaben eingesetzt. Er wandelt Meßsignale, trennt Potentiale und wird zur Spannungsniveaänderung verwendet. In der Energietechnik ist der Transformator nicht zu ersetzen, da er den wirtschaftlichen Energietransport erst ermöglicht. Bei Spannungen (in Europa) von 110/220/380 KV sind durch Energieumformung mit Hilfe des Transformator entsprechend kleine Stromstärken möglich.

Der prinzipielle Aufbau eines Transformator's ist sehr einfach. Zwei Wicklungen umfassen einen geschlossenen Eisenkern, der sich auf diese Weise mit etwa demselben magnetischen Wechselfluß verkettet. Dadurch verhalten sich nach dem Induktionsgesetz die zwei Klemmspannungen praktisch wie die Windungszahlen der Wicklungen. Der Transformator gibt also die über die Primärwicklung aufgenommene Leistung nach Abzug der inneren Verluste über die Sekundärwicklung mit niedriger oder höherer Spannung wieder ab. (1)

Diese inneren Verluste des Transformator's sind Ummagnetisierungsverluste. Sie setzen sich zusammen aus Wirbelstromverlusten P_w und Hystereseverlusten P_h . Die Ummagnetisierungsverluste können nach folgender Beziehung getrennt werten: $P = CH f + CW f^2$. Die Koeffizienten CH und CW können ermittelt werden, wenn bei zwei Frequenzen f_1 und f_2 die Ummagnetisierungsverluste P_1 und P_2 bekannt sind. (2)

Das Programm führt keine Verlusttrennung durch, so daß wir die Verluste nur als Gesamtverluste betrachten können.

Aus ökonomischen und ökologischen Gründen sollen elektrische Maschinen einen möglichst geringen Leistungsverlust und hohen Wirkungsgrad aufweisen. Einen wichtigen Beitrag muß dabei das Elektroblech als Kernwerkstoff leisten. (3)

Um dieses Elektroblech des Kernwerkstoffes untersuchen zu können wurde der Epsteinrahmen entwickelt. Er ist prinzipiell aufgebaut wie ein Transformator. Er hat eine Primär und Sekundärwicklung. Beim Epsteinrahmen ist aber kein fester Eisenkern vorhanden. Der Eisenkern wird aus Blechstreifen gebildet, die in den Epsteinrahmen eingelegt werden. So ist es möglich verschiedene Werkstoffe mit Hilfe des Epsteinrahmens zu untersuchen.

1.2 Das alte Meßsystem von KRUPP WIDIA

Mit dem Magnetocomp von KRUPP WIDIA GmbH Magnettechnik konnten die wesentlichen magnetischen Daten von weichmagnetischen Werkstoffen bei dynamischer Ansteuerung ermittelt werden. Die Messung konnte im Frequenzbereich von 10 Hz bis 2 kHz durchgeführt werden. Es war ein maximaler Spitzengstrom von 5 A möglich. Das Magnetocomp-Meßsystem bestand aus einem Rechner CBM 8032 SK, einem Diskettenlaufwerk, einem Plotter HP 7470 A und einer verschalteten Probe.

Folgende Funktionen konnten ausgeführt werden:

- Messen der Remanenz (Br).
- Messen der Koerzitivfeldstärke (Hr).
- Messen der maximalen Flußdichte (B) und der maximalen magnetischen Feldstärke (H).
- Messen der Verlustleistung.
- Messen der Hystereseschleife.
- Messen der Neukurve.
- Berechnen der Permeabilitätszahl, in Abhängigkeit der magnetischen Feldstärke H.
- Grafische Darstellung der Hystereseschleife.
- Grafische Darstellung der Neukurve.
- Grafische Darstellung der Permeabilitätskurve.

Das Funktionsprinzip des Meßsystems von KRUPP WIDIA:

Die primäre Wicklung N₁ war über einen Ausgangstransformator mit dem Leistungsverstärker verbunden, der den Magnetisierungsstrom liefert. Amplitude und Frequenz des Stromes waren vom Rechner einstellbar. Der Spannungsabfall U_R am Meßwiderstand war proportional der Feldstärke H. Die sekundärseitig in N₂ induzierte Spannung U₂ war ein Maß für die Flußänderung dΦ/dt. Der zeitliche Verlauf von U_R und U₂ wurde von zwei schnellen Analog-Digitalwandlern synchron abgetastet, digitalisiert und über direkten Speicherzugriff (DMA) gespeichert.

Aus den gespeicherten Daten einer Schwingungsperiode wurden der zeitliche Verlauf der Flußdichte (Induktion) durch numerische Integration der Meßwerte von U₂ durch den Rechner bestimmt. Außerdem wurden die Ummagnetisierungsverluste P, die Koerzitivfeldstärke H_C und die Remanenz B_R berechnet.

Die Hystereseschleife wurde automatisch skaliert auf einem Plotter dargestellt. Die Kommutierungskurve $\hat{B} = f(\hat{H})$ wurde vom Rechner automatisch gemessen und ebenfalls auf dem Plotter graphisch dargestellt. (4)

Der Permeabilitätsverlauf wurde vom Rechner berechnet und auf dem Plotter grafisch dargestellt.

1.3 Die Aufgabenstellung

Die Aufgabe der Diplomarbeit bestand darin, einen Ersatz für das Meßsystem Magnetocomp von KRUPP WIDIA zu erstellen.

Zur Verfügung standen folgende Geräte:

- Ein Oszilloskop der Firma Hewlett Packard, Typ 54600 A.
- Ein Frequenzgenerator der Firma Hewlett Packard, Typ 8116 A.
- Ein 286 Personal Computer.
- Eine IEEE-Buskarte der Firma Keithley, Typ KPC-488.2.
- Ein Nadeldrucker der Firma Fujitsu, Typ DL 2400.
- Ein Epsteinrahmen.

Das zu erstellende Programm muß folgende Funktionen ausführen können:

- Eingabe der Werkstoff- und Anordnungsparameter.
- Vorgegebenen Frequenz und Flußdichtewert vollautomatisch anfahren.
- Messen der Remanenz (Br).
- Messen der Koerzitivfeldstärke (Hr).
- Messen der maximalen Flußdichte (B) und der maximalen magnetischen Feldstärke (H).
- Messen der Verlustleistung.
- Messen der Hystereseschleife.
- Messen der Neukurve.
- Messen der Kommutierungskurve.
- Grafische Darstellung der Hystereseschleife.
- Grafische Darstellung der Neukurve.
- Grafische Darstellung der Kommutierungskurve.
- Grafische Darstellung aller Eingabeparameter und Meßergebnisse.
- Dokumentation. (Ausdruck)

Die Parameter die eingestellt werden können:

- Frequenzeinstellung möglich von 15 Hz bis 5 kHz.
- Ausgangsspannung ist möglich von 0.3 V bis 16 V.
(Der Magnetisierungsstrom ist abhängig vom Spannungsabfall über dem Shunt.)

Der Meßaufbau:

Der Frequenzgenerator ist an die Primärwicklung des Epsteinrahmens angeschlossen. Kanal 1 des Oszilloskop's wird von der Sekundärwicklung des Epsteinrahmens abgenommen. Kanal 2 wird über einen Shunt, der in Reihe zur Primärwicklung liegt, abgegriffen. Achtung hier ist auf die richtige Phasenlage zu achten, da es sonst bei der Messung zu einer Verdrehung der Grafik bzw. der Hystereseschleife kommt. Das Oszilloskop speichert die Kurvenverläufe der Kanäle 1 und 2 ab und das Programm verarbeitet die vorhandenen Informationen.

(Weitere Informationen zum Meßaufbau Kapitel 2.6)

1.4 Der Meßablauf theoretisch

Über den Frequenzgenerator wird an die Primärwicklung des Epsteinrahmens eine sinusförmige Spannung angelegt. Die sinusförmige Spannung erzeugt über der Primärwicklung und über dem Shunt, der in Reihe zur Primärwicklung liegt, einen Magnetisierungsstrom. Die Spannung über dem Shunt wird in Kanal 2 dargestellt. Der Magnetisierungsstrom verursacht im Eisenkern die magnetische Feldstärke H. Die magnetische Feldstärke (H) ist proportional zur Spannung über dem Shunt. In der Sekundärwicklung wird aufgrund des Induktionsgesetzes eine Spannung erzeugt. Diese Spannung wird in Kanal 1 des Oszilloskop's dargestellt. Diese Spannung wird numerisch Integriert. Sie, die integrierte Spannung ist der magnetischen Induktion (B) proportional. Die Herleitung der Formeln für die magnetische Feldstärke und für die magnetische Flußdichte finden sich in Kapitel 5.2.1 und 5.2.2. Die Kanäle 1 und 2 werden digitalisiert und gespeichert. Die gespeicherten Wertepaare stellen die Hystereseschleife dar.

Die Hystereseschleife wird wie folgt ausgewertet:

Die Remanenz wird festgestellt, indem man die Wertepaare nach folgenden Kriterien durchsucht. Die Hystereseschleife wird linksherum gemessen. Nach dem Maximum der magnetischen Flußdichte werden die Wertepaare untersucht. Das Wertepaar wird als Remanenzpunkt gespeichert, welches vor dem ersten negativen magnetischen Feldstärkewert liegt. Also ist die magnetische Feldstärke "Null" und die magnetische Flußdichte liefert den Remanenzwert. Durchsucht man die Wertepaare weiter, so wird die magnetische Flußdichte "Null". Dieses Wertepaar stellt die Koerzitivfeldstärke dar. Der magnetische Feldstärkewert ist negativ und die magnetische Flußdichte ist "Null".

Die maximale magnetische Feldstärke und Flußdichte ergeben sich, indem man die positiven Maximalwerte von maximaler magnetischer Feldstärke und Flußdichte speichert.

Zur Messung der Neu und Kommutierungskurve wird das gleiche Meßprinzip verwendet wie zur Messung der Hystereseschleife. Nur wird hier die Spannung schrittweise auf den Wert der Hysteresemessung erhöht. In jeder Spannungsstufe wird die Hystereseschleife gemessen und nach folgenden Kriterien ausgewertet:

Die Wertepaare werden durchsucht. Das erste Wertepaar besteht aus dem Maximalwert der magnetischen Feldstärke und dem zu diesem Punkt gehörenden magnetischen Flußdichtewert. Dieses Wertepaar ergibt einen Punkt auf der Neukurve. Das zweite Wertepaar besteht aus den jeweiligen maximalwerten einer Messung. Also aus der maximalen magnetischen Feldstärke und der maximalen magnetischen Flußdichte. Dieses Wertepaar ergibt einen Punkt auf der Kommutierungskurve.

Die Auswertung der Hystereseverluste erfolgt aus den Wertepaaren der Hysteresekurve. Diese Wertepaare werden numerisch Integriert. Diese Integration liefert den Flächeninhalt der Hystereseschleife, der proportional zu den Hystereseverlusten ist. Die Herleitung der Formel finden Sie in Kapitel 5.2.3.

1.5 Probleme bei der Umsetzung der Messung

Die Umsetzung der Theorie in die Praxis erforderte manchen "Kunstgriff". Folgende Probleme traten auf und wurden von mir wie beschrieben gelöst:

Die Integration der Sekundärspannung des Epsteinrahmens wird mit dem RUNGE_KUTTA Verfahren durchgeführt. Dieses Verfahren integriert die Spannungswerte numerisch auf. Da der "Nulldurchgang" der magnetischen Flußdichte nicht bekannt ist, ist kein Startwert für die Integration verfügbar. Die Lösung ist eine Symmetrierung der errechneten magnetischen Flußdichtewerte. Die Bestimmung von B maximal und B minimal ist einfach, indem man die integrierten Werte nach ihrem Minimum und Maximum durchsucht. Diese beiden Werte werden den Beträgen nach addiert und durch zwei dividiert. Somit ergibt sich der positive maximale magnetische Flußdichtewert. Nun kann eine Korrektur der errechneten Werte durchgeführt werden.

Die Hystereseschleife müsste sich nach einer Periode schließen. Sie schließt sich aber nicht. Die Ursache liegt in der Abweichung, mit der das Oszilloskop die Spannung auf Kanal 1 digitalisiert. Hat der digitalisierte Wert nur ein Digit Abweichung, so wird dieser Fehler, durch die numerische Integration, "rampenförmig". Die RUNGE_KUTTA Methode verwendet den zuvor berechneten magnetischen Flußdichtewert. Somit addieren sich die Fehler, die durch die Abweichung entstehen auf. Die Lösung ist einfach und doch wirkungsvoll. Man bestimmt den ersten und den letzten magnetischen Flußdichtewert einer Periode. Nun bildet man den Betrag der Differenz, beider Flußdichtewerte. Das Ergebnis ist die Abweichung innerhalb einer Periode. Da der Fehler linear ansteigt, ist es möglich, die Abweichung eines jeden magnetischen Flußdichtewertes zu bestimmen. Man dividiert die errechnete Differenz durch die Anzahl der Meßpunkte einer Periode. Nun ist die Abweichung für ein Digit bekannt. Da der Fehler, mit ansteigender Meßpunktnummer linear zunimmt, muß nun jedem magnetischen Flußdichtewert sein zuvor berechneter Fehler abgezogen werden. Hat man dieses Verfahren auf die magnetischen Flußdichtewerte angewandt, so schließt sich die Hystereseschleife.

Der Magnetisierungsstrom, der durch den Frequenzgenerator geliefert wird, ist nicht immer sinusförmig. Ist das Eisen gesättigt, so wird der Magnetisierungsstrom verzerrt. Eine Verzerrung des Magnetisierungsstromes hat einen nichtlinearen Spannungsfall am Innenwiderstand des Frequenzgenerators zur Folge. Daraus ergibt sich eine "Verzerrung" der treibenden Sinusspannung des Frequenzgenerators.

Dies ist deutlich an den Grafiken, die in Kapitel 4.3 abgebildet sind sichtbar. Hierbei ist Kanal 1 die Sekundär- bzw. Primärspannung und Kanal 2 liefert die Spannung über dem Shunt von 1 Ohm, also den Magnetisierungsstrom.

Abhilfe könnte ein Frequenzgenerator mit höherer Leistung und geringerem Innenwiderstand bringen, der den nötigen Magnetisierungsstrom liefern kann. An dessen kleinerem Innenwiderstand würde dann der Spannungsfall geringer und somit die Verzerrung der treibenden Spannung reduziert.

An dem Oszilloskop kann, wenn es den Bildschirm digitalisieren soll, minimal $2 \cdot 10^{-4}$ s / div eingestellt werden. Bei Frequenzen bis 500 Hz kann also eine Periode auf den Bildschirm dargestellt werden. Ist die Frequenz größer 500 Hz, so ist die Darstellung von nur einer Periode nicht mehr möglich. Die Hystereseschleife wird aber aus nur einer Periode gebildet, da sonst ein Überlagern der Hystereseschleifen stattfindet. Eine Überlagerung der Hystereseschleifen muß vermieden werden, da sonst die Grafik undeutlich wird und sich die Meßergebnisse verfälschen. Die Lösung ist ein "herunterteilen" der Meßpunkte auf eine Periode. Beispiel: Hat man bei einer Frequenz von 1000 Hz 2000 Meßpunkte, so sind zur Darstellung von nur einer Periode nur 1000 Meßpunkte notwendig. Die restlichen Meßpunkte können vernachlässigt werden.

2.1 Welche Dateien müssen vorhanden sein ?

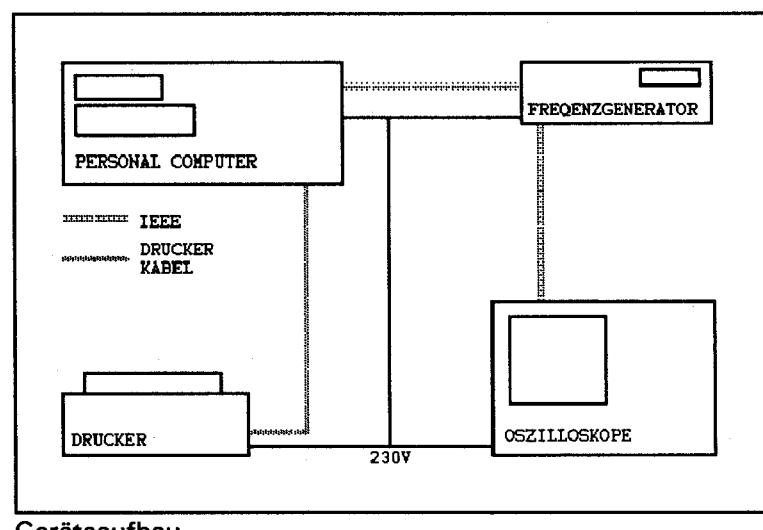
In der von mir vorgenommenen Konfiguration sind alle Dateien im Verzeichnis C:\FHTE\LABOR angeordnet. Es ist aber unerheblich in welchem Verzeichnis die Dateien angeordnet sind, wichtig ist nur, daß sie im gleichen Verzeichnis stehen.

Dateien, die vorhanden sein müssen:

- start.exe und testgr.exe
- start.bat und druck.bat
- egavga.bgi
- sans.chr
- egaprtsc.com

2.2 Anschluß der Geräte

Die Geräte werden wie folgt angeschlossen:



- Der PC, das Oszilloskop und der Frequenzgenerator werden über IEEE Buskabel verbunden. Die Verbindung erfolgt in einer Parallelschaltung.
- Der Drucker wird über seine Centronics Schnittstelle angesteuert.
- Alle Geräte werden mit ihrem Netzstecker an 230 V angeschlossen.

2.3 Adressen der Geräte

Die Adressen der Geräte sind im Quelltext in der Unit VARDEF global festgelegt. Sollte es aus zwingenden Gründen notwendig sein eine oder mehrere Adressen zu ändern kann dies ohne großen Aufwand vorgenommen werden. Einfach die Adressen in Unit VARDEF ändern, danach neu kompilieren.

Die von mir festgelegten Adressen sind folgende:

- Personalcomputer Adresse : 21 ;
- Variablenname : adr_pc
- Frequenzgenerator Adresse : 16 ;
- Variablenname : adr_fg
- Oszilloskop Adresse : 7 ;
- Variablenname : adr_os

2.4 Einstellungen der Geräte

Das Oszilloskop hat nach einem "Reset" folgende Einstellungen.

Timebase Menu

time/division	100e-6
delay	0.00s
reference	cntr
mode	main

Channel Menu

Channel 1	on
Channel 2, 3, 4	off
volts/division	100 m V
offset	0.00
coupling	dc
probe attenuation	X1
vernier	off
invert	off
BW limit	off

Trigger Menu

Mode	auto level
coupling	dc
source	Channel 1
level	0.0 V
slope	positive
reject and noise reject	off
holdoff	200e-9 s

Display Menu

mode	norm
grid	on

2. Voraussetzungen zum Programmstart

$\triangle t$ / $\triangle V$ Menu

$\triangle V$ markers	off
$\triangle t$ markers	off

Trace Menu

Trace	Mem 1
Memory	off

Measure Menu

Source	Channel 1
--------	-----------

nach dem "Reset" werden folgende Einstellungen geändert:

- TRIGGER : REJECT HF
- CHANNEL1 : RANGE 30 V
- TIMEBASE : RANGE 20 MS
- CHANNEL1 : BWLIMIT ON
- CHANNEL2 : BWLIMIT ON
- TRIGGER : SLOPE NEGATIVE
- DISPLAY : TEXT BLANK

Der Frequenzgenerator wird mit folgenden Einstellungen betrieben:

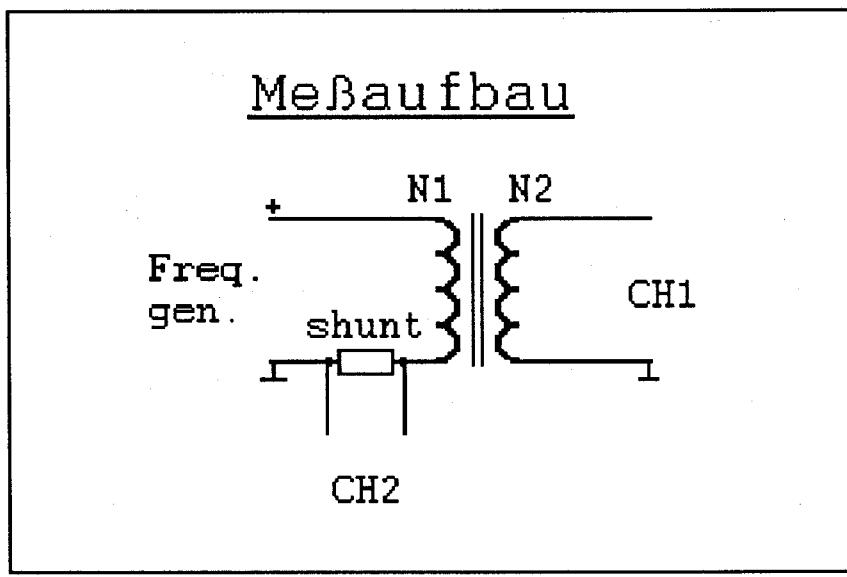
Nach einem EST Befehl (Execute Self-Test) werden folgende Einstellungen vorgenommen:

D1	Disable	on
M1	Operating Modes	select NORM
CT0	Contol Modes	off
T0	Trigger Slope	off
H0	Haversine (-90°)	off
W1	Waveform	select sine
DTY	Parameters	set duty cycle
OFS 0 V	Parameters	set offset
L0	Limit	off
C0	Complement	off (normal output)
A0	Autovernier mode	off
AMP 0.1 V	Parameters	set amplitude
FRQ * HZ	Parameter	set frequence
D0	Disable	off (output enable)

2.5 Der Meßaufbau

Die Messung ist wie folgt aufgebaut:

Der Frequenzgenerator speist in die Primärwicklung des Epsteinrahmens ein. Kanal 1 des Oszilloskop's wird von der Sekundärwicklung des Epsteinrahmens abgenommen. Kanal 2 wird über einen Shunt, der in Reihe zur Primärwicklung liegt, abgegriffen. Achtung hier ist auf die richtige Phasenlage zu achten, da es sonst bei der Messung zu einer Verdrehung der Grafik bzw. der Hystereseschleife kommt.



Meßaufbau

Eine genaue Beschreibung des Anschlusses des Epsteinrahmens an den Frequenzgenerator und an das Oszilloskop's findet sich im Programm unter "Informationen zum Meßaufbau."

3.1 Starten des Programmes

Um das Meßprogramm starten zu können muß man in das Verzeichnis C:\FHTE\LABOR wechseln. Von dort aus startet man das Programm mit dem Aufruf "Start". Ist dies nicht möglich bitte Abschnitt 2.1 lesen.

Um das Druckprogramm starten zu können muß man im Verzeichnis C:\FHTE\LABOR sein, jetzt ist der Aufruf "Druck" zu benutzen. Vorher sollte man sich über die gespeicherten Dateien, die man ausdrucken will informieren. Die Dateien müssen im Verzeichnis C:\FHTE\LABOR stehen. Wichtig ist, ob die Dateien *.neu und *.kom vorhanden sind. In Ablauf des Programmes "Druck" wird abgefragt, ob diese Dateien vorhanden sind oder nicht. Dies ist manuell einzugeben. Eine Überprüfung von Seiten des Programmes erfolgt nicht. Eine falsche Eingabe hat den Abbruch des Programmes "Druck" zur Folge.

3.2 Eingabemöglichkeiten

Bei der Eingabe der Werkstoff- und Meßparameter sind Grenzen aufgezeigt. Ein Messen außerhalb dieser Grenzen erscheint wenig sinnvoll. Da der Meßaufbau und die verwendeten Geräte nur bis zu bestimmten Meßparametern einsetzbar sind, ist auch hier der Parameterbereich eingeschränkt. Diese Einschränkungen sind in der Unit Anfang in den Proceduren Eingabe0 bis Eingabe2 festgelegt.

Folgende Werte oder Parameter können eingegeben werden und sind wie folgt beschränkt:

Kurzzeichen	max	min	Erklärung
messnr	1000	1	Anfangswert des Meßzählers (Ein0)
text_pr	12	0	Textbezeichnung der Probe (Ein1)
lm	1000	1	mittlere Eisenwegstrecke in [cm] (Ein1)
a	10000	1	Eisenquerschnitt in [mm ²] (Ein1)
dichte	50	1	Eisendichte in [g/cm ³] (Ein1)
n1	1500	1	Primärwindungszahl (Ein1)
n2	1500	1	Sekundärwindungszahl (Ein1)
spgteiler	100	1	Spannungsteiler (Meßteiler) (Ein1)
shunt	100	1	Meßwiderstand in [Ohm] (Ein1)
freq	15000	15	Frequenz in [Hz] (Ein2)
b_gew	5	0.001	Flußdichte in [T] (Ein2)

3.3 Bedienschritte

In diesem Abschnitt wird ein Programmdurchlauf, von der Bedienerseite aus, mit allen erdenklichen Möglichkeiten durchgespielt. Der Ablauf erfolgt immer zur höherwertigen Zahl hin.

0.
Wechseln in das Verzeichnis C:\FHT\LABOR.
1.
Starten des Programmes mit "Start".
2.
Begrüßung und Aufforderung weitere Informationen anzufordern.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "N" => weiter zu Punkt 4.
Eingabe: "J" => weiter zu Punkt 3.
3.
Anzeige der ersten Informationstafel.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
weiter mit Eingabe: "J" => Anzeige der zweiten Informationstafel.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
weiter mit Eingabe: "J" => Anzeige der dritten Informationstafel.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
weiter mit Eingabe: "J" => weiter zu Punkt 4.
4.
Aufforderung eine Meßnummer einzugeben und Abfrage ob die Eingabe richtig ist.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "*****" => weiter zur nächsten Eingabe.
5.
Aufforderung zu überprüfen ob alle eingegebenen Werte richtig sind.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "N" => zurück zu Punkt 4.
Eingabe: "J" => weiter zu Punkt 6.
6.
Aufforderung einen Probentext einzugeben.
Eingabe: "Enter" => weiter zu Punkt 7.
Eingabe: "*****" => weiter zu Punkt 7.
7.
Aufforderung die mittlere Eisenwegstrecke einzugeben.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "*****" => weiter zu Punkt 8.
8.
Aufforderung den Eisenquerschnitt einzugeben.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "*****" => weiter zu Punkt 9.
9.
Aufforderung die Eisendichte einzugeben.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "****" => weiter zu Punkt 10.
10.
Aufforderung die Primärwindungszahl einzugeben.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "****" => weiter zu Punkt 11.
11.
Aufforderung die Sekundärwindungszahl einzugeben.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "****" => weiter zu Punkt 12.

12. Aufforderung das Spannungsteilverhältnis einzugeben.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "****" => weiter zu Punkt 13.
13. Anzeige der theoretischen Sekundärwindungszahl.
Anzeige des Spannungsteilverhältnisses.
14. Aufforderung den Meßwiderstand (Shunt) einzugeben.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "****" => weiter zu Punkte 15.
15. Aufforderung zu überprüfen ob alle eingegebenen Werte richtig sind.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "J" => weiter zu Punkt 16.
Eingabe: "N" => zurück zu Punkt 6.
16. Aufforderung die gewünschte Flußdichte einzugeben.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "*****" => weiter zu Punkt 17.
17. Aufforderung die gewünschte Frequenz einzugeben.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "*****" => weiter zu Punkt 18.
18. Aufforderung zu überprüfen ob alle eingegebenen Werte richtig sind.
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "J" => weiter zu Punkt 19.
Eingabe: "N" => zurück zu Punkt 16.
19. Meldung: 'Frequenz ***** eingestellt.'
20. Meldung: 'Anpassung der magnetischen Flußdichte läuft.'
21. Läuft im Hintergrund.
Entscheidung, wird die maximale Ausgangsspannung des Frequenzgenerators erreicht ?
JA => weiter zu Punkt 22.
NEIN => weiter zu Punkt 23.
22. Meldung: 'maximale Flußdichte erreicht, möchten Sie mit diesem Wert weiterrechnen ?'
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "J" => weiter zu Punkt 23.
Eingabe: "N" => entmagnetisieren und Meldung, zurück zu Punkt 16.
23. Meldung: 'erreichte Flußdichte', "*****", '[T]' wird angezeigt.
24. Meldung: 'Messung der Hystereseschleife läuft.'
25. Messung1 läuft. (Hystereseschleife)
Nach der Messung werden die Hysteresedaten in die Datei *HYS.DAT geschrieben.
26. Läuft im Hintergrund.
Entscheidung, wird die minimal festgelegte Frequenzgeneratorenspannung unterschritten ?
(Nun wird mit der vorher festgelegten minimalen Meßspannung (min_spg_fg) gemessen.)
JA => Spannung wird mit min_spg_fg festgelegt, weiter zu Punkt 27.
NEIN => weiter zu Punkt 28.

27.
Meldung: 'Flußdichteangabe noch nicht möglich.'
(Diese Meldung löscht Meldung 3, hier Punkt 23.)
28.
Meldung: 'Messung der Hystereseschleife ist abgeschlossen.'
29.
Meldung: 'Entmagnetisierung läuft.'
30.
Meldung: 'Entmagnetisierung abgeschlossen.'
31.
Läuft im Hintergrund.
Entscheidung, ist die Ausgangsspannung des Frequenzgenerators kleiner 2 V ?
JA => weiter zu Punkt 32.
NEIN => weiter zu Punkt 33.
32.
Meldung: 'Messung der Neu und Kommutierungskurve nicht möglich !'
weiter zu Punkt 39.
33.
Entscheidung, wollen Sie die Neukurve und die Kommutierungskurve messen ?
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "J" => weiter zu Punkt 34.
Eingabe: "N" => weiter zu Punkt 39.
34.
Meldung: 'Die Messung der Neu und Kommutierungskurve läuft.'
35.
Messung2 läuft. (Neu und Kommutierungskurve)
Nach der Messung werden die Neu und Kommutierungsdaten in die Dateien *NEU.DAT und *KOM.DAT geschrieben.
36.
Meldung: 'Messung der Neu und Kommutierungskurve abgeschlossen.'
37.
Meldung: 'Entmagnetisierung läuft.'
38.
Meldung: 'Entmagnetisierung abgeschlossen.'
39.
Die Parameter und Meßergebnisse werden in die Datei *WAS.DAT geschrieben.
40.
Grafik 0 und Grafik 1 wird aufgebaut.
41.
Läuft im Hintergrund.
Entscheidung, wurde die Neu und Kommutierungskurve gemessen ?
JA => weiter zu Punkt 42.
NEIN => weiter zu Punkt 43.
42.
Grafik 2 wird aufgebaut.
43.
Grafik 3 wird aufgebaut.
44.
Entscheidung, wollen Sie die Grafik ausdrucken ?
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "J" => weiter zu Punkt 45.
Eingabe: "N" => weiter zu Punkt 46.
45.
Drucken der Grafik.
46.
Meldung: 'Frequenz ***** eingestellt.'

47.
Meldung: 'erreichte Flußdichte.', '*****', '[T]' wird angezeigt.
48.
Meldung: 'Messung der Hystereseschleife ist abgeschlossen.'
49.
Meldung: 'Entmagnetisierung abgeschlossen.'
50.
Läuft im Hintergrund.
Entscheidung, ist die Neu und Kommutierungskurve gemessen worden ?
JA => weiter zu Punkt 52.
NEIN => weiter zu Punkt 51.
51.
Meldung: 'Messung der Neu und Kommutierungskurve war nicht möglich.'
weiter zu Punkt 54.
52.
Meldung: 'Messung der Neu und Kommutierungskurve abgeschlossen.'
53.
Meldung: 'Entmagnetisierung abgeschlossen.'
54.
Entscheidung, wollen Sie neue Frequenz oder Flußdichtewerte eingeben ?
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "J" => weiter zu Punkt 16.
Eingabe: "N" => weiter zu Punkt 55.
55.
Entscheidung, wollen Sie neue Probenspezifikationen eingeben ?
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "J" => weiter zu Punkt 6.
Eingabe: "N" => weiter zu Punkt 56.
56.
Entscheidung, wollen Sie eine neue Meßnummer eingeben ?
(Bei falscher Eingabe erneute Aufforderung.)
Eingabe: "J" => weiter zu Punkt 4.
Eingabe: "N" => weiter zu Punkt 57.
57.
Die Geräte entriegeln sich, sie werden über die Frontplatte wieder zugänglich !
Das Programm ist beendet.

3.4 Daten, die gespeichert werden.

Das Programm speichert verschiedene Werte und Meßergebnisse während des Ablaufes in Dateien zwischen, um sie später aus diesen Dateien wieder auszulesen. Die ausgelesene Information wird grafisch und rechnerisch verarbeitet. Die Dateien werden nach vollendeter Messung nicht gelöscht. Um ein überschreiben d.h. eine Vernichtung der Informationen und Meßergebnisse zu verhindern habe ich einen fortlaufenden "Dateizähler" geschaffen.

Beispiel:

Messung Nummer 4 ist durchlaufen, nun werden die Informationen und Meßergebnisse gespeichert. Die Dateien werden wie folgt bezeichnet: *was.dat , *hys.dat , *kom.dat , *neu.dat In diesem speziellen Fall werden die Dateien 4was.dat, 4hys.dat, 4kom.dat, 4neu.dat gespeichert. Folgt jetzt Messung Nummer 5 so werden deren Informationen und Meßergebnisse im Anschluß an die Messung in den Dateien 5was.dat, 5hys.dat, 5kom.dat, 5neu.dat gespeichert. Setzt man den "Dateizähler" jedoch zurück so werden die gespeicherten Dateien überschrieben. Eine Kontrolle ob die Dateibezeichnung schon vergeben wurde erfolgt nicht.

3.5 Abbruch möglich !, aber wie ?

Ein Abbruch des Programmes ist jederzeit möglich. Dazu ist "Control + C" zu betätigen. Der Abbruch erfolgt aber nicht immer sofort, da die Abfrage, ob "Control + C" betätigt wurde unregelmäßig erfolgt. Läuft gerade ein Prozeß ab, so ist eine Abfrage nicht möglich. Das Programm läuft so weit, bis die nächste Abfrage möglich ist. Danach unterbricht eine Routine den Programmablauf und das Programm bricht ab. Der Abbruch erfolgt natürlich so, daß der freier Zugang zu den Geräten wieder möglich ist.

4.1 Tabelle mit max. und min. Flußdichtewerten, abhängig von der Frequenz.

Frequenz [Hz]	B max. [T]	Messnr.	B min. [T]	Messnr.
15	1,777	22	0,4771	62
20	1,750	21	0,3771	61
30	1,705	20	0,2662	60
40	1,592	19	0,2063	59
50	1,393	18	0,1687	58
75	0,9717	17	0,1151	57
100	0,7283	16	0,08757	56
125	0,5864	15	0,07077	55
150	0,4913	14	0,05947	54
200	0,3697	13	0,04504	53
300	0,2484	12	0,03037	52
400	0,1867	11	0,02298	51
500	0,1491	10	0,01841	50
600	0,1258	9	0,01532	49
700	0,1073	8	0,01314	48
800	0,09471	7	0,01154	47
900	0,08427	6	0,01028	46
1000	0,07734	5	0,009379	45
2000	0,04066	4	0,004737	44
3000	0,02713	3	0,003171	43
4000	0,02151	2	0,002407	42
5000	0,01746	1	0,001929	41

Diese Werte wurden durch eine Versuchsreihe ermittelt. In Abschnitt 7.1 sind die ausgedruckten Meßprotokolle hinterlegt. Die minimalen Werte wurden mit einem speziellen Programm gemessen. Dieses Programm hat die Ausgangsspannung des Frequenzgenerators auf 2 V festgelegt. Dies entspricht der minimalen Spannung, bei der die Neu und Kommutierungskurve noch gemessen werden kann.

4.2 Spannungen an den Oszilloskopeingängen

Die Spannungen wurden an den Kanälen 1 und 2 des Oszilloskop's gemessen.
Die Ausgangsspannung des Frequenzgenerators wurde nicht gemessen.

Ua Frequenzgen. = >	16 V		12 V		8 V	
Frequenz [Hz]	CH1[V]	CH2[mV]	CH1[V]	CH2[mV]	CH1[V]	CH2[mV]
10	9,84	387	8,1	300	5,9	200
20	12,81	406	10	262	6,7	100
30	13,91	337	10,4	150	6,8	50
40	14,22	193	10,6	68,7	6,9	40
50	14,38	87	10,8	50	7	35
100	14,53	50	10,94	42,5	7,18	30
500	14,84	37	11,09	29,38	7,5	18,7
1000	15	33	11,09	26	7,5	15,6
5000	15,16	21,88	11,25	17,5	7,65	11,8
10000	15,16	20	11,25	16,25	7,65	10,9
20000	15,31	15	11,4	13,13	7,65	8,7

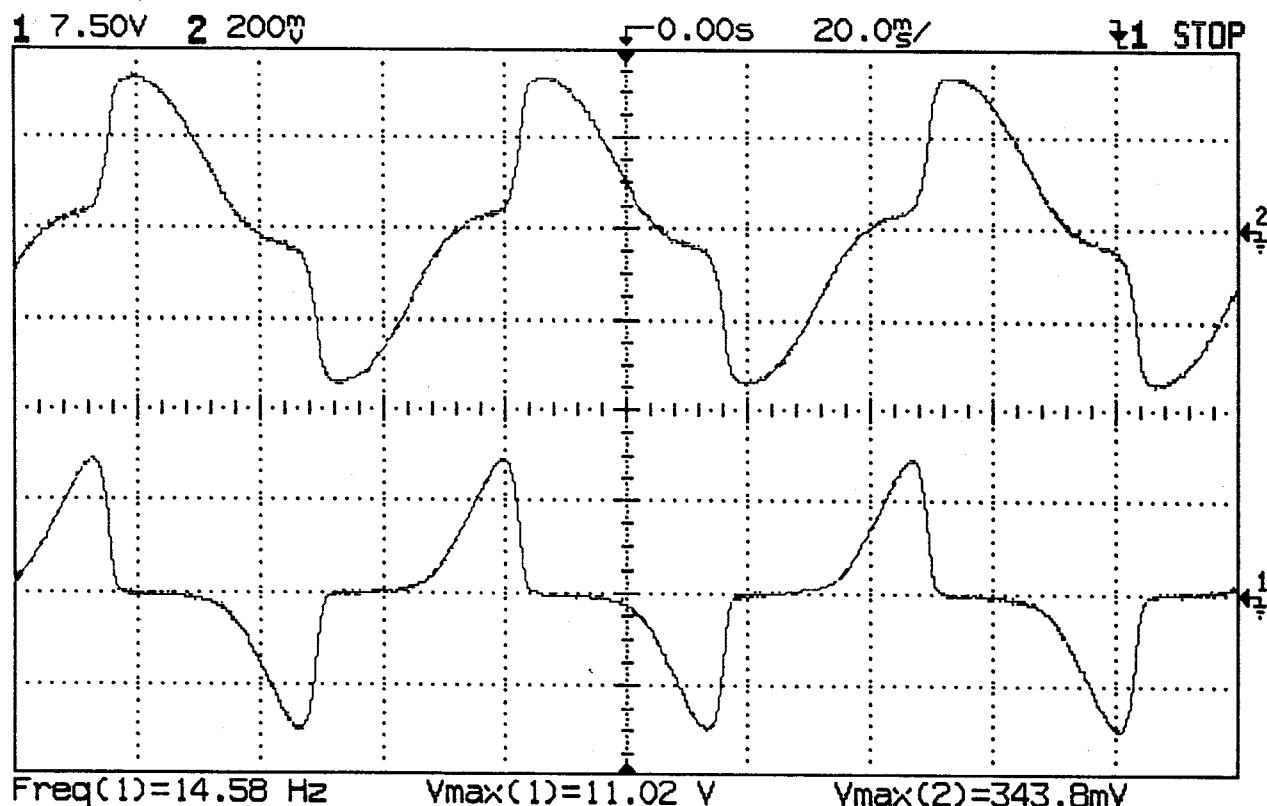
Ua Frequenzgen. = >	4 V		2 V		1 V	
Frequenz [Hz]	CH1[V]	CH2[mV]	CH1[V]	CH2[mV]	CH1[mV]	CH2[mV]
10	2,875	54,69	1,312	20	593	10,94
20	3,125	25	1,5	14,69	687	8,125
30	3,25	21,25	1,562	12,19	750	6,875
40	3,313	18,75	1,562	10,94	781	5,625
50	3,313	16,88	1,625	10	812	5,313
100	3,438	13,75	1,719	7,812	843	3,750
500	3,625	8,125	1,812	4,219	890	1,750
1000	3,625	6,875	1,812	3,594	890	1,375
5000	3,688	4,375	1,844	2,344	921	0,687
10000	3,688	4,375	1,844	2,063	906	0,500
20000	3,688	3,438	1,844	1,5	906	0,250

4.3 Eingangsspannungen der Kanäle 1 und 2 des Oszilloskopes

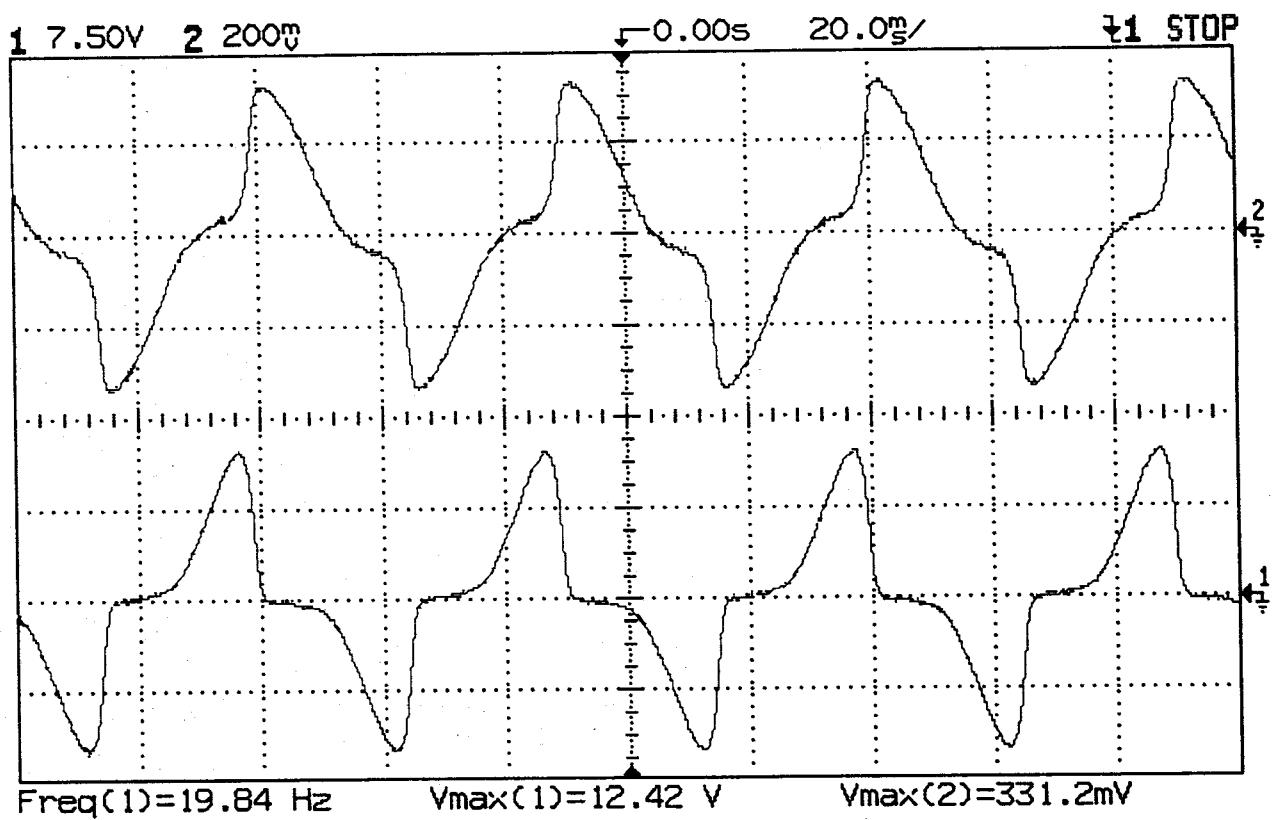
Übersicht über die Grafiken:

Frequenz => Ua Freq.gen.	15	20	30	40	50	75	100	125	150
16 V	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12 V	X	X	X	X	X	X	X		
8 V	X	X	X	X	X	X	X		
4V	X	X	X	X	X				
2V	X	X	X	X	X				

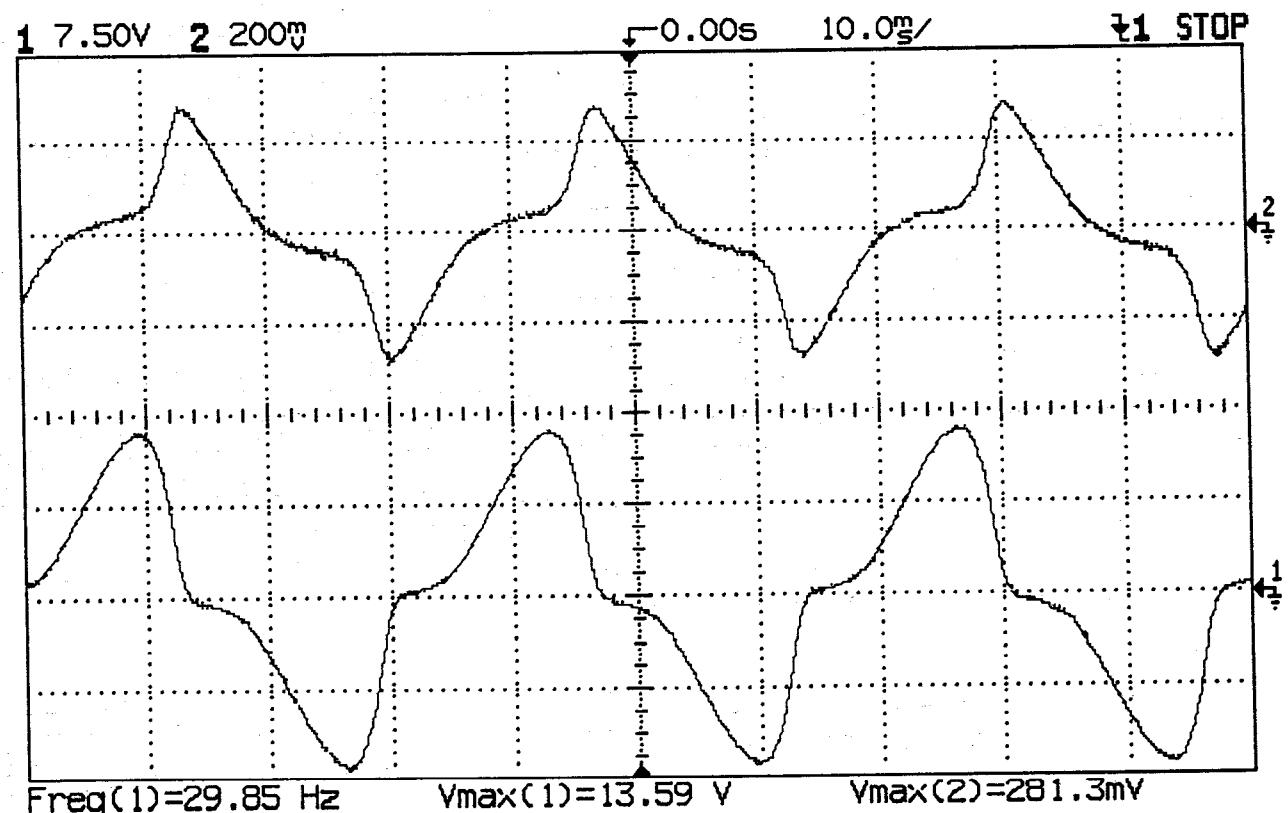
Ua: 16V / Freq: 15 Hz



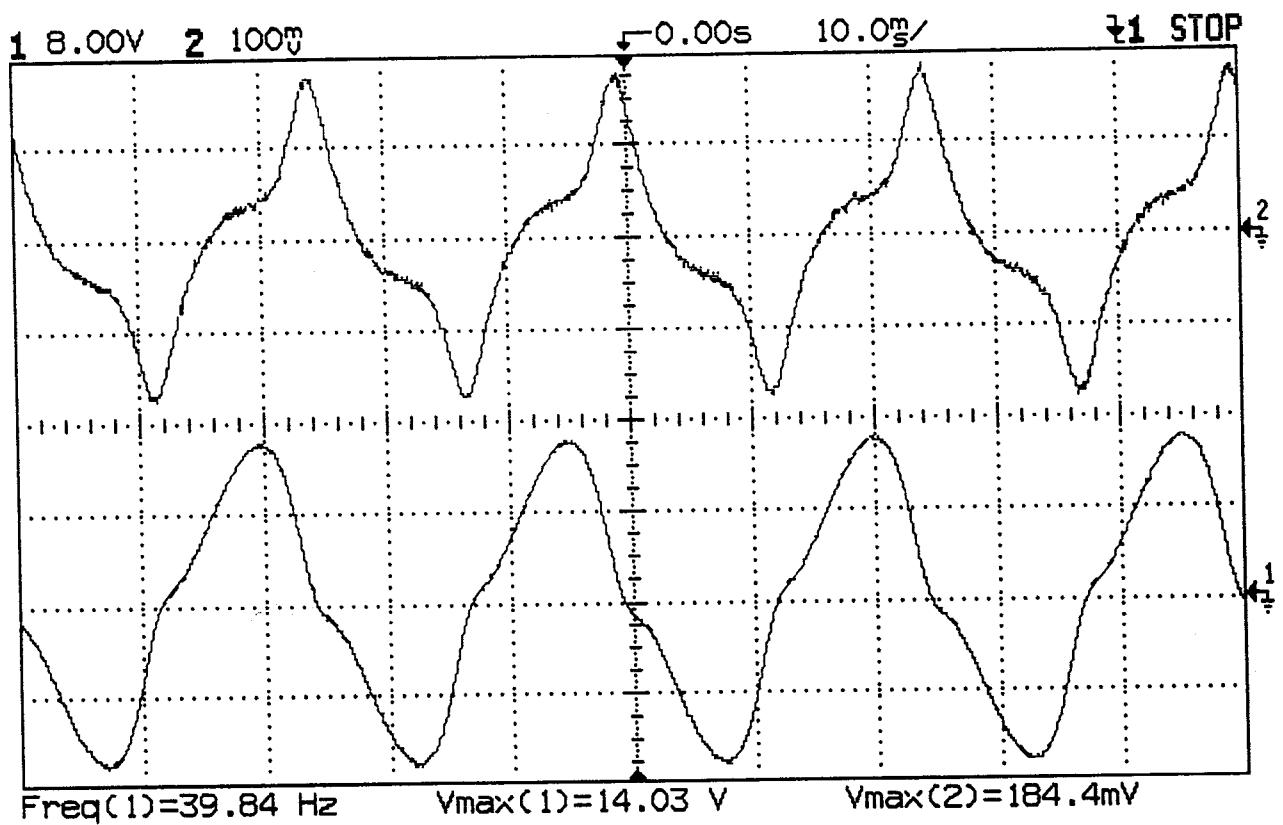
Ua: 16 V / Freq: 20 Hz



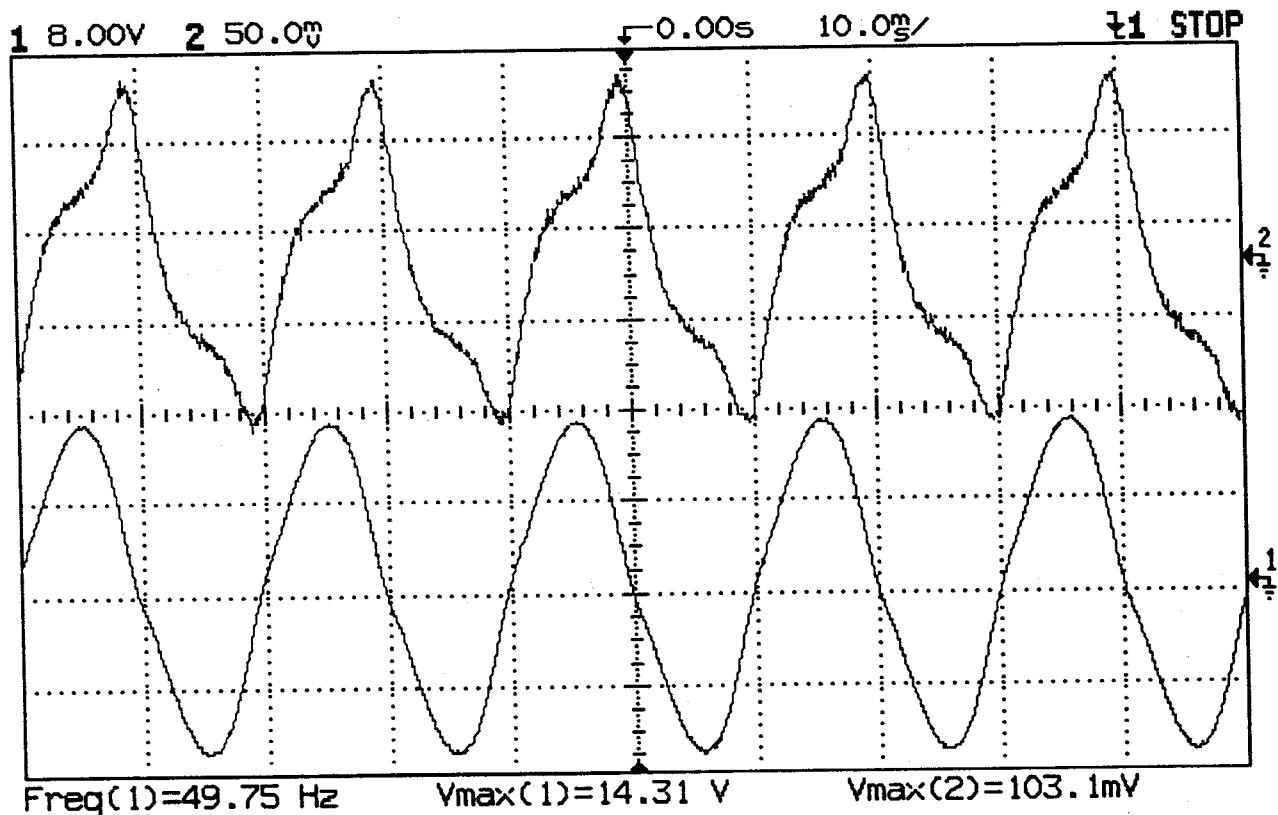
Ua: 16 V / Freq: 30 Hz



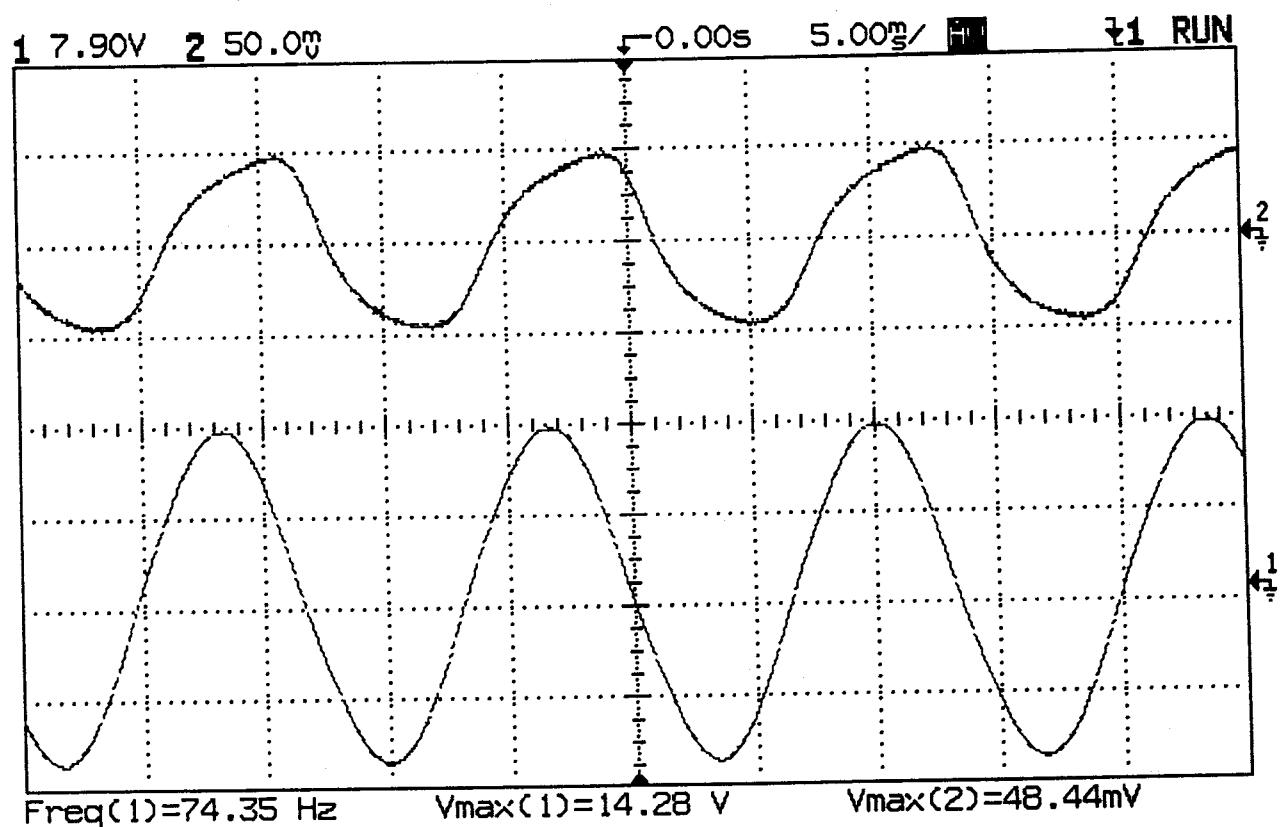
Ua: 16 V / Freq: 40 Hz



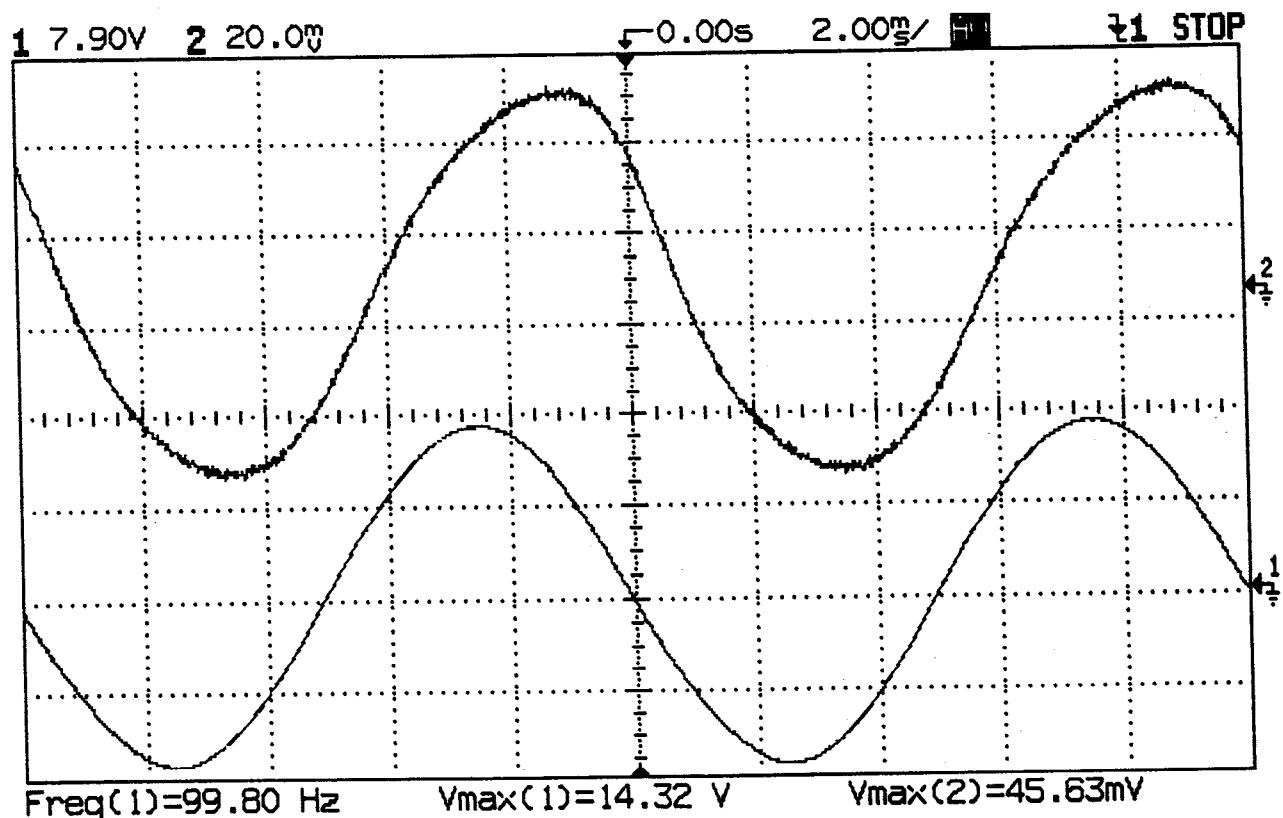
Ua: 16 V / Freq: 50 Hz



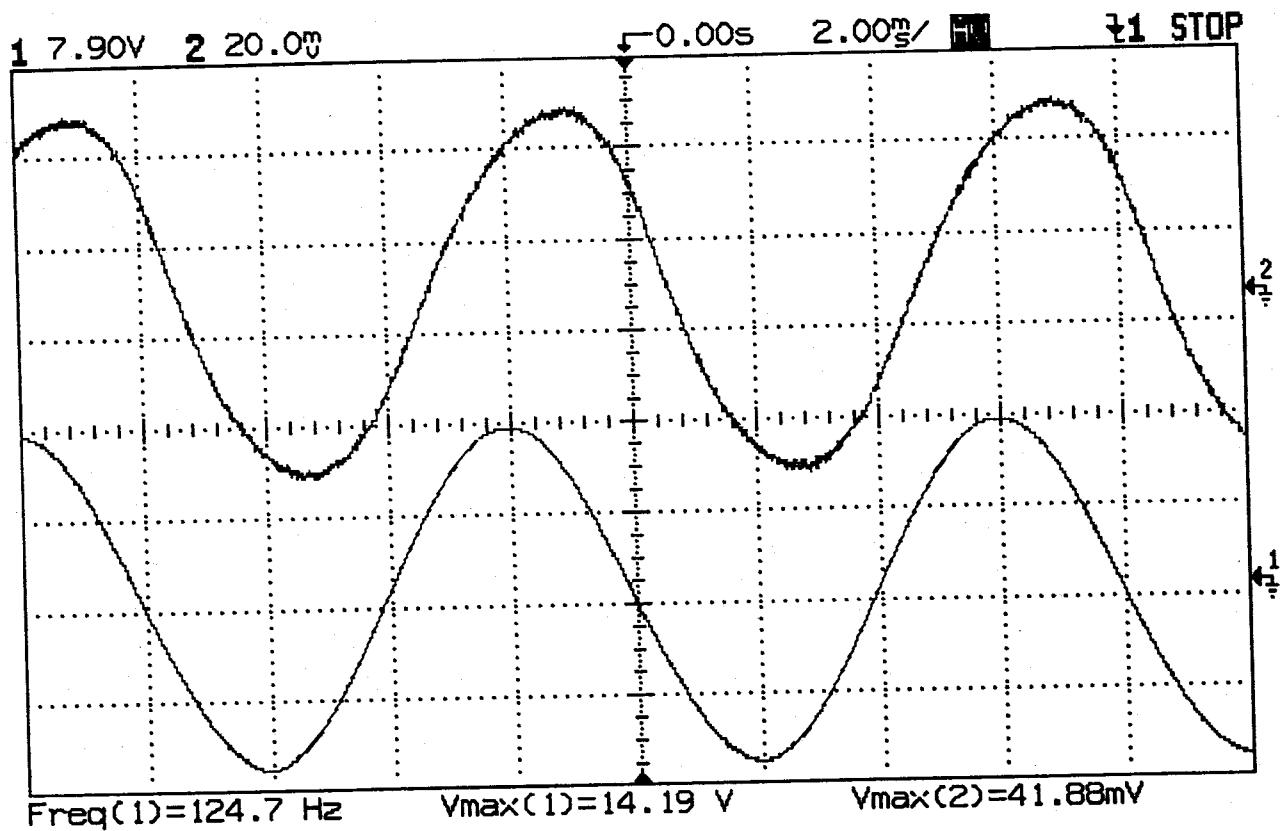
Ua: 16 V / Freq: 75 Hz



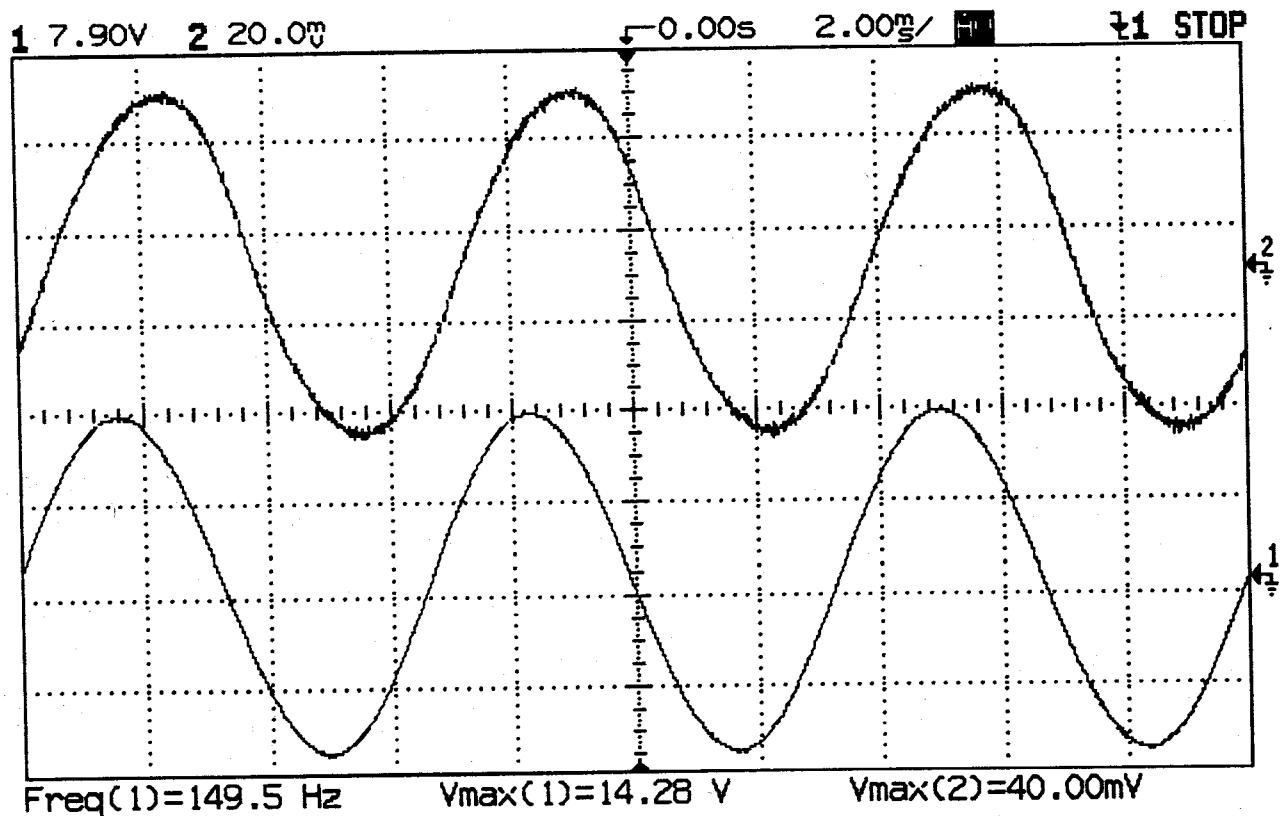
Ua: 16 V / Freq: 100 Hz



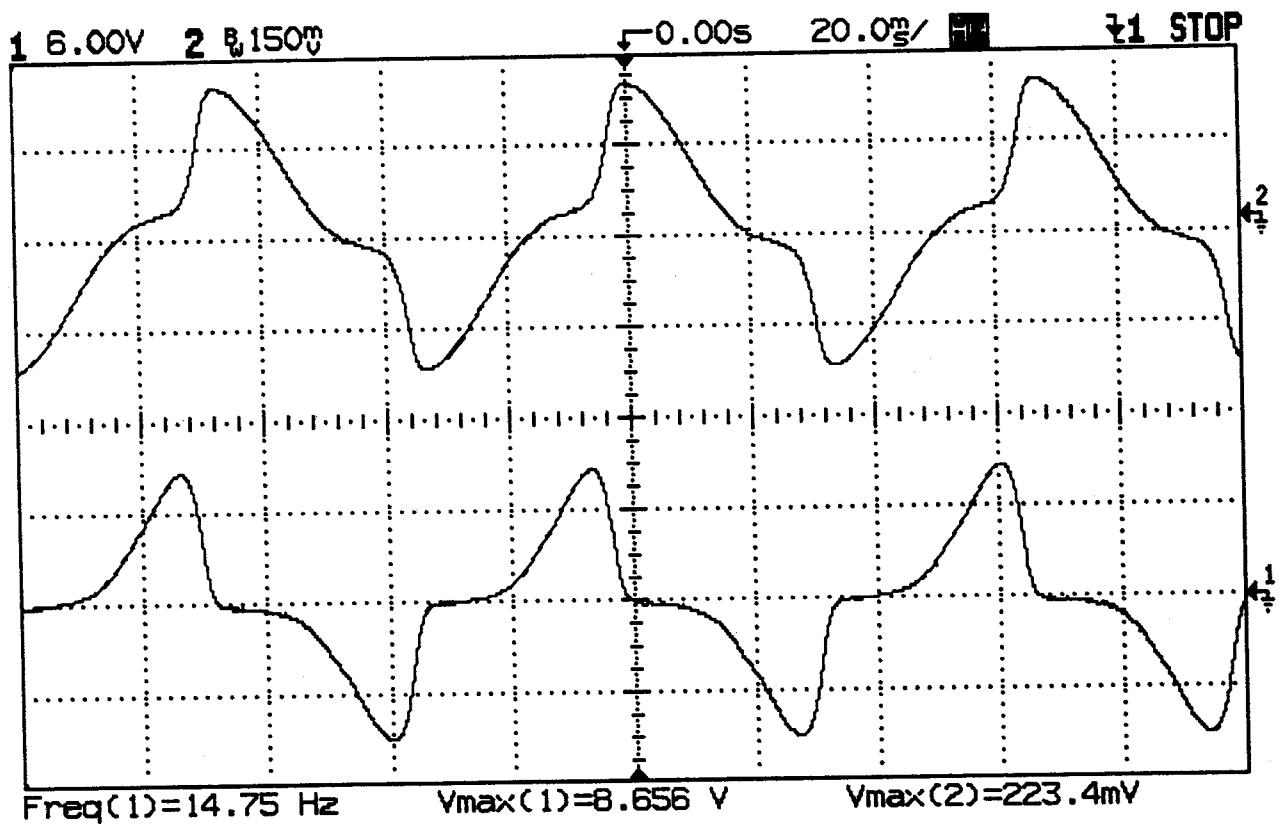
Ua: 16 V / Freq: 125 Hz



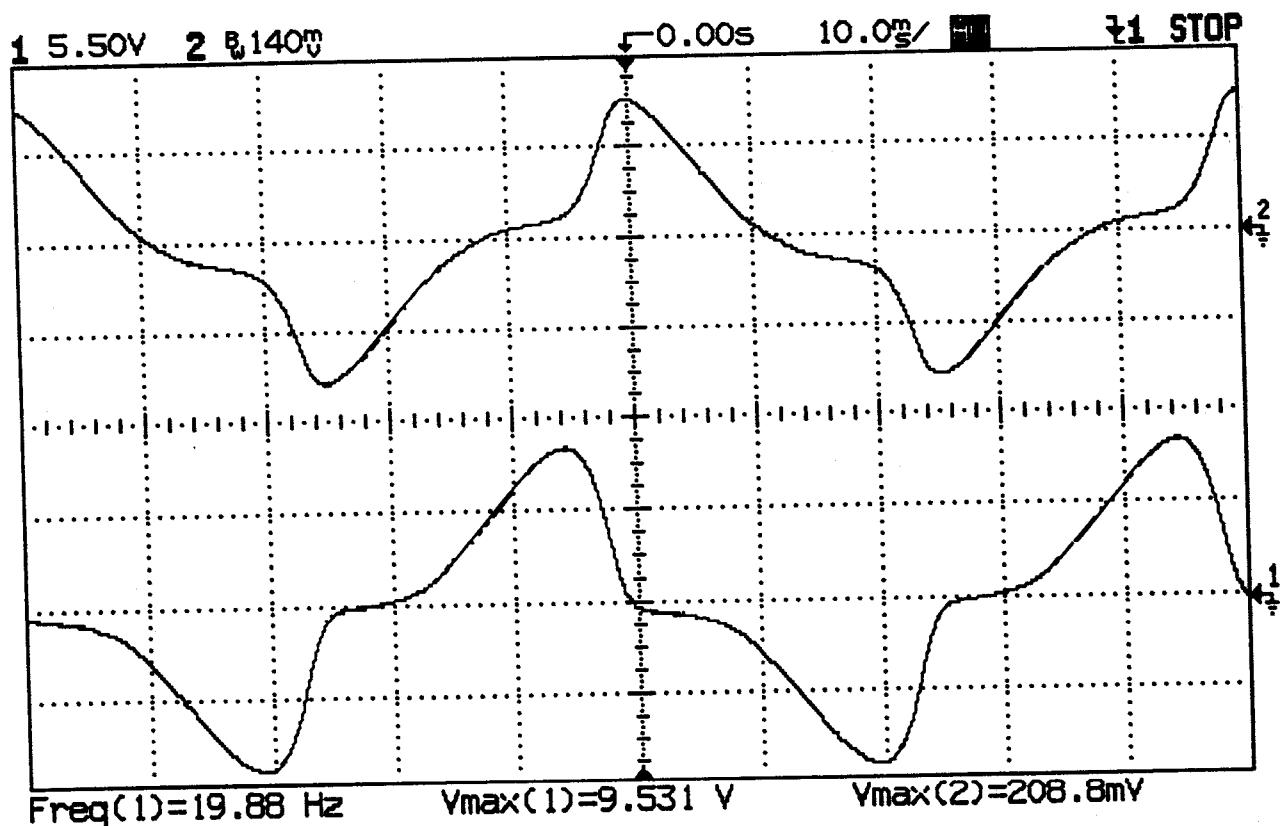
Ua: 16 V / Freq: 150 Hz



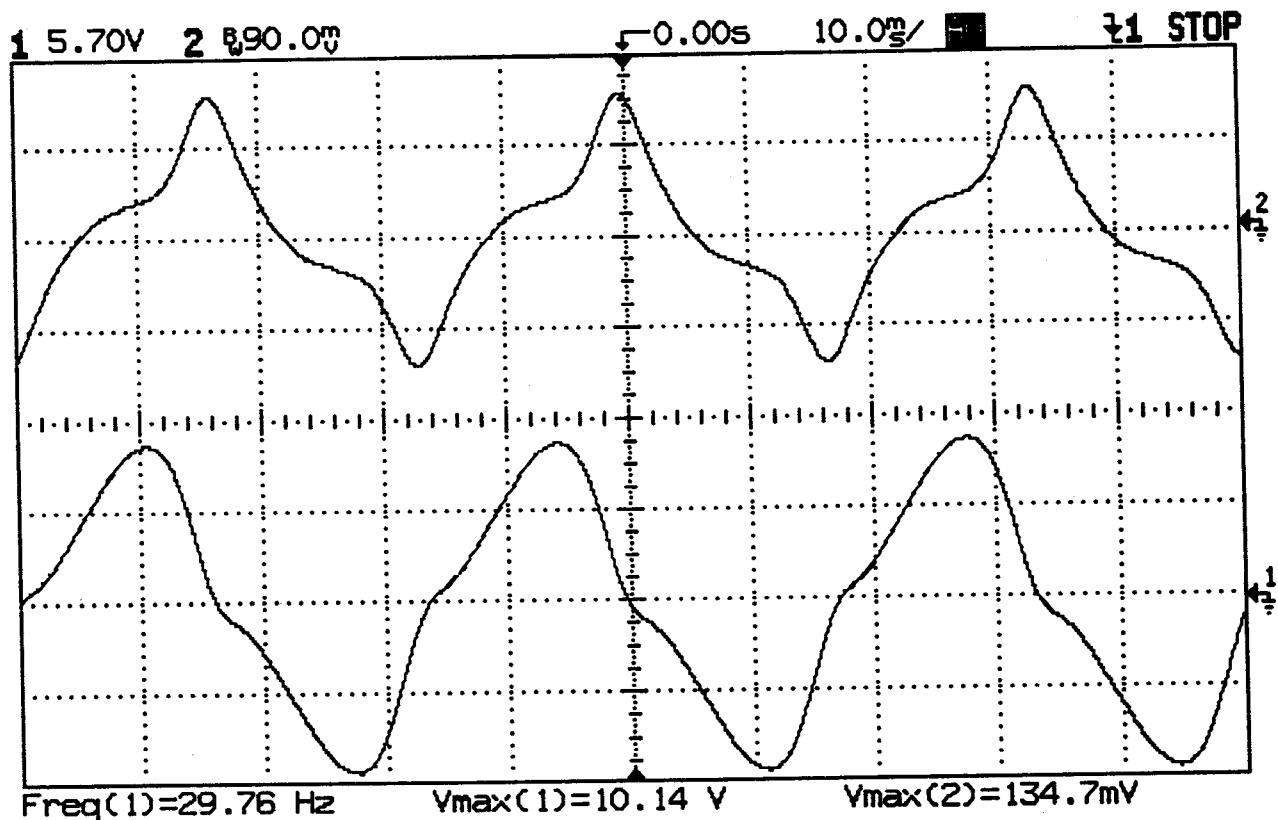
Ua: 12 V / Freq: 15 Hz



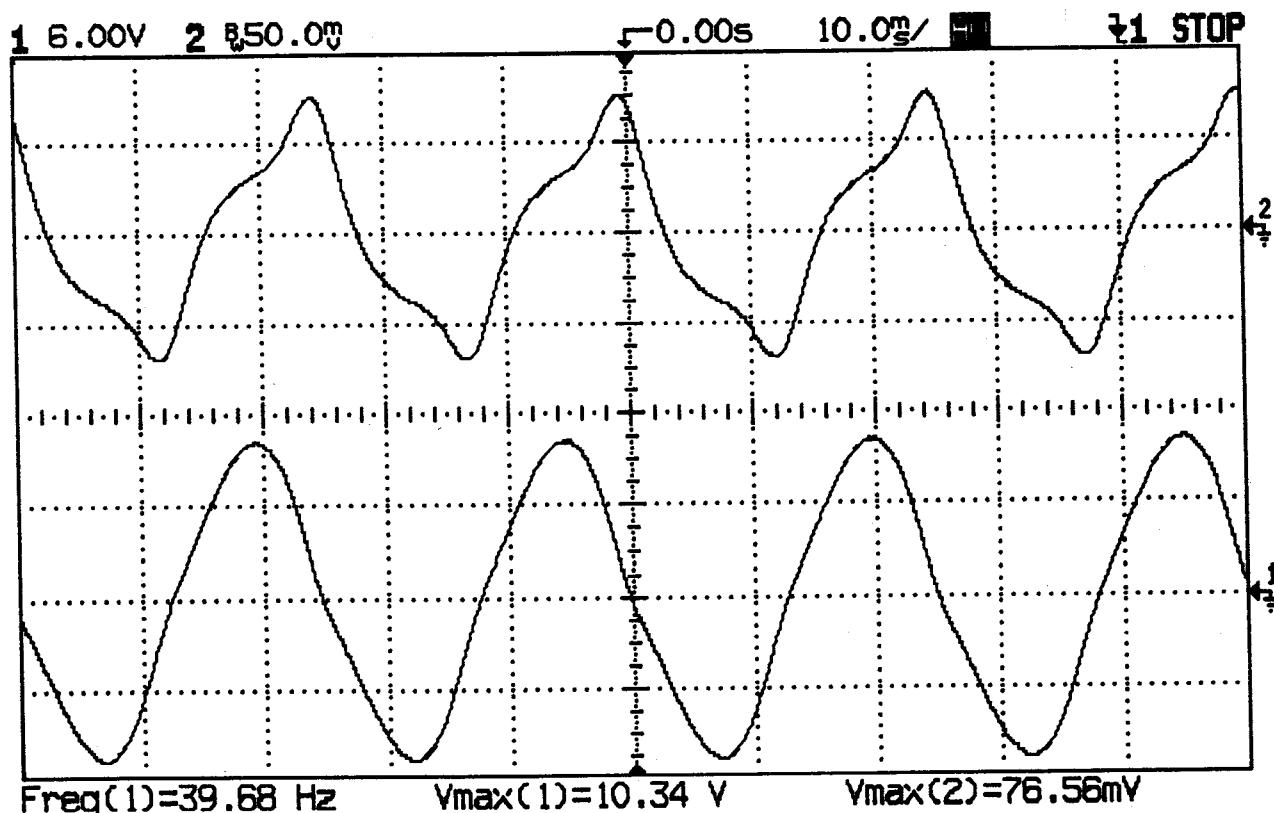
Ua: 12 V / Freq: 20 Hz



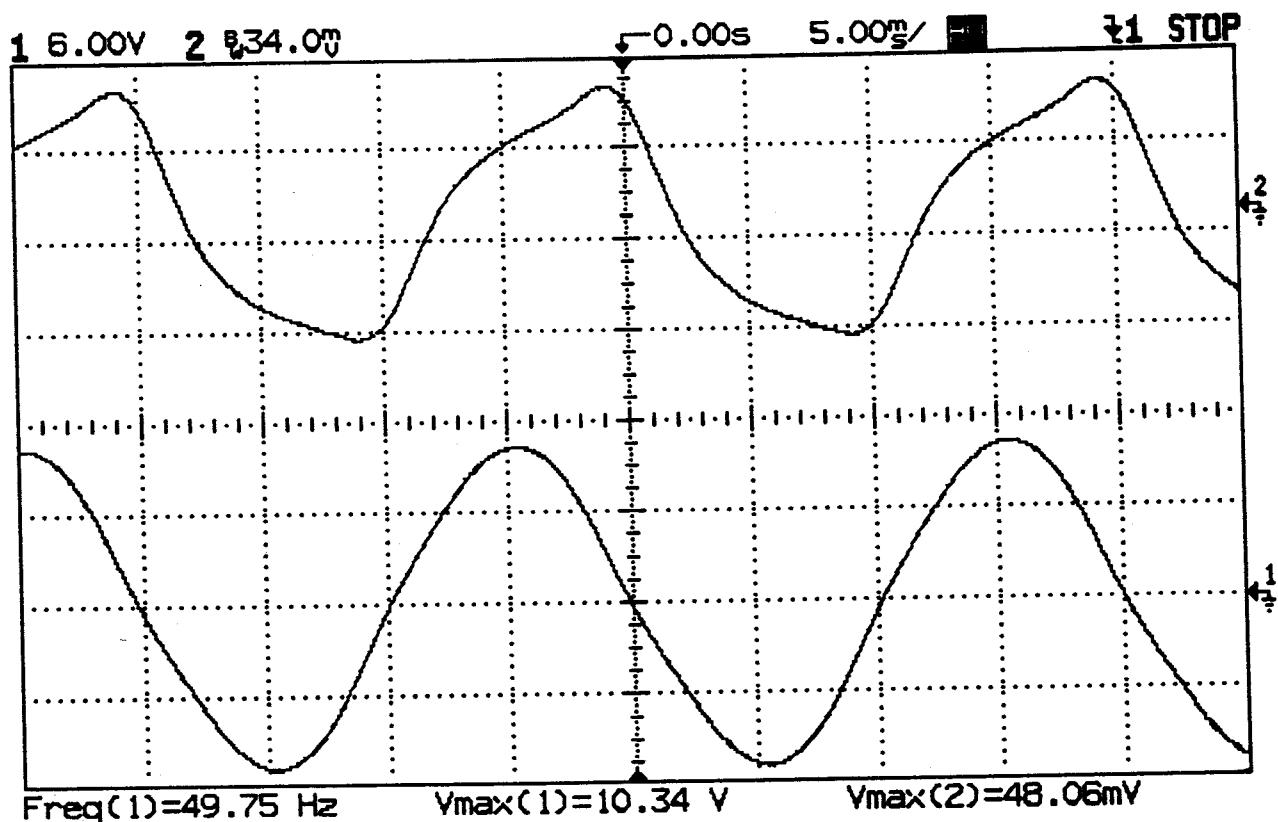
Ua: 12 V / Freq: 30 Hz



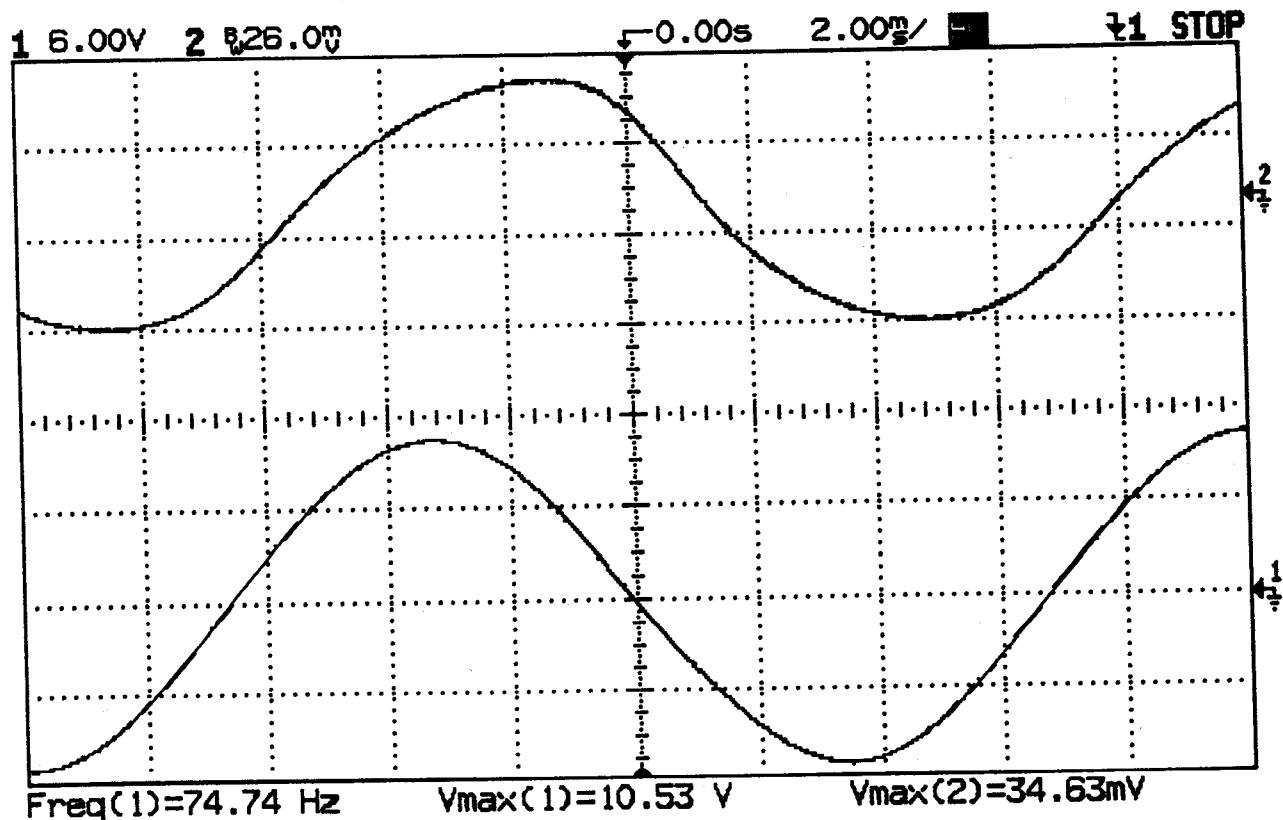
Ua: 12 V / Freq: 40 Hz



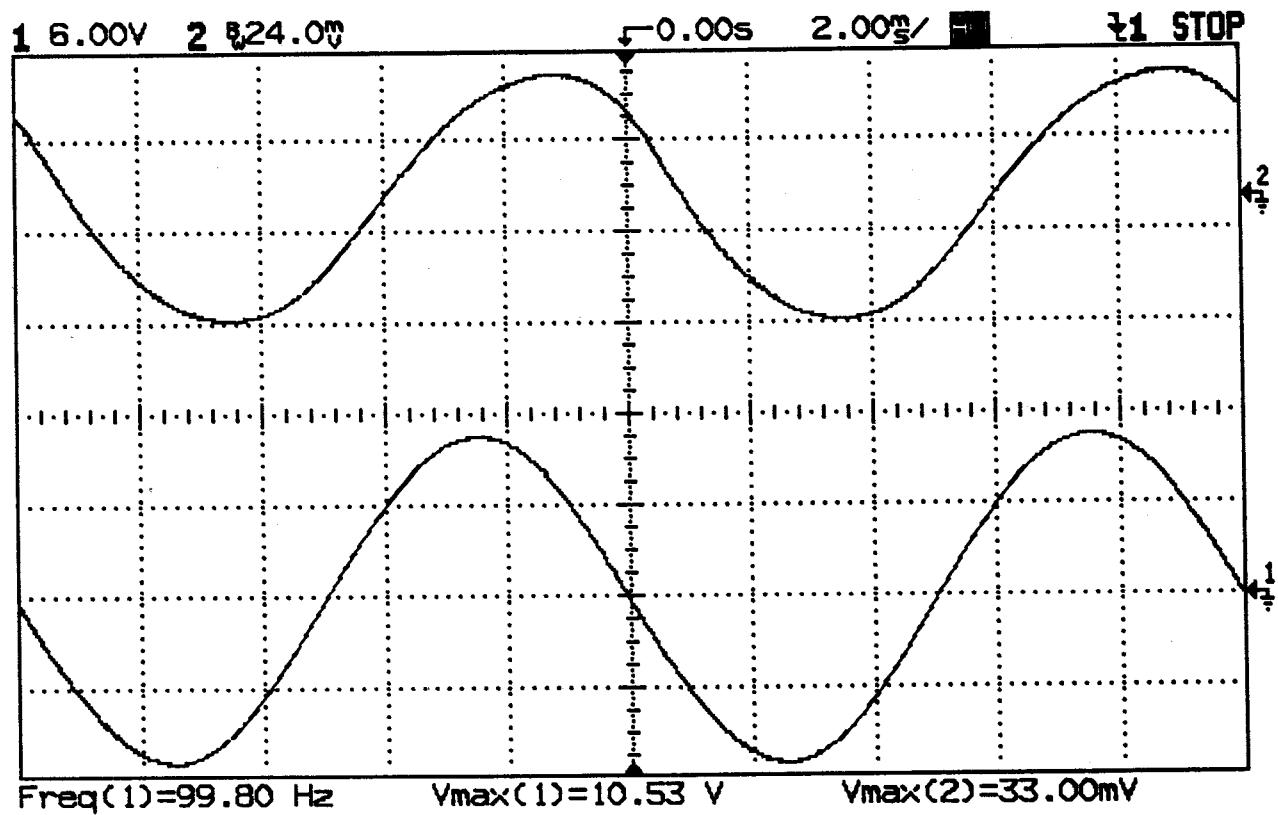
Ua: 12 V / Freq: 50 Hz



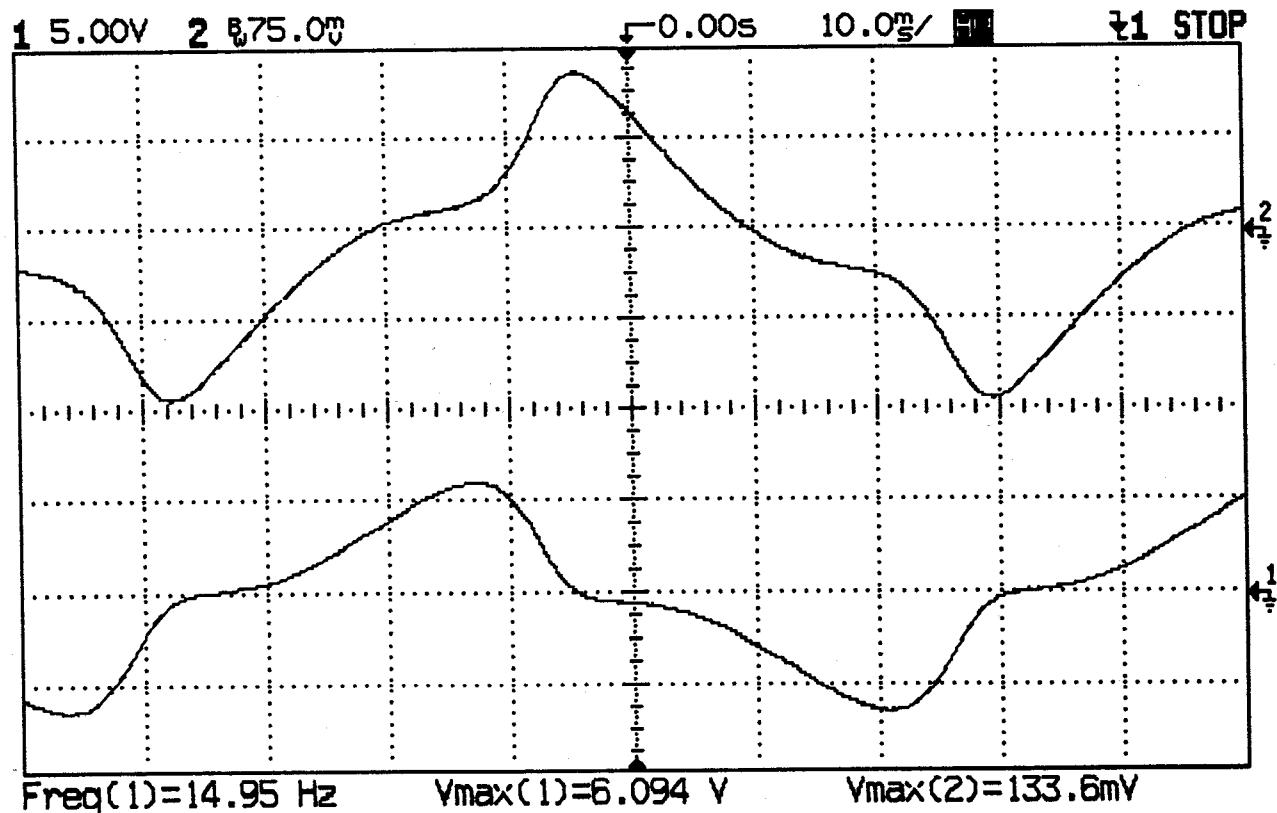
Ua: 12 V / Freq: 75 Hz



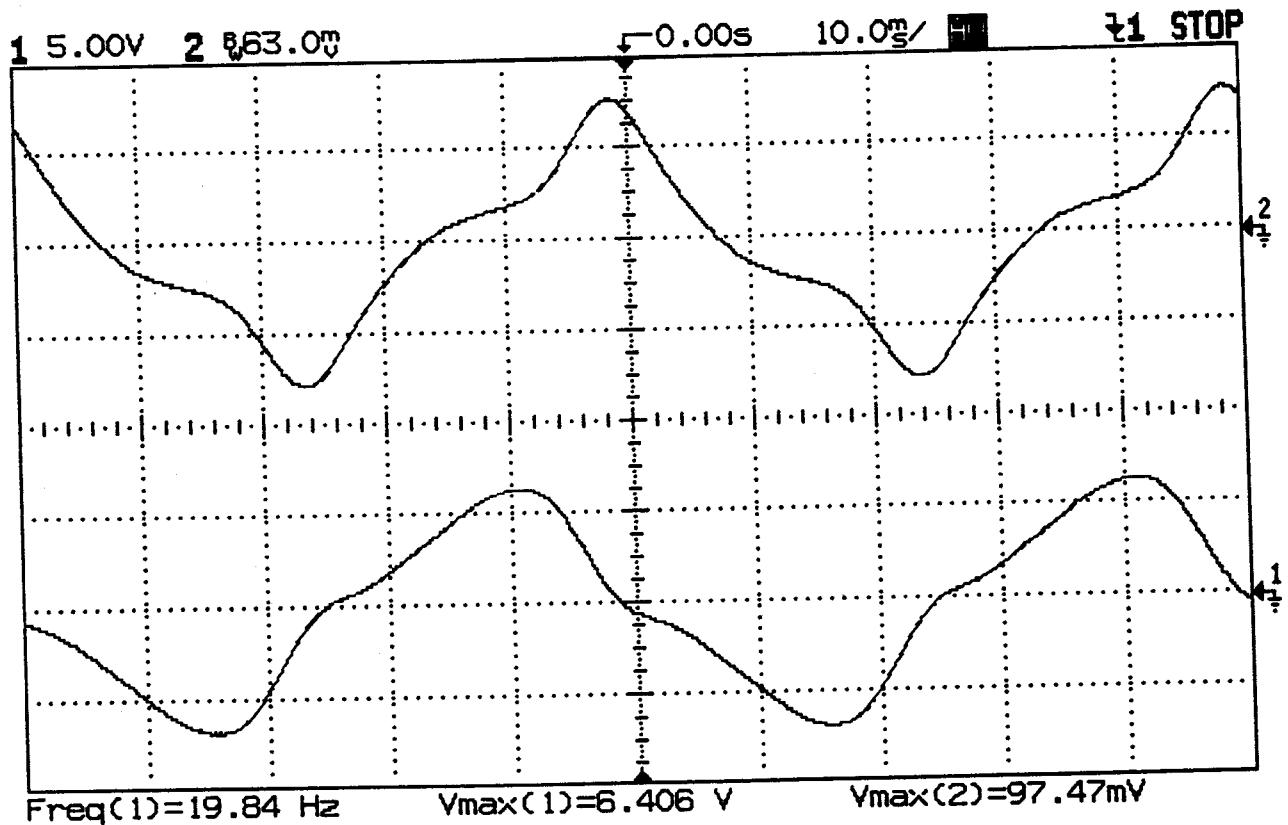
Ua: 12 V / Freq: 100 Hz



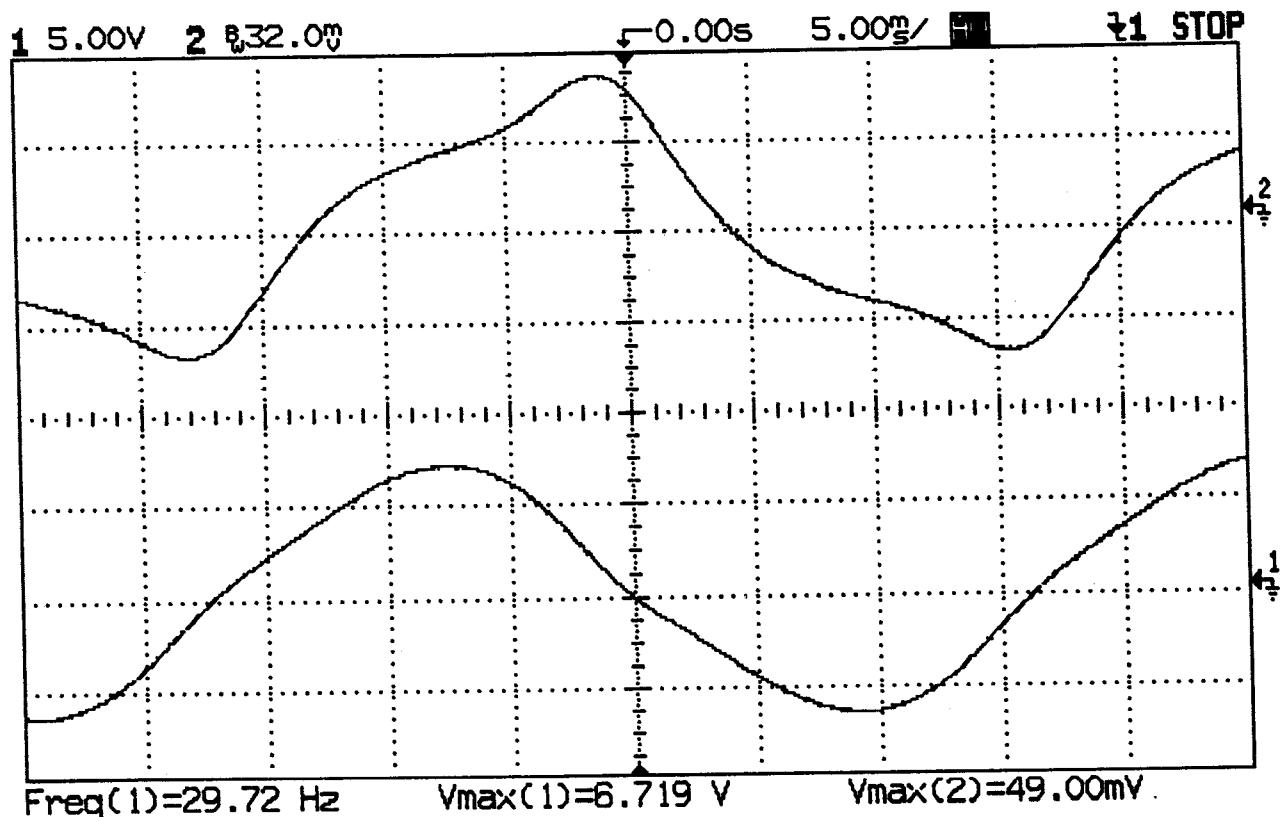
Ua : 8 V / Freq: 15 Hz



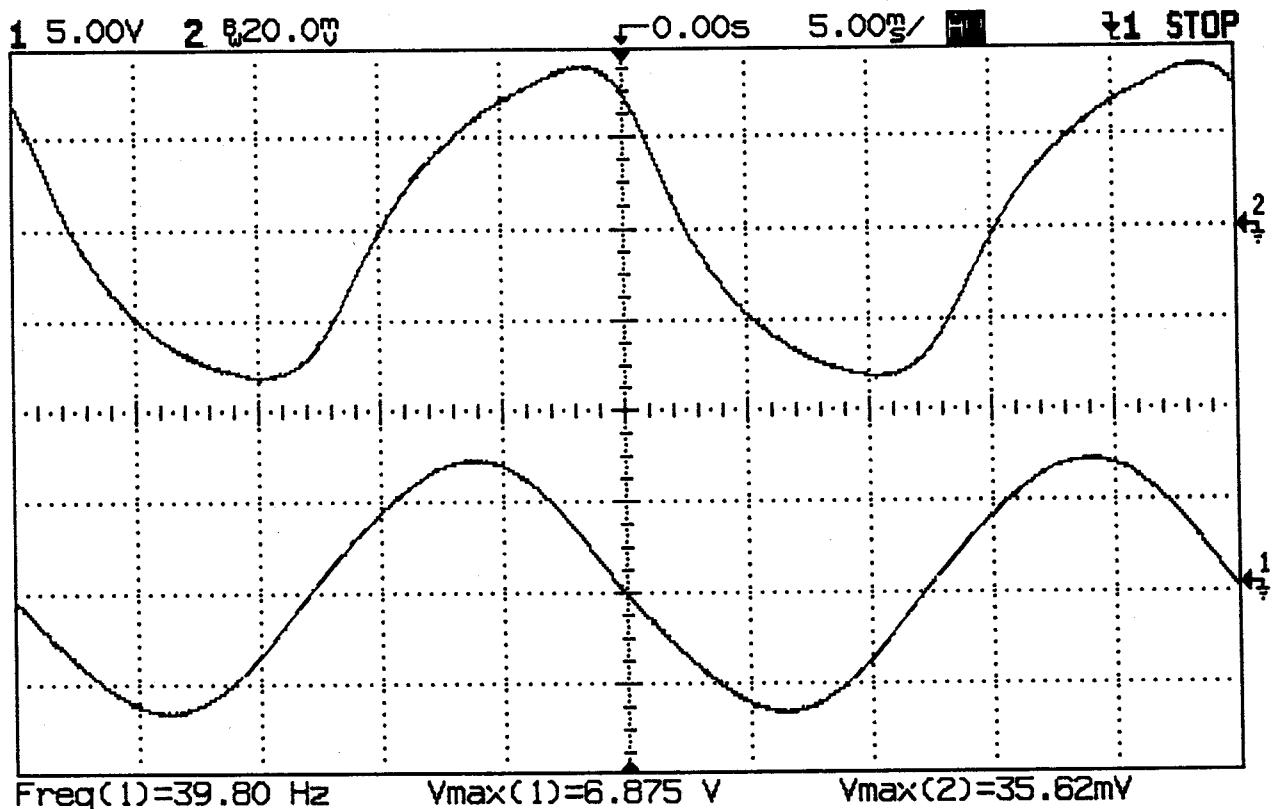
Ua: 8 V / Freq: 20 Hz



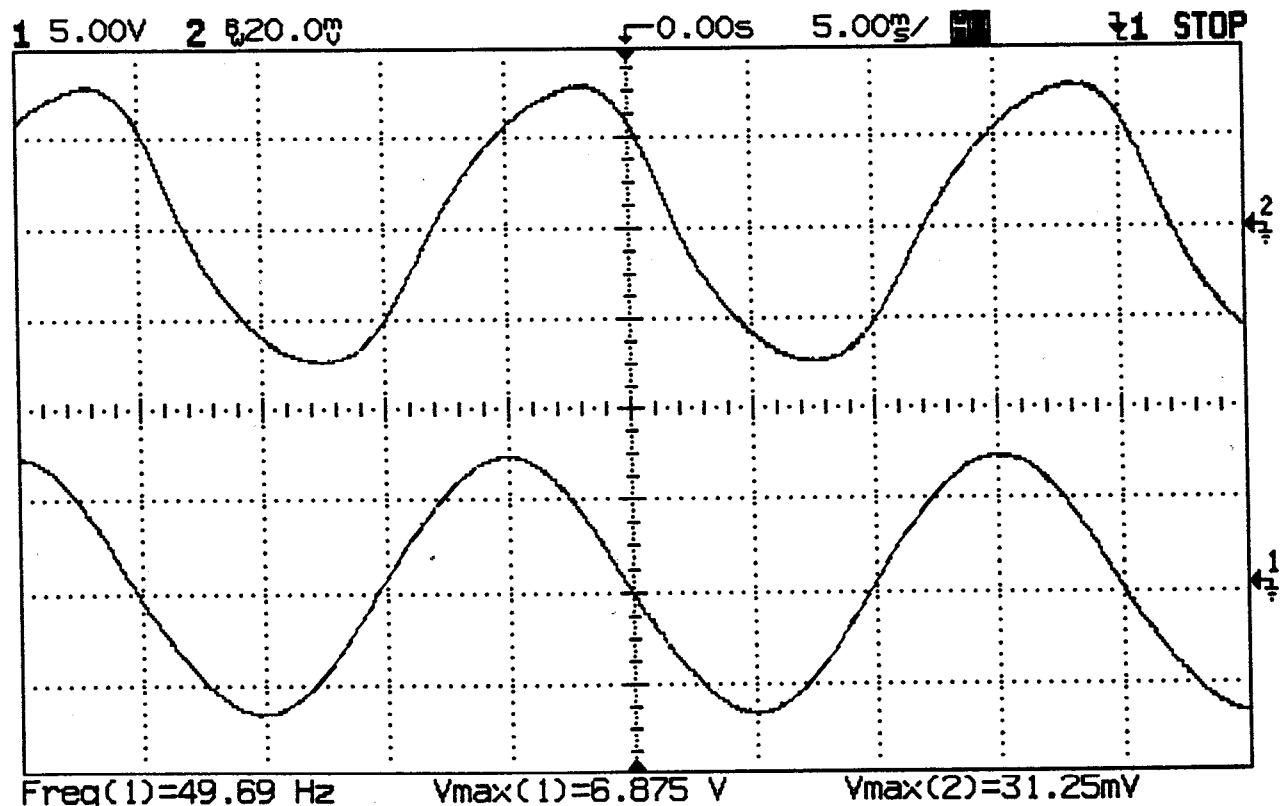
Ua: 8 V / Freq: 30 Hz



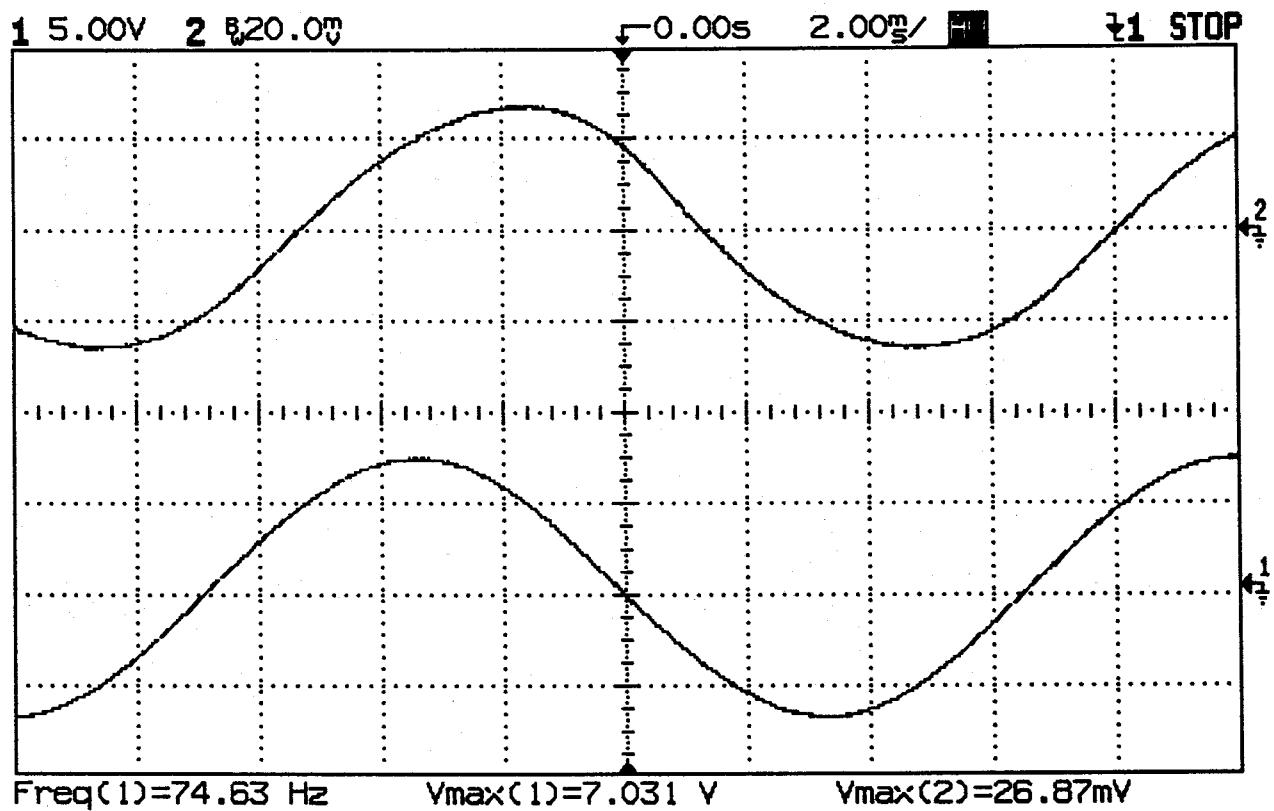
Ua: 8 V / Freq: 40 Hz



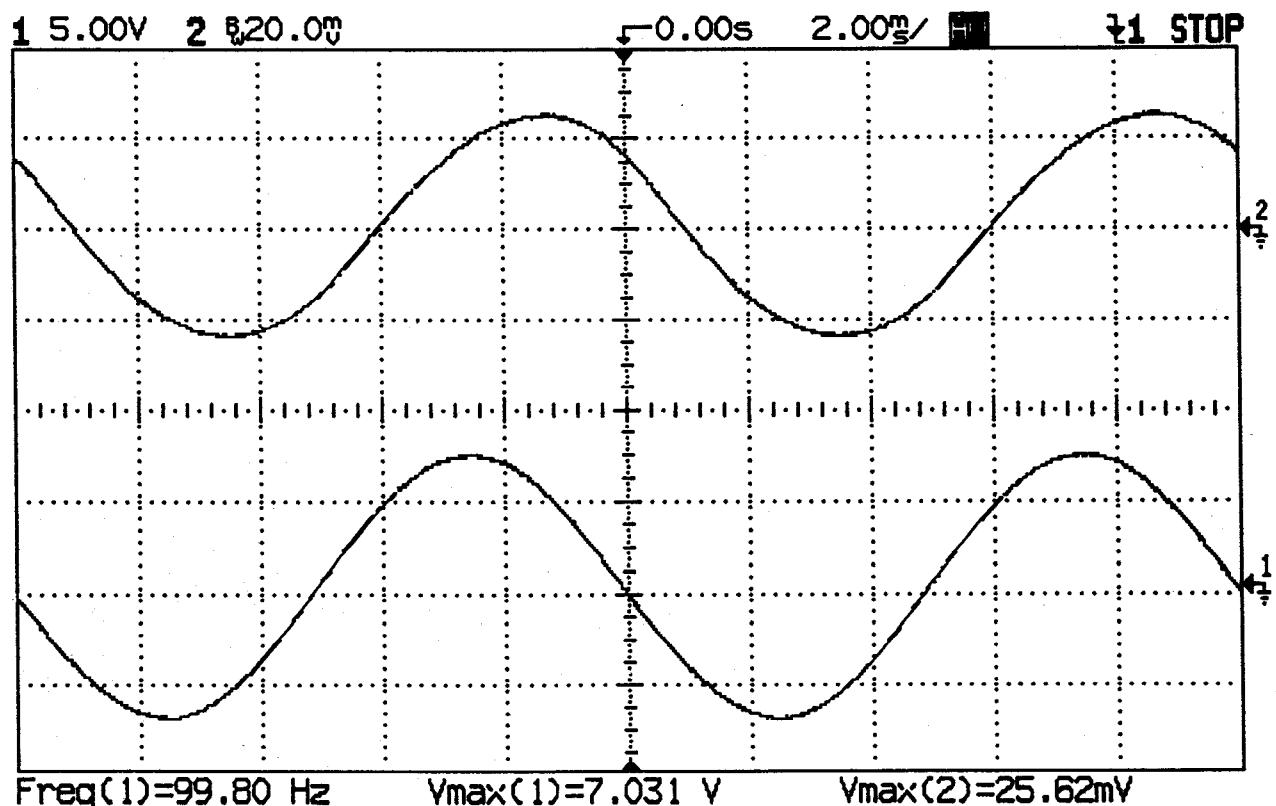
Ua: 8 V / Freq: 50 Hz



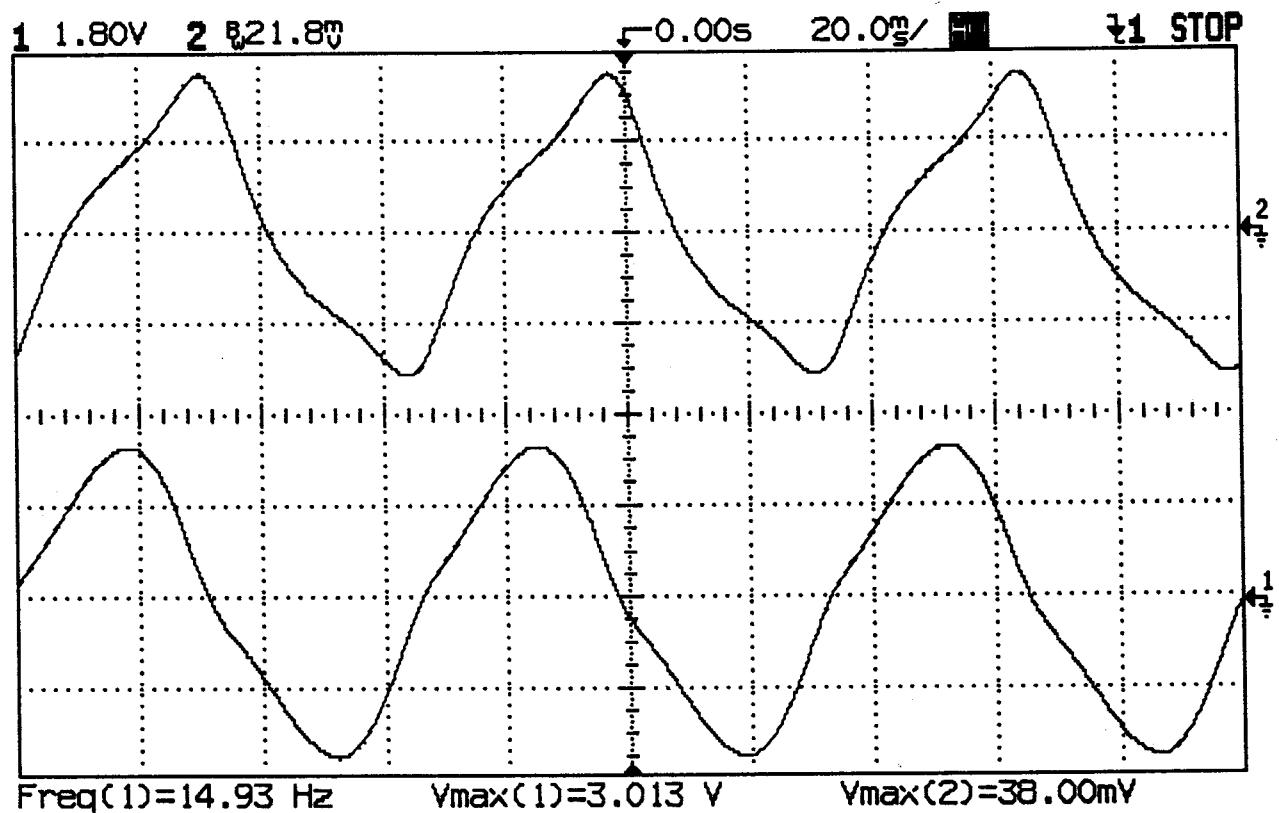
Ua: 8 V / Freq: 75 Hz



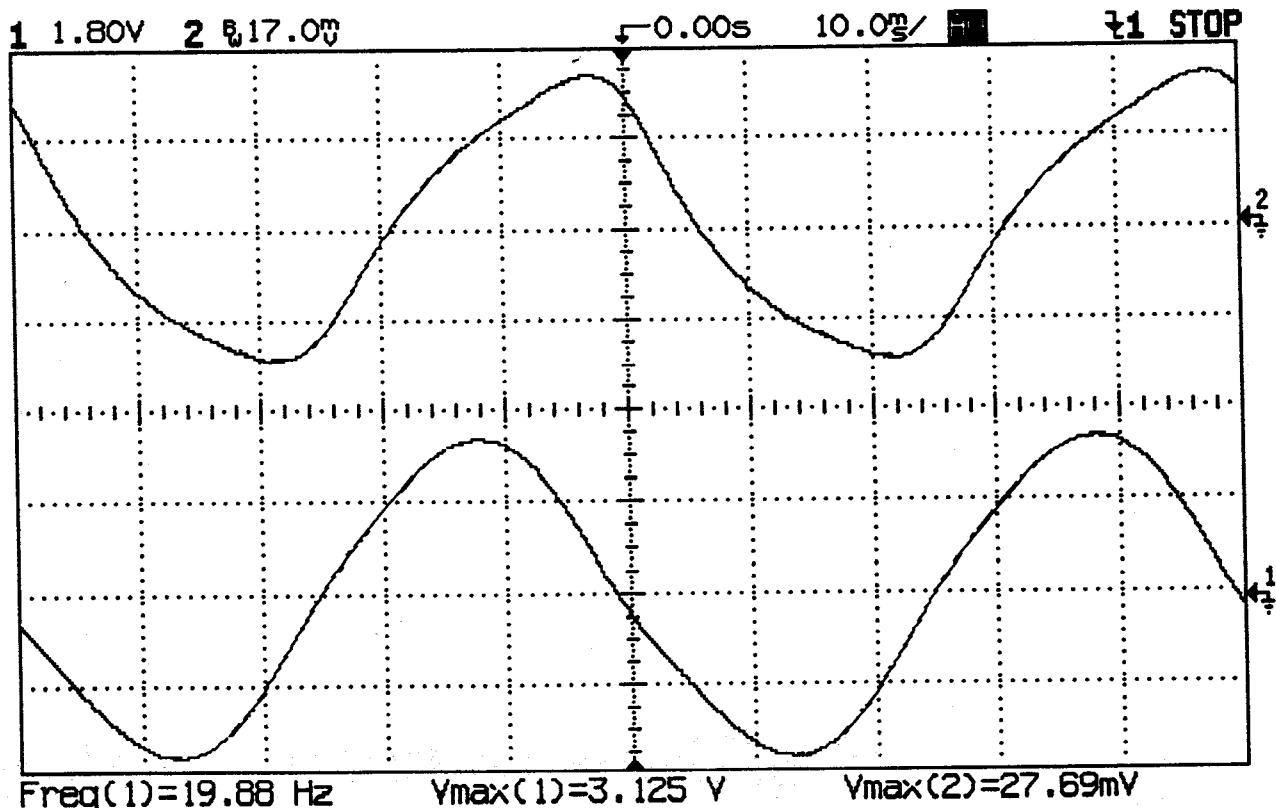
Ua: 8 V / Freq: 100 Hz



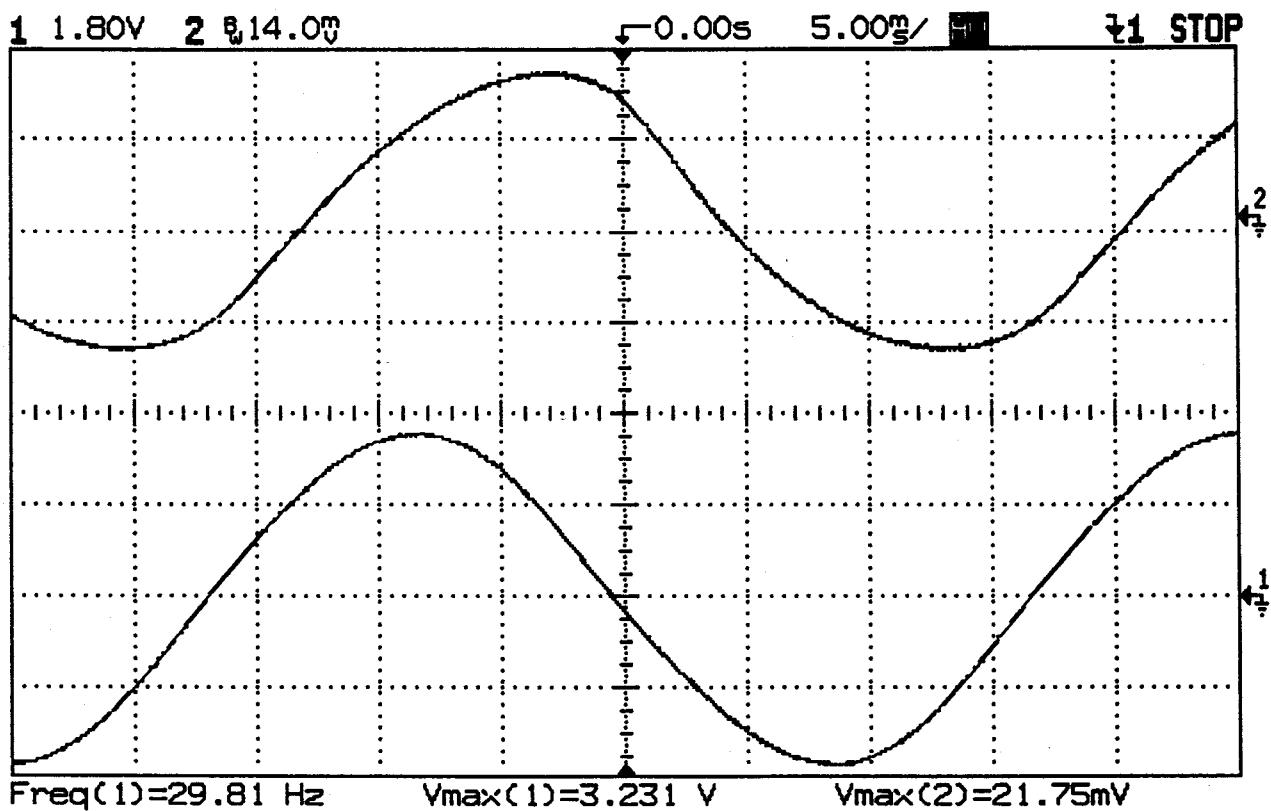
Ua: 4 V / Freq: 15 Hz



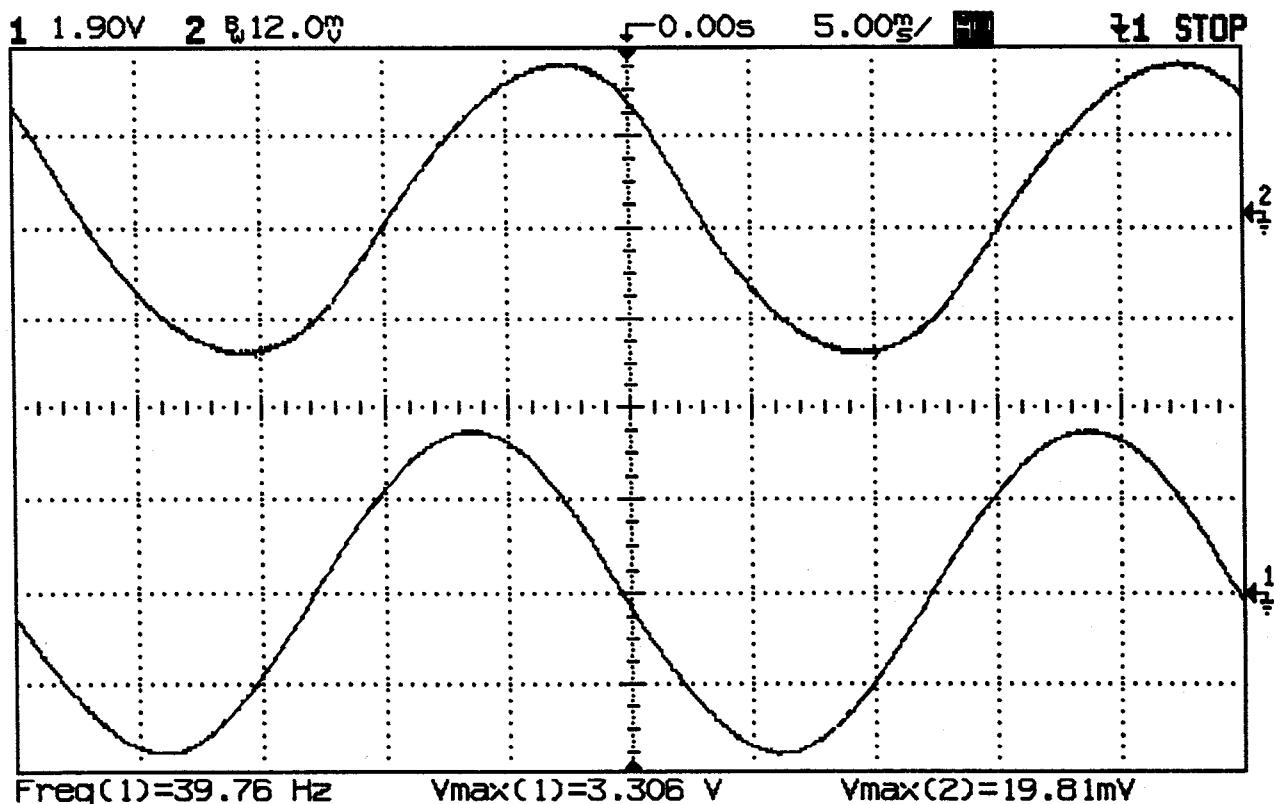
Ua: 4 V / Freq: 20 Hz



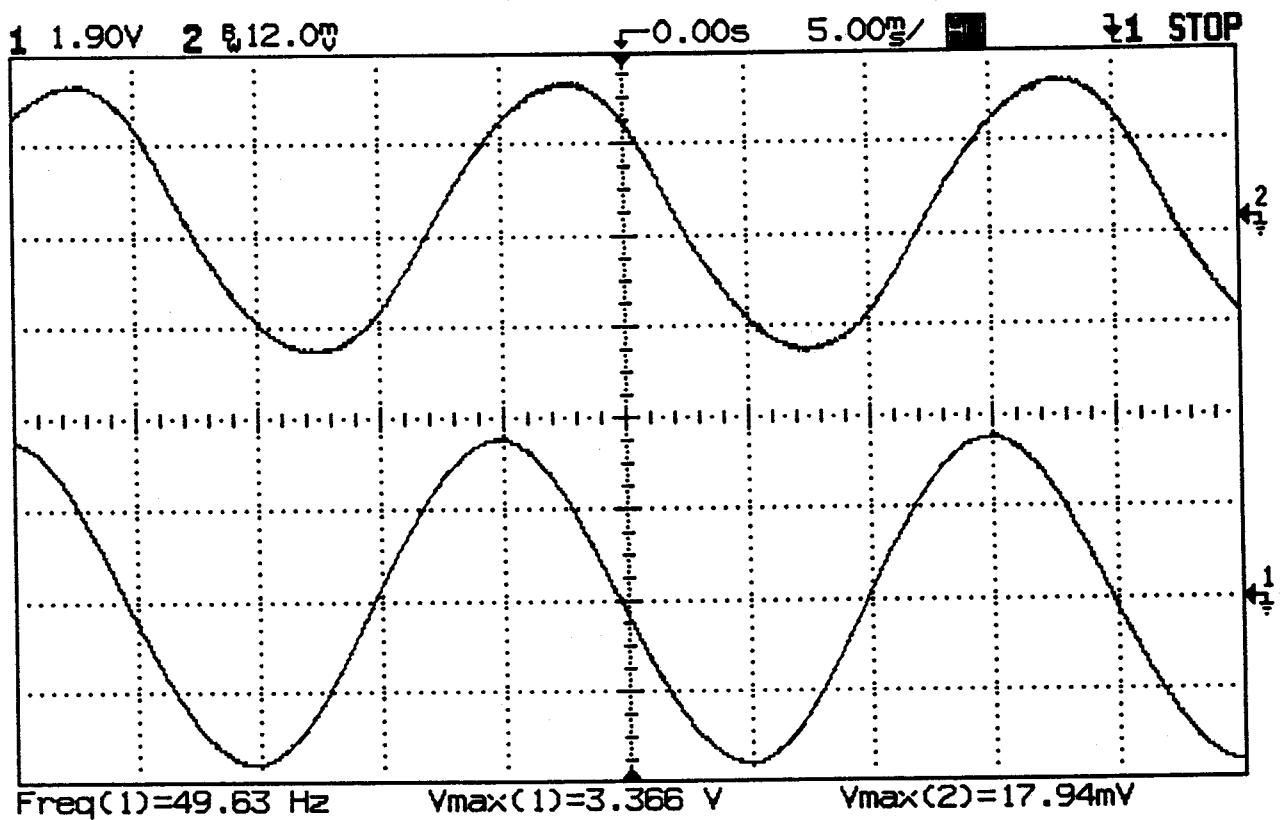
Ua: 4 V / Freq: 30 Hz



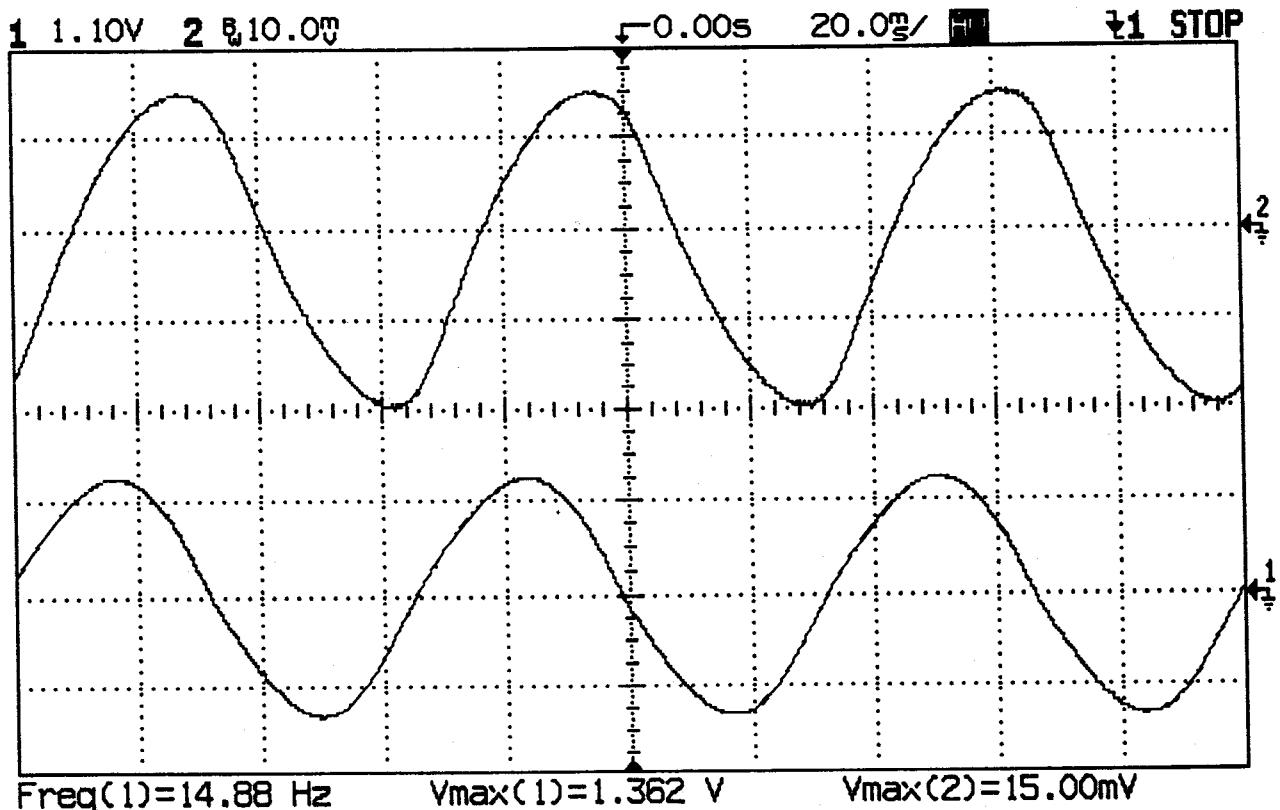
Ua: 4 V / Freq: 40 Hz



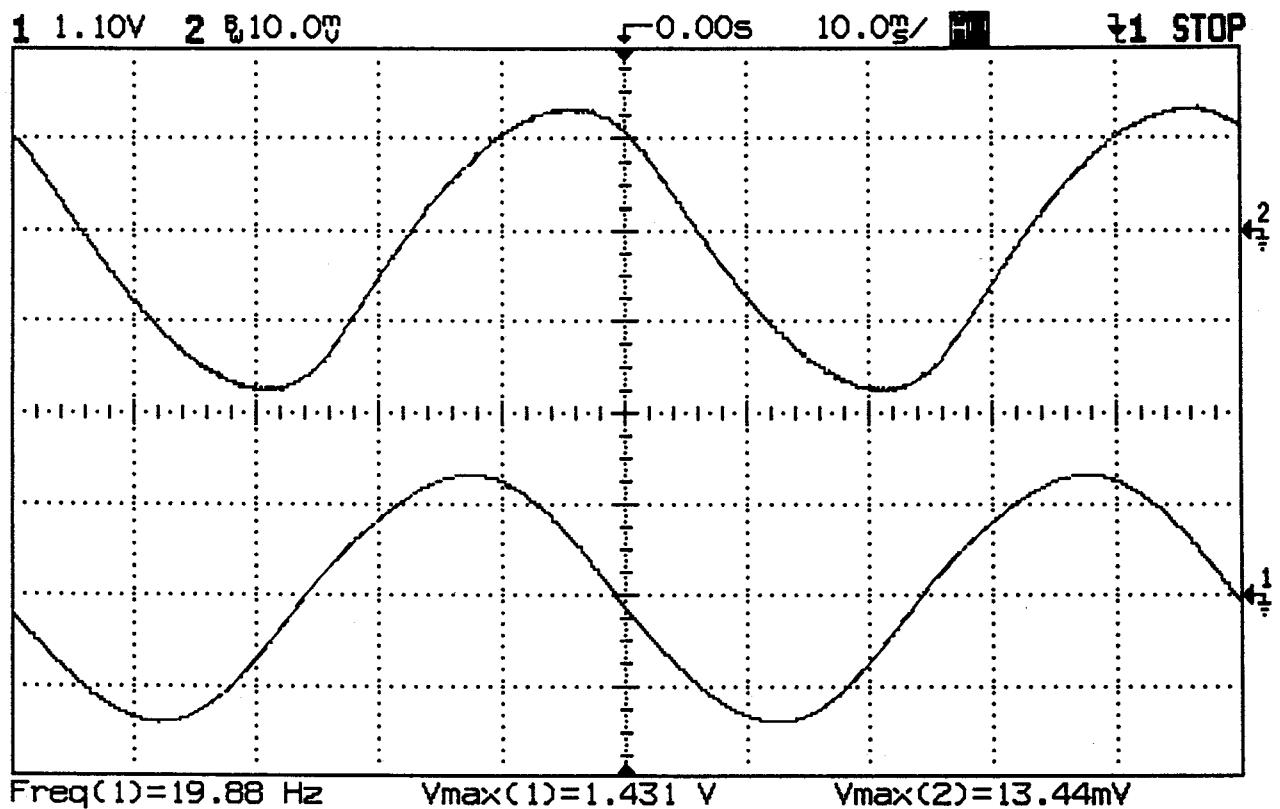
Ua: 4 V / Freq: 50 Hz



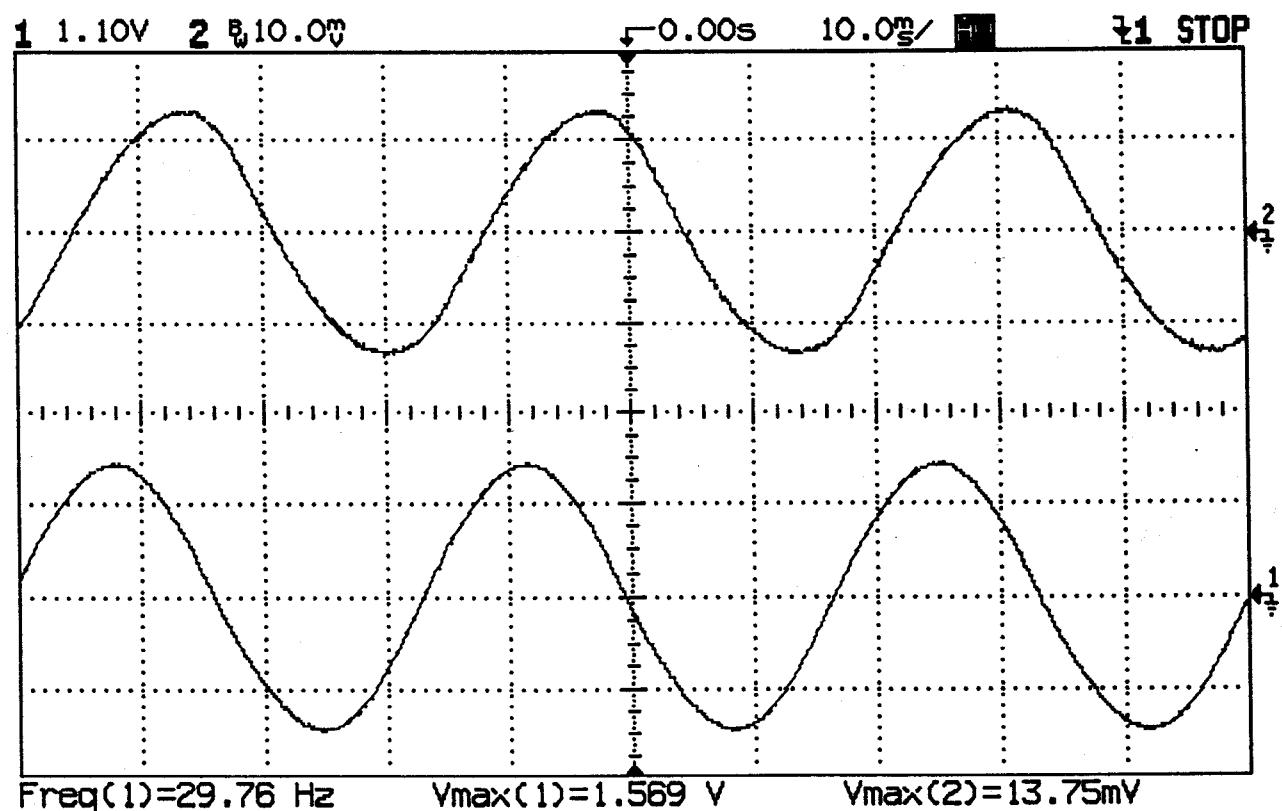
Ua: 2 V / Freq: 15 Hz



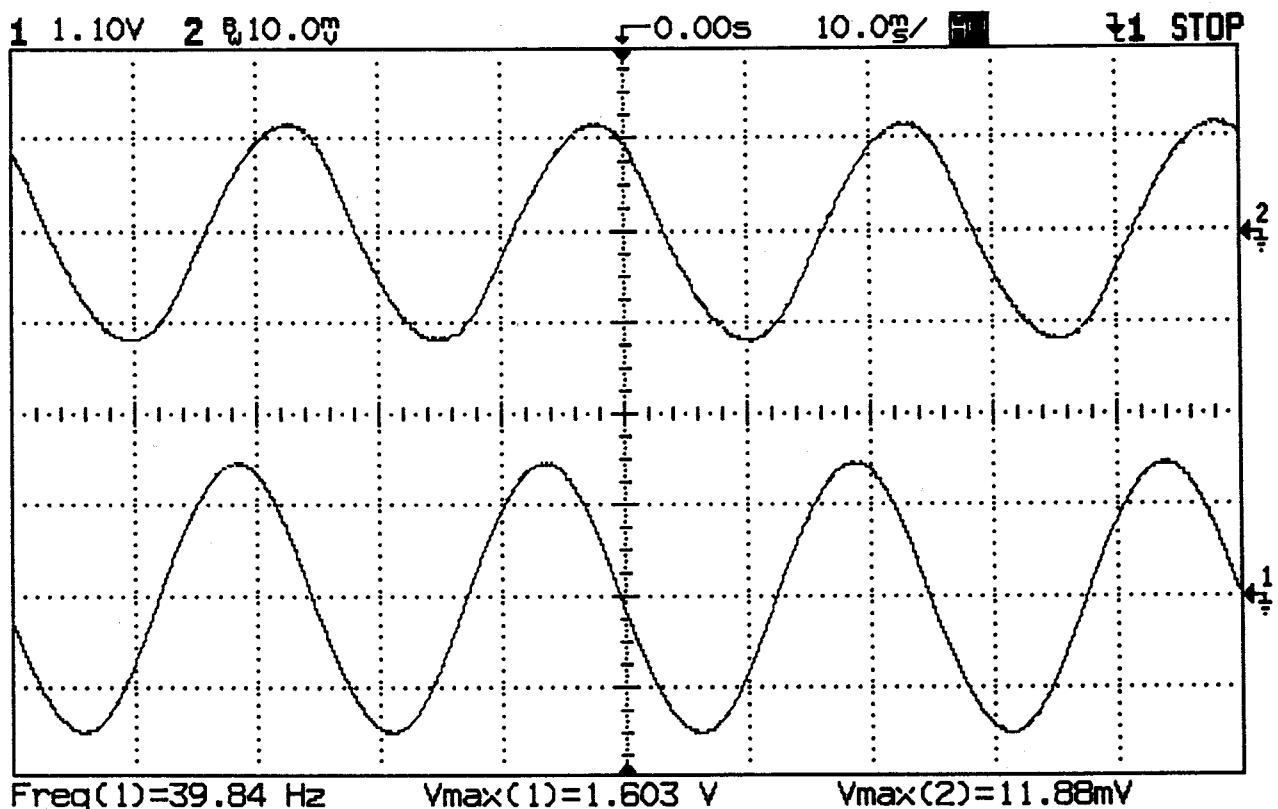
Ua: 2 V / Freq: 20 Hz



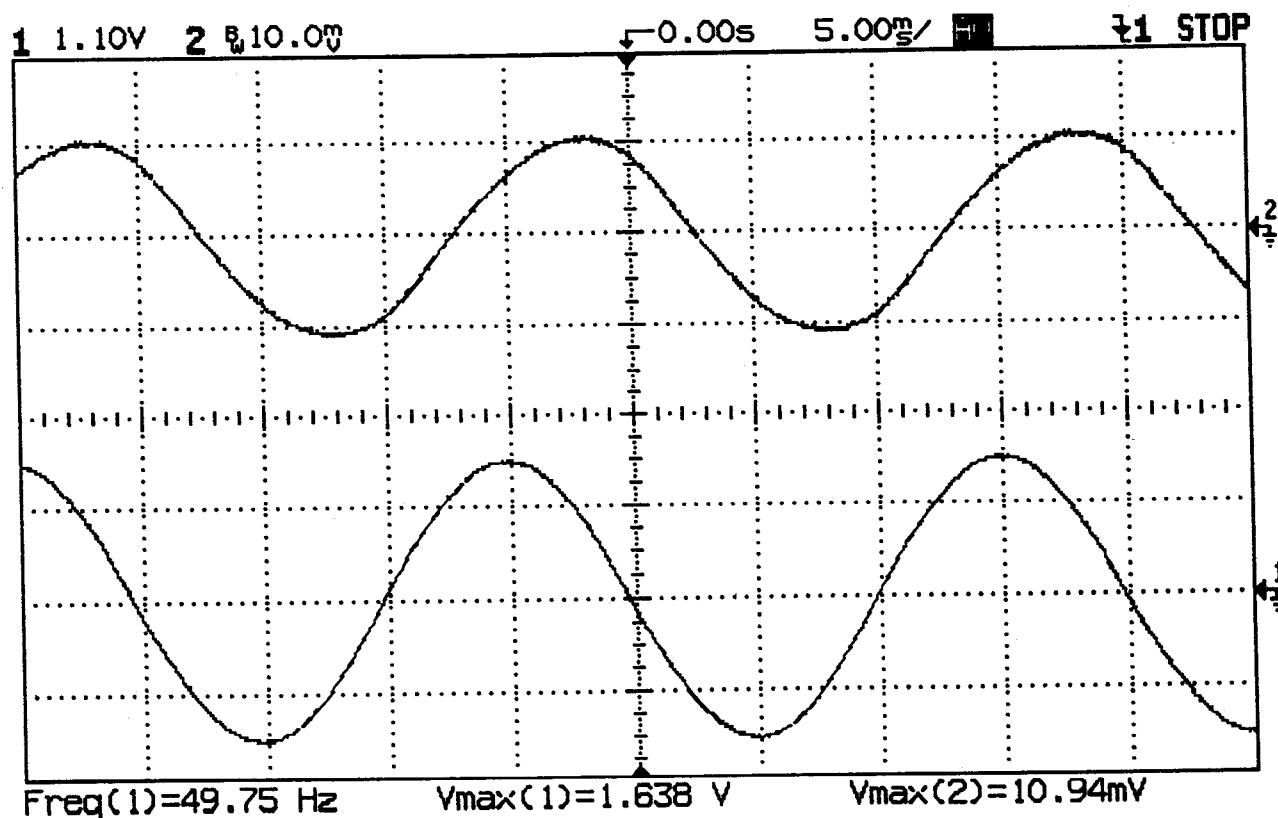
Ua: 2 V / Freq: 30 Hz



Ua: 2 V / Freq: 40 Hz



Ua: 2 V / Freq: 50 Hz



5.2 Formeln mit Herleitungen

In diesem Abschnitt werden die benötigten Formeln entwickelt und ihre programmtechnische Umsetzung erklärt.

5.2.1 Formel für die magnetische Feldstärke

In die Primärwicklung wird ein sinusförmiger Strom eingespeist.

$$(1) \quad i_1(t) = \bar{i}_1 * \sin(\omega t)$$

Der Strom durchfließt einen Shunt und erzeugt die Spannung.

$$(2) \quad U_1(t) = R * \bar{i}_1 * \sin(\omega t) \quad (3) \quad i_1(t) = \frac{U_1(t)}{R}$$

Die Spannung ist proportional zur magnetischen Feldstärke.

$$(4) \quad U_1(t) \sim H(t)$$

Der Strom verursacht im Eisenkern die magnetische Feldstärke.

$$(5) \quad H(t) = \frac{N_1 * \bar{i}_1(t)}{Im} * \sin(\omega t)$$

Setzt man nun (3) in (5) so entsteht (6)

$$(6) \quad H(t) = \frac{N_1 * U_1(t)}{Im * R}$$

Im Programm wird der faktor2 erzeugt. faktor2 = ((n1 * 100)/(Im * shunt)).
Mit diesem Faktor muß die Spannung nur noch multipliziert werden um die Einheit [A/m] zu erhalten.

5.2.2 Formel für die Flußdichte

In der Sekundärwicklung wird aufgrund des Induktionsgesetzes eine Spannung erzeugt

$$(7) \quad U_2(t) = N_2 * \frac{d\Phi(t)}{dt}$$

Ein Umformen der Gleichung ergibt

$$(8) \quad \Phi = \frac{1}{N_2} * U_2(t) dt$$

mit (9) in (8) folgt (10)

$$(9) \quad \Phi = B * A \quad (10) \quad B * A = \frac{1}{N_2} * U_2(t) dt$$

Ein Umstellen der Gleichung (10) ergibt

$$(11) \quad B = \frac{1}{N_2 * A} * U_2(t) dt$$

Das Integral wird durch numerische Integration gelöst.

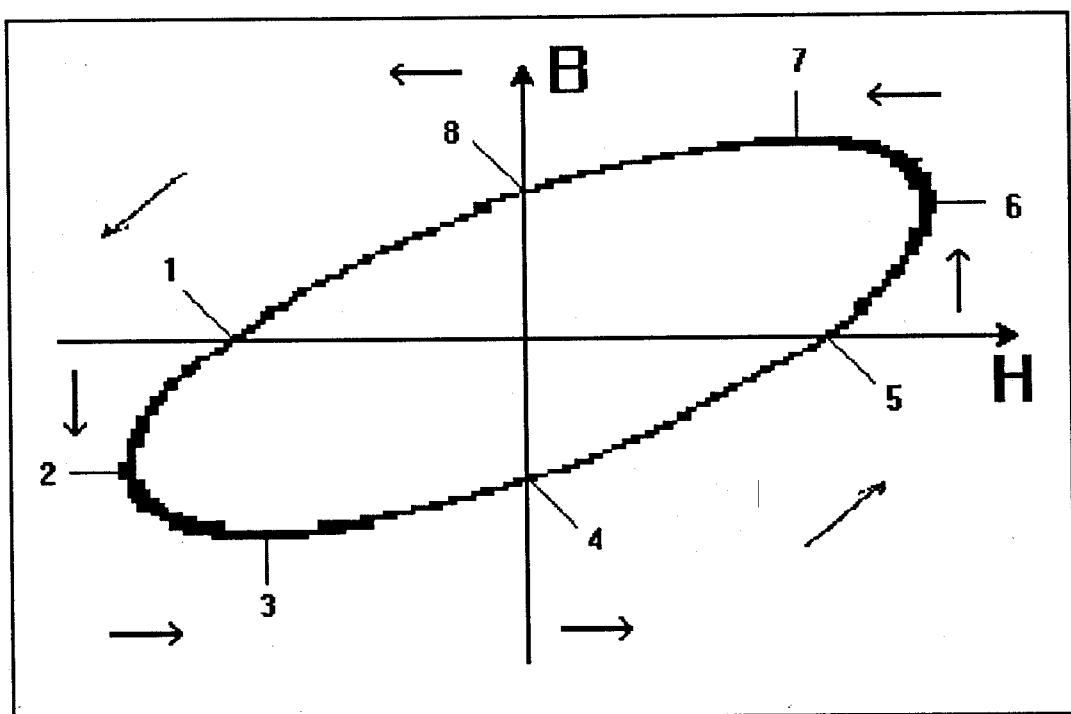
$$(12) \quad U_2(t) dt \Rightarrow \text{Runge Kutta 2}$$

Im Programm wird der faktor1 erzeugt. faktor1 = (1000000 / (n2theo * a)).

Mit diesem Faktor muß die numerische Integrierte Spannung nur noch multipliziert werden, um die Einheit [T] zu erhalten. n2theo entspricht n2 wenn kein Spannungsteiler eingesetzt wird.

5.2.3 Formel für die Hystereseverluste

Um die Hystereseverluste berechnen zu können muß man zuerst die Hystereseschleife betrachten.



Die Hystereseschleife wird in 8 "Sektoren" unterteilt.

Betrachten wir nun die Hystereseschleife. Um den Flächeninhalt der Schleife bestimmen zu können werden folgende Flächen unter der Kurve den Beträgen nach addiert. Bezugsachse für die Flächen unter der Hystereseschleife ist die H (magnetische Feldstärke) Achse.

- von Punkt 2 bis Punkt 5 und von Punkt 6 bis Punkt 1.

nun werden noch folgende Flächen subtrahiert:

- von Punkt 1 bis Punkt 2 und von Punkt 5 bis zu Punkt 6.

Betrachten wir nun Formel (13), die die Hysteresefläche aufaddiert.

$$(13) \text{ hys_ver} = \text{hys_ver} + (\text{H}(i) - \text{H}(i-1)) * ((\text{B}(i) + \text{B}(i+1)) / 2)$$

Hier sehen wir, daß die magnetische Feldstärke aus einer Differenz gebildet wird und die Flußdichte aus einer Summe.

Als erstes untersuchen wir die Differenz der magnetische Feldstärke. Die Differenz ist in folgenden Bereichen jeweils positiv oder negativ:

Punkt 2 bis Punkt 4 : negativ.

Punkt 4 bis Punkt 6 : negativ.

Punkt 6 bis Punkt 8 : positiv.

Punkt 8 bis Punkt 2 : positiv.

Als zweites untersuchen wir die Summe der Flußdichte. Die Summe ist in folgenden Bereichen positiv oder negativ:

Punkt 1 bis Punkt 3 : negativ.

Punkt 3 bis Punkt 5 : negativ.

Punkt 5 bis Punkt 7 : positiv.

Punkt 7 bis Punkt 1 : positiv.

Überlagert man nun beide "Bereiche" und multipliziert die "Vorzeichen" miteinander so kommt man zu folgender Aufteilung.

Punkt 1 bis Punkt 2 : B ist negativ, H ist positiv => B * H = negativ.

Punkt 2 bis Punkt 3 : B ist negativ, H ist negativ => B * H = positiv.

Punkt 3 bis Punkt 4 : B ist negativ, H ist negativ => B * H = positiv.

Punkt 4 bis Punkt 5 : B ist negativ, H ist negativ => B * H = positiv.

Punkt 5 bis Punkt 6 : B ist positiv, H ist negativ => B * H = negativ.

Punkt 6 bis Punkt 7 : B ist positiv, H ist positiv => B * H = positiv.

Punkt 7 bis Punkt 8 : B ist positiv, H ist positiv => B * H = positiv.

Punkt 8 bis Punkt 1 : B ist positiv, H ist positiv => B * H = positiv.

Diese Abschnitte stimmen mit den vorher festgelegten "Sektoren" überein. D.h. nun hat man die Fläche innerhalb der Hystereseschleife "herausgelöst".

Die Fläche ist muß noch mit folgenden Faktoren "behandelt" werden um aus ihr die Hystereseverluste zu gewinnen.

$$(14) \text{ hys_ver} = (\text{hys_ver} * \text{freq}) / (\text{Dichte} * 1000)$$

der Faktor 1000 in der Formel sorgt für richtigen Einheiten [W/kg].

5.3 Beschreibung der gespeicherten Dateien

In der Datei *HYS.DAT sind die Meßwerte der Hystereseschleife hinterlegt.

Die Meßwerte sind als Wertepaare angeordnet, d.h. nach einem Meßpaar kommt automatisch ein Zeilenvorschub. Der erste Wert ist der H Wert (magnetische Feldstärke), der zweite Wert ist der B Wert (magnetische Flußdichte). Es sind so viele Meßwerte in der Datei vorhanden, wie zuvor Meßpunkte aufgenommen wurden. Bei Frequenzen über 500 Hz werden die Meßpunkte heruntergeteilt. Es sind nun auch entsprechend weniger Datenpaare in der Datei enthalten.

Die Datei *KOM.DAT enthält die Meßwerte der Kommutierungskurve. Die Datei ist vom Aufbau gleich

wie die Datei *HYS.DAT. Die Anzahl der Datenpaare hängt hier von der Anzahl der Spannungsschritte ab, die bei der Messung 2 durchlaufen werden.

Die Datei *NEU.DAT ist gleich aufgebaut wie die Datei *KOM.DAT. Auch die Anzahl der Datenpaare ist gleich.

Die Datei *WAS.DAT unterscheiden sich von den vorher beschriebenen Dateien grundsätzlich. In der Datei *WAS.DAT sind alle Informationen hinterlegt, die für die Messungen relevant waren. Aus dieser Datei nehmen sich auch die Prozeduren GRAFIK* ihre Informationen. Die Daten sind hier einzeln aufgeführt und auch durch einen Zeilenvorschub getrennt. Außerdem werden die Daten noch mit Zusätzen ergänzt. Dies ist für die spätere Verarbeitung wichtig.

Übersicht über den Inhalt der Datei *WAS.DAT:

- Meßnummer
- Maximalwert der Flußdichte
- Maximalwert der magnetischen Feldstärke
- Anzahl der gespeicherten Meßpunkte
- Text der Probenbezeichnung
- Die mittlere Eisenwegstrecke
- Der Eisenquerschnitt
- Die Dichte des Eisens
- Die Primärwindungszahl
- Die Sekundärwindungszahl
- Die theoretische Sekundärwindungszahl
- Das Spannungsteilverhältnis
- Der Meßwiderstand
- Die gewählte Flußdichte
- Die gewählte Frequenz
- Die gewünschte Flußdichte
- Die Koerzitivfeldstärke
- Die Remanenz
- Die Hystereseverluste
- Der Meßzähler (Nummer der laufenden Messung)
- Anzahl der Punkte bei Frequenzen größer 500 Hz

5.4 Aufbau der Grafik

Die Grafik setzt sich aus vier verschiedenen Blöcken zusammen.

In der Procedure Grafik 0 werden die Blattumrandungen gezeichnet. Es werden alle Texte der Grafik geschrieben und die Informationen aus der Datei *WAS.DAT angepaßt.

In der Procedure Grafik 1 wird das Koordinatensystem der Hystereseschleife erstellt, sowie die Beschriftung und die Skaleneinteilung der Hysteresegrafik vorgenommen. Eine automatische Anpassung sorgt dafür, daß die Hystereseschleife das Koordinatenkreuz voll ausfüllt. Nun wird noch die Hystereseschleife gezeichnet.

In der Procedure Grafik 2 wird das Koordinatensystem der Kommutierungskurve erstellt, sowie die Beschriftung und die Skalierung der Kommutierungsgrafik vorgenommen. Eine automatische Anpassung sorgt dafür, daß die Kommutierungskurve das Koordinatensystem voll ausfüllt. Nun werden noch die Kommutierungskurve und die Neukurve gezeichnet. Die Neukurve wird in die Grafik der Hystereseschleife eingezeichnet.

In der Procedure Grafik 3 wird die Hardcopy vorbereitet und abgefragt. Die Abfrage wird beim Druck ausgeblendet und dafür der Zusatz "FHT Hochspannungslabor" eingefügt.

6.1 Aufbau der Unit's

Das Programm enthält folgende Unit's:

Unit's, die von TurboPascal zur Verfügung gestellt werden:

- CRT
- DOS
- GRAPH

Unit, die der IEEE Karte KPC-488.2 der Firma Keithley beigelegt war:

- IEEEPAS

(Während der Übersetzung der Datei IEEEPAS.PAS wird die Datei IEEE488.OBJ aufgerufen. Sie muß bei der Übersetzung mit im selben Verzeichnis stehen.)

Unit's, die programmiert wurden:

- ANFANG
- GERAETE
- GRAFIK
- MATHE
- MELDUNG
- MESSUNG
- VARDEF

Die programmierten Unit's enthalten folgende Proceduren.

Unit ANFANG:

```
Procedure BEGRUESS  
Procedure EINGABE0  
Procedure EINGABE1  
Procedure EINGABE2
```

Unit GERAETE:

```
Procedure ABBRUCH  
Procedure INITIALISIER  
Procedure OSZILLOSKOP_EINSTELLEN  
Procedure FREO_EINST  
Procedure BANDBREITE1  
Procedure BANDBREITE2  
Procedure KANAL_INFO  
Procedure SPG_ANPASS  
Procedure ANPASSUNG  
Procedure FLUSSDICHTE_ANPASS  
Procedure PRUEF_ANPASS
```

Unit GRAFIK:

Procedure GRAFIK0
Procedure GRAFIK1
Procedure GRAFIK2
Procedure GRAFIK3
Procedure DRUCK

Unit MATHE:

Procedure RUNGE_KUTTA_2
Procedure KURVE_SYM
Procedure BR_WERT
Procedure HR_WERT

Die Procedure RUNGE_KUTTA_2 wurde von Herrn Dipl.Ing.(FH) Uwe Weidlich freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Unit MELDUNG:

Procedure MELDUNG0
Procedure MELDUNG1
Procedure MELDUNG2
Procedure MELDUNG3
Procedure MELDUNG31
Procedure MELDUNG32
Procedure MELDUNG4
Procedure MELDUNG5
Procedure MELDUNG6
Procedure MELDUNG7
Procedure MELDUNG8
Procedure MELDUNG81
Procedure MELDUNG82
Procedure MELDUNG9
Procedure MELDUNG10
Procedure MELDUNG11
Procedure MELDUNG12
Procedure MELDUNG13
Procedure MELDUNG14
Procedure MELDUNG15

Unit MESSUNG:

Procedure ABBRUCH
Procedure MESSUNG1
Procedure ENT_MAGNET
Procedure MESSUNG2
Procedure SPEICHER

Unit VARDEF:

Die Unit VARDEF enthält keine Prozeduren, in ihr sind die Variablen hinterlegt.

6.2 Programmtext mit Erklärung6.2.1 Unit MESSUNG mit Erklärung

Unit MESSUNG;

Interface

Uses VARDEF,IEEEPAS,GERAETE,MATHE,MELDUNG,CRT;

{

}

Procedure MESSUNG1;

Procedure ENT_MAGNET;

Procedure MESSUNG2;

Procedure SPEICHER;

{

}

Implementation

var

i,ii : integer;

punkte1 : word;

punkte2 : word;

code : integer;

status : integer;

adr_str : string;

r : string;

| : word;

info_str : string;

hys_ver_s : string;

{

}

Procedure MESSUNG1;

{*****}

MESSUNG1:

Aufnehmen der Meßwerte der Hystereseschleife.

hys_ver : single; Verlustleistung berechnen

Korrektur der Hystereseschleife, (Rampenfunktion).

Speichern der Meßwerte der Hystereseschleife.

{*****}

var

antwort : word;

spg : double;

hys : text;

b_kor : single;

spg_zw : single;

begin

{*} ABBRUCH;

New (UMess);

New (HMess);

New (BMess);

```

// betrachte CH1 \\
send (adr_os,'VIEW CHANNEL1',status);
// betrachte CH2 \\
send (adr_os,'VIEW CHANNEL2',status);
// CH2 Empfindlichkeit einstellen \\
send (adr_os,'CHANNEL2:RANGE 10mV',status);
spg_x2:=0.01;
delay (500);
// Aufruf: Procedure \\
{*} SPG_ANPASS ( 0.02,spg_x2,2);
// Mehrfachmessung \\
send (adr_os,'ACQUIRE:TYPE AVERAGE',status);
// Anzahl der Messungen 64 \\
send (adr_os,'ACQUIRE:COUNT 64',status);
// Trigger auf CH1 \\
send (adr_os,'TRIGGER:SOURCE CHANNEL1',status);
// speichere CH1 und CH2 \\
send (adr_os,'DIGITIZE CHANNEL1, CHANNEL2',status);
{*} ABBRUCH;
// Abfrage ob die Operation DIGITIZE abgeschlossen ist \\
send (adr_os,'*OPC?',status);

repeat // Antwortschleife \\

enter(r,255,l,adr_os,status);
val (r,weiter,code);

until weiter = 1;

// Quelle CH1 \\
send (adr_os,'WAVEFORM:SOURCE CHANNEL1',status);
// Abfrage der Meßpunkte auf CH1 \\
send (adr_os,'WAVEFORM:POINTS?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status); // Datenempfang \\
val (r,punkte,code);
punkte1:=punkte;
// Aufruf: Procedure \\
{*} KANAL_INFO ( yin,yor,yre,xin );
DeltaT:=xin;
// Datenübertragung anfordern \\
send (adr_os,'WAVEFORM:DATA?',status);
str (adr_os,adr_str);
// PC wird Listener,Oszi wird Talker \\
transmit (' MLA TALK ' + adr_str,status);
rarray (d,count,l,status);
// PC wird Talker,Oszi wird Listener \\
transmit (' MTA LISTEN ' + adr_str,status);
{*} ABBRUCH;

// Schleife zur Berechnung der Spannungswerte \\
for i:=1 to punkte1 do

begin
  Umess^[i]:=((d.dat[i]-yre)*yin) + yor;
end;

// Aufruf: Procedure \\

```

```

{*)RUNGE_KUTTA_2 ( Punkte1,DeltaT,UMess,faktor1,Bmess );
// Aufruf: Procedure \\
{*)KURVE_SYM ( BMess,punkte1,bmax1,bmin1 );
b_gew:=bmax1;

// Schleife wird aktiviert bei Frequenzen über 500 Hz \\
if freq > 500 then
// Die ursprünglichen Meßpunkte werde heruntergeteilt auf die Anzahl \\
// der Meßpunkte die einer Meßperiode entsprechen \\
begin
  punkte:= trunc (punkte/merker_freq);
  pu_gr_500:=punkte;
end;
// Abweichungen bei der Integration machen eine Korrektur nötig \\
{* Korrektur der Hys-Kurve *}
b_kor:= ( BMess^[1] - BMess^[punkte] ) / punkte;
// Anfangswert und Endwert der Meßperiode werden voneinander abgezogen \\
// die Differenz wird durch die Anzahl der Meßpunkte der Periode geteilt \\
// dies ergibt einen Korrekturfaktor b_kor \\
{*} ABBRUCH;
// Schleife zur Korrektur des Integrationsfehlers \\
for i:= 1 to ( punkte ) do
// i ist der Laufindex und der Multiplikator für die einzelnen Meßwerte \\
// Der Integrationsfehler hat die Form einer Rampe \\
begin
  BMess^[i + 1]:= BMess^[i + 1] + ( b_kor * i );
end;

// Quelle CH2 \\
send (adr_os,:WAVEFORM:SOURCE CHANNEL2',status);
// Abfrage der Meßpunkte auf CH2 \\
send (adr_os,'WAVEFORM:POINTS?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status); // Datenempfang \\
val (r,punkte2,code);
// Vergleich ob die Meßpunkte von CH1 und CH2 übereinstimmen,d.h. gleiche Zeitbasis \\
if punkte1 < > punkte2 then
// Ist die Basis unterschiedlich erfolgt der Abbruch \\
begin
  Writeln(' Zeitbasisverschiebung, Messung muß abgebrochen werden !!! ');
  Writeln(' Oszi und Freq.gen wurden entriegelt ');
// Entriegelung von Oszi und Freq.gen \\
  send (adr_os,:SYSTEM:LOCK OFF',status);
  str (adr_fg,adr_str);
  transmit ('GTL' + adr_str,status);
  Halt(2);
end;

// Aufruf: Procedure \\
{*}KANAL_INFO ( yin,yor,yre,xin );
// Datenübertragung anfordern \\
send (adr_os,:WAVEFORM:DATA?',status);
str (adr_os,adr_str);
// PC wird Listener,Oszi wird Talker \\
transmit (' MLA TALK ' + adr_str,status);
rarray (d,count,l,status);
// PC wird Talker,Oszi wird Listener \\
transmit (' MTA LISTEN ' + adr_str,status);

```

```

hmax1:=-100;
hmin1:= +100;
{ *} ABBRUCH;
// Schleife zur Berechnung der magn. Feldstärke \\
for i:= 1 to punkte do

begin
  HMess^i: =(((d.dat[i]-yre)*yin)+yor) * faktor2; { Einheit:A/m }
// Hmax herausfinden \\
  if HMess^i > hmax1 then
    hmax1:=HMess^i;
// Hmin herausfinden \\
  if HMess^i < hmin1 then
    hmin1:=HMess^i;
end;

// Verluste berechnen der Hystereseschleife \\
{* Integral der Hys-Schleife *}
hys_ver:=0;
// Schleife zur Berechnung der Hystereseverluste \\
for i:= 1 to punkte-1 do

begin
// Fläche berechnen \\
  hys_ver:=hys_ver + ( HMess^i - HMess^{i+1} ) * (( BMess^i + BMess^{i+1} ) / 2 );
end;
// mit Fläche und Parameter Hystereseverluste berechnen \\
  hys_ver:=( hys_ver * freq )/( Dichte * 1000 );
  { hys_ver umwandeln in string hys_ver_s }
  str(hys_ver,hys_ver_s);
  { Numerisch messnr umwandeln in string messnr_s }
  str(messnr,messnr_s);
  assign ( hys,messnr_s+'hys.dat' );
  rewrite ( hys );
  {*} ABBRUCH;
// Schleife in der die Meßwerte gespeichert werden in Datei HYS.DAT \\
for i:= 1 to punkte do

begin
  writeln ( hys,Hmess^i,' ',BMess^i );
end;

writeln ( hys,Hmess^1,' ',BMess^1 );
close ( hys );
// Aufruf: Procedure \\
{*}BR_WERT ( HMess,BMess,punkte,Br );
// Aufruf: Procedure \\
{*}HR_WERT ( HMess,BMess,punkte,Hr );
Dispose ( UMess );
Dispose ( HMess );
Dispose ( BMess );
send (adr_os,:RUN',status);
{ *} ABBRUCH;
end; { ENDE MESSUNG1 }
{
*****}

```

```

Procedure ENT_MAGNET;
{*****
ENT_MAGNET:
Entmagnetisieren der Meßeinrichtung
*****}
var
  spg    : single;
  info_str : string;

begin
  {*} ABBRUCH;
  // Einfachmessung \\
  send (adr_os,'ACQUIRE:TYPE NORMAL',status);
  spg:=spg_abw;

  repeat // Entmagnetisierungsschleife \\
    spg:=spg - 0.2;
    str (spg,info_str);
    delete (info_str,20,2);
    // an Freq.gen. Spannung einstellen \\
    send (adr_fg,'AMP '+info_str+' V',status);
    delay(250);
  {*}ABBRUCH;

  until spg < 0.1;

  // an Freq.gen. Spannung 0.1 V einstellen \\
  send (adr_fg,'AMP 0.1 V',status);
end; { ENDE ENT_MAGNET }
{*****
}

Procedure MESSUNG2;
{*****
MESSUNG2:
Aufnehmen der Meßwerte der Neuen und Kommutierungskurve.
Speichern der Meßwerte der Neuen und Kommutierungskurve.
*****}
var
  add      : single;
  spg2    : single;
  spg1    : single;
  spg_zw   : extended;
  neu      : text;
  kom      : text;
  i        : integer;

begin
  {*} ABBRUCH;
  New ( UMess );
  New ( HMess );
  New ( BMess );
  New ( NHMess );
  New ( NBMess );
  New ( KHMess );
  New ( KBMess );
  { Schrittweite der Messungen kom und neu an

```

```

die Spannungsdifferenz anpassen }

if spg_abw < 4 then
add:=spg_abw/15;
if spg_abw < 8 then
add:=spg_abw/20;
if spg_abw >= 8 then
add:=spg_abw/25;
// CH2 Empfindlichkeit einstellen \\
send (adr_os,'CHANNEL2:RANGE 10 mV',status);
// CH1 Empfindlichkeit einstellen \\
send (adr_os,'CHANNEL1:RANGE 1 V',status);
spg2:=0.1;
// Laufindex \\
ii:=1;
spg_x2:=0.01;
spg_x1:=1;

// Schleife zur Berechnung der KOM und NEU Werte \\
repeat

// Einfachmessung \\
send (adr_os,'ACQUIRE:TYPE NORMAL',status);
// Neue Meßspannung einstellen \\
spg2:=spg2+add;
str (spg2,info_str);
delete (info_str,20,2);
// Neue Meßspannung an Freq.gen. senden \\
send (adr_fg,'AMP '+info_str+' V',status);
delay (500);
// Aufruf: Procedure \\
{*} SPG_ANPASS ( 0.01,spg_x2,2);
// Aufruf: Procedure \\
{*} SPG_ANPASS ( 0.15,spg_x1,1);
delay (500);
// Mehrfachmessung \\
send (adr_os,'ACQUIRE:TYPE AVERAGE',status);
// Anzahl der Messungen 8 \\
send (adr_os,'ACQUIRE:COUNT 8',status);
// Trigger auf CH1 \\
send (adr_os,'TRIGGER:SOURCE CHANNEL1',status);
// speichere CH1 und CH2 \\
send (adr_os,'DIGITIZE CHANNEL1, CHANNEL2',status);
{*} ABBRUCH;
// Abfrage ob die Operation DIGITIZE abgeschlossen ist \\
send (adr_os,'*OPC?',status);

repeat // Antwortschleife \\
enter(r,255,l,adr_os,status);
val (r,weiter,code);

until weiter = 1;

// Quelle CH1 \\
send (adr_os,'WAVEFORM:SOURCE CHANNEL1',status);
// Abfrage der Meßpunkte auf CH1 \\
send (adr_os,'WAVEFORM:POINTS?',status);

```

```

enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,punkte1,code);
// Aufruf: Procedure \\
{*}KANAL_INFO ( yin,yor,yre,xin );
DeltaT:=xin;
// Datenübertragung anfordern \\
send (adr_os,:WAVEFORM:DATA?,status);
str (adr_os,adr_str);
// PC wird Listener,Oszl wird Talker \\
transmit (' MLA TALK ' + adr_str,status);
rarray (d,count,l,status);
// PC wird Talker,Oszl wird Listener \\
transmit (' MTA LISTEN ' + adr_str,status);
{*} ABBRUCH;

// Schleife zur Berechnung der Spannungswerte \\
for i:=1 to punkte1 do

begin
  Umess^[i]:=((d.dat[i]-yre)*yin)+yor;
end;

// Aufruf: Procedure \\
{*}RUNGE_KUTTA_2 ( Punkte1,DeltaT,UMess,faktor1,Bmess );
// Aufruf: Procedure \\
{*}KURVE_SYM ( BMess,punkte1,bmax2,bmin2 );
// Quelle CH2 \\
send (adr_os,:WAVEFORM:SOURCE CHANNEL2',status);
// Abfrage der Meßpunkte auf CH2 \\
send (adr_os,:WAVEFORM:POINTS?,status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,punkte2,code);
// Vergleich ob die Meßpunkte von CH1 und CH2 übereinstimmen,d.h. gleiche Zeitbasis \\
if punkte1 < > punkte2 then
// Ist die Basis unterschiedlich erfolgt der Abbruch \\
begin
  Writeln(' Zeitbasisverschiebung, Messung muß abgebrochen werden !!! ');
  Writeln(' Oszl und Freq.gen wurden entriegelt ');
// Entriegelung von Oszl und Freq.gen \\
send (adr_os,:SYSTEM:LOCK OFF',status);
str (adr_fg,adr_str);
transmit ('GTL' + adr_str,status); Halt(2);
end;

punkte:=punkte1;
// Aufruf Procedure \\
{*}KANAL_INFO ( yin,yor,yre,xin );
// Datenübertragung anfordern \\
send (adr_os,:WAVEFORM:DATA?,status);
str (adr_os,adr_str);
// PC wird Listener,Oszl wird Talker \\
transmit (' MLA TALK ' + adr_str,status);
rarray (d,count,l,status);
// PC wird Talker,Oszl wird Listener \\
transmit (' MTA LISTEN ' + adr_str,status);
hmax2:=-100;
{*} ABBRUCH;

```

```

// Schleife zur Berechnung der magn. Feldstärke \\
for i:=1 to punkte do

begin
  Hmess^i := (((d.dat[i]-yre)*yin) + yor) * faktor2;
// Maximalwert herausfinden \\
  if Hmess^i > hmax2 then

begin
  hmax2 := Hmess^i;
  i1:=i;
end;

end;

{*}ABBRUCH;

begin
{ SPEICHERN WERTE NEUKURVE }
  NHMess^ii := hmax2;
  NBMess^ii := BMess^i1;
{ SPEICHERN WERTE KOMMUTIERUNGSKURVE }
  KHMess^ii := hmax2;
  KBMess^ii := bmax2;
end;

// Laufindex um + 1 erhöhen \\
ii := ii + 1;
// Oszi in RUN Zustand versetzen \\
send (adr_os,'RUN',status);

until spg2 > spg_abw - 0.2;

begin
// Datei NEU.DAT speichern \\
{ DATEI MIT WERTE NEUKURVE }
  assign ( neu,messnr_s + 'neu.dat' );
  rewrite ( neu );
  for i:=1 to (ii-1) do

begin
  writeln ( neu,NHMess^i,' ',NBMess^i );
end;

close ( neu );
// Datei KOM.DAT speichern \\
{ DATEI MIT WERTE KOMMUTIERUNGSKURVE }
  assign ( kom,messnr_s + 'kom.dat' );
  rewrite ( kom );
  for i:=1 to (ii-1) do

begin
  writeln ( kom,KHMess^i,' ',KBMess^i );
end;

close ( kom );
Dispose ( NHMess );

```

```

Dispose ( NBMess );
Dispose ( KHMess );
Dispose ( KBMess );
Dispose ( HMess );
Dispose ( BMess );
Dispose ( UMess );
end;

{ *} ABBRUCH;

end; { ENDE MESSUNG2 }
{
***** ****
}

Procedure SPEICHER;
{*****
SPEICHER:
Speichern der Meßwerte der sonstigen Information.
*****}
var
  was : text;

begin
  { *} ABBRUCH;
  { Bezugssdaten einlesen }
  assign (was,messnr_s+'was.dat');
  rewrite ( was );
  { Maximalwert der Hystereseschleife }
  writeln ( was,bmax1 );
  { Maximalwert der Hystereseschleife }
  writeln ( was,hmax1 );
  { Anzahl der Meßpunkte }
  writeln ( was,punkte:4 );
  { Probenbezeichnung }
  writeln ( was,text_pr );
  { mittlere Eisenwegstrecke }
  writeln ( was,lm:6:1,' cm Probenwegstrecke' );
  { Eisenquerschnitt }
  writeln ( was,a:5:0,' mm^2 Probenquerschnitt' );
  { Dichte des Eisens }
  writeln ( was,Dichte:2:0,' g/cm^3 Probendichte' );
  { Primärwindungszahl }
  writeln ( was,n1:4:0,' Primaerwindungen' );
  { Sekundärwindungszahl }
  writeln ( was,n2:4:0,' Sekundaerwindungen' );
  { theoretische Sekundaerwindungszahl }
  writeln ( was,n2theo:6:1,' theo Sekundaerwind' );
  { Spannungsteilverhältnis }
  writeln ( was,'1:',spgteiler:4:1,' Spg-teilverh' );
  { Meßwiderstand }
  writeln ( was,shunt:3:0,' Ohm Messwiderstand' );
  { gewählte Flußdichte }
  writeln ( was,b_gew:5:3,' T erreicht' );
  { Frequenz }
  writeln ( was,freq:5 );
  { gewünschte Flußdichte }
  writeln ( was,b_gewu:5:3,' T' );

```

```
{ Koerzitivfeldstärke }
writeln ( was,Hr,' A/m Koerzitivfeldstaerke');
{ Remanenz }
writeln ( was,Br,' T Remanenz');
{ Hystereseverluste }
writeln ( was,hys_ver_s);
{ Meßzähler }
writeln ( was,messnr:3,'.Messung');
{ Punkte freq > 500 Hz }
writeln ( was,pu_gr_500 );
close ( was );
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE SPEICHER }
{
*****
}
begin
end.
```

6.2.2 Unit GERAETE mit Erklärung

Unit GERAETE;

Interface

Uses VARDEF, IEEEPAS, CRT, MATHE, MELDUNG;

```
{
*****  

}  

Procedure ABBRUCH;  

Procedure INITIALISIER;  

Procedure OSZILLOSKOP_EINSTELLEN;  

Procedure FREQ_EINST;  

Procedure BANDBREITE1;  

Procedure BANDBREITE2;  

Procedure KANAL_INFO ( var yin : single;  

                      var yor : single;  

                      var yre : single;  

                      var xin : single);  

Procedure SPG_ANPASS ( add_x : single;  

                        var spg_x : single;  

                        ch : integer);  

Procedure ANPASSUNG ( add : single;  

                        var spg : single);  

Procedure FLUSSDICHTE_ANPASS;  

Procedure PRUEF_ANPASS;  

{
*****  

*****  

}  

Implementation  

var  

  adr_str : string;  

  status : integer;  

  info_str : string;  

  code : integer;  

  r : string;  

  l : word;  

{  

*****  

}  

Procedure ABBRUCH;  

{*****  

}  

ABBRUCH:  

Überprüft ob Control C zum Abbruch betätigt wurde.  

*****}  

var  

  abfrage : char;  

begin
```

```

if KeyPressed then

begin
  abfrage:=ReadKey;
  if abfrage = #0 then
    abfrage:=ReadKey
  else if abfrage = #3 then

begin
  window(1,1,79,25);
  clrscr;
  writeln(' Abbruch des Programmes durch control C ');
  halt;
end;

end;

end; { ENDE ABBRUCH }

{ ****
}

Procedure INITIALISIER;
{ ****
INITIALISIER:
Initialisierung Oszilloskop und Frequenzgenerator.
Verriegelung der Geräte gegen unbefugtes bedienen.
**** }

var
  adr_str : string;

begin
// PC wird Controller \\
  initialize (adr_pc,0);
  str (adr_fg,adr_str);
// PC ist Talker,Freq.gen. wird Listener und geht in Fernsteuermodus \\
  transmit ('MTA LISTEN '+adr_str+' REN '+adr_str,status);
{ Verriegelung des Frequenzgenerators }
  transmit ('LLO'+adr_str,status);
  str (adr_os,adr_str);
// PC ist Talker,Oszl wird Listener und geht in Fernsteuermodus \\
  transmit ('MTA LISTEN '+adr_str+' REN '+adr_str,status);
{ Verriegelung des Oszilloskop's }
  send (adr_os,'SYSTEM:LOCK ON',status);
{ *} ABBRUCH;
end; { ENDE INITIALISIERUNG }

{ ****
}

Procedure OSZILLOSOKOP_EINSTELLEN;
{ ****
OSZILLOSOKOP_EINSTELLEN:
Grundeinstellungen des Oszilloskop's.
**** }

begin
// Oszi wird rückgesetzt in einen definierten Zustand \\
  send (adr_os,'*RST',status);
// Trigger wird eingestellt \\

```

```

send (adr_os,':TRIGGER:REJECT HF',status);
// CH1 Empfindlichkeit einstellen \\
send (adr_os,':CHANNEL1:RANGE 30 V',status);
// Zeitbasis Empfindlichkeit einstellen \\
send (adr_os,':TIMEBASE:RANGE 20 MS',status);
// Tiefpaßfilter CH1 ein \\
send (adr_os,':CHANNEL1:BWLIMIT ON',status);
// Tiefpaßfilter CH2 ein \\
send (adr_os,':CHANNEL2:BWLIMIT ON',status);
// Trigger auf fallende Flanke \\
send (adr_os,':TRIGGER:SLOPE NEGATIVE',status);
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
send (adr_os,':DISPLAY:TEXT BLANK',status);
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE OSZILLOSKOP_EINSTELLEN }
*****
}

Procedure FREQ_EINST;
*****
FREQ_EINST:
Grundeinstellungen des Frequenzgenerators.
Anpassen der Bandbreite ( 3 fach ).*****
begin
clrscr;
// Einstellungen am Freq.gen. vornehmen,siehe hp-Beschreibung \\
send (adr_fg,'EST,D1,M1,CT0,T0',status);
send (adr_fg,'H0,W1,DTY,OFS OV',status);
send (adr_fg,'L0,C0,A0,AMP 0.1 V',status);
str (freq,info_str);
// Frequenz einstellen \\
send (adr_fg,'FRQ ' + info_str + ' HZ',status);
// Ausgang inaktiv \\
send (adr_fg,'D0',status);
{ Einzustellende Bandbreite am Oszilloskop }
bandbr:=( 1 / freq ) * 3 ;
str (bandbr,info_str);
// Zeitbasis Empfindlichkeit einstellen \\
send (adr_os,' TIMEBASE:RANGE ' + info_str + ' s',status);
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE FREQ_EINST }
*****
}

Procedure BANDBREITE1;
*****
BANDBREITE1:
Umstellen der Bandbreite zur Messung der Hystereseschleife.
Anpassen der Bandbreite.
Frequenz > 500 Hz dann ist die Bandbreite 1/500 s*****
begin
merker_freq:=0;
if freq <= 500 then
begin

```

```

bandbr:=1/freq;
str (bandbr,info_str);
// Zeitbasis Empfindlichkeit einstellen \\
send (adr_os,'TIMEBASE:RANGE '+info_str+' s',status);
end;

if freq > 500 then

begin
bandbr:=1/500;
str (bandbr,info_str);
// Zeitbasis Empfindlichkeit einstellen \\
send (adr_os,'TIMEBASE:RANGE '+info_str+' s',status);
merker_freq:=(freq/500);
end;
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE BANDBREITE1 }
{
*****
}
Procedure BANDBREITE2;
*****
BANDBREITE2:
Umstellen der Bandbreite zur Messung der Neu und Kommutierungskurve
Anpassen der Bandbreite ( 5 fach ). 
*****
begin
bandbr:=(1/freq)*5;
str (bandbr,info_str);
// Zeitbasis Empfindlichkeit einstellen \\
send (adr_os,'TIMEBASE:RANGE '+info_str+' s',status);
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE BANDBREITE1 }
{
*****
}
Procedure KANAL_INFO ( var yin : single;
                      var yor : single;
                      var yre : single;
                      var xin : single);
*****
KANAL_INFO:
Einholen von Kanalparametern des Oszilloskop's.
var yin : single
var yor : single
var yre : single
var xin : single
*****
begin
{*} ABBRUCH;
// Abfragen eines Kanalparameters \\
send (adr_os,'WAVEFORM:YINCREMENT?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);

```

```

val (r,yin,code);
// Abfragen eines Kanalparameters \\
send (adr_os,'WAVEFORM:YORIGIN?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,yor,code);
// Abfragen eines Kanalparameters \\
send (adr_os,'WAVEFORM:YREFERENCE?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,yre,code);
// Abfragen eines Kanalparameters \\
send (adr_os,'WAVEFORM:XINCREMENT?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,xin,code);
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE KANAL_INFO }
{
*****}
}

Procedure SPG_ANPASS ( add_x : single;
                      var spg_x : single;
                      ch : integer);
{*****
SPG_ANPASS
Abfrage ob Vmax vorhanden ist,wenn nicht Range erhöhen.
Folgender Merker wird gesetzt:
merker7 : boolean
*****}

var
  code : integer;
  status : integer;
  r : string;
  l : word;
  adr_str : string;
  ch_str : string;
  spg_zw : single;

begin
  merker7:=false;

  repeat
    {*} ABBRUCH;
    // Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
    send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
    str (ch,ch_str);
    // Quelle der Messung CH ch_str \\
    send (adr_os,:MEASURE:SOURCE CHANNEL' + ch_str,status);
    // Messung von Vmax \\
    send (adr_os,:MEASURE:VMAX?',status);
    enter (r,255,l,adr_os,status);
    val (r,spg_zw,code);

    // Bereichsüberschreitungserkennung \\
    if spg_zw >= max_spg_fg then
      begin

```

```

merker7:=true;
spg_x:=spg_x + add_x;
str (spg_x,info_str);
delete (info_str,20,3);
delete (info_str,5,12);
// Kanal Empfinglichkeit einstellen \\
send (adr_os,'CHANNEL'+ch_str+':RANGE '+info_str+' V',status);
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
end;

delay (500);

until spg_zw < max_spg_fg;

if merker7 = true then

begin
{ *} ABBRUCH;
spg_x:=1.2 * spg_x;
str (spg_x,info_str);
delete (info_str,20,3);
delete (info_str,5,12);
// Kanal Empfindlichkeit einstellen \\
send (adr_os,'CHANNEL'+ch_str+':RANGE '+info_str+' V',status);
merker7:=false;
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
end;

repeat

{ *} ABBRUCH;
str (ch,ch_str);
// Quelle der Messung CH ch_str \\
send (adr_os,:MEASURE:SOURCE CHANNEL'+ch_str,status);
// Messung von Vmin \\
send (adr_os,:MEASURE:VMIN?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,spg_zw,code);
if spg_zw <= -max_spg_fg then

begin
merker7:=true;
spg_x:=spg_x + add_x;
str (spg_x,info_str);
delete (info_str,20,3);
delete (info_str,5,12);
// Kanal Empfindlichkeit einstellen \\
send (adr_os,'CHANNEL'+ch_str+':RANGE '+info_str+' V',status);
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
end;

delay (500);

until spg_zw > -max_spg_fg;

```

```

if merker7 = true then

begin
  spg_x:= 1.2 * spg_x;
  str (spg_x,info_str);
  delete (info_str,20,3);
  delete (info_str,5,12);
// Kanal Empfindlichkeit einstellen \\
  send (adr_os,'CHANNEL'+ch_str+':RANGE '+info_str+' V',status);
  merker7:=false;
end;

// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
  send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  {*} ABBRUCH;
end; { ENDE SPG_ANPASS }
{
*****}
}

Procedure ANPASSUNG ( add : single;
                      var spg : single);
{
*****}
ANPASSUNG:
Kanalinformationen einholen.
Spannung messen die proportional zur Feldstärke ist.
Integrieren der Spannungsmeßwerte.
Symmetrieren der Messwerte.
Folgende Merker werden gesetzt:
  merker1 : boolean
  merker9 : boolean
*****
var
  d      : daten;      { Blockdaten }
  i      : integer;     { Laufindex }
  punkte : word;
  DeltaT : single;
  bausgl : single;
  r      : string;
  l      : word;

begin
  New ( Umess );
  New ( BMess );

repeat

  {*} ABBRUCH;
  if spg >= max_spg_fg then

    begin
      merker1:=true;
      Exit;
    end;

    spg:= spg + add;

    str (spg,info_str);

```

```

        delete (info_str,20,2);
// Neue Meßspannung an Freq.gen. senden \\
send (adr_fg,'AMP '+info_str+' V',status);
delay (500);
// Aufruf: Procedure \\
{*} SPG_ANPASS ( 0.5,spg_x1,1);
// speichern CH1 \\
send (adr_os,'DIGITIZE CHANNEL1',status);
{*} ABBRUCH;

// Abfrage ob die Operation DIGITIZE abgeschlossen ist \\
send (adr_os,'*OPC?',status);

repeat // Antwortschleife \\
enter(r,255,l,adr_os,status);
val (r,weiter,code);

until weiter = 1;

// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
// Quelle CH1 \\
send (adr_os,'WAVEFORM:SOURCE CHANNEL1',status);
// Aufruf: Procedure \\
{*} KANAL_INFO (yin,yor,yre,xin);
deltaT:=xin;
// Abfrage der Meßpunkte auf CH1 \\
send (adr_os,'WAVEFORM:POINTS?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,punkte,code);
// Datenübertragung anfordern \\
send (adr_os,'WAVEFORM:DATA?',status);
str (adr_os,adr_str);
// PC wird Listener,Oszi wird Talker \\
transmit (' MLA TALK ' + adr_str,status);
rarray (d,count,l,status);
// Oszi wird Listener \\
transmit (' UNT LISTEN ' + adr_str,status);
// PC wird Talker \\
transmit (' MTA ',status);
send (adr_os,:RUN',status);
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
{*} ABBRUCH;
// Schleife zur Berechnung der Spannungswerte \\
for i:=1 to punkte do

begin
  Umess^i:=((d.dat[i]-yre)*yin) + yor;
  {*} ABBRUCH;
end;
// Aufruf: Procedure \\
{*}RUNGE_KUTTA_2(Punkte,DeltaT,UMess,faktor1,Bmess);
// Aufruf: Procedure \\
{*}KURVE_SYM ( BMess,punkte,bmax1,bmin1);
{*} ABBRUCH;

```

```

// Entscheidung ob NEU und KOM Messung durchgeführt wird \\
if spg < 2 then
merker9:=true;
if spg >= 2 then
merker9:=false;

until bmax1 > b_gew;

Dispose ( UMess );
Dispose ( BMess );
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE ANPASSUNG }
{
*****}
}

Procedure FLUSSDICHTE_ANPASS;
{*****}
FLUSSDICHTE_ANPASS:
Spannung schrittweise erhöhen:
Spannungsschritte 2V , 1V , 0.5V , 0.1V , 0.02V.
Abbrechen wenn die maximale Spannung erreicht wird oder
abbrechen wenn die gewünschte Spannung erreicht ist.
*****}

var
add : single;
spg : single;

begin
{*} ABBRUCH;
// Einfachmessung \\
send (adr_os,'ACQUIRE:TYPE NORMAL',status);
// CH1 Empfindlichkeit einstellen \\
send (adr_os,'CHANNEL1:RANGE 1 V',status);
spg_x1:=1;
bmax1:=0;
add:=2;
spg:=0;
// Aufruf: Procedure \\
{*} ANPASSUNG (add,spg);

if merker1 = true then

begin
b_gew:=bmax1;
spg_abw:=spg;
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
Exit
end;

add:=1;
spg:=spg - 2;
// Aufruf: Procedure \\
{*} ANPASSUNG (add,spg);
{*} ABBRUCH;

if merker1 = true then

```

```

begin
  b_gew:=bmax1;
  spg_abw:=spg;
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
  send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit
end;

add:=0.5;
spg:=spg - 1;
// Aufruf: Procedure \\
{*} ANPASSUNG (add,spg);
{*} ABBRUCH;

if merker1 = true then

begin
  b_gew:=bmax1;
  spg_abw:=spg;
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
  send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit
end;

add:=0.1;
spg:=spg - 0.5;
// Aufruf: Procedure \\
{*} ANPASSUNG (add,spg);
{*} ABBRUCH;

if merker1 = true then

begin
  b_gew:=bmax1;
  spg_abw:=spg;
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
  send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit
end;

if spg < min_spg_fg then

begin
  spg_abw:=spg;
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
  send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit;
end;

add:=0.05;
spg:=spg - 0.1;
// Aufruf: Procedure \\
{*} ANPASSUNG (add,spg);
{*} ABBRUCH;

if merker1 = true then

```

```

begin
  spg_abw:=spg;
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
  send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit;
end;

if spg < min_spg_fg then

begin
  spg_abw:=spg;
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
  send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit;
end;

add:=0.02;
spg:=spg - 0.05;
// Aufruf: Procedure \\
{*} ANPASSUNG (add,spg);
{*} ABBRUCH;

if merker1 = true then

begin
  spg_abw:=spg;
// Meldungen auf Oszi Schirm löschen \\
  send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit;
end;

spg_abw:=spg;
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE FLUSSDICHTE_ANPASS }
*****
}

Procedure PRUEF_ANPASS;
*****
Überprüfen ob die minimale Messspannung unterschritten wurde.
Folgender Merker wird gesetzt:
  merker8 : boolean
*****
var
  spg : single;

begin
  if spg_abw <= min_spg_fg then

begin
  spg_abw:=min_spg_fg;
  spg:=min_spg_fg;
  str (spg,info_str);
  delete (info_str,20,2);
  send (adr_fg,'AMP' + info_str + ' V',status);
  merker8:=true;

```

```
end;  
{*} ABBRUCH;  
end; { ENDE PRUEF_ANPASS }  
{*****  
}  
begin  
end.
```



```

merker4:=false;
{ *} EINGABE1;
repeat

merker5:=false;
{ *} EINGABE2;
{ *} OSZILLOSkop_EINSTELLEN;
{ *} FREQ_EINST;
{ *} MELDUNG0;
{ *} BANDBREITE1;
{ *} MELDUNG1;
{ *} FLUSSDICHTE_ANPASS;
{ *} PRUEF_ANPASS;
if merker1 = true then

begin
{ *} MELDUNG2;
merker1:= false;
if merker2 = true then
repeat
window (1,1,79,25);
clrscr;
{ *} MELDUNG21;
{ *} ENT_MAGNET;
{ *} EINGABE2;
{ *} OSZILLOSkop_EINSTELLEN;
{ *} FREQ_EINST;
{ *} MELDUNG0;
{ *} BANDBREITE1;
{ *} MELDUNG1;
{ *} FLUSSDICHTE_ANPASS;
{ *} PRUEF_ANPASS;
if merker1 = true then

begin
{ *} MELDUNG2;
merker1:=false;
end;

until merker2 = true;
{ *} MELDUNG3;
end;

if merker1 = false then

begin
{ *} MELDUNG3;
end;

if merker8 = true then

begin
{ *} MELDUNG31;
end;

{ *} MELDUNG4;
{ *} MESSUNG1;

```

```

if merker8 = true then

begin
  {*} MELDUNG32;
  merker8:=false;
end;

{*} BANDBREITE2;
{*} MELDUNG5;
{*} MELDUNG6;
{*} ENT_MAGNET;
{*} MELDUNG7;
if merker9 = false then

begin
  {*} MELDUNG8;
  if merker3 = false then

begin
  {*} MELDUNG9;
  {*} BANDBREITE1;
  {*} MESSUNG2;
  {*} MELDUNG10;
  {*} MELDUNG11;
  {*} ENT_MAGNET;
  {*} MELDUNG12;
  delay (2500);
end;

end;

if merker9 = true then

begin
  {*} MELDUNG81;
end;

{*} SPEICHER;
{*} GRAFIKO;
{*} GRAFIK1;
if merker9 = false then

begin
  if merker3 = false then

begin
  {*} GRAFIK2;
end;

end;

{*} GRAFIK3;
if merker4 = true then

begin
  {*} DRUCK;
  merker4:=false;

```

```
end;

CloseGraph;
messnr:=messnr + 1;
{*}MELDUNG0;
{*}MELDUNG3;
{*}MELDUNG5;
{*}MELDUNG7;
{*}MELDUNG82;
if merker9 = false then

begin
  if merker3 = false then

    begin
      {*}MELDUNG10;
      {*}MELDUNG12;
    end;

  end;

{*}MELDUNG13;

until merker5 = true;

{*}MELDUNG14;

until merker6 = true;

{*}MELDUNG15;

until merker10 = true;

send (adr_os,:SYSTEM:LOCK OFF',status);
str (adr_fg,adr_str);
transmit ('GTL' + adr_str,status);
window(1,1,78,24);
clrscr;
end.
```

6.3.2 Unit ANFANG

Unit ANFANG;

Interface

Uses CRT,VARDEF,IEEEPAS;

```
{
*****  
}  
Procedure BEGRUESS;  
Procedure EINGABE0;  
Procedure EINGABE1;  
Procedure EINGABE2;  
{  
*****  
*****  
}  
}
```

Implementation

```
Procedure BEGRUESS;  
{*****  
BEGRUESS:  
Gibt einen kurzen Überblick über die Funktionen des Programmes.  
*****}  
var  
    antwort : char;  
    j      : char; { Antwortvariable }  
    n      : char; { Antwortvariable }  
  
begin  
    textbackground (black);  
    clrscr;  
    textbackground (green);  
    textcolor (black);  
    window (6,2,78,24);  
    gotoxy (1,1);  
    writeln ('');  
    writeln ('Fachhochschule für Technik Esslingen');  
    writeln ('');  
    writeln ('Hochspannungslabor Fachbereiches EE');  
    writeln ('');  
    gotoxy (1,7);  
    writeln ('');  
    writeln ('Programm zur Berechnung magnetischer Größen');  
    writeln ('');  
    writeln ('Folgende Größen werden Berechnet !');  
    writeln ('');  
    gotoxy (1,13);  
    writeln ('');  
    writeln (' - Die Hystereseschleife');  
    writeln (' - Die Kommutierungekurve');  
    writeln (' - Br ( Remanenz )');  
    writeln (' - Hr ( Koerzitivfeldstärke )');  
    writeln (' - Bmax und Hmax');
```

```

writeln (' - Der Permeabilitätsverlauf ');
writeln (' - Die Ummagnetisierungsverluste P ');
writeln (' ');
textbackground (cyan);
gotoxy (1,22);
writeln (' Information zum Meßaufbau ? ');
textcolor (blink);
gotoxy (60,22);
write ('(J / N)');
sound (1250);
delay (250);
nosound;

repeat

antwort:=readkey

until antwort in ['J','j','N','n'];

if antwort in ['J','j'] then

begin
textbackground (green);
textcolor (black);
clrscr;
window (6,2,78,24);
{ Beschreibung des Meßaufbaus + Liste der Geräte }
writeln(' ');
writeln(' Folgende Geräte sind zur Messung notwendig. ');
writeln(' ');
writeln(' ');
writeln(' Hewlett Packard 54600 A ');
writeln(' ');
writeln(' Hewlett Packard Pulse/Function Generator 8116A ');
writeln(' ');
writeln(' PC mit IEEE Buskarte ');
writeln(' ');
writeln(' ');
writeln(' Der PC, das Oszilloskop und der Frequenzgenerator sind mit ');
writeln(' IEEE Bus Kabeln zu verbinden. ( Reihenschaltung ) ');
writeln(' ');
textcolor (blink);
writeln(' weiter mit J ');
writeln(' ');

repeat

antwort:=readkey

until antwort in ['J','j'];

begin
clrscr;
window (6,2,78,24);
textcolor (black);
writeln(' ');
writeln(' Meßaufbau: ');

```

```

writelnl';
writelnl' Die Meßgeräte sind an den Meßbuchsen wie folgt zu verbinden      ');
writelnl';
writelnl' Eppsteinrahmenkabel ist Ausgangspunkt.          ');
writelnl';
writelnl' bl dick Kabel ist mit dem Signal Ausg. des Freq.gen. zu verbinden ');
writelnl' sw dick Kabel ist mit dem CH2 Signal Eing. des Oszi''s zu verbinden');
writelnl' br dünn Kabel ist mit dem CH1 Signal Eing. des Oszi''s zu verbinden');
writelnl' ws dünn Kabel ist mit dem CH1 Ground des Oszi''s zu verbinden   ');
writelnl';
writelnl' Die Grounds von Freq.gen. und CH2 des Oszi''s sind zu verbinden.  ');
writelnl';
writelnl' Der SHUNT ist zwischen CH2 Signal Eing. und CH2 Ground des Oszi''s ');
writelnl' anzuschließen.           ');
writelnl';
textcolor (red);
writelnl' Achtung beim Meßaufbau !!! Kurzschlußgefahr bei falschem Aufbau !!!');
textcolor (red + blink);
writelnl' Achtung beim Meßaufbau !!! Kurzschlußgefahr bei falschem Aufbau !!!');
textcolor (red);
writelnl' Achtung beim Meßaufbau !!! Kurzschlußgefahr bei falschem Aufbau !!!');
writelnl';
textcolor (blink);
writelnl' weiter mit J           ');
writelnl';
textcolor (white);
textbackground (black);
end;

repeat

antwort:=readkey

until antwort in ['J','J'];

end;

if antwort in ['N','n'] then

begin
  textbackground (black);
  textcolor (white);
  clrscr;
end;

end; { ENDE BEGRUESS }

{ ****
}

Procedure EINGABE0;
{ ****
EINGABE0:
Hier wird folgender Wert eingelesen :
messnr : integer Laufende Messnummer eingeben.
{ ****
}
var
  antwort2 : char;

```

```

antwort1 : longint;
str      : string[20];
code     : integer;

begin
repeat
  window (1,1,78,24);
  clrscr;
repeat
repeat
  textbackground (green);
  textColor (black);
  window (6,2,78,24);
  gotoxy (1,1);
  writeln ('');
  writeln ('      Bitte geben Sie die gewünschte Messnummer ein : ');
  writeln ('      ( Wertebereich Messnummer : 1....1000 ) ');
  writeln ('');
  readln (str);
  delete (str,13,255);
  val (str,antwort1,code);
  messnr:=antwort1;
  gotoxy (1,5);
  textbackground (black);
  writeln ('');
until messnr >= 1;

until messnr <= 1000;

textbackground (green);
gotoxy (1,2);
writeln ('');
writeln ('      gewünschte Messnummer : ');
writeln ('');
writeln ('');
writeln ('');
gotoxy (51,3);
write (messnr);

textbackground (cyan);
gotoxy(1,6);
writeln ('      Ist die Messnummer richtig ? ');
textcolor (blink);
gotoxy (60,6);
write ('(J / N)');
textbackground (black);
sound (1250);
delay (250);
nosound;

repeat

```

```

antwort2:=readkey

until antwort2 in ['J','j','N','n'];

until antwort2 in ['J','j'];

textbackground (black);
textcolor (white);
end; { ENDE EINGABEO }
{
*****
}

Procedure EINGABE1;
{*****}

EINGABE1:
Hier werden folgende Werte eingelesen oder berechnet:
  text_pr : string;    Ein_par : Textbezeichnung
  lm      : single;   Ein_par : Eisenweglänge
  a       : single;   Ein_par : Querschnitt des Eisens
  dichte  : single;  Ein_par : Dichte des Materials
  n1     : single;   Ein_par : Primärwindungszahl
  n2     : single;   Ein_par : Sekundärwindungszahl
  spgteiler : single; Ein_par : Spannungsteiler
  n2theo  : single;  Ber_par : Theo Sekundärwindungszahl
  shunt   : single;  Ein_par : Meßwiderstand
  faktor1  : double; Ber_par : Umwandlung der Meßspannung in Flußdichte
  faktor2  : double; Ber_par : Umwandlung der Meßspannung in Feldstärke
*****
var
  antwort1 : single;
  antwort2 : char;
  str    : string[10];
  code   : integer;

begin
  window (1,1,78,24);
  clrscr;

repeat

  textbackground (black);
  textcolor (black);
  clrscr;
  textbackground (green);
  window (6,2,78,24);
  gotoxy (1,1);
  writeln ('');
  writeln (' Bitte geben Sie die Bezeichnung der Probe ein : ( max 12 Zeichen ) ');
  writeln ('');
  readln (text_pr);
  delete (text_pr,13,255);
  gotoxy (1,2);
  writeln ('          Probenbezeichnung : ');
  gotoxy (52,2);
  write (text_pr);
  gotoxy (70,4);

```

```

textbackground (black);
write (' ');
textbackground (green);

repeat

repeat

gotoxy (1,4);
writeln (' Bitte geben Sie die mittlere Eisenwegstrecke lm in cm ein : ');
writeln (' ( Wertebereich der Eisenwegstrecke : 1....1000 cm ) ');
readln (str);
gotoxy (1,6);
textbackground (black);
write (' ');
gotoxy (1,7);
write (' ');
textbackground (green);
delete (str,13,255);
val (str,antwort1,code);
lm:=antwort1;

until lm > = 1;

until lm < = 1000;

gotoxy (1,4);
writeln (' mittlere Eisenwegstrecke : ');
writeln (' ');
gotoxy (50,4);
write (lm:8:1);
write (' [cm]');

repeat

repeat

gotoxy (1,6);
writeln (' Bitte geben Sie den Eisenquerschnitt A in mm^2 ein : ');
writeln (' ( Wertebereich des Eisenquerschnittes : 1....10000^2 mm ) ');
readln (str);
gotoxy (1,8);
textbackground (black);
write (' ');
gotoxy (1,9);
write (' ');
textbackground (green);
delete (str,13,255);
val (str,antwort1,code);
a:=antwort1;

until a > = 1;

until a < = 10000;

gotoxy (1,6);
writeln (' Eisenquerschnitt : ');

```

```

writeln ('');
gotoxy (50,6);
write (a:7:0);
write (' [mm^2]');

repeat

repeat

gotoxy (1,8);
writeln (' Bitte geben Sie die Dichte des Eisen in g/cm^3 ein : ');
writeln (' ( Wertebereich der Eisendichte : 1....50 g/cm^3 ) ');
readln (str);
gotoxy (1,10);
textbackground (black);
write ('');
gotoxy (1,11);
write ('');
textbackground (green);
delete (str,13,255);
val (str,antwort1,code);
dichte:=antwort1;

until dichte >= 1;

until dichte <= 50;

gotoxy (1,8);
writeln (' Dichte des Eisens : ');
writeln ('');
gotoxy (49,8);
write (dichte:5:0);
write (' [g/cm^3]');

repeat

repeat

gotoxy (1,10);
writeln (' Bitte geben Sie die Primärwindungszahl ein : ');
writeln (' ( Wertebereich der Primärwindungszahl 1...1500 ) ');
readln (str);
gotoxy (1,12);
textbackground (black);
write ('');
gotoxy (1,13);
write ('');
textbackground (green);
delete (str,13,255);
val (str,antwort1,code);
n1:=antwort1;

until n1 >= 1;

until n1 <= 1500;

gotoxy (1,10);

```

```

writeln (' Primärwindungszahl :      ');
writeln ('');
gotoxy (49,10);
write (n1:7:0);
write (' Windungen');

repeat

repeat

gotoxy (1,12);
writeln (' Bitte geben Sie die Sekundärwindungszahl ein :      ');
writeln (' ( Wertebereich der Sekundärwindungszahl 1...1500 )      ');
readln (str);
gotoxy (1,14);
textbackground (black);
write ('');
gotoxy (1,15);
write ('');
textbackground (green);
delete (str,13,255);
val (str,antwort1,code);
n2:=antwort1;

until n2 >= 1;

until n2 <= 1500;

gotoxy (1,12);
writeln (' Sekundärwindungszahl :      ');
writeln ('');
gotoxy (49,12);
write (n2:7:0);
write (' Windungen');

repeat

repeat

gotoxy (1,14);
writeln (' Bitte geben Sie das Spannungsteilverhältnis ein : (1:x)      ');
writeln (' ( Wertebereich des Spannungsteilers 1...100 )      ');
readln (str);
gotoxy (1,16);
textbackground (black);
write ('');
gotoxy (1,17);
write ('');
textbackground (green);
delete (str,13,255);
val (str,antwort1,code);
spgteiler:=antwort1;

until spgteiler >= 1;

until spgteiler <= 100;

```

```

if antwort1 = 1 then

begin
  n2theo:=n2;
end;

if antwort1 < > 1 then

begin
  n2theo:= n2 / spgteiler;
  gotoxy (1,12);
  writeln ('      theoretische Sekundärwindungszahl :      ');
  writeln ('');
  gotoxy (50,12);
  write (n2theo:7:1);
  write (' Windungen');
end;

gotoxy (1,14);
writeln ('      Spannungsteilverhältnis 1 :      ');
writeln ('');
gotoxy (52,14);
write (spgteiler:4:1);

repeat

repeat

gotoxy (1,16);
writeln ('      Bitte geben Sie den Meßwiderstand in Ohm ein :      ');
writeln ('      ( Wertebereich des Meßwiderstandes 1...100 )      ');
readln (str);
gotoxy (1,18);
textbackground (black);
write ('');
gotoxy (1,19);
write ('');
textbackground (green);
delete (str,13,255);
val (str,antwort1,code);
shunt:=antwort1;

until shunt >= 1;

until shunt <= 100;

gotoxy (1,16);
writeln ('      Meßwiderstandswert :      ');
writeln ('');
gotoxy (49,16);
write (shunt:7:0);
write (' [Ohm]');

{ Umrechnungsfaktoren berechnen }
faktor1:=(1000000 / (n2theo * a)); { Spg in Flußdichte nach Int. in V/m^2 }
faktor2:=(n1 * 100) / (Im * shunt); { Spg in magn. Feldstärke in A/m }

```

```

textbackground (cyan);
gotoxy(1,22);
writeln (' Sind alle Eingabewerte richtig ? ');
textcolor (blink);
gotoxy (60,22);
write ('(J / N)');
textcolor (black);
sound (1250);
delay (250);
nosound;

repeat

antwort2:=readkey

until antwort2 in ['J','j','N','n'];

until antwort2 in ['J','j'];

textbackground (black);
textcolor (white);
end; { ENDE EINGABE1 }
{
*****
}

Procedure EINGABE2;
{*****}

EINGABE2:
Hier werden folgende Werte eingelesen:
  freq   : integer;    Ein_par : Frequenz
  b_gew  : single;     gewählte Flußdichte
{*****}

var
  antwort1 : real;
  antwort2 : longint;
  antwort3 : char;
  str     : string[20];
  code    : integer;

begin

repeat

textbackground (black);
textcolor (black);
window (1,1,78,24);
clrscr;
textbackground (green);
window (6,2,78,24);

repeat

repeat

gotoxy (1,1);
writeln ('');
writeln (' Bitte geben Sie die gewünschte magn. Flußdichte in [T] ein : ');


```

```

writeln (' ( Wertebereich der Flußdichte ( 0.001...5 [T] ) );
writeln (' );
readln (str);
gotoxy (1,5);
textbackground (black);
write (' );
');
gotoxy (1,6);
write (' ');
');
textbackground (green);
delete (str,13,255);
val (str,antwort1,code);
b_gew:=antwort1;

until b_gew > 0.0009;

until b_gew <= 5;

gotoxy (1,2);
writeln (' gewünschte Flußdichte : ');
writeln (' ');
gotoxy (53,2);
write (b_gew:7:5);
write (' [T]');
b_gewu:=b_gew;

repeat

repeat

gotoxy (1,5);
writeln (' Bitte geben Sie die gewünschte Frequenz in [Hz] ein : ');
writeln (' ( Wertebereich der Frequenz : 15....5000 [Hz] ) ');
writeln (' ');
readln (str);
gotoxy (1,8);
textbackground (black);
write (' ');
');
gotoxy (1,9);
write (' ');
');
textbackground (green);
delete (str,8,255);
val (str,antwort2,code);
freq:=antwort2;

until freq >= 15;

until freq <= 5000;

gotoxy (1,5);
writeln (' gewünschte Frequenz : ');
writeln (' ');
gotoxy (51,5);
write (freq:7);
write (' [Hz]');

textbackground (cyan);
gotoxy(1,22);

```

```
writeln (' Sind alle Eingabewerte richtig ? ');
textcolor (blink);
gotoxy (60,22);
write ('(J / N)');
sound (1250);
delay (250);
nosound;

repeat

antwort3:=readkey

until antwort3 in ['J','j','N','n'];

until antwort3 in ['J','j'];

textbackground (black);
textcolor (white);
end; { ENDE EINGABE2 }
{
*****
}
begin
end.
```

6.3.3 Unit GERAETE

Unit GERAETE;

Interface

Uses VARDEF, IEEEFPAS, CRT, MATHE, MELDUNG;

```
{
*****  
}  
Procedure ABBRUCH;  
Procedure INITIALISIER;  
Procedure OSZILLOSKOP_EINSTELLEN;  
Procedure FREQ_EINST;  
Procedure BANDBREITE1;  
Procedure BANDBREITE2;  
Procedure KANAL_INFO ( var yin : single;  
                      var yor : single;  
                      var yre : single;  
                      var xin : single);  
  
Procedure SPG_ANPASS ( add_x : single;  
                       var spg_x : single;  
                       ch : integer);  
  
Procedure ANPASSUNG ( add : single;  
                      var spg : single);  
  
Procedure FLUSSDICHTE_ANPASS;  
  
Procedure PRUEF_ANPASS;  
{  
*****  
}  
Implementation  
  
var  
  adr_str : string;  
  status : integer;  
  info_str : string;  
  code : integer;  
  r : string;  
  l : word;  
{  
*****  
}  
Procedure ABBRUCH;  
{*****  
ABBRUCH:  
Überprüft ob Control C zum Abbruch betätigt wurde.  
*****}  
var  
  abfrage : char;
```

```

begin
  if KeyPressed then

    begin
      abfrage:=ReadKey;
      if abfrage = #0 then
        abfrage:=ReadKey
      else if abfrage = #3 then

        begin
          window(1,1,79,25);
          clrscr;
          writeln('Abbruch des Programmes durch control C ! ');
          halt;
        end;

    end;

  end; { ENDE ABBRUCH }
{
*****}
}

Procedure INITIALISIER;
{*****}
INITIALISIER:
Initialisierung Oszilloskop und Frequenzgenerator.
Verriegelung der Geräte gegen unbefugtes bedienen.
{*****}

var
  adr_str : string;

begin
  initialize (adr_pc,0);
  str (adr_fg,adr_str);
  transmit ('MTA LISTEN ' + adr_str + ' REN ' + adr_str,status);
  { Verriegelung des Frequenzgenerators }
  transmit ('LLO' + adr_str,status);
  str (adr_os,adr_str);
  transmit ('MTA LISTEN ' + adr_str + ' REN ' + adr_str,status);
  { Verriegelung des Oszilloskop's }
  send (adr_os,'SYSTEM:LOCK ON',status);
  {*} ABBRUCH;
end; { ENDE INITIALISIERUNG }
{
*****}
}

Procedure OSZILLOSKOP_EINSTELLEN;
{*****}
OSZILLOSKOP_EINSTELLEN:
Grundeinstellungen des Oszilloskop's.
{*****}

begin
  send (adr_os,'*RST',status);
  send (adr_os,:TRIGGER:REJECT HF',status);
  send (adr_os,:CHANNEL1:RANGE 30 V',status);

```

```

send (adr_os,'TIMEBASE:RANGE 20 MS',status);
send (adr_os,'CHANNEL1:BWLIMIT ON',status);
send (adr_os,'CHANNEL2:BWLIMIT ON',status);
send (adr_os,'TRIGGER:SLOPE NEGATIVE',status);
send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
{ *} ABBRUCH;
end; { ENDE OSZILLOSkop_EINSTELLEN }
{
*****
}
Procedure FREQ_EINST;
*****
FREQ_EINST:
Grundeinstellungen des Frequenzgenerators.
Anpassen der Bandbreite ( 3 fach ).
*****
begin
clrscr;
send (adr_fg,'EST,D1,M1,CT0,T0',status);
send (adr_fg,'H0,W1,DTY,OFS 0V',status);
send (adr_fg,'L0,C0,A0,AMP 0.1 V',status);
str (freq,info_str);
send (adr_fg,'FRQ ' + info_str + ' HZ',status);
send (adr_fg,'D0',status);
{ Frequenz die einzustellen ist am Frequenzgenerator }
bandbr:=( 1 / freq ) * 3 ;
{ Einzustellende Bandbreite am Oszilloskop }
str (bandbr,info_str);
send (adr_os,'TIMEBASE:RANGE ' + info_str + ' s',status);
{ *} ABBRUCH;
end; { ENDE FREQ_EINST }
{
*****
}
Procedure BANDBREITE1;
*****
BANDBREITE1:
Umstellen der Bandbreite zur Messung der Hystereseschleife.
Anpassen der Bandbreite.
Frequenz > 500 Hz dann ist die Bandbreite 1/500 s
*****
begin
merker_freq:=0;
if freq <= 500 then
begin
bandbr:=1/freq;
str (bandbr,info_str);
send (adr_os,'TIMEBASE:RANGE ' + info_str + ' s',status);
end;
if freq > 500 then
begin
bandbr:=1/500;

```

```

str (bandbr,info_str);
send (adr_os,'TIMEBASE:RANGE ' + info_str + ' s',status);
merker_freq:= (freq/500);
end;

send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE BANDBREITE1 }
{
*****
}
Procedure BANDBREITE2;
*****
BANDBREITE2:
Umstellen der Bandbreite zur Messung der Neu und Kommutierungskurve
Anpassen der Bandbreite ( 5 fach ).
*****
begin
bandbr:=(1/freq)*5;
str (bandbr,info_str);
send (adr_os,'TIMEBASE:RANGE ' + info_str + ' s',status);
send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE BANDBREITE1 }
{
*****
}
Procedure KANAL_INFO ( var yin : single;
var yor : single;
var yre : single;
var xin : single);
*****
KANAL_INFO:
Einholen von Kanalparametern des Oszilloskop's.
var yin : single
var yor : single
var yre : single
var xin : single
*****
begin
{*} ABBRUCH;
send (adr_os,'WAVEFORM:YINCREMENT?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,yin,code);
send (adr_os,'WAVEFORM:YORIGIN?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,yor,code);
send (adr_os,'WAVEFORM:YREFERENCE?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,yre,code);
send (adr_os,'WAVEFORM:XINCREMENT?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,xin,code);
send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
{*} ABBRUCH;

```

```

end; { ENDE KANAL_INFO }
{
*****
}
Procedure SPG_ANPASS  ( add_x    : single;
                        var spg_x : single;
                        ch      : integer);
{*****
SPG_ANPASS
Abfrage ob Vmax vorhanden ist, wenn nicht Range erhöhen.
Folgender Merker wird gesetzt:
merker7 : boolean
*****}
var
  code   : integer;
  status : integer;
  r      : string;
  l      : word;
  adr_str : string;
  ch_str : string;
  spg_zw : single;

begin
  merker7:=false;

  repeat
    {*} ABBRUCH;
    send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
    str (ch,ch_str);
    send (adr_os,:MEASURE:SOURCE CHANNEL' + ch_str,status);
    send (adr_os,:MEASURE:VMAX?',status);
    enter (r,255,l,adr_os,status);
    val (r,spg_zw,code);
    if spg_zw >= max_spg_fg then

      begin
        merker7:=true;
        spg_x:=spg_x + add_x;
        str (spg_x,info_str);
        delete (info_str,20,3);
        delete (info_str,5,12);
        send (adr_os,'CHANNEL'+ch_str+':RANGE '+info_str+' V',status);
        send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
      end;

      delay (500);

      until spg_zw < max_spg_fg;

      if merker7 = true then

        begin
          {*} ABBRUCH;
          spg_x:=1.2 * spg_x;
          str (spg_x,info_str);
        end;
  end;
}

```

```

delete (info_str,20,3);
delete (info_str,5,12);
send (adr_os,'CHANNEL'+ch_str+':RANGE '+info_str+' V',status);
merker7:=false;
send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
end;

repeat

{ *} ABBRUCH;
str (ch,ch_str);
send (adr_os,:MEASURE:SOURCE CHANNEL'+ch_str,status);
send (adr_os,:MEASURE:VMIN?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,spg_zw,code);
if spg_zw <= -max_spg_fg then

begin
merker7:=true;
spg_x:=spg_x + add_x;
str (spg_x,info_str);
delete (info_str,20,3);
delete (info_str,5,12);
send (adr_os,'CHANNEL'+ch_str+':RANGE '+info_str+' V',status);
send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
end;

delay (500);

until spg_zw > -max_spg_fg;

if merker7 = true then

begin
spg_x:=1.2 * spg_x;
str (spg_x,info_str);
delete (info_str,20,3);
delete (info_str,5,12);
send (adr_os,'CHANNEL'+ch_str+':RANGE '+info_str+' V',status);
merker7:=false;
end;

send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
{ *} ABBRUCH;
end; { ENDE SPG_ANPASS }
{
*****
}
Procedure ANPASSUNG ( add : single;
var spg : single);
{*****
ANPASSUNG:
Kanalinformationen einholen.
Spannung messen die proportional zur Feldstärke ist.
Integrieren der Spannungsmeßwerte.

```

```

Symmetrieren der Messwerte.
Folgende Merker werden gesetzt:
  marker1 : boolean
  marker9 : boolean
*****}
var
  d      : daten;      { Blockdaten }
  i      : integer;     { Laufindex }
  punkte : word;
  DeltaT : single;
  bausgl : single;
  r      : string;
  l      : word;

begin
  New ( Umess );
  New ( BMess );

repeat

  {*} ABBRUCH;
  if spg >= max_spg_fg then

    begin
      marker1 := true;
      Exit;
    end;

    spg := spg + add;

    str (spg,info_str);
    delete (info_str,20,2);
    send (adr_fg,'AMP '+info_str+' V',status);
    delay (500);
    {*} SPG_ANPASS ( 0.5,spg_x1,1 );
    send (adr_os,'DIGITIZE CHANNEL1',status);
    {*} ABBRUCH;
    send (adr_os,'*OPC?',status);

repeat

  enter(r,255,l,adr_os,status);
  val (r,weiter,code);

until weiter = 1;

send (adr_os,:DISPLAY:TEXT BLANK',status);
send (adr_os,'WAVEFORM:SOURCE CHANNEL1',status);
{*} KANAL_INFO (yin,yor,yre,xin);
deltaT:=xin;
send (adr_os,'WAVEFORM:POINTS?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,punkte,code);
send (adr_os,'WAVEFORM:DATA?',status);
str (adr_os,adr_str);

```

```

transmit (' MLA TALK ' + adr_str,status);
rarray (d,count,l,status);
transmit (' UNT LISTEN ' + adr_str,status);
transmit (' MTA ',status);
send (adr_os,':RUN',status);
send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
{*} ABBRUCH;
for i:= 1 to punkte do

begin
  Umess^[i]:= ((d.dat[i]-yre)*yin) + yor;
  {*} ABBRUCH;
end;

{*} RUNGE_KUTTA_2(Punkte,DeltaT,UMess,faktor1,Bmess);
{*} KURVE_SYM ( BMess,punkte,bmax1,bmin1);
{*} ABBRUCH;
if spg < 2 then
merker9:= true;
if spg >= 2 then
merker9:= false;

until bmax1 > b_gew;

Dispose ( UMess );
Dispose ( BMess );
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE ANPASSUNG }
{
*****
}
Procedure FLUSSDICHTE_ANPASS;
*****
FLUSSDICHTE_ANPASS:
Spannung schrittweise erhöhen:
Spannungsschritte 2V , 1V , 0.5V , 0.1V , 0.02V.
Abbrechen wenn die mximale Spannung erreicht wird.
Abbrechen wenn die gewünschte Spannung erreicht ist.
*****
var
  add : single;
  spg : single;

begin
  {*} ABBRUCH;
  send (adr_os,'ACQUIRE:TYPE NORMAL',status);
  send (adr_os,'CHANNEL1:RANGE 1 V',status);
  spg_x1:=1;
  bmax1:=0;
  add:=2;
  spg:=0;
  {*} ANPASSUNG (add,spg);

  if merker1 = true then

```

```

begin
  b_gew:=bmax1;
  spg_abw:=spg;
  send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit
end;

add:=1;
spg:=spg - 2;
{ *} ANPASSUNG (add,spg);
{ *} ABBRUCH;

if merker1 = true then

begin
  b_gew:=bmax1;
  spg_abw:=spg;
  send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit
end;

add:=0.5;
spg:=spg - 1;
{ *} ANPASSUNG (add,spg);
{ *} ABBRUCH;

if merker1 = true then

begin
  b_gew:=bmax1;
  spg_abw:=spg;
  send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit
end;

add:=0.1;
spg:=spg - 0.5;
{ *} ANPASSUNG (add,spg);
{ *} ABBRUCH;

if merker1 = true then

begin
  b_gew:=bmax1;
  spg_abw:=spg;
  send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit
end;

if spg < min_spg_fg then

begin
  spg_abw:=spg;
  send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit;

```

```

end;

add:=0.05;
spg:=spg - 0.1;
{ *} ANPASSUNG (add,spg);
{ *} ABBRUCH;

if merker1 = true then

begin
  spg_abw:=spg;
  send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit;
end;

if spg < min_spg_fg then

begin
  spg_abw:=spg;
  send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit;
end;

add:=0.02;
spg:=spg - 0.05;
{ *} ANPASSUNG (add,spg);
{ *} ABBRUCH;

if merker1 = true then

begin
  spg_abw:=spg;
  send (adr_os,'DISPLAY:TEXT BLANK',status);
  Exit;
end;

spg_abw:=spg;
{ *} ABBRUCH;
end; { ENDE FLUSSDICHTE_ANPASS }
{
*****}
}

Procedure PRUEF_ANPASS;
{*****}
Überprüfen ob die minimale Messspannung unterschritten wurde.
Folgender Merker wird gesetzt:
merker8 : boolean
{*****}
var
  spg : single;

begin
  if spg_abw <= min_spg_fg then

```

```
begin
  spg_abw:=min_spg_fg;
  spg:=min_spg_fg;
  str(spg,info_str);
  delete(info_str,20,2);
  send(adr_fg,'AMP'+info_str+' V',status);
  marker8:=true;
end;

{*} ABBRUCH;

end; { ENDE PRUEF_ANPASS }
{
*****
```

}

```
begin
end.
```

6.3.4 Unit GRAFIK

{\$N+,E+}

Unit Grafik;

Interface

Uses GRAPH,CRT,VARDEF,DOS,GERAETE;

```
{
*****  

}  

Procedure GRAFIKO;  

Procedure GRAFIK1;  

Procedure GRAFIK2;  

Procedure GRAFIK3;  

Procedure DRUCK;  

{  

*****  

*****  

}  

Implementation  

var  

  Driver : Integer;  

  Mode : Integer;  

  code : Integer;  

  graf_x : Integer;  

  graf_y : Integer;  

  xhys0 : LongInt; { Nullpunkt der Hystereseschleife }  

  yhys0 : LongInt; { Nullpunkt der Hystereseschleife }  

  xkom0 : LongInt;  

  ykom0 : LongInt;  

  diffxh : LongInt; { maximale Meßbreite x Richtung hys }  

  diffyh : LongInt; { maximale Meßbreite y Richtung hys }  

  difffxk : LongInt; { maximale Meßbreite x Richtung kom }  

  diffyk : LongInt; { maximale Meßbreite y Richtung kom }  

  freq : Integer;  

  bmaxgr1 : Single;  

  hmaxgr1 : Single;  

  bmaxsk1 : string;  

  bmaxsk2 : string;  

  bmaxi3 : longint;  

  bmaxn5 : double;  

  hmaxsk1 : string;  

  hmaxsk2 : string;  

  hmaxi3 : longint;  

  hmaxn5 : double;  

  xmaxsk1 : string; { Skalierungsfaktoren y-Achse }  

  xmaxsk2 : string; { Exponent y-Achse }  

  xmaxi3 : longint;  

  xmaxn5 : double;  

  zw1 : single;  

  zw2 : single;  

  zw3 : LongInt;  

  zw4 : LongInt;  

{  

*****
```

```

}

Function x_wert (x:single):Integer;
{*****
x_wert:
Umrechnen Bildschirmkoordinate % in Pixel.
*****}
begin
 {*} ABBRUCH;
 zw1:=x / 100;
 zw2:=zw1 * graf_x;
 x_wert:= round ( zw2 );
end;

Function y_wert (y:single):Integer;
{*****
y_wert:
Umrechnen Bildschirmkoordinate % in Pixel.
*****}
begin
 {*} ABBRUCH;
 zw1:= y / 100;
 zw2:=zw1 * graf_y;
 y_wert:= round ( zw2 );
end;

Function x_hys (x:single):LongInt;
{*****
x_hys:
Meßwert bezogen auf den Nullpunkt der Hystereseschleife in x Richtung in Pixel.
*****}
begin
 {*} ABBRUCH;
 zw1:=diffxh / hmaxgr1;
 zw2:=zw1 * x;
 zw3:= round ( zw2 );
 zw4:=zw3 + xhys0;
 x_hys:=zw4;
end;

Function y_hys (y:single):LongInt;
{*****
y_hys:
Meßwert bezogen auf den Nullpunkt der Hystereseschleife in y Richtung in Pixel.
*****}
begin
 {*} ABBRUCH;
 zw1:=diffyh / bmaxgr1;
 zw2:=zw1 * y;
 zw3:= round ( zw2 );
 zw4:=yhys0 - zw3;
 y_hys:=zw4;
end;

Function x_kom (x:single):LongInt;
{*****
x_kom:

```

Meßwert bezogen auf den Nullpunkt der Kommutierungskurve in x Richtung in Pixel.

```
begin
  {*} ABBRUCH;
  zw1:=diffxk / hmaxgr1;
  zw2:=zw1 * x;
  zw3:= round ( zw2 );
  zw4:=zw3 + xkom0;
  x_kom:=zw4;
end;
```

Function y_kom (y:single):Longint;
{*****}

y_kom:
 Meßwert bezogen auf den Nullpunkt der Kommutierungskurve in y Richtung in Pixel.

```
begin
  {*} ABBRUCH;
  zw1:=diffyk / bmaxgr1;
  zw2:=zw1 * y;
  zw3:= round ( zw2 );
  zw4:=ykom0 - zw3;
  y_kom:=zw4;
end;
```

Procedure Linie (x1,y1,x2,y2:single);
{*****}

Linie:
 Linienzug. Eingabe in %

```
begin
  {*} ABBRUCH;
  Line (x_wert (x1),y_wert (y1),x_wert (x2),y_wert (y2));
end;
```

Procedure Schleife1 (x1,y1,x2,y2:single);
{*****}

Schleife1:
 Linienzug. Eingabe in T oder A/m.

```
begin
  {*} ABBRUCH;
  Line (x_hys (x1),y_hys (y1),x_hys (x2),y_hys (y2));
end;
```

Procedure Schleife2 (x1,y1,x2,y2:single);
{*****}

Schleife2:
 Linienzug. Eingabe in T oder A/m.

```
begin
  {*} ABBRUCH;
  Line (x_kom (x1),y_kom (y1),x_kom (x2),y_kom (y2));
end;
```

Procedure Umrechnung (var xmaxsk1 : string;
 var xmaxsk2 : string;

```

        var xmaxi3 : longint;
        var xmaxn5 : double );
{*****}
Umrechnung:
Bmax und Bmax Werte werden in das richtige Anzeigeformat gebracht.
Herausfiltern der Mantisse.
{*****}
var
  xmaxsk3 : string;
  xmaxsk4 : string;
  xmaxn3 : single;
  xmaxn4 : double;
  code   : Integer;

begin
  {*}ABBRUCH;
  delete ( xmaxsk1,20,2 );
  delete ( xmaxsk1,7,11 );
  xmaxsk2:=xmaxsk1;
  delete ( xmaxsk2,0,7 );
  xmaxsk3:=xmaxsk1;
  delete ( xmaxsk3,7,255 );
  val ( xmaxsk3,xmaxn3,code );
  xmaxn3:=round ( 0.49 + xmaxn3 );
  xmaxi3:=round ( xmaxn3 );
  str ( xmaxi3,xmaxsk4 );
  delete ( xmaxsk4,3,255 );
  xmaxsk4:=concat ( xmaxsk4,xmaxsk2 );
  val ( xmaxsk4,xmaxn4,code );
  xmaxn5:=xmaxn4/xmaxn3;
end;

Procedure x_achse_hys ( x1,y1,x2,y2 : single );
{*****}
x_achse_hys:
Skalenteile einfügen x Achse Hystereseschleife.
{*****}
begin
  {*} ABBRUCH;
  Line ( x_hys (x1),y_wert (y1),x_hys (x2),y_wert (y2));
end;

Procedure y_achse_hys ( x1,y1,x2,y2 : single );
{*****}
y_achse_hys:
Skalenteile einfügen y Achse Hystereseschleife.
{*****}
begin
  {*} ABBRUCH;
  Line ( x_wert (x1),y_hys (y1),x_wert (x2),y_hys (y2));
end;

Procedure x_achse_kom ( x1,y1,x2,y2 : single );
{*****}
x_achse_kom:
Skalenteile einfügen x Achse Kommutierungskurve.
{*****}

```

```

begin
  {*} ABBRUCH;
  Line ( x_kom (x1),y_wert (y1),x_kom (x2),y_wert (y2));
end;

Procedure y_achse_kom ( x1,y1,x2,y2 : single );
{*****}
y_achse_kom:
Skalenteile einfügen y Achse Kommutierungskurve.
{*****}

begin
  {*} ABBRUCH;
  Line ( x_wert (x1),y_kom (y1),x_wert (x2),y_kom (y2));
end;
{
{*****}
{*****}
}

Procedure GRAFIKO;
{*****}
Grafik0:
Auslesen der angezeigten Werte aus Datei.
Zeichnet die Blattumrandung.
Textangaben und Informationsausgabe.
{*****}

var
  xdat      : text;
  bmax1_s   : string;
  hmax1_s   : string;
  punkte_s  : string;
  text_pr_s : string;
  lm_s       : string;
  a_s        : string;
  Dichte_s  : string;
  n1_s       : string;
  n2_s       : string;
  n2theo_s  : string;
  spgteiler_s: string;
  shunt_s    : string;
  b_gew_s    : string;
  freq_s     : string;
  b_gewu_s   : string;
  hr_s       : string;
  br_s       : string;
  hys_ver_s  : string;
  messnr_s1  : string;
  merker_freq_s: string;
  pu_gr_500_s : string;

begin
  {*}ABBRUCH;
  Driver:=Detect;
  InitGraph (Driver,Mode,'');
  str (messnr,messnr_s);
  { Maximalpixlezahl feststellen }
  graf_x:=getmaxx;
  graf_y:=getmaxy;

```

```

{ Umrandung Blatt }
linie (0,10.4,100,10.4);
linie (0,0,100,0);
linie (0,0,0,100);
linie (0,100,100,100);
linie (100,0,100,100);
{ Bezugsdaten auslesen }
assign ( xdat,messnr_s +'was.dat');
reset ( xdat );
readIn ( xdat,bmax1_s );
readIn ( xdat,hmax1_s );
readIn ( xdat,punkte_s );
readIn ( xdat,text_pr_s );
readIn ( xdat,lm_s );
readIn ( xdat,a_s );
readIn ( xdat,Dichte_s );
readIn ( xdat,n1_s );
readIn ( xdat,n2_s );
readIn ( xdat,n2theo_s );
readIn ( xdat,spgteiler_s );
readIn ( xdat,shunt_s );
readIn ( xdat,b_gew_s );
readIn ( xdat,freq_s );
readIn ( xdat,b_gewu_s );
readIn ( xdat,Hr_s );
readIn ( xdat,Br_s );
readIn ( xdat,hys_ver_s );
readIn ( xdat,messnr_s1 );
readIn ( xdat,pu_gr_500_s );
close ( xdat );
val (freq_s,freq,code);
val (pu_gr_500_s,pu_gr_500,code);
delete (hr_s,20,2); { Anpassen der Remanenz und der }
delete (br_s,20,2); { Koerzitivfeldstärke an geeignete }
delete (bmax1_s,20,2); { Anzeigewerte }
delete (hmax1_s,20,2);
delete (hys_ver_s,20,2);
delete (hr_s,6,11);
delete (br_s,6,11);
delete (bmax1_s,6,11);
delete (hmax1_s,6,11);
delete (hys_ver_s,7,11);
{ Ausgabe der ermittelten Werte }
{*}ABBRUCH;
settextjustify (LeftText,CenterText);
settextstyle (SansSerifFont,HorizDir,2);
outtextxy (28,25,text_pr_s);
settextjustify (CenterText,CenterText);
outtextxy (320,25,bmax1_s + ' T');
settextjustify (RightText,CenterText);
outtextxy (612,25,freq_s + ' Hz');
settextjustify (LeftText,CenterText);
settextstyle (SmallFont,HorizDir,4);
outtextxy (45,464,hr_s);
outtextxy (45,449,br_s);
outtextxy (10,64,messnr_s1);
settextjustify (RightText,CenterText);

```

```

outtextxy(609,65,lm_s);
outtextxy(609,75,a_s);
outtextxy(609,85,dichte_s);
outtextxy(609,105,n1_s);
outtextxy(609,115,n2_s);
outtextxy(609,125,n2theo_s);
outtextxy(609,145,spgteiler_s);
outtextxy(609,155,shunt_s);
outtextxy(609,195,hys_ver_s + 'W/kg Verlustleistung');
if freq > 500 then
begin
  outtextxy(609,215,pu_gr_500_s + ' Messpunkte');
end;
if freq <= 500 then
begin
  outtextxy(609,215,punkte_s + ' Messpunkte');
end;
outtextxy(609,175,'Bmax : ' + bmax1_s + ' T ');
outtextxy(609,185,'Hmax : ' + hmax1_s + ' A/m');
{ *} ABBRUCH;
end; { ENDE GRAFIKO }
{
*****
}
Procedure GRAFIK1;
*****
Grafik1:
Erstellen des Koordinatensystems für die Hystereseschleife.
Beschriften des Koordinatensystems.
Erstellen und berechnen der Skalierung für die Hystereseschleife.
Zeichnen der Hystereseschleife.
*****
var
  x    : single;
  y    : single;
  x1   : single;
  y1   : single;
  x2   : single;
  y2   : single;
  xhys1 : Integer;
  yhys2 : Integer;
  mdat : text;  { hys,neu,kom.dat }
  xdat : text;  { was.dat }
  i    : integer; { laufindex }

begin
{ *} ABBRUCH;
New ( BMess );
New ( HMess );
{ Daten auslesen als string : bmaxsk1,hmaxsk1 }
assign ( xdat,messnr_s + 'was.dat' );
reset ( xdat );

begin
  readln ( xdat,bmaxsk1 );
  readln ( xdat,hmaxsk1 );
end;

```

```

close ( xdat );
{ *} Umrechnung ( bmaxsk1,bmaxsk2,bmaxi3,bmaxn5 );
{ *} Umrechnung ( hmaxsk1,hmaxsk2,hmaxi3,hmaxn5 );
{ Daten auslesen : bmax1,hmax1,punkte }
assign ( xdat,messnr_s +'was.dat');
reset ( xdat );

begin
readln ( xdat,bmax1 );
readln ( xdat,hmax1 );
readln ( xdat,punkte );
end;

close ( xdat );
{ Fadenkreuz Hysterese }
linie ( 7.35,55.2,55.88,55.2);
linie ( 31.61,20,31.61,90.4);
{ Beschriftung Fadenkreuz Hysterese }
settextjustify ( LeftText,CenterText );
outtextxy(213,80,bmaxsk2 + 'T');
outtextxy(10,222,hmaxsk2);
outtextxy(10,232,' A/m');
outtextxy(213,90,'/div');
outtextxy(10,242,'/div');
settextjustify ( RightText,BottomText );
outtextxy(185,94,'B');
settextjustify ( LeftText,TopText );
outtextxy(370,280,'H');
settextstyle ( SmallFont,HorizDir,4 );
{ Pixel der Koordinaten feststellen }
xhys0:=x_wert ( 31.61 );
yhys0:=y_wert ( 55.2 );
xhys1:=x_wert ( 55.88 );
yhys2:=y_wert ( 22.91 );
{ Differenz der Punkte feststellen }
diffxh:=xhys1 - xhys0;
diffyh:=yhys0 - yhys2;
{ Skala Maximalwert festlegen }
bmaxgr1:=bmax1 * 1.1;
hmaxgr1:=hmax1 * 1.1;
{ Skalierung Hystereseschleife }
for i:=1 to (hmaxi3) do

begin
  x:= i * hmaxn5;
  x_achse_hys ( x,54.2,x,56.2);
end;

{ *}ABBRUCH;
for i:=1 to (bmaxi3) do

begin
  y:= i * bmaxn5;
  y_achse_hys ( 30.61,y,32.61,y);
end;

for i:=1 to (hmaxi3) do

```

```

begin
  x:= i * (-hmaxn5);
  x_achse_hys (x,54.2,x,56.2);
end;

for i:= 1 to (bmaxi3) do

begin
  y:= i * (-bmaxn5);
  y_achse_hys (30.61,y,32.61,y);
end;

{*}ABBRUCH;
{ Werte aus Datei lesen }
if freq <= 500 then

begin
  assign (mdat,messnr_s + 'hys.dat');
  reset ( mdat );
  for i:= 1 to punkte + 1 do
    readln (mdat,HMess^i,BMess^i);
  close (mdat);
end;

if freq > 500 then

begin
  assign (mdat,messnr_s + 'hys.dat');
  reset ( mdat );
  for i:= 1 to pu_gr_500 + 1 do
    readln (mdat,HMess^i,BMess^i);
  close (mdat);
end;

{*}ABBRUCH;
{ Hystereseschleife zeichnen }
if freq <= 500 then

begin
  for i:= 1 to punkte do
    Schleife1 (HMess^i,BMess^i,HMess^i+1,BMess^i+1);
end;

if freq > 500 then

begin
  for i:= 1 to pu_gr_500 do
    Schleife1 (HMess^i,BMess^i,HMess^i+1,BMess^i+1);
end;

Dispose ( BMess );
Dispose ( HMess );
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE GRAFIK1 }
{
*****
```

```

Procedure GRAFIK2;
{*****}
Grafik2:
Erstellen des Koordinatensystems für die Kommutierungskurve.
Beschriften des Koordinatensystems.
Erstellen und berechnen der Skalierung für die Kommutierungskurve.
Zeichnen der Kommutierungskurve.
*****}

var
  x    : single;
  y    : single;
  x1   : single;
  y1   : single;
  x2   : single;
  y2   : single;
  xkom1 : Integer;
  ykom2 : Integer;
  mdat : text;
  i    : Integer;
  a    : Integer;

begin
  { } ABBRUCH;
  New ( BMess );
  New ( HMess );
  { Skala Kommutierungskurve }
  linie (66.91 , 53.12 , 66.91 , 90.62);
  linie (66.17 , 89.6 , 92.6 , 89.6);
  { Beschriftung Kommutierungskurve }
  outtextxy(440,248,bmaxsk2 + 'T');
  outtextxy(440,258,'/div');
  outtextxy(570,440,hmaxsk2);
  outtextxy(570,450,'A/m /div');
  { Pixel der Koordinaten feststellen }
  xkom0:=x_wert (66.91);
  ykom0:=y_wert (89.6);
  xkom1:=x_wert (92.6);
  ykom2:=y_wert (53.12);
  { Differenz der Punkte feststellen }
  diffxk:=xkom1 - xkom0;
  diffyk:=ykom0 - ykom2;
  { Skalierung Kommutierungskurve }
  for i:=1 to (hmaxi3) do

    begin
      x:= i * hmaxn5;
      x_achse_kom (x,88.6,x,90.6);
    end;

  for i:=1 to (bmaxi3-1) do

    begin
      y:= i * bmaxn5;
      y_achse_kom (67.91,y,65.91,y);
    end;

  a:=0;

```

```

{ *} ABBRUCH;
{ Werte aus Datei lesen }
assign (mdat,messnr_s + 'kom.dat');
reset ( mdat );
while not Eof(mdat) do

begin
  a:=a+1;
  readln (mdat,HMess^[a],BMess^[a]);
end;

close (mdat);
{ *} ABBRUCH;
{ Kommutierungskurve zeichnen }
for i:= 1 to a-1 do
  Schleife2 (HMess^[i],BMess^[i],HMess^[i+1],BMess^[i+1]);
a:=0;
{ *} ABBRUCH;
{ Werte aus Datei lesen }
assign (mdat,messnr_s + 'neu.dat');
reset ( mdat );
while not Eof(mdat) do

begin
  a:=a+1;
  readln (mdat,HMess^[a],BMess^[a]);
end;

close (mdat);
{ *} ABBRUCH;
{ Neukurve zeichnen }
for i:= 1 to a-1 do
  Schleife1 (HMess^[i],BMess^[i],HMess^[i+1],BMess^[i+1]);
Dispose ( BMess );
Dispose ( HMess );
{ *} ABBRUCH;
end; { ENDE GRAFIK2 }
{
*****}
}

Procedure GRAFIK3;
{*****}
Grafik3:
Hardcopy vorbereiten und Entscheidung ob Druck.
Folgender Merker wird gesetzt:
merker4 : boolean
{*****}
var
  antwort : char;

begin
  { *} ABBRUCH;
  SetTextJustify(RightText,CenterText);
  SetFillStyle (EmptyFill,black);

repeat

```

```

repeat
  outtextxy(609,468,'Hardcopy J/N');
  delay (500);
  bar (450,460,635,475);
  delay (500);

until KeyPressed;

antwort:=readkey

until antwort in ['j','J','n','N'];

if antwort in ['j','J'] then
begin
  SetFillStyle (EmptyFill,black);
  bar (450,460,635,475);
  outtextxy(600,468,'FHTE - Hochspannungslabor');
  marker4:= true;
end;

{ *} ABBRUCH;

end; { ENDE GRAFIK3 }
{
*****}
}

Procedure DRUCK;
{*****}
Druck:
Aufruf zur Druckeraktivierung.
{*****}

var
  proz_reg : registers;

begin
  { *}ABBRUCH;
  Intr (5,proz_reg);
end; { ENDE DRUCK }
{
*****}
}
begin
end.

```

6.3.5 Unit Mathe

```
{$B+}
Unit Mathe;
```

Interface

Uses VarDef,ieepas;

```
{
*****  
}  
Procedure RUNGE_KUTTA_2 ( Punkte :Word;
    DeltaT :Single;
    u :Wertefeld_Zeiger1;
    faktor1 :single;
    var B :Wertefeld_Zeiger1);  
  
Procedure KURVE_SYM ( var x_zg :Wertefeld_Zeiger1;
    punkte : word;
    var xmax : single;
    var xmin : single);  
  
Procedure BR_WERT ( HMess : Wertefeld_Zeiger1;
    BMess : Wertefeld_Zeiger1;
    punkte : word;
    var Br : single);  
  
Procedure HR_WERT ( HMess : Wertefeld_Zeiger1;
    BMess : Wertefeld_Zeiger1;
    punkte : word;
    var Hr : single);  
  
{  
*****  
*  
* Numerische Lösung der Differentialgleichung  $B' = f(\Delta T, u)$   
* mit dem Runge-Kutta-Verfahren 2. Ordnung  
*  
* vorausgesetzte Vereinbarungen in Unit VarDef:  
*  
* Konstanten:  
*  
* MaxWerte = maximale Anzahl Meßwerte für Felddimensionierung  
*  
* Typen:  
*  
* Wertefeld = Array[1..MaxWerte] of Single  
*  
* Punkte:Word Anzahl der Messpunkte  
* DeltaT:Single Schrittweite  
* u:Wertefeld_Zeiger1 Zeiger auf Spannungsmesswerte  
* BO:Single Anfangsbedingung B(1)  
*  
* Ausgabeparameter:  
*  
* B:Wertefeld_Zeiger1 Zeiger auf Funktionswerte  $B = f(u)$ 
```

```

*
*****
*****
}

Implementation

Procedure Runge_Kutta_2( Punkte :Word;
    DeltaT :Single;
    u      :Wertefeld_Zeiger1;
    faktor1 :single;
    var B  :Wertefeld_Zeiger1);

var
    i   :Word;
    h_2 :Extended;           { halbe Schrittweite }

begin
    if Punkte < 50 then

begin
    Writeln('Illegal Anzahl Werte (', Punkte, ') in Procedure Runge_Kutta_2');
    Halt(1);
end;

h_2:=DeltaT/2.0;
B^[1]:=0;
for i:=1 to Punkte-1 do

begin
    B^[i+1]:=B^i + h_2*((u^i + u^{i+1})*faktor1);
end;

end; {ENDE RUNGE_KUTTA_2}
{
*****}

Procedure KURVE_SYM  ( var x_zg : Wertefeld_Zeiger1;
    punkte   : word;
    var xmax : single;
    var xmin : single);
{*****}
Symmetrieren der Kurve bezogen auf 'Null'
{*****}

var
    xausgl : single;
    i      : integer;

begin
    xmax:=-100;           { neusetzen der Parameter }
    xmin:=+100;           { neusetzen der Parameter }
    for i:=1 to punkte do

begin
    if x_zg^i > xmax then
        xmax:=x_zg^i;
    if x_zg^i < xmin then
        xmin:=x_zg^i;
end;

```

```

end;

xausgl:=(xmax + xmin)/2;
xmax:= -100;
xmin:= +100;
for i:=1 to punkte do

begin
  x_zg^i:=x_zg^i - xausgl;
  if x_zg^i > xmax then

begin
  xmax:=x_zg^i;
end;

if x_zg^i < xmin then

begin
  xmin:=x_zg^i;
end;

end;
{ ENDE KURVE_SYM }
{
*****}
}

Procedure BR_WERT      ( HMess : Wertefeld_Zeiger1;
                         BMess : Wertefeld_Zeiger1;
                         punkte : word;
                         var Br : single);
{*****}
Herausfinden des Remanenzwertes
{*****}

var
  i : Integer;

begin
  Br:= +10000;
  for i:=1 to punkte do
    if ( BMess^i >= 0 ) AND ( HMess^i < 0 ) then

begin
  if Br > BMess^i then

begin
  Br:= BMess^i;
  exit;
end;

end;
end;

end; { ENDE BR_WERT }
{
*****}
}

Procedure HR_WERT      ( HMess : Wertefeld_Zeiger1;

```

```

BMess : Wertefeld_Zeiger1;
punkte : word;
var Hr : single;
{*****}
Herausfinden der Koerzitivfeldstärke
{*****}
var
  i : Integer;

begin
  Hr := +100;
  for i := 1 to punkte do
    if ( BMess^[i] >= 0 ) AND ( HMess^[i] <= 0 ) then
      begin
        if Hr > HMess^[i] then
          begin
            Hr := HMess^[i];
            end;
        if Hr < HMess^[i] then
          begin
            Hr := HMess^[i];
            end;
      end;
  end; { ENDE HR_WERT }
{
}
begin
end.

```

6.3.6 Unit MELDUNG

Unit MELDUNG;

Interface

Uses CRT,VARDEF,IEEEPAS;

```
{
*****  

}  

Procedure MELDUNG0; { Frequenz 'x' eingestellt }  

Procedure MELDUNG1; { Anpassung magn. Flußdichte läuft }  

Procedure MELDUNG2; { max. Flußdichte erreicht, weiter mit Wert ? J/N }  

Procedure MELDUNG21; { Entmagnetisierung läuft }  

Procedure MELDUNG3; { erreichte Flußdichte }  

Procedure MELDUNG31; { Flußdichte Angabe noch nicht möglich }  

Procedure MELDUNG32; { erreichte Flußdichte }  

Procedure MELDUNG4; { Messung Hys läuft }  

Procedure MELDUNG5; { Messung Hys abgeschlossen }  

Procedure MELDUNG6; { Entmagnetisierung läuft }  

Procedure MELDUNG7; { Entmagnetisierung abgeschlossen }  

Procedure MELDUNG8; { Wollen Sie Kom + Neu messen ? J/N }  

Procedure MELDUNG81; { Neu + Kom Messung nicht möglich }  

Procedure MELDUNG82; { Neu + Kom Messung war nicht möglich }  

Procedure MELDUNG9; { Messung Neu + Kom läuft }  

Procedure MELDUNG10; { Messung Neu + Kom abgeschlossen }  

Procedure MELDUNG11; { Entmagnetisierung läuft }  

Procedure MELDUNG12; { Entmagnetisierung abgeschlossen }  

Procedure MELDUNG13; { neue Frequenz + Flußdichtewerte eingeben ? J/N }  

{ bei N = Sie wünschen keine Werte einzugeben }  

Procedure MELDUNG14; { neue Probenspezifikationen eingeben ? J/N }  

{ bei N = Sie wünschen keine Prob.spez. einzugeben }  

Procedure MELDUNG15; { Neue Messnummer eingeben ? J/N }  

{  

*****  

*****  

}
```

Implementation

Procedure MELDUNG0;

```
var  

  status : integer;  

begin  

  window (1,1,78,24);  

  clrscr;  

  window (6,2,78,24);  

  textbackground (green);  

  textcolor (black);  

  gotoxy(1,1);  

  writeln('');  

  writeln('Frequenz : ',(freq):7,' Hz eingestellt !');  

  writeln('');  

  textbackground (black);
```

```

textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNGO }
{
*****
}
Procedure MELDUNG1;

begin
  window (6,5,78,24);
  textbackground (blue);
  textcolor (yellow + blink);
  gotoxy(1,1);
  writeln(' ');
  writeln('      Anpassung der magn. Flußdichte läuft !      ');
  writeln(' ');
  textbackground (black);
  textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNG1 }
{
*****
}
Procedure MELDUNG2;
{*****
Folgender Merker wird gesetzt:
  merker4 : boolean
*****}
var
  antwort : char;

begin
  clrscr;
  window (6,5,78,24);
  textbackground (green);
  textcolor (black);
  gotoxy(1,1);
  writeln(' ');
  writeln('      maximal erreichte Flußdichte:      [T]      ');
  writeln(' ');
  gotoxy(46,2);
  write (b_gew:7:4);
  window (6,10,78,24);
  textbackground (cyan);
  gotoxy(1,1);
  writeln(' ');
  writeln('      Wollen Sie mit diesem Wert weiterrechnen ?      ');
  writeln(' ');
  textcolor (blink);
  gotoxy (62,2);
  write ('(J / N)');
  textcolor (red);
  textbackground(black);
  textcolor(white);

repeat
repeat

```

```

sound (1250);
delay (250);
nosound;
delay (2000);

until keypressed;

antwort := readkey

until antwort in ['j','J','n','N'];

if antwort in ['n','N'] then

begin
  clrscr;
  marker2 := true;
  exit;
end;

if antwort in ['j','J'] then

begin
  clrscr;
end;

end; { ENDE MELDUNG2 }
{
*****
}
Procedure MELDUNG21;

var
  antwort : char;

begin
  window (6,1,78,24);
  textbackground (blue);
  textcolor (yellow + blink);
  gotoxy(1,1);
  writeln(' ');
  writeln('          Entmagnetisierung läuft !');
  writeln(' ');
  textbackground (black);
  textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNG21 }
{
*****
}

Procedure MELDUNG3;

var
  b_anz :single;

begin
  window (6,5,78,24);
  clrscr;

```

```

textbackground (green);
textcolor (black);
gotoxy(1,1);
writeln(''');
writeln('' erreichte Flußdichte: [T] '');
writeln(''');
b_anz:=b_gew;
gotoxy(42,2);
write (b_anz:7:4);
textbackground (black);
textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNG3 }
{
*****
}
Procedure MELDUNG31;

begin
clrscr;
window (6,5,78,24);
textbackground (blue);
textcolor (yellow + blink);
gotoxy(1,1);
writeln(''');
writeln('' Flußdichteangabe noch nicht möglich ! '');
writeln(''');
textbackground (black);
textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNG31 }
{
*****
}
Procedure MELDUNG32;

var
b_anz :single;

begin
clrscr;
window (6,5,78,24);
textbackground (green);
textcolor (black);
gotoxy(1,1);
writeln(''');
writeln('' erreichte Flußdichte: [T] '');
writeln(''');
b_anz:=b_gew;
gotoxy(42,2);
write (b_anz:7:4);
textbackground (black);
textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNG32 }
{
*****
}
Procedure MELDUNG4;

```

```

begin
  window (6,8,78,24);
  textbackground (blue);
  textcolor (yellow + blink);
  gotoxy(1,1);
  writeln(''');
  writeln(''      Messung der Hystereseschleife läuft ! ''');
  writeln(''      ''');
  textbackground (black);
  textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNG4 }
{
*****
}

Procedure MELDUNG5;

var
  antwort : char;

begin
  window (6,8,78,24);
  textbackground (green);
  textcolor (black);
  gotoxy(1,1);
  writeln(''');
  writeln(''      Messung der Hystereseschleife abgeschlossen ! ''');
  writeln(''      ''');
  textbackground (black);
  textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNG5 }
{
*****
}

Procedure MELDUNG6;

var
  antwort : char;

begin
  window (6,11,78,24);
  textbackground (blue);
  textcolor (yellow + blink);
  gotoxy(1,1);
  writeln(''');
  writeln(''      Entmagnetisierung läuft ! ''');
  writeln(''      ''');
  textbackground (black);
  textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNG6 }
{
*****
}

Procedure MELDUNG7;

var
  antwort : char;

```

```

begin
  window (6,11,78,24);
  textbackground (green);
  textcolor (black);
  gotoxy(1,1);
  writeln(''');
  writeln('' Entmagnetisierung abgeschlossen ! ''');
  writeln(''');
  textbackground (black);
  textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNG7 }
{
*****
}
Procedure MELDUNG8;
{*****
Folgender Merker wird gesetzt:
  marker8 : boolean
*****}
var
  antwort : char;

begin
  window (6,16,78,24);
  textbackground (cyan);
  textcolor (black);
  gotoxy(1,1);
  writeln(''');
  writeln('' Wollen Sie die Neu- und die Kommutierungskurve messen ? ''');
  writeln(''');
  textcolor (blink);
  gotoxy (62,2);
  write ('(J / N)');
  textbackground(black);
  textcolor(white);

repeat
repeat

  sound (1250);
  delay (250);
  nosound;
  delay (2000);

until keypressed;

  antwort:=readkey

until antwort in ['j','J','n','N'];

if antwort in ['n','N'] then

begin
  clrscr;
  marker3:= true;
  exit;

```

```

end;

if antwort in ['j','J'] then

begin
  clrscr;
  marker3:= false;
end;

end; { ENDE MELDUNG8 }
{
*****
}

Procedure MELDUNG81;

begin
  window (6,16,78,24);
  textbackground (green);
  textcolor (black);
  gotoxy(1,1);
  writeln('');
  writeln('      Messung der Kom und Neu Werte nicht möglich ! ');
  writeln('');
  delay (4000);
  textbackground(black);
  textcolor(white);
end; { ENDE MELDUNG81 }
{
*****
}

Procedure MELDUNG82;

begin
  window (6,14,78,24);
  textbackground (green);
  textcolor (black);
  gotoxy(1,1);
  writeln('');
  writeln('      Messung der Kom und Neu Werte war nicht möglich ! ');
  writeln('');
  textbackground(black);
  textcolor(white);
end; { ENDE MELDUNG82 }
{
*****
}

Procedure MELDUNG9;

begin
  window (6,14,78,24);
  textbackground (blue);
  textcolor (yellow + blink);
  gotoxy(1,1);
  writeln('');
  writeln('      Messung der Neu- und Kommutierungskurve läuft ! ');
  writeln('');
  textbackground (black);

```

```

textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNG9 }
{
*****
}
Procedure MELDUNG10;

var
    antwort : char;

begin
    window (6,14,78,24);
    textbackground (green);
    textcolor (black);
    gotoxy(1,1);
    writeln(' ');
    writeln('      Messung der Neu- und Kommutierungskurve abgeschlossen !      ');
    writeln(' ');
    textbackground (black);
    textcolor (white);
end; { ENDEMELDUNG10 }
{
*****
}
Procedure MELDUNG11;

var
    antwort : char;

begin
    window (6,17,78,24);
    textbackground (blue);
    textcolor (yellow + blink);
    gotoxy(1,1);
    writeln(' ');
    writeln('      Entmagnetisierung läuft !      ');
    writeln(' ');
    textbackground (black);
    textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNG11 }
{
*****
}
Procedure MELDUNG12;

var
    antwort : char;

begin
    window (6,17,78,24);
    textbackground (green);
    textcolor (black);
    gotoxy(1,1);
    writeln(' ');
    writeln('      Entmagnetisierung abgeschlossen !      ');
    writeln(' ');
    textbackground (black);

```

```

textcolor (white);
end; { ENDE MELDUNG12 }
{
*****
}
Procedure MELDUNG13;
{*****
Folgender Merker wird gesetzt:
merker 5 : boolean
*****}
var
antwort : char;

begin
window (6,20,78,24);
textbackground (cyan);
textcolor (black);
gotoxy(1,1);
writeln(' ');
writeln(' Wünschen Sie neue Frequenz oder Flußdichtewerte einzugeben ');
writeln(' ');
textcolor (blink);
gotoxy (62,2);
write ('(J / N)');
textcolor (red);
textbackground(black);
textcolor(white);

repeat

repeat

sound (1250);
delay (250);
nosound;
delay (1000);

until keypressed;

antwort:=readkey

until antwort in ['j','J','n','N'];

if antwort in ['n','N'] then

begin
clrscr;
window (6,20,78,24);
textbackground (green);
textcolor (black);
gotoxy(1,1);
writeln(' ');
writeln(' Sie wünschen keine neuen Frequenz oder Flußdichtewerte einzugeben ');
writeln(' ');
merker5:= true;
delay (1500);
exit;

```

```

end;

if antwort in ['j','J'] then

begin
  clrscr;
end;

end; { ENDE MELDUNG13 }
{
*****}
}

Procedure MELDUNG14;
{*****}
Folgender Merker wird gesetzt:
  marker6 : boolean
{*****}
var
  antwort : char;

begin
  window (6,20,78,24);
  textbackground (cyan);
  textcolor (black);
  gotoxy(1,1);
  writeln(' ');
  writeln(' Wünschen Sie neue Probenspezifikationen einzugeben ? ');
  writeln(' ');
  textcolor (blink);
  gotoxy (62,2);
  write ('(J / N)');
  textbackground(black);
  textcolor(white);

repeat

repeat

sound (1250);
delay (250);
nosound;
delay (1000);

until keypressed;

antwort:=readkey

until antwort in ['j','J','n','N'];

if antwort in ['n','N'] then

begin
  clrscr;
  window (6,20,78,24);
  textbackground (green);
  textcolor (black);
  gotoxy(1,1);

```

```

writeln(' ');
writeln(' Sie wünschen keine neuen Probenspezifikationen einzugeben ');
writeln(' ');
merker6:= true;
delay (1500);
exit;
end;

if antwort in ['j','J'] then

begin
  clrscr;
end;

end; { ENDE MELDUNG14 }
{
*****
}
Procedure MELDUNG15;
{*****
Folgender Merker wird gesetzt:
  merker10 : boolean
*****}
var
  antwort : char;

begin
  window (6,20,78,24);
  textbackground (cyan);
  textcolor (black);
  gotoxy(1,1);
  writeln(' ');
  writeln(' Wünschen Sie eine neue Messnummer einzugeben ');
  writeln(' ');
  textcolor (blink);
  gotoxy (62,2);
  write ('(J / N)');
  textcolor (red);
  textbackground(black);
  textcolor(white);

repeat

repeat

sound (1250);
delay (250);
nosound;
delay (1000);

until keypressed;

antwort:= readkey

until antwort in ['j','J','n','N'];

if antwort in ['n','N'] then

```

```
begin
  clrscr;
  window (6,20,78,24);
  merker10:= true;
  exit;
end;

if antwort in ['j','J'] then

begin
  clrscr;
end;

end; { ENDE MELDUNG15 }
{
*****
}
begin
end.
```

6.3.7 Unit MESSUNG

Unit MESSUNG;

Interface

Uses VARDEF,IEEPAS,GERAETE,MATHE,MELDUNG,CRT;

{

}

Procedure MESSUNG1;

Procedure ENT_MAGNET;

Procedure MESSUNG2;

Procedure SPEICHER;

{

}

Implementation

var

i,ii : integer;
punkte1 : word;
punkte2 : word;
code : integer;
status : integer;
adr_str : string;
r : string;
l : word;
info_str : string;
hys_ver_s : string;

{

}

Procedure MESSUNG1;

{*****}

MESSUNG1:

Aufnehmen der Meßwerte der Hystereseschleife.

hys_ver : single; Verlustleistung berechnen

Korrektur der Hystereseschleife, (Rampenfunktion).

Speichern der Meßwerte der Hystereseschleife.

*****}

var

antwort : word;
spg : double;
hys : text;
b_kor : single;
spg_zw : single;

begin

{*} ABBRUCH;

New (UMess);

New (HMess);

New (BMess);

send (adr_os,'VIEW CHANNEL1',status);

send (adr_os,'VIEW CHANNEL2',status);

send (adr_os,'CHANNEL2:RANGE 10mV',status);

```

spg_x2:=0.01;
delay (500);
{ *} SPG_ANPASS ( 0.02,spg_x2,2);
send (adr_os,'ACQUIRE:TYPE AVERAGE',status);
send (adr_os,'ACQUIRE:COUNT 64',status);
send (adr_os,'TRIGGER:SOURCE CHANNEL1',status);
send (adr_os,'DIGITIZE CHANNEL1, CHANNEL2',status);
{ *} ABBRUCH;
send (adr_os,'*OPC?',status);

repeat

enter(r,255,l,adr_os,status);
val (r,weiter,code);

until weiter = 1;

send (adr_os,'WAVEFORM:SOURCE CHANNEL1',status);
send (adr_os,'WAVEFORM:POINTS?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,punkte,code);
punkte1:=punkte;
{ *} KANAL_INFO ( yin,yor,yre,xin );
DeltaT:=xin;
send (adr_os,'WAVEFORM:DATA?',status);
str (adr_os,adr_str);
transmit (' MLA TALK ' + adr_str,status);
rarray (d,count,l,status);
transmit (' MTA LISTEN ' + adr_str,status);
{ *} ABBRUCH;
for i:=1 to punkte1 do

begin
  Umess^[i]:=((d.dat[i]-yre)*yin) + yor;
end;

{ *} RUNGE_KUTTA_2 ( Punkte1,DeltaT,UMess,faktor1,Bmess );
{ *} KURVE_SYM ( BMess,punkte1,bmax1,bmin1 );
b_gew:=bmax1;

if freq > 500 then

begin
  punkte:= trunc (punkte/merker_freq);
  pu_gr_500:=punkte;
end;

{ * Korrektur der Hys-Kurve *}
b_kor:= ( BMess^[1] - BMess^[punkte] ) / punkte;
{ *} ABBRUCH;
for i:=1 to ( punkte ) do

begin
  BMess^[i+1]:= BMess^[i+1] + ( b_kor * i );
end;

send (adr_os,'WAVEFORM:SOURCE CHANNEL2',status);

```

```

send (adr_os,'WAVEFORM:POINTS?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,punkte2,code);

if punkte1 < > punkte2 then

begin
  Writeln(' Zeitbasisverschiebung, Messung muß abgebrochen werden !!! ');
  Writeln(' Oszi und Freq.gen wurden entriegelt ');
  send (adr_os,:SYSTEM:LOCK OFF,status);
  str (adr_fg,adr_str);
  transmit ('GTL'+adr_str,status);
  Halt(2);
end;

{ *}KANAL_INFO ( yin,yor,yre,xin );
send (adr_os,:WAVEFORM:DATA?,status);
str (adr_os,adr_str);
transmit (' MLA TALK '+adr_str,status);
rarray (d,count,l,status);
transmit (' MTA LISTEN '+adr_str,status);
hmax1:=-100;
hmin1:=+100;
{ *} ABBRUCH;
for i:=1 to punkte do

begin
  HMess^i:=(((d.dat[i]-yre)*yin)+yor) * faktor2; { Einheit:A/m }
  if HMess^i > hmax1 then
    hmax1:=HMess^i;
  if HMess^i < hmin1 then
    hmin1:=HMess^i;
end;

{ * Integral der Hys-Schleife *}
hys_ver:=0;
for i:=1 to punkte-1 do

begin
  hys_ver:=hys_ver + ( HMess^i - HMess^(i+1) ) * (( BMess^i + BMess^(i+1) ) / 2 );
end;

hys_ver:=( hys_ver * freq )/( Dichte * 1000 );
{ hys_ver umwandeln in string hys_ver_s }
str (hys_ver,hys_ver_s);
{ Numerisch messnr umwandeln in string messnr_s }
str(messnr,messnr_s);
assign ( hys,messnr_s+'hys.dat');
rewrite ( hys );
{ *} ABBRUCH;
for i:=1 to punkte do

begin
  writeln ( hys,Hmess^i,' ',BMess^i );
end;

writeln ( hys,Hmess^1,' ',BMess^1 );

```

```

close ( hys );
{ *} BR_WERT ( HMess,BMess,punkte,Br );
{ *} HR_WERT ( HMess,BMess,punkte,Hr );
Dispose ( UMess );
Dispose ( HMess );
Dispose ( BMess );
send (adr_os,'RUN',status);
{ *} ABBRUCH;
end; { ENDE MESSUNG1 }
{
*****
}

Procedure ENT_MAGNET;
*****
ENT_MAGNET:
Entmagnetisieren der Meßeinrichtung
*****
var
  spg      : single;
  info_str : string;

begin
  { *} ABBRUCH;
  send (adr_os,'ACQUIRE:TYPE NORMAL',status);
  spg:=spg_abw;

  repeat
    spg:=spg - 0.2;
    str (spg,info_str);
    delete (info_str,20,2);
    send (adr_fg,'AMP '+info_str+' V',status);
    delay(250);
    { *} ABBRUCH;

    until spg < 0.1;

    send (adr_fg,'AMP 0.1 V',status);
end; { ENDE ENT_MAGNET }
{
*****
}

Procedure MESSUNG2;
*****
MESSUNG2:
Aufnehmen der Meßwerte der Neuen und Kommutierungskurve.
Speichern der Meßwerte der Neuen und Kommutierungskurve.
*****
var
  add      : single;
  spg2    : single;
  spg1    : single;
  spg_zw   : extended;
  neu     : text;
  kom     : text;
  i       : integer;

```

```

begin
  {*} ABBRUCH;
  New ( UMess );
  New ( HMess );
  New ( BMess );
  New ( NHMess );
  New ( NBMess );
  New ( KHMess );
  New ( KBMess );
  { Schrittweite der Messungen kom und neu an
    die Spannungsdifferenz anpassen }
  if spg_abw < 4 then
    add:=spg_abw/15;
  if spg_abw < 8 then
    add:=spg_abw/20;
  if spg_abw >= 8 then
    add:=spg_abw/25;
  send (adr_os,':CHANNEL2:RANGE 10 mV',status);
  send (adr_os,':CHANNEL1:RANGE 1 V',status);
  spg2:=0.1;
  ii:=1;
  spg_x2:=0.01;
  spg_x1:=1;

repeat

  send (adr_os,':ACQUIRE:TYPE NORMAL',status);
  spg2:=spg2+add;
  str (spg2,info_str);
  delete (info_str,20,2);
  send (adr_fg,'AMP '+info_str+' V',status);
  delay (500);
  {*} SPG_ANPASS ( 0.01,spg_x2,2);
  {*} SPG_ANPASS ( 0.15,spg_x1,1);
  delay (500);
  send (adr_os,':ACQUIRE:TYPE AVERAGE',status);
  send (adr_os,':ACQUIRE:COUNT 8',status);
  send (adr_os,':TRIGGER:SOURCE CHANNEL1',status);
  send (adr_os,':DIGITIZE CHANNEL1, CHANNEL2',status);
  {*} ABBRUCH;
  send (adr_os,'*OPC?',status);

repeat

  enter(r,255,l,adr_os,status);
  val (r,weiter,code);

until weiter = 1;

send (adr_os,':WAVEFORM:SOURCE CHANNEL1',status);
send (adr_os,':WAVEFORM:POINTS?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,punkte1,code);
{*}KANAL_INFO ( yin,yor,yre,xin );
DeltaT:=xin;
send (adr_os,':WAVEFORM:DATA?',status);

```

```

str (adr_os,adr_str);
transmit (' MLA TALK ' + adr_str,status);
rarray (d,count,l,status);
transmit (' MTA LISTEN ' + adr_str,status);
{*} ABBRUCH;
for i:= 1 to punkte1 do

begin
  Umess^i: = ((d.dat[i]-yre)*yin) + yor;
end;

{*}RUNGE_KUTTA_2 ( Punkte1,DeltaT,UMess,faktor1,Bmess );
{*}KURVE_SYM ( BMess,punkte1,bmax2,bmin2 );
send (adr_os,':WAVEFORM:SOURCE CHANNEL2',status);
send (adr_os,'WAVEFORM:POINTS?',status);
enter (r,255,l,adr_os,status);
val (r,punkte2,code);
if punkte1 <> punkte2 then

begin
  Writeln(' Zeitbasisverschiebung, Messung muß abgebrochen werden !!! ');
  Writeln(' Oszi und Freq.gen wurden entriegelt ');
  send (adr_os,:SYSTEM:LOCK OFF',status);
  str (adr_fg,adr_str);
  transmit ('GTL' + adr_str,status);
  Halt(2);
end;

punkte:=punkte1;
{*}KANAL_INFO ( yin,yor,yre,xin );
send (adr_os,:WAVEFORM:DATA?',status);
str (adr_os,adr_str);
transmit (' MLA TALK ' + adr_str,status);
rarray (d,count,l,status);
transmit (' MTA LISTEN ' + adr_str,status);
hmax2:=-100;
{*} ABBRUCH;
for i:= 1 to punkte do

begin
  Hmess^i: = (((d.dat[i]-yre)*yin) + yor) * faktor2;
  if Hmess^i > hmax2 then

begin
  hmax2 := Hmess^i;
  i1:=i;
end;
end;

{*}ABBRUCH;

begin
  { SPEICHERN WERTE NEUKURVE }
  NHMess^ii:=hmax2;
  NBMess^ii:=BMess^i1;
  { SPEICHERN WERTE KOMMUTIERUNGSKURVE }

```

```

KHMess^[ii]:=hmax2;
KBMess^[ii]:=bmax2;
end;

ii:=ii+1;
send (adr_os,'RUN',status);

until spg2 > spg_abw - 0.2;

begin
{ DATEI MIT WERTE NEUKURVE }
assign ( neu,messnr_s+'neu.dat');
rewrite ( neu );
for i:=1 to (ii-1) do

begin
writeln ( neu,NHMess^i,' ',NBMess^i);
end;

close ( neu );
{ DATEI MIT WERTE KOMMUTIERUNGSKURVE }
assign ( kom,messnr_s+'kom.dat');
rewrite ( kom );
for i:=1 to (ii-1) do

begin
writeln ( kom,KHMess^i,' ',KBMess^i);
end;

close ( kom );
Dispose ( NHMess );
Dispose ( NBMess );
Dispose ( KHMess );
Dispose ( KBMess );
Dispose ( HMess );
Dispose ( BMess );
Dispose ( UMess );
end;

{*} ABBRUCH;

end; { ENDE MESSUNG2 }
{
*****}
}

Procedure SPEICHER;
{*****}
SPEICHER:
Speichern der Meßwerte der sonstigen Information.
{*****}

var
was : text;

begin
{*}ABBRUCH;
{ Bezugssdaten einlesen }

```

```

assign (was,messnr_s+'was.dat');
rewrite ( was );
{ Maximalwert der Hystereseschleife }
writeln ( was,bmax1 );
{ Maximalwert der Hystereseschleife }
writeln ( was,hmax1 );
{ Anzahl der Meßpunkte }
writeln ( was,punkte:4 );
{ Probenbezeichnung }
writeln ( was,text_pr );
{ mittlere Eisenwegstrecke }
writeln ( was,lm:6:1,' cm Probenwegstrecke' );
{ Eisenquerschnitt }
writeln ( was,a:5:0,' mm^2 Probenquerschnitt' );
{ Dichte des Eisens }
writeln ( was,Dichte:2:0,' g/cm^3 Probendichte' );
{ Primärwindungszahl }
writeln ( was,n1:4:0,' Primaerwindungen' );
{ Sekundärwindungszahl }
writeln ( was,n2:4:0,' Sekundaerwindungen' );
{ theoretische Sekundaerwindungszahl }
writeln ( was,n2theo:6:1,' theo Sekundaerwind' );
{ Spannungsteilverhältnis }
writeln ( was,'1:',spgteiler:4:1,' Spg-teilverh' );
{ Meßwiderstand }
writeln ( was,shunt:3:0,' Ohm Messwiderstand' );
{ gewählte Flußdichte }
writeln ( was,b_gew:5:3,' T erreicht' );
{ Frequenz }
writeln ( was,freq:5 );
{ gewünschte Flußdichte }
writeln ( was,b_gewu:5:3,' T' );
{ Koerzitivfeldstärke }
writeln ( was,Hr,' A/m Koerzitivfeldstaerke' );
{ Remanenz }
writeln ( was,Br,' T Remanenz' );
{ Hystereseverluste }
writeln ( was,hys_ver_s );
{ Meßzähler }
writeln ( was,messnr:3,'.Messung' );
{ Punkte freq > 500 Hz }
writeln ( was,pu_gr_500 );
close ( was );
{*} ABBRUCH;
end; { ENDE SPEICHER }
{
*****
}
begin
end.

```

6.3.8 Unit VARDEF

```
Unit VARDEF;
```

Interface

const

```
  MaxWert1 = 4000;
  MaxWert2 = 100;
```

type

```
  Wertefeld1      = array[1..MaxWert1 + 1] of Single;
  Wertefeld_Zeiger1 = ^Wertefeld1;
```

```
  Wertefeld2      = array[1..MaxWert2 + 1] of Single;
  Wertefeld_Zeiger2 = ^Wertefeld2;
```

daten = record

```
  vordat : array[1..10] of Byte;
  dat   : array[1..4000] of Byte;
  enddat : Byte;
  end;
```

var

```
  UMess    : Wertefeld_Zeiger1; { Gemessene Spannung der Flußdichte vor Integration }
  HMess    : Wertefeld_Zeiger1; { magn. Flußdichte Werte }
  BMess    : Wertefeld_Zeiger1; { Feldstärke B Werte }
  NBMess   : Wertefeld_Zeiger2; { Neuenkurve H Werte }
  NHMess   : Wertefeld_Zeiger2; { Neuenkurve Werte }
  KBMess   : Wertefeld_Zeiger2; { Kommutierungskurve B Werte }
  KHMess   : Wertefeld_Zeiger2; { Kommutierungskurve H Werte }
```

freq : longint; { Ein_par : Frequenz }

text_pr : string; { Ein_par : Textbezeichnung }

b_gew : single; { gewählte Flußdichte }

b_gewu : single; { Ein_par : gewünschte Flußdichte }

dichte : single; { Ein_par : Dichte des Materials }

n1 : single; { Ein_par : Primärwindungszahl }

n2 : single; { Ein_par : Sekundärwindungszahl }

n2theo : single; { Ber_par : theoretische Sekundärwindungszahl }

Im : single; { Ein_par : Eisenweglänge }

shunt : single; { Meßwiderstand }

a : single; { Ein_par : Querschnitt des Eisens }

sptgeiler: single; { Ein_par : Spannungsteiler }

bandbr : double; { errechnete Variable }

pu_gr_500 : integer; { Anz. der Punkte bei freq > 500 Hz }

punkte : integer; { Anzahl der Meßpunkte des Oszilloskop's }

messnr : integer; { Anzahl der Messungen }

messnr_s : string; { Anzahl der Messungen als String }

d : daten; { Daten der Kanäle }

faktor1 : double; { Berechnet aus Eingabeparameter }

faktor2 : double; { Berechnet aus Eingabeparameter }

merker1 : boolean; { maximale Spannung erreicht ? }

merker2 : boolean; { weiter mit dem erreichten maximalen Wert J/N ? }

merker3 : boolean; { Neuen und Kommutierungskurve messen }

```

merker4 : boolean; { Druckermerker }
merker5 : boolean; { neue Frequenz und Flußdichtevorgabe }
merker6 : boolean; { neue Probenspezifikation }
merker7 : boolean; { Anpassung durchlaufen ? }
merker8 : boolean; { minimale Spannung erreicht }
merker9 : boolean; { spg < 2 keine Neu + Kom Messung }
merker10 : boolean; { Neue Messnummer eingeben ? }
merker_freq: single; { Teilerfaktor für Punkte }
weiter : integer; { Merker ob Funktion ausgeführt ist }

yor : single; { Kanalparameter Oszilloskop }
yin : single; { Kanalparameter Oszilloskop }
yre : single; { Kanalparameter Oszilloskop }
xin : single; { Kanalparameter Oszilloskop }
DeltaT : single; { Zeitschritt }

br : single; { Remanenz }
bmax1 : single; { max Flußdichte Messung 1 }
bmin1 : single; { min Flußdichte Messung 1 }
bmax2 : single; { max Flußdichte Messung 2 }
bmin2 : single; { min Flußdichte Messung 2 }
b_str : string; { string }

hr : single; { Koerzitivfeldstärke }
hmax1 : single; { max magn. Feldstärke Messung 1 }
hmin1 : single; { min magn. Feldstärke Messung 1 }
hmax2 : single; { max magn. Feldstärke Messung 2 }
h_str : string; { string }

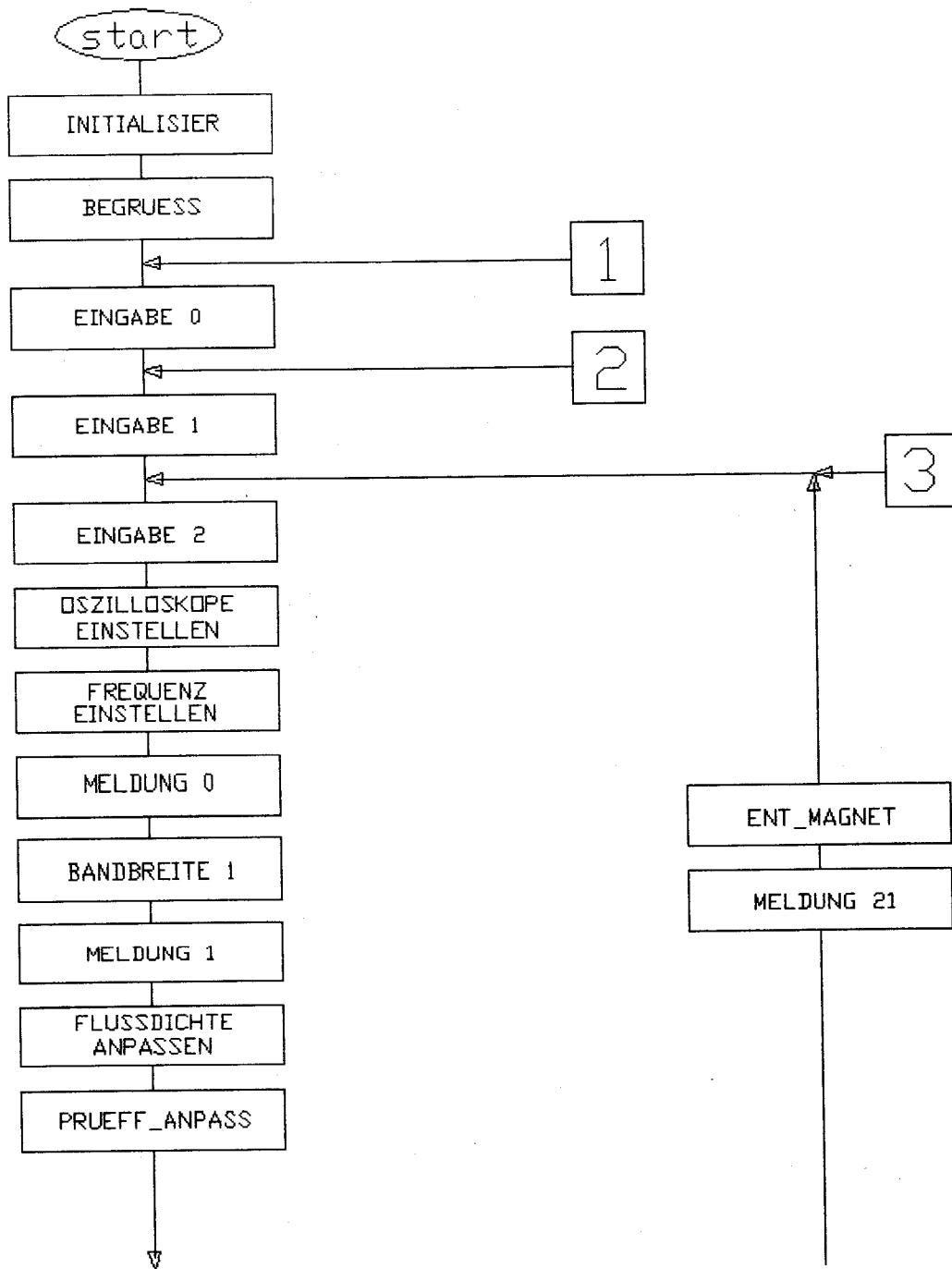
hys_ver : double; { Verlustleistung }
i1 : integer; { für Kommutierungskurve position NBMess }
spg_x1 : single; { Spannungsschritte CHANNEL1 }
spg_x2 : single; { Spannungsschritte CHANNEL2 }
spg_max : single;
spg_abw : single; { Spannung die bei Anpassung erreicht wird }

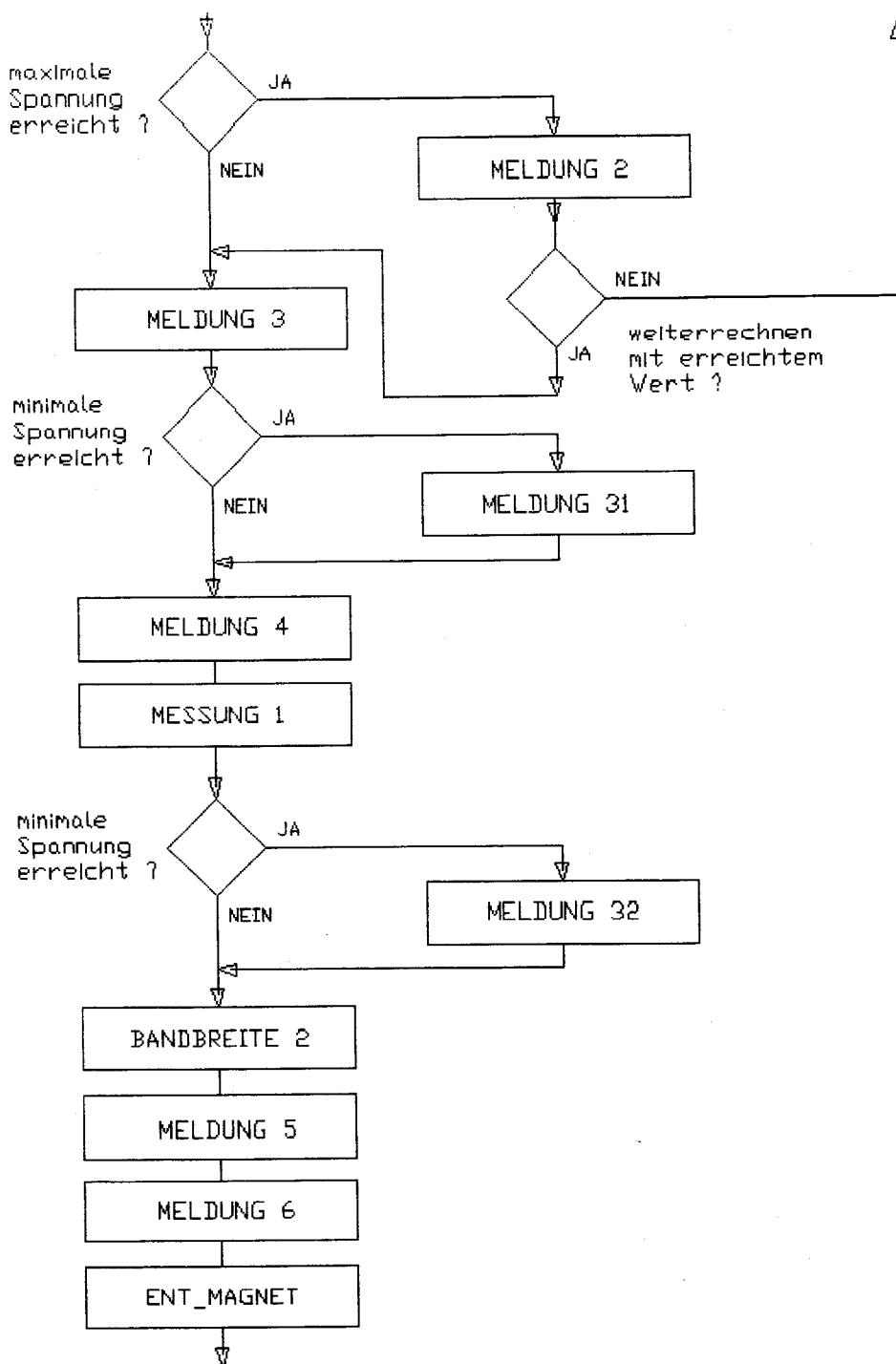
{
*****}
}

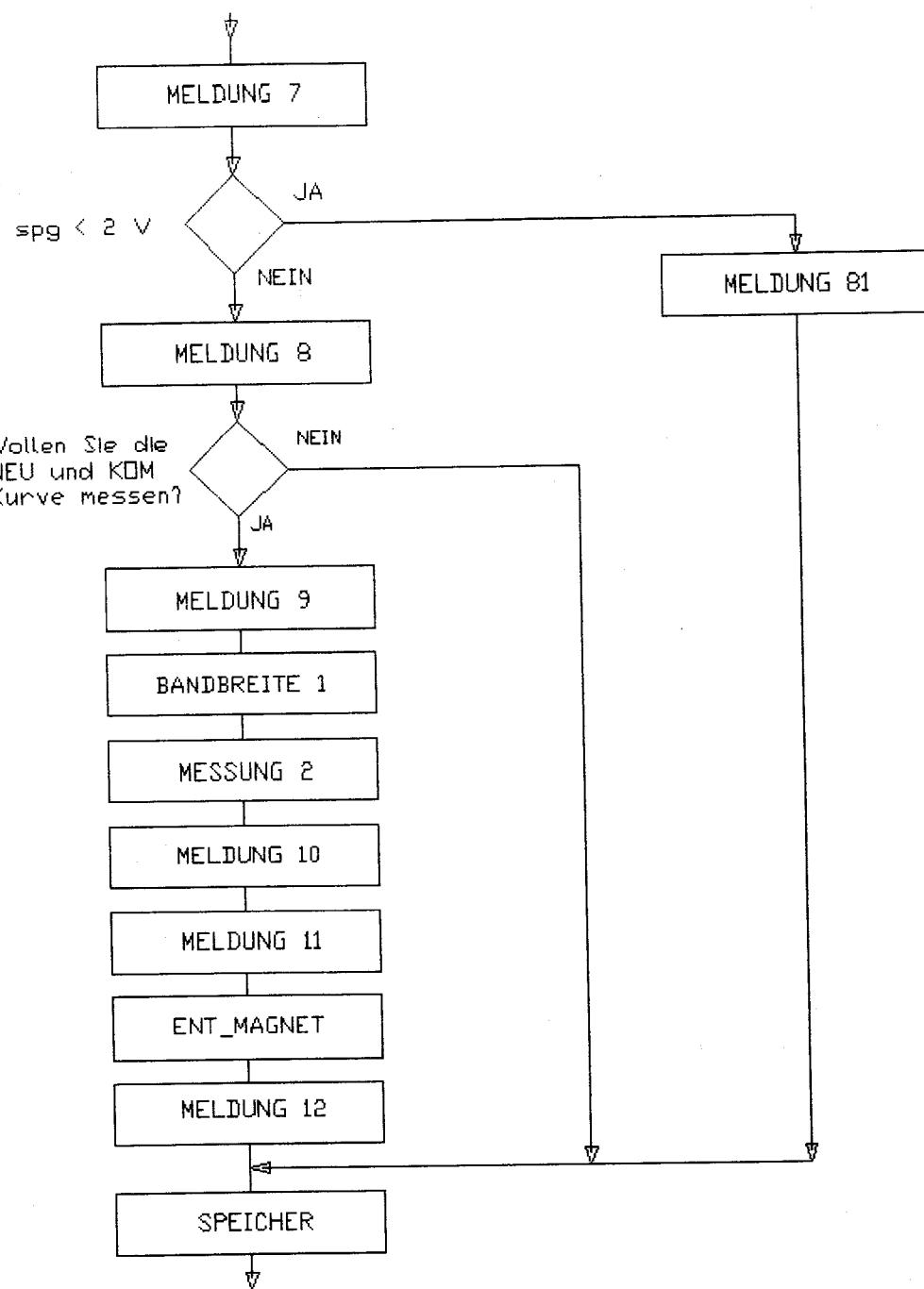
const
  count:integer = 10000;
  adr_pc = 21; { Adresse des PC's }
  adr_fg = 16; { Adresse des Frequenzgen. }
  adr_os = 7; { Adresse des Oszilloskop's }
  max_spg_fg = 16; { max. Ausgangsspg. des Frequenzgen. }
  min_spg_fg = 0.3; { minimal zu messende Spannung }
{
*****}
}

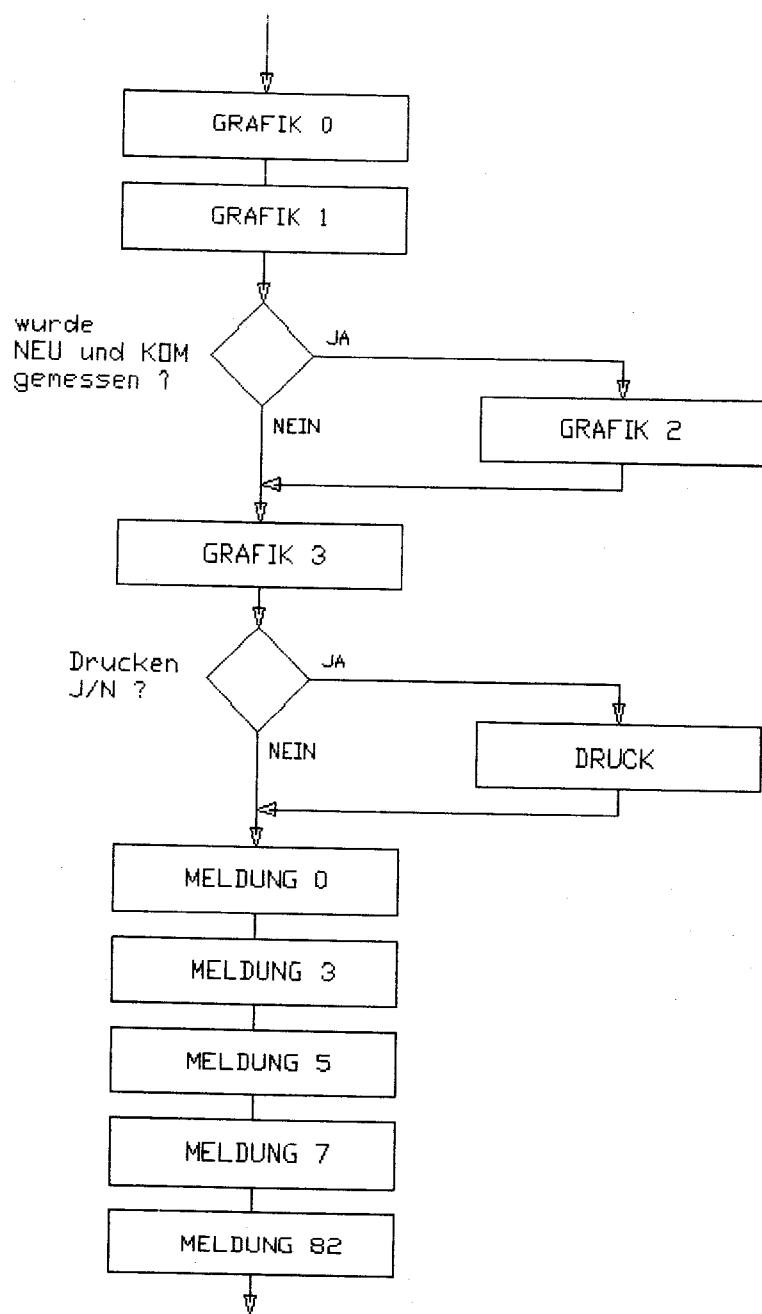
Implementation
begin
end.

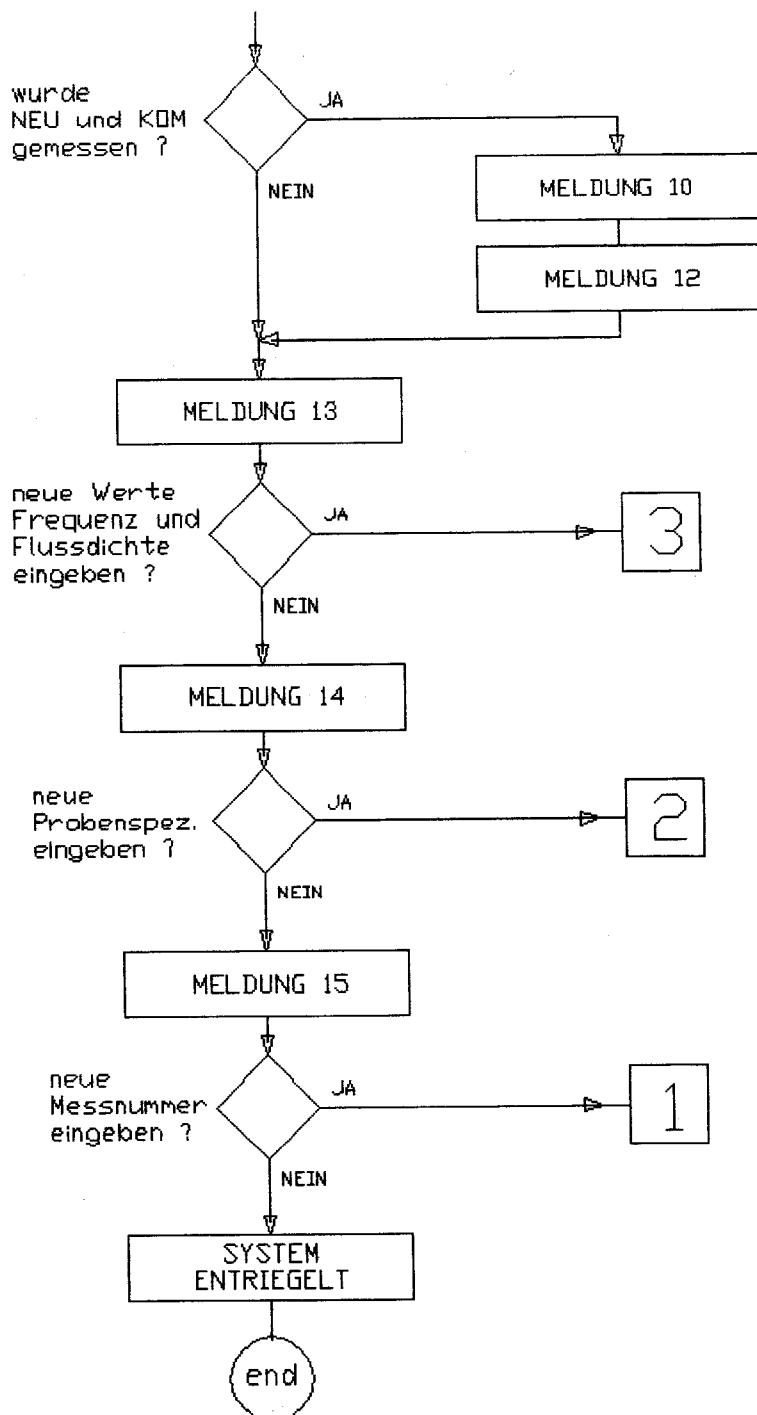
```

6.4 Ablaufdiagramm des Programmes Magnet









7.1 Ausgewertete Messungen

Auf den folgenden Seiten sind Messungen hinterlegt, die mit dem Programm gemessen wurden. Diese Messungen stellen eine Grundlage dar, mit der Fehlmessungen, aus welchen Gründen auch immer erkannt werden können.

Übersicht über die Messungen:

Freq.[Hz] = >	15	20	30	40	50	75
B max [T]	1,777	1,750	1,705	1,592	1,393	0,9717
B min [T]	0,4771	0,3771	0,2662	0,2063	0,1687	0,1151

Freq.[Hz] = >	100	125	150	200	300	400
B max [T]	0,7283	0,5864	0,4913	0,3697	0,2484	0,1867
B min [T]	0,08757	0,07077	0,05947	0,04504	0,03037	0,02298

Freq.[Hz] = >	500	600	700	800	900	1000
B max [T]	0,1491	0,1252	0,1073	0,09457	0,08402	0,07734
B min [T]	0,01841	0,01532	0,01614	0,01154	0,01028	0,00937

Freq.[Hz] = >	2000	3000	4000	5000
B max [T]	0,04066	0,02713	0,02151	0,01746
B min [T]	0,004737	0,003171	0,002407	0,001929

Die oben aufgeführten Messungen sind auch auf Diskette der Diplomarbeit beigelegt.
 Die Messungen haben eine fortlaufende Nummer. Anhand dieser Nummer kann die entsprechende Messung bzw. die entsprechenden Dateien ermittelt werden.
 Zu einer vollständigen Messung gehören die Messung der Hystereseschleife, sowie die Messungen der Neu und Kommutierungskurve.

Die Dateien haben folgende Bezeichnungen:

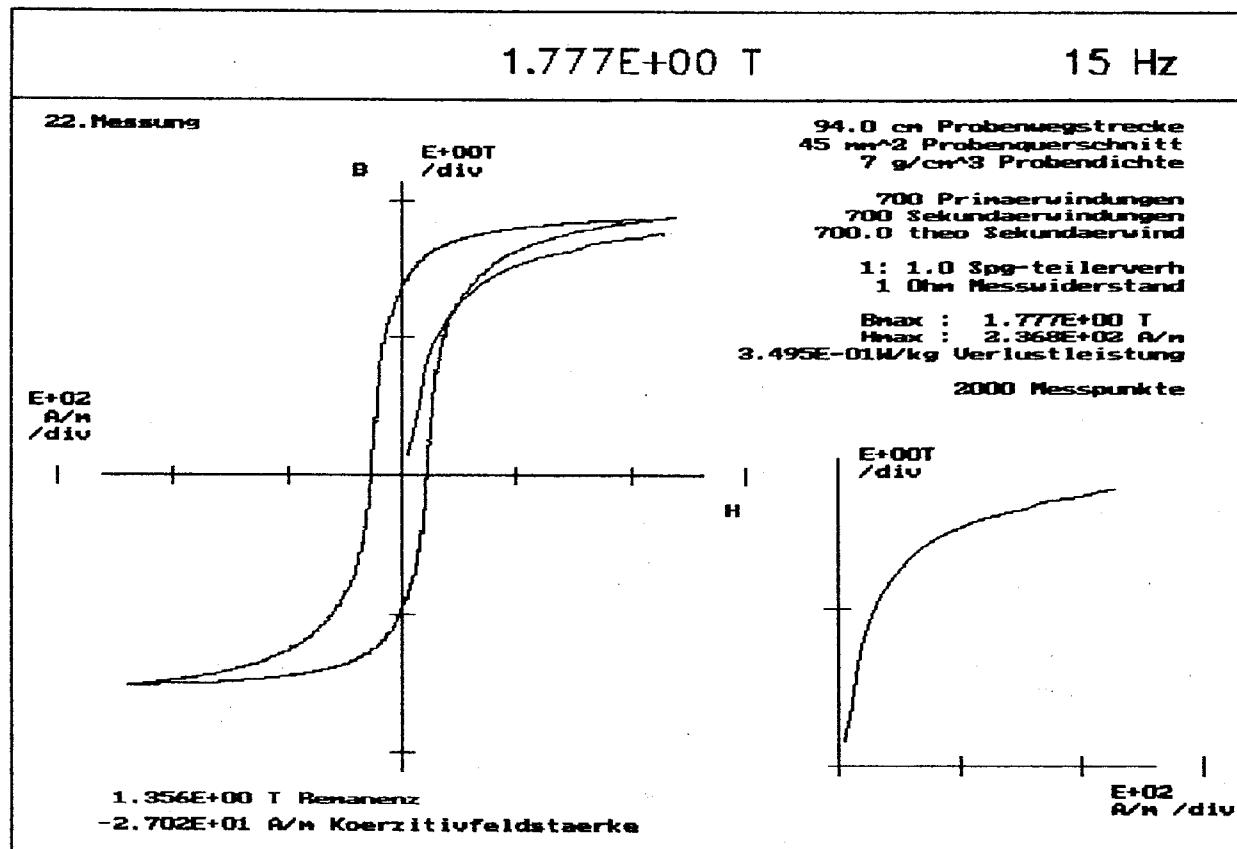
Hystereseschleife : *hys.dat

Kommutterungskurve : *kom.dat

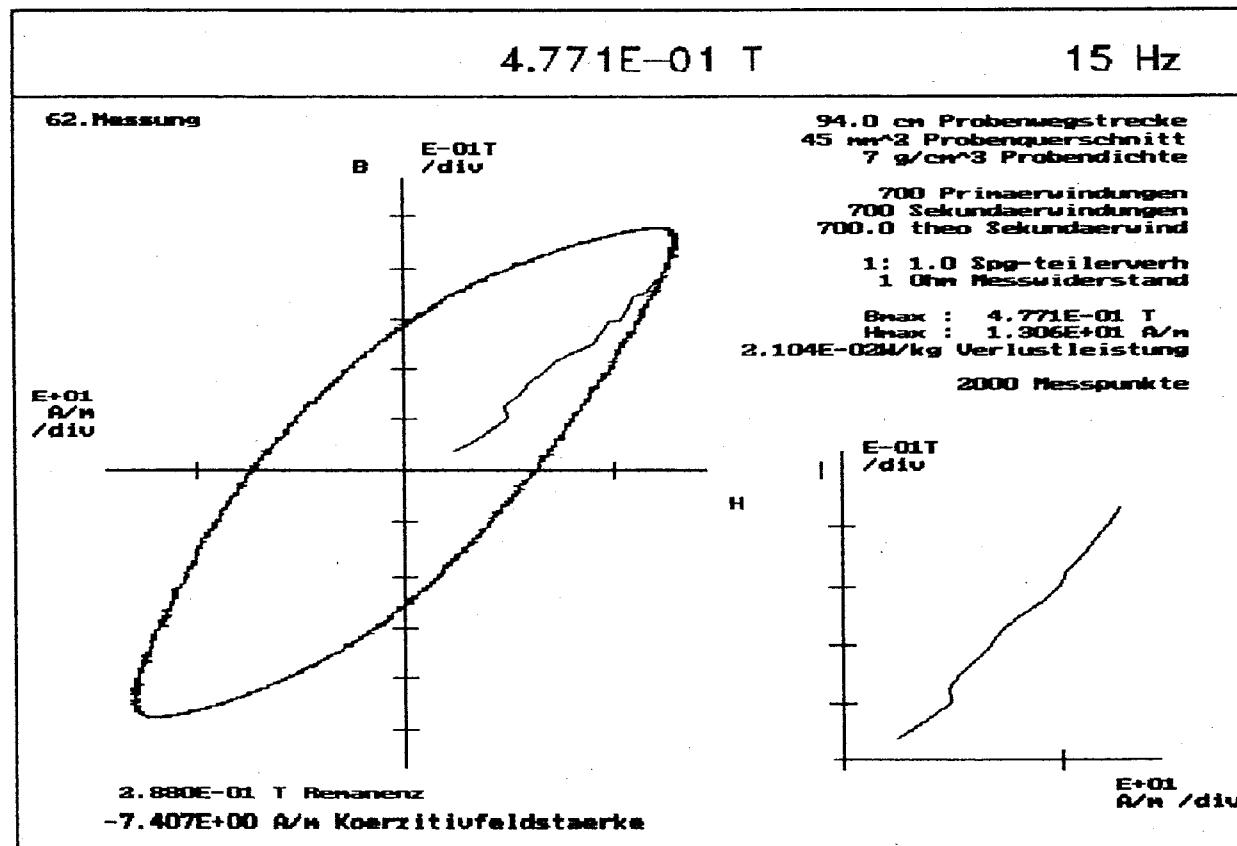
Neukurve : *neu.dat

Allgemeine Informationen zur Messung : *was.dat

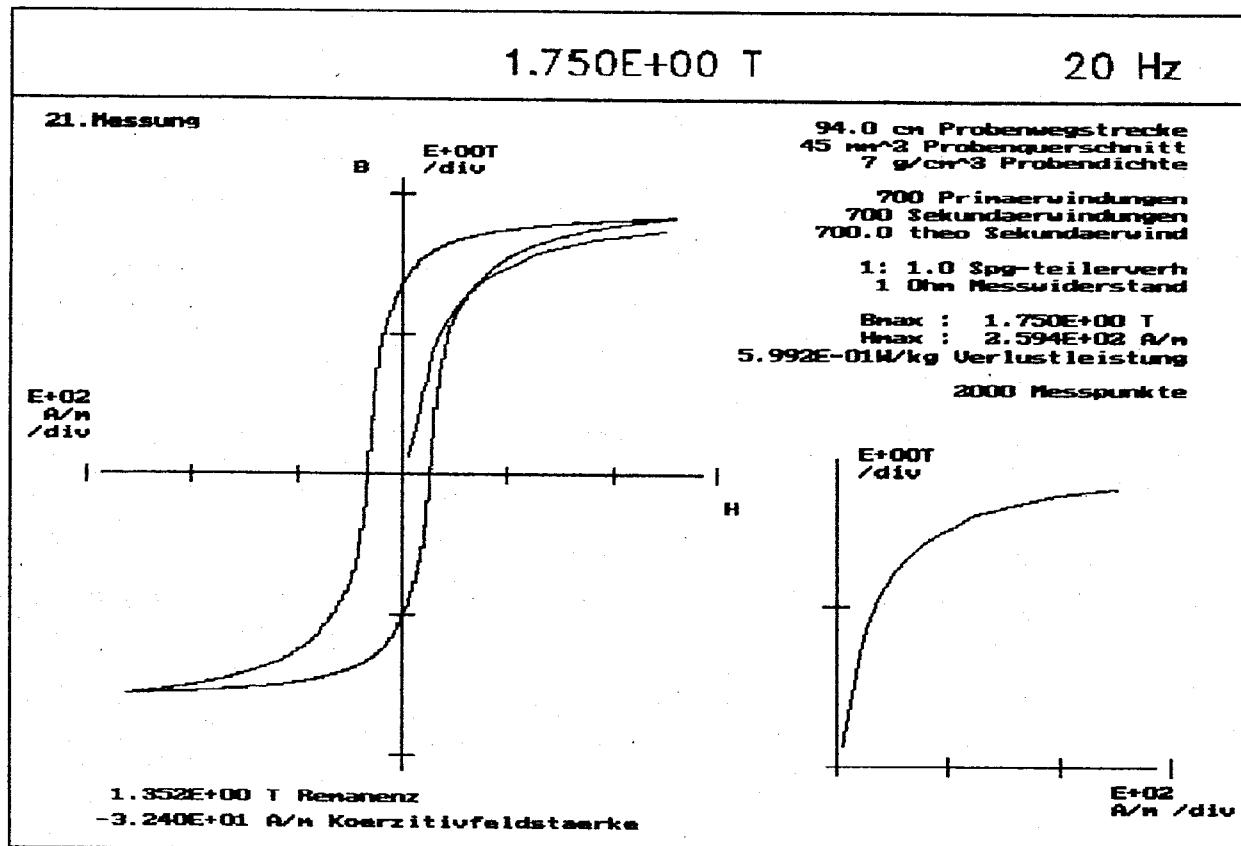
Freq: 15 Hz / B max: 1,777 T



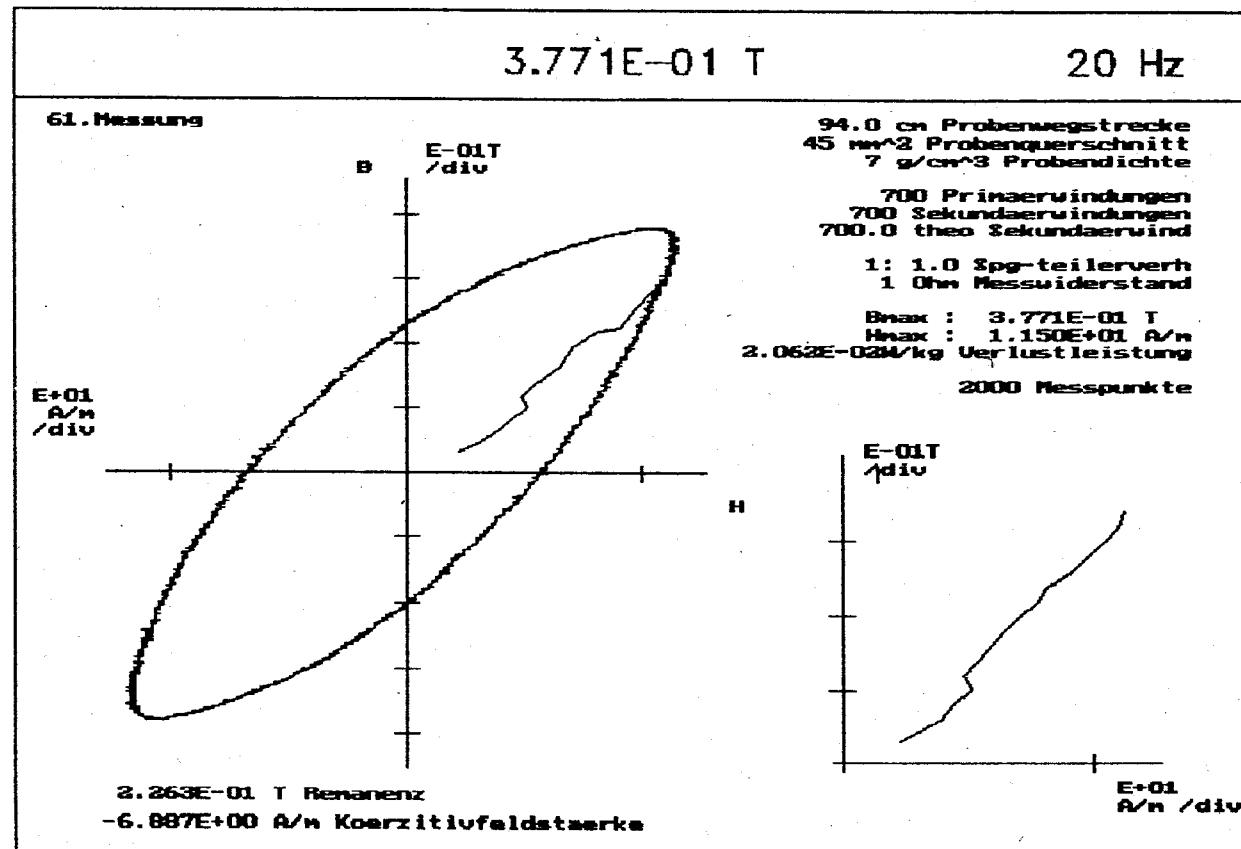
Freq: 15 Hz / B min: 0,4771 T



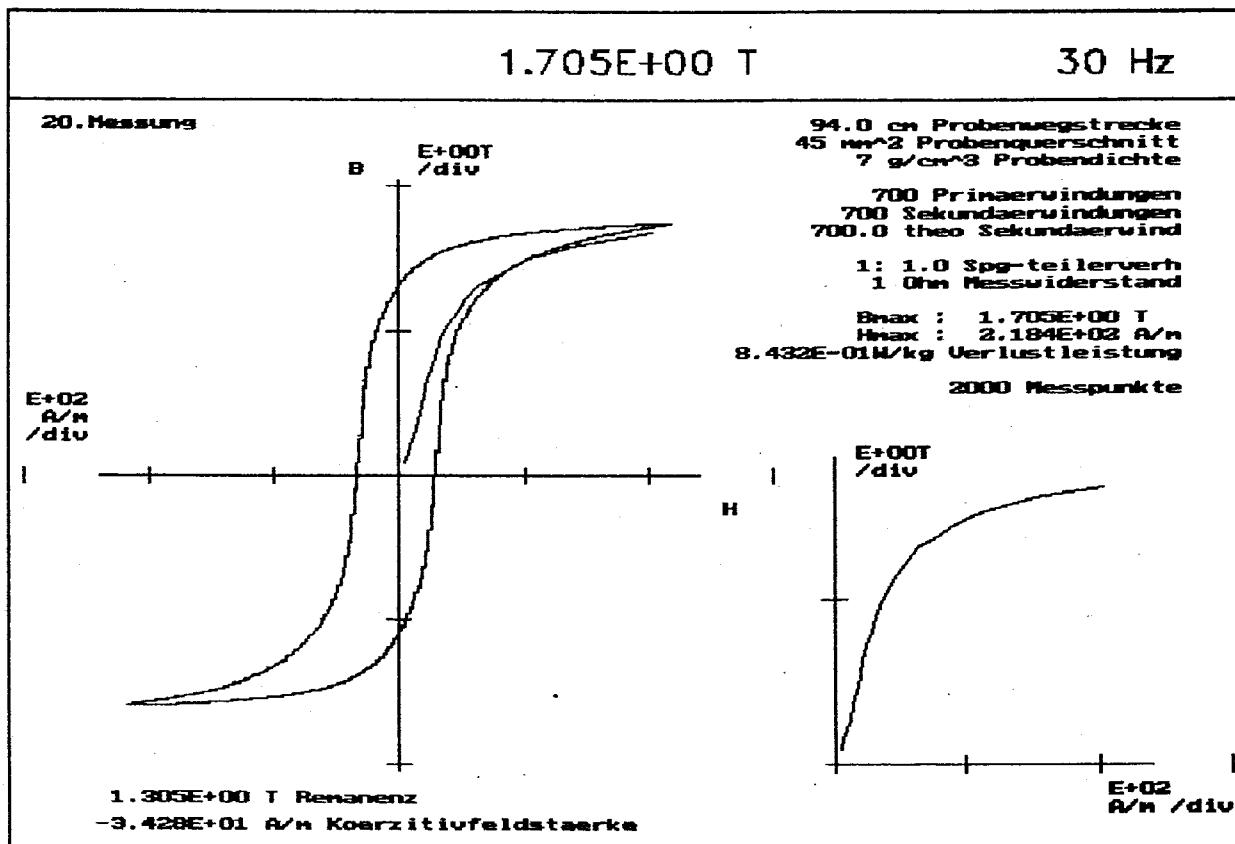
Freq: 20 Hz / B max: 1,750 T



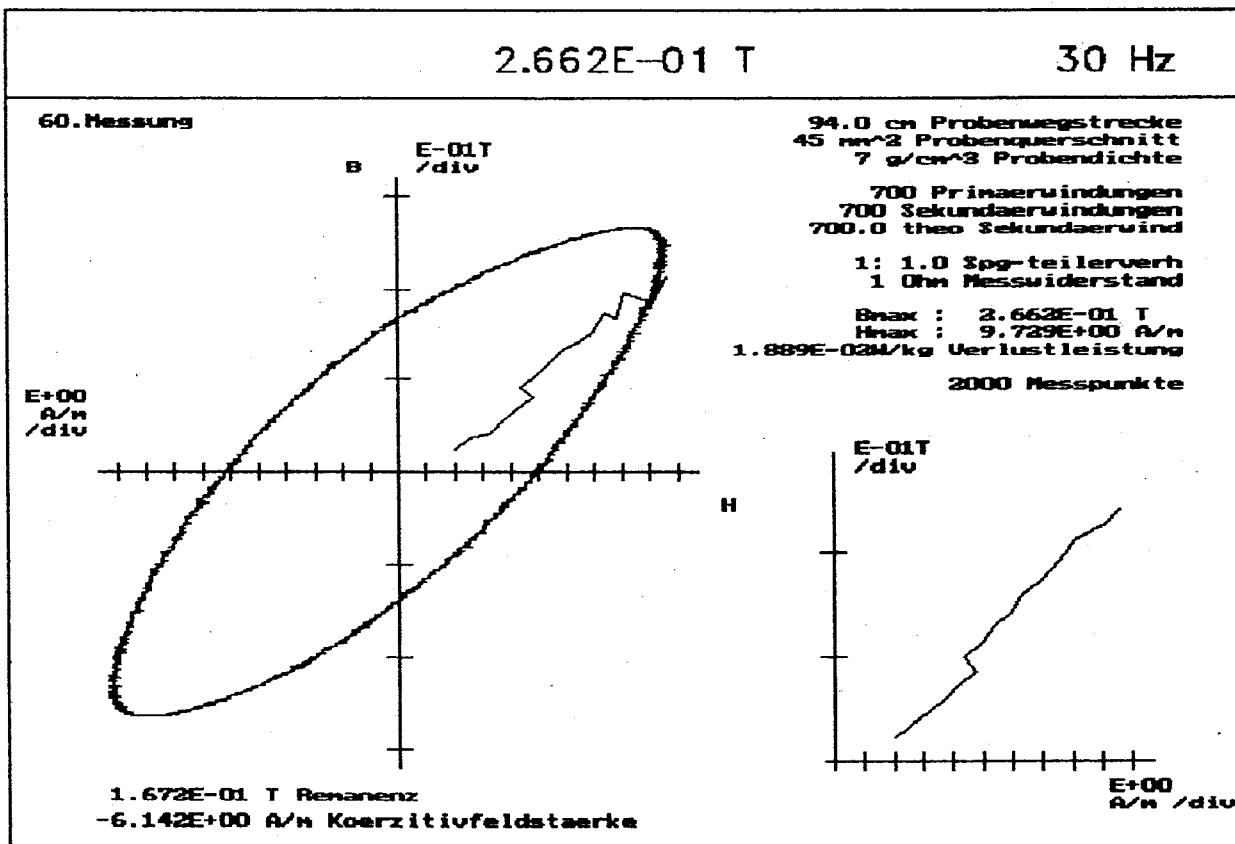
Freq: 20 Hz / B min: 0,3771 T



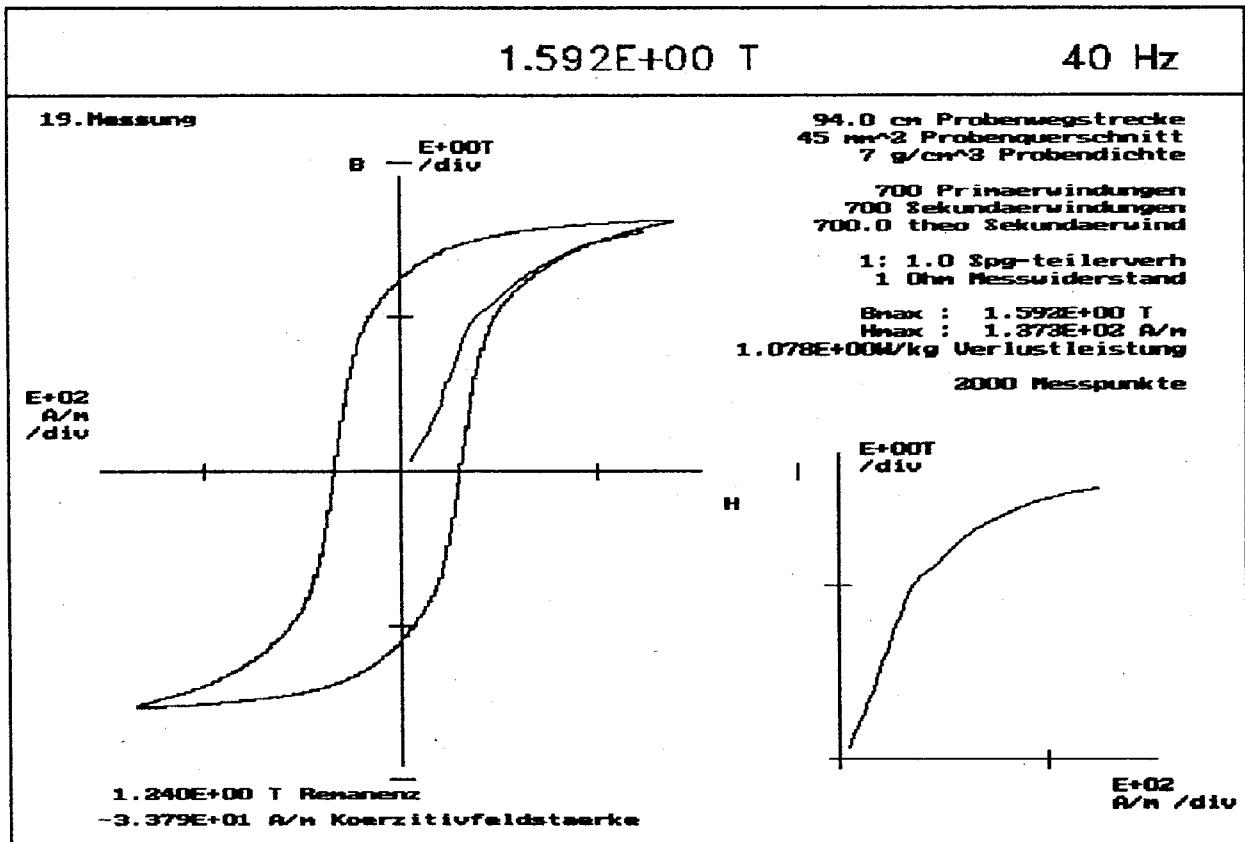
Freq: 30 Hz / B max: 1,705 T



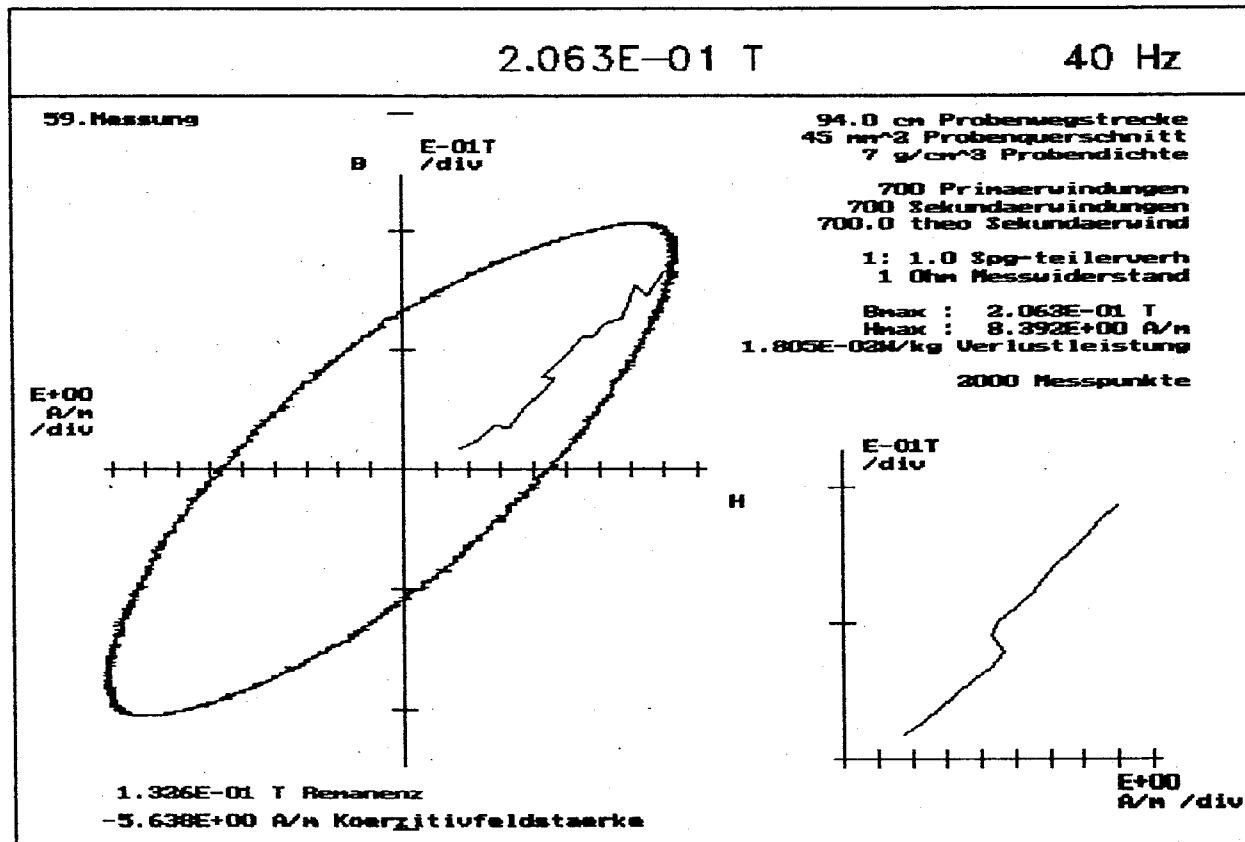
Freq: 30 Hz / B min: 0,2662 T



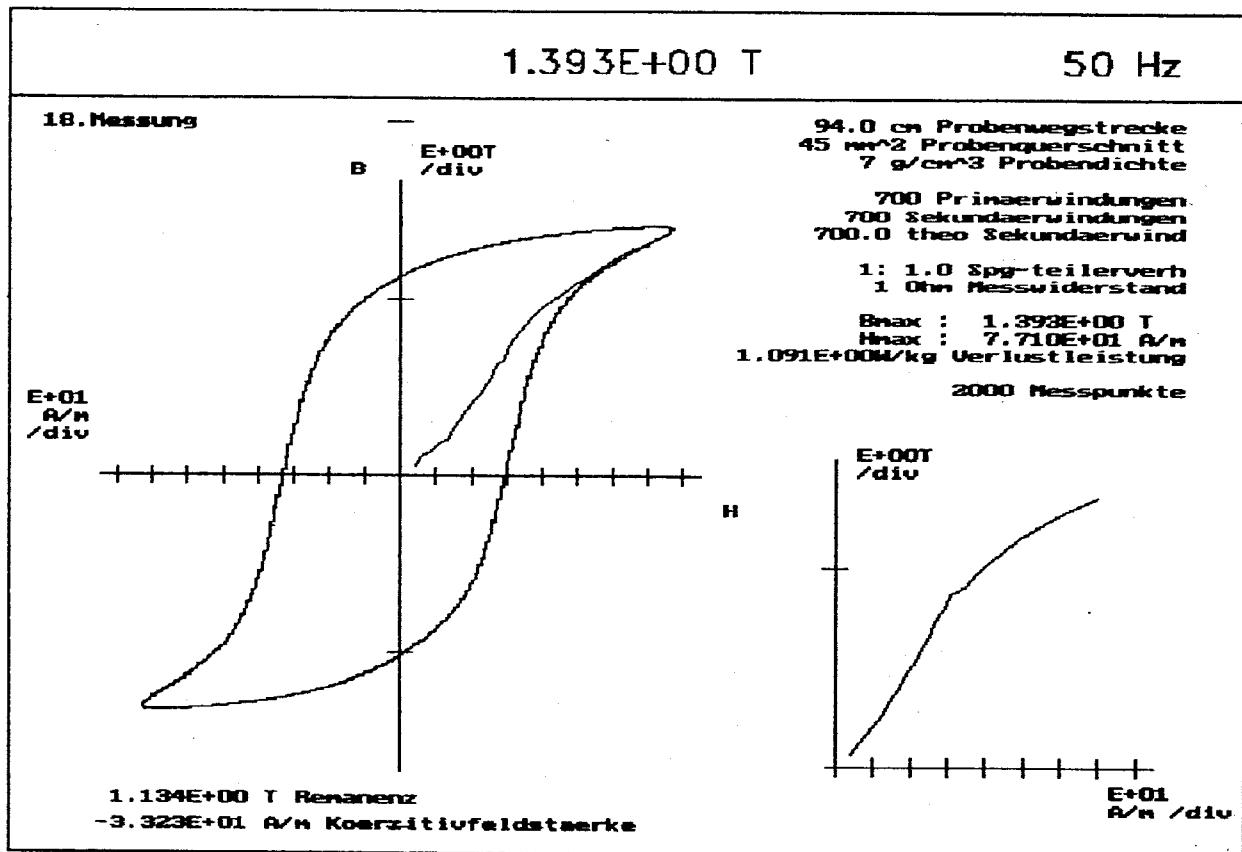
Freq: 40 Hz / B max: 1,592 T



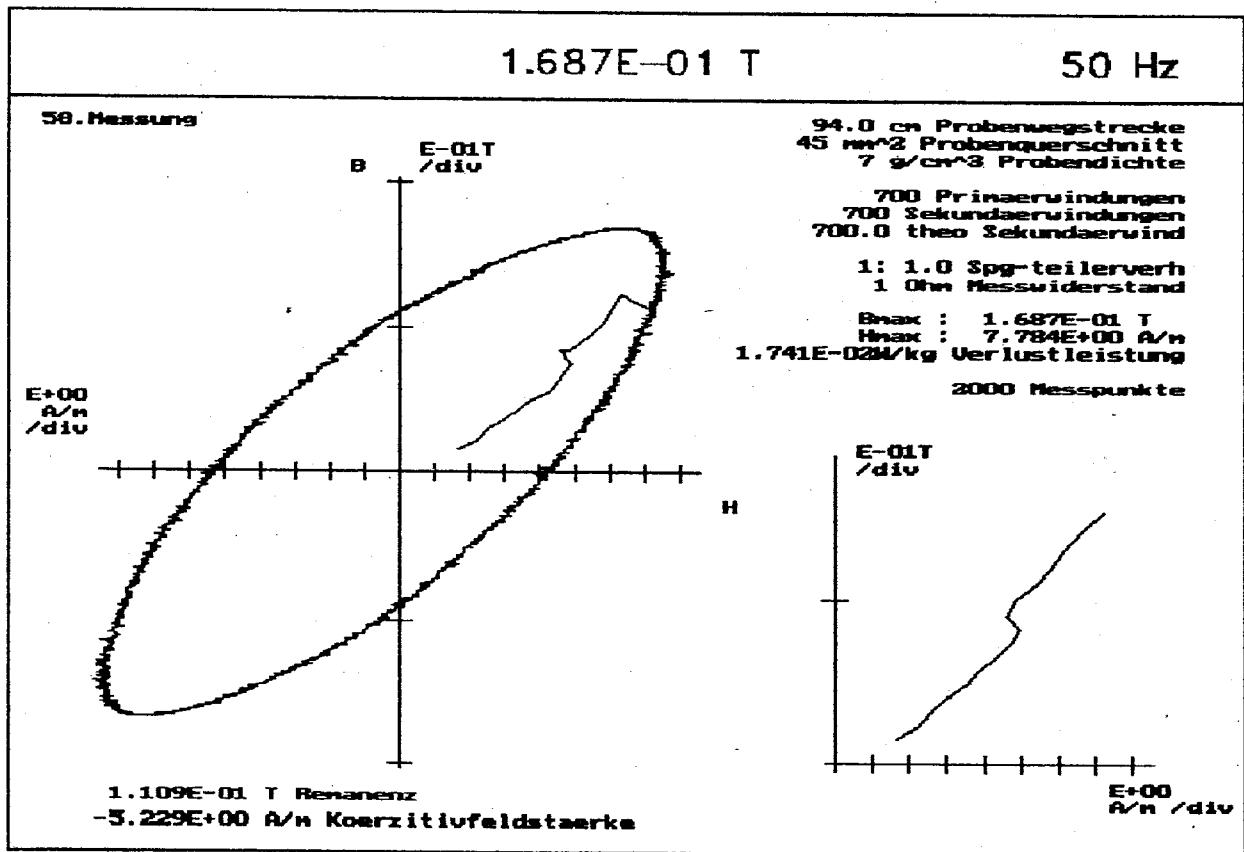
Freq: 40 Hz / B min: 0,2063 T



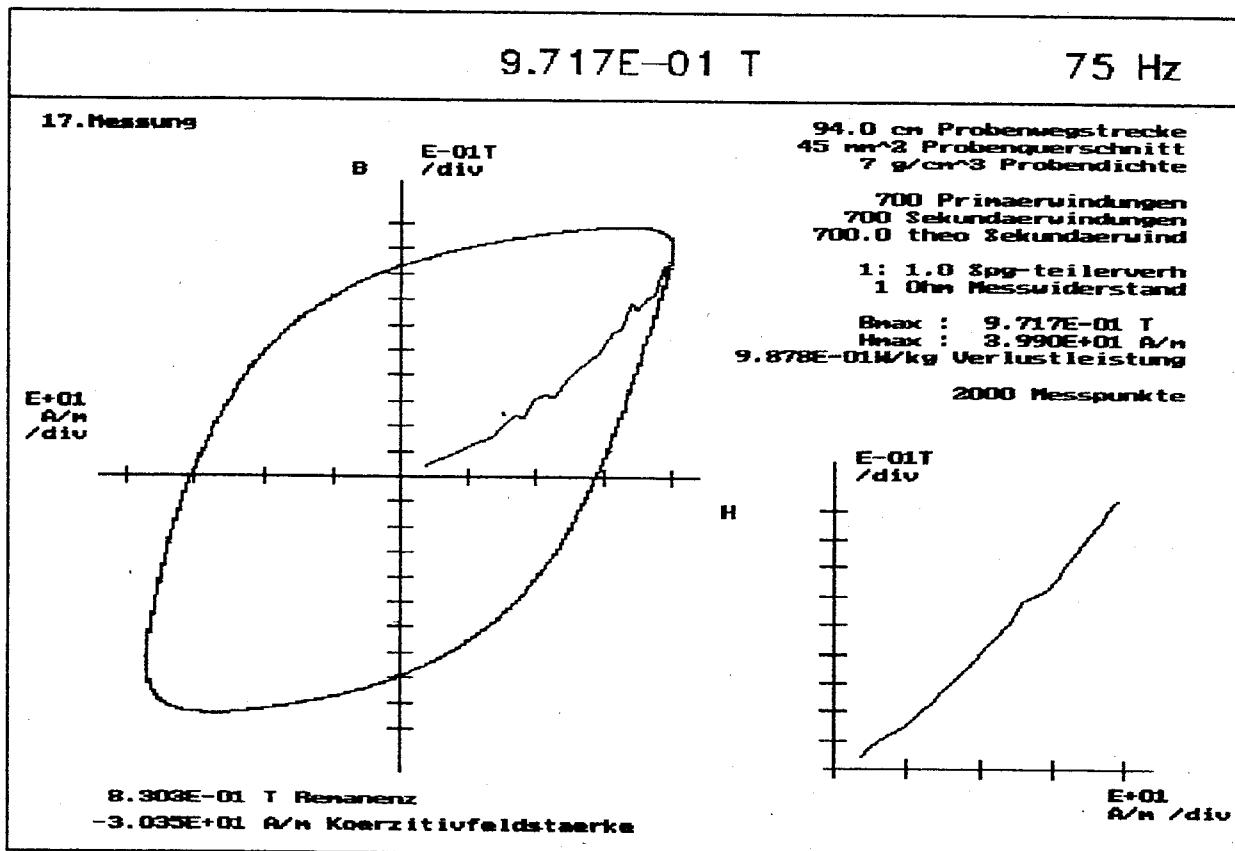
Freq: 50 Hz / B max: 1,393 T



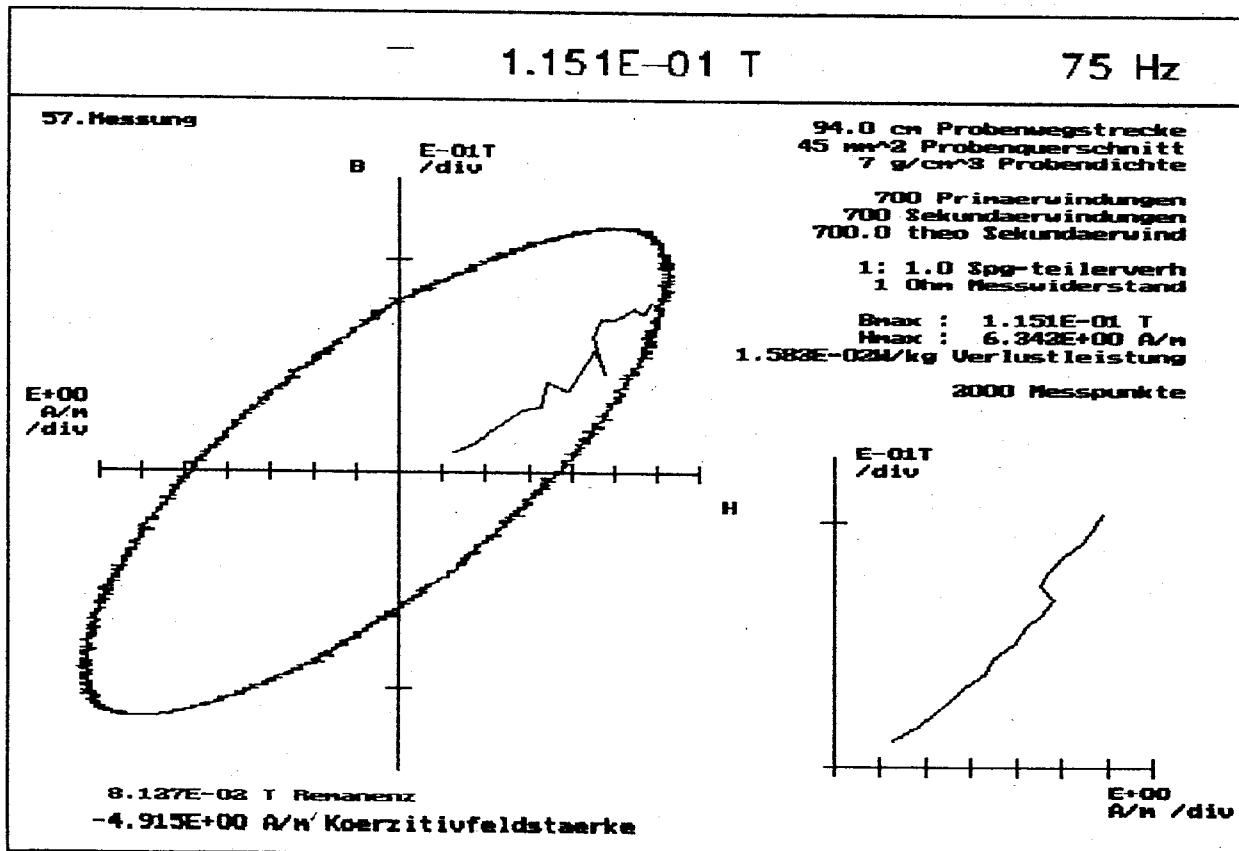
Freq: 50 Hz / B min: 0,1687 T



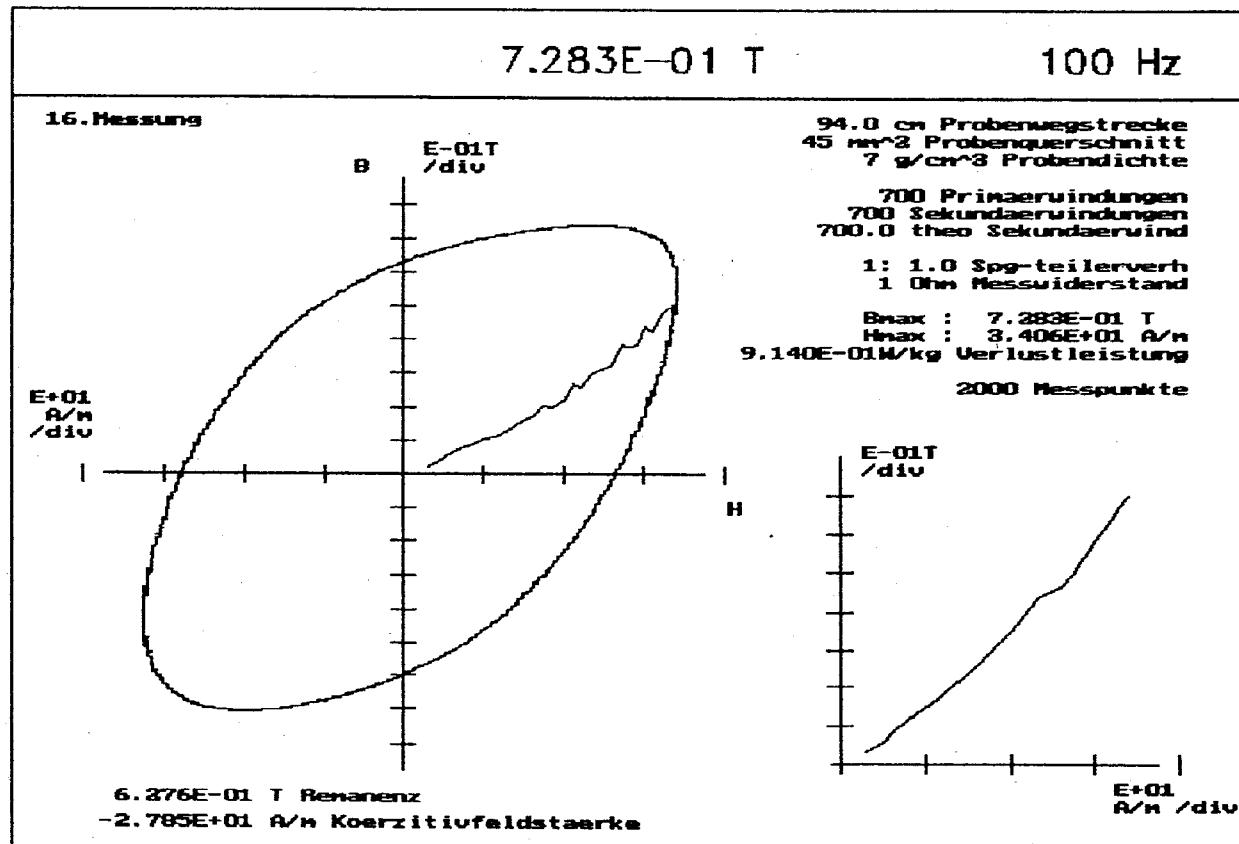
Freq: 75 Hz / B max: 0,9717 T



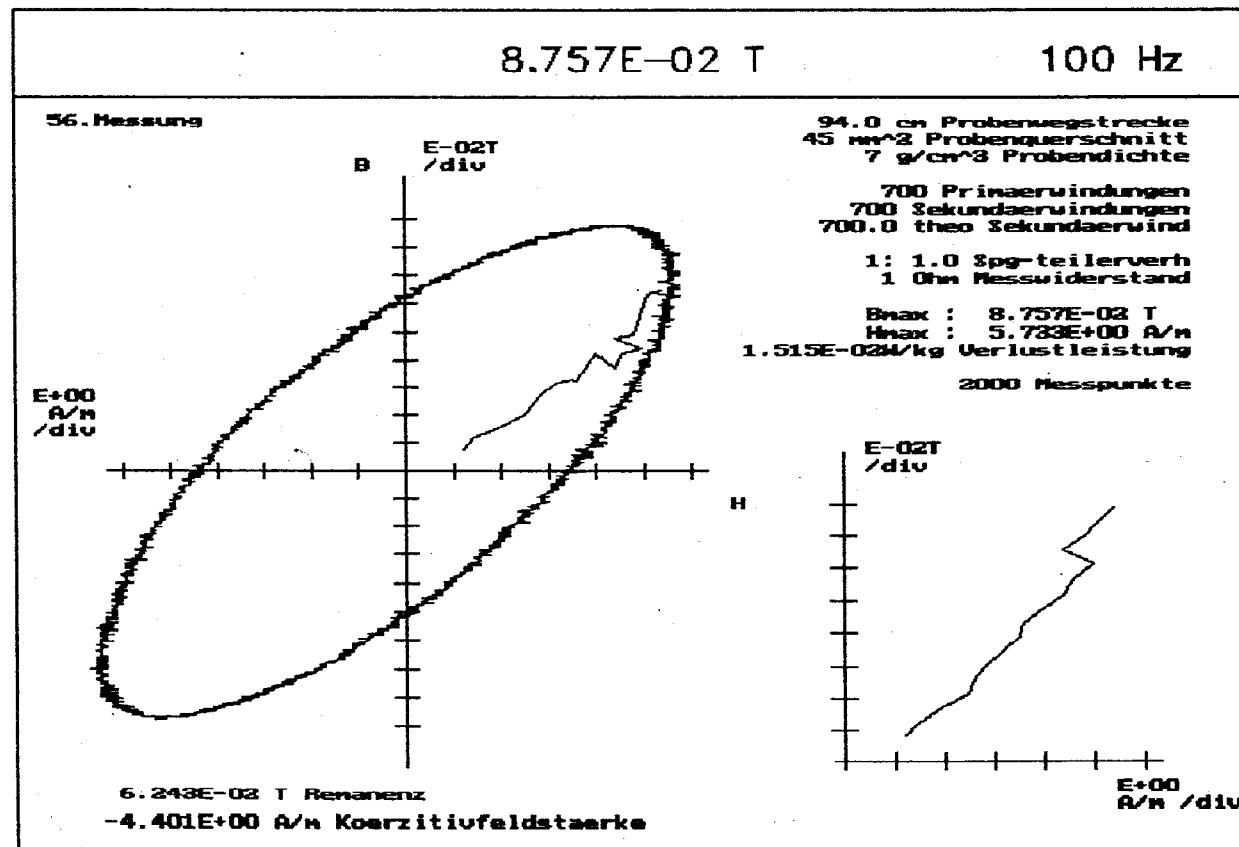
Freq: 75 Hz / B min: 0,1151 T



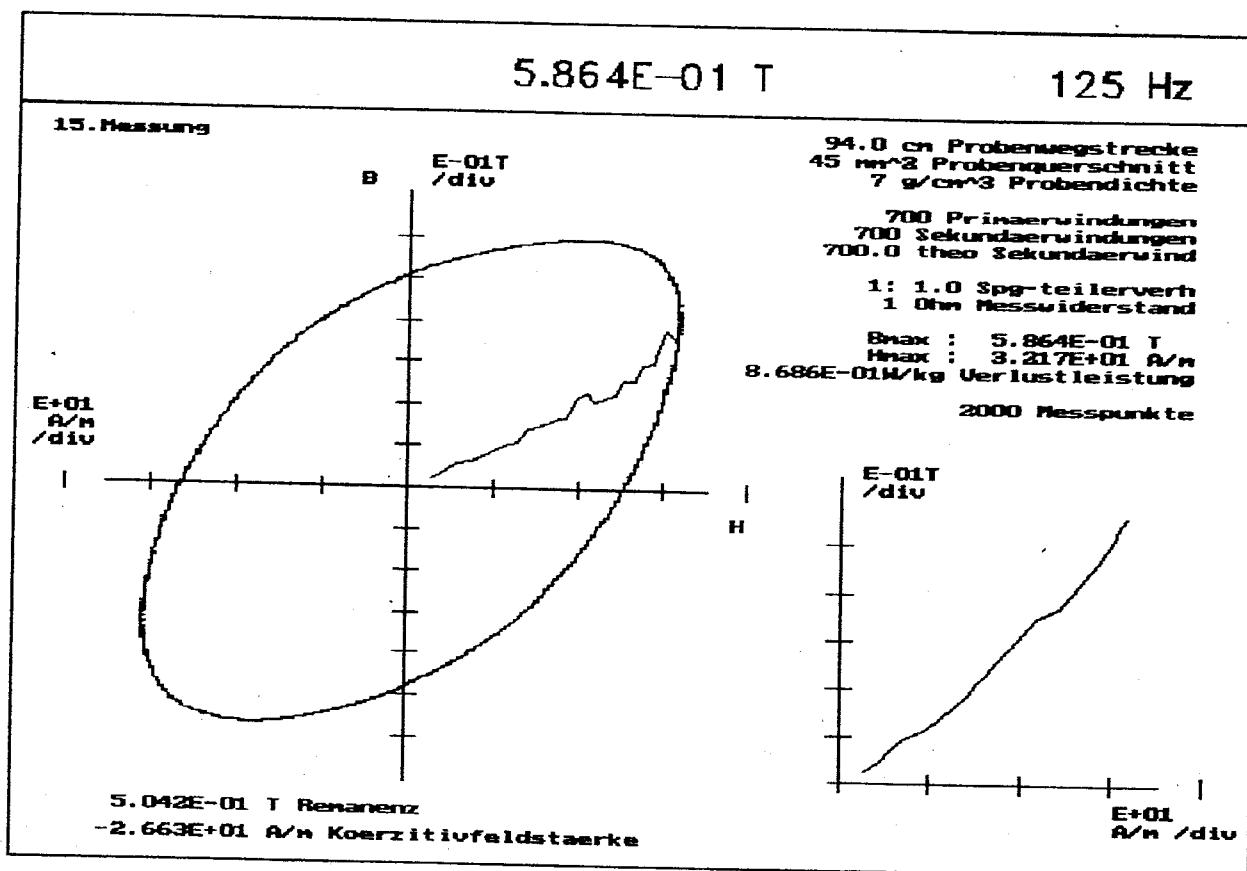
Freq: 100 Hz / B max: 0,7283 T



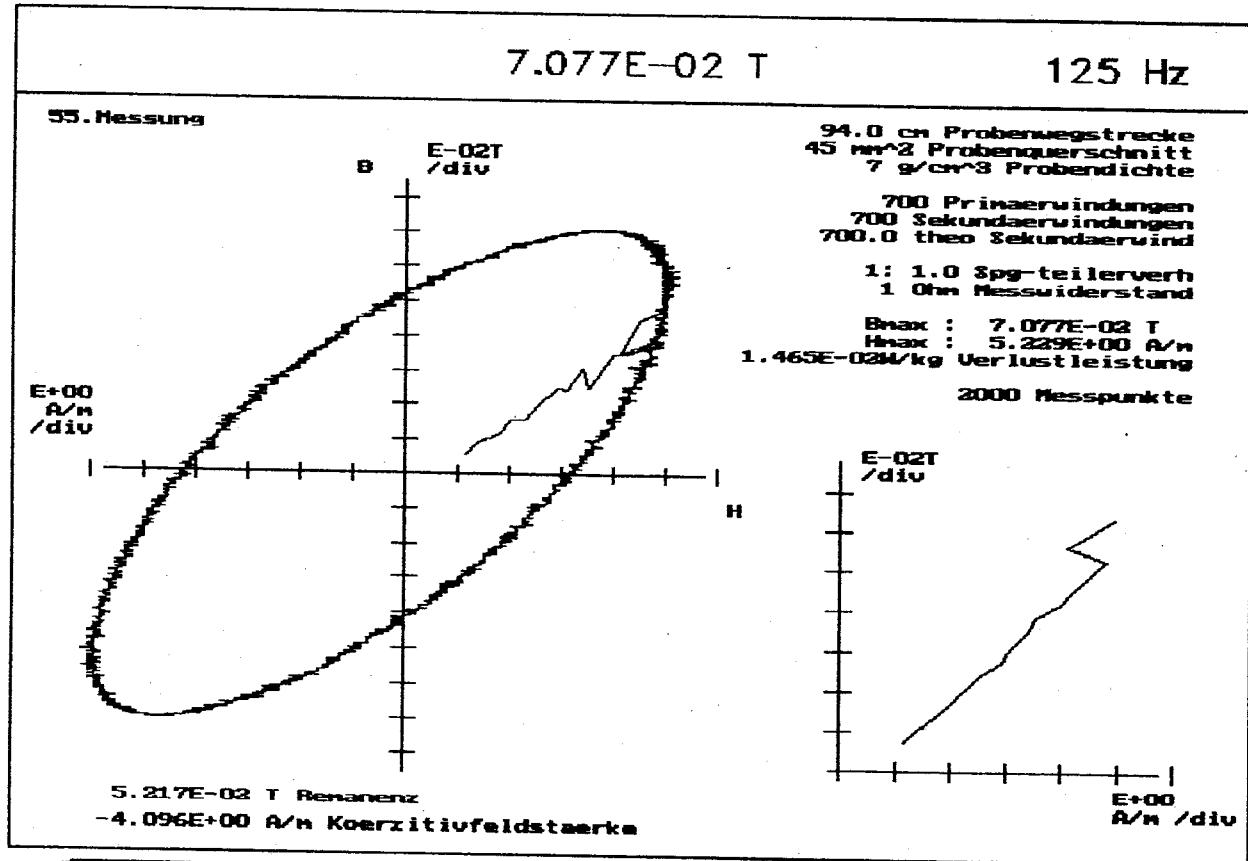
Freq: 100 Hz / B min: 0,08757 T



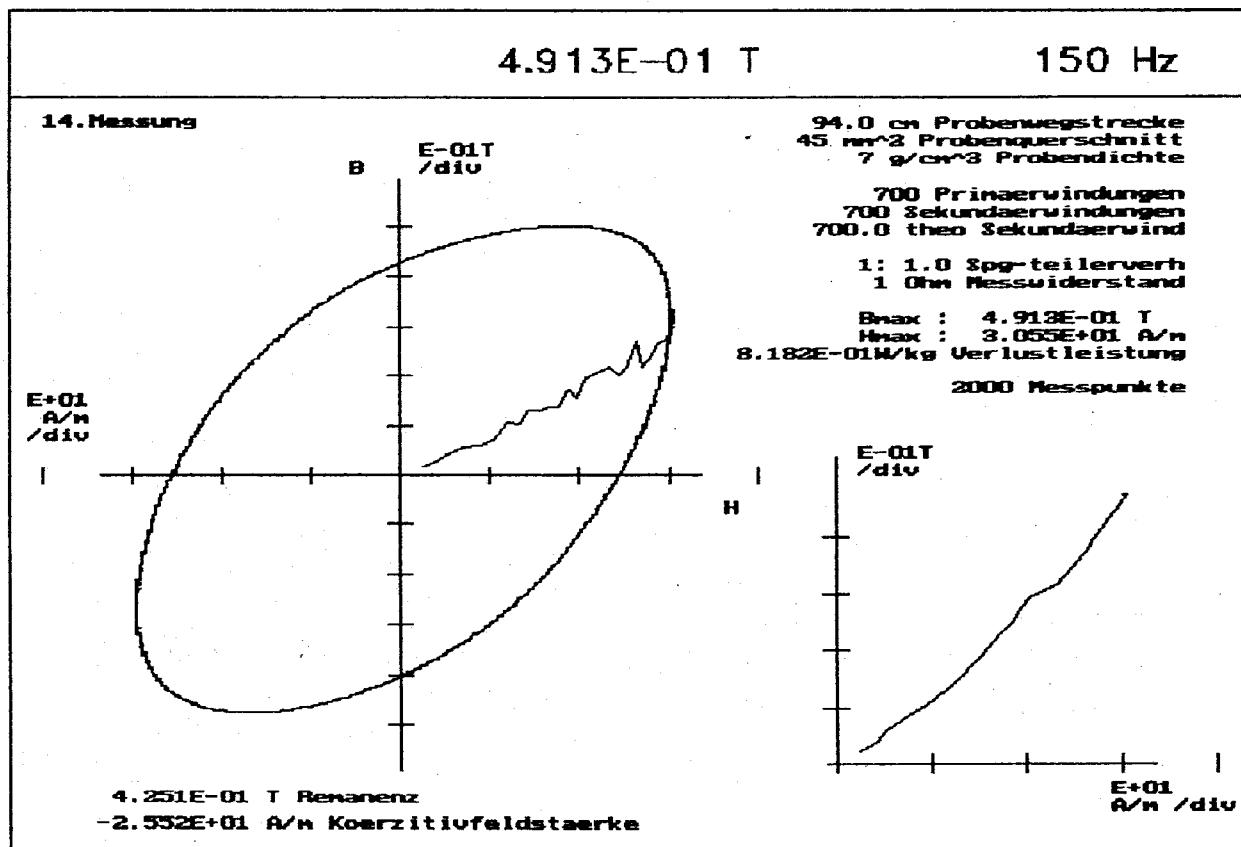
Freq: 125 Hz / B max: 0,5864 T



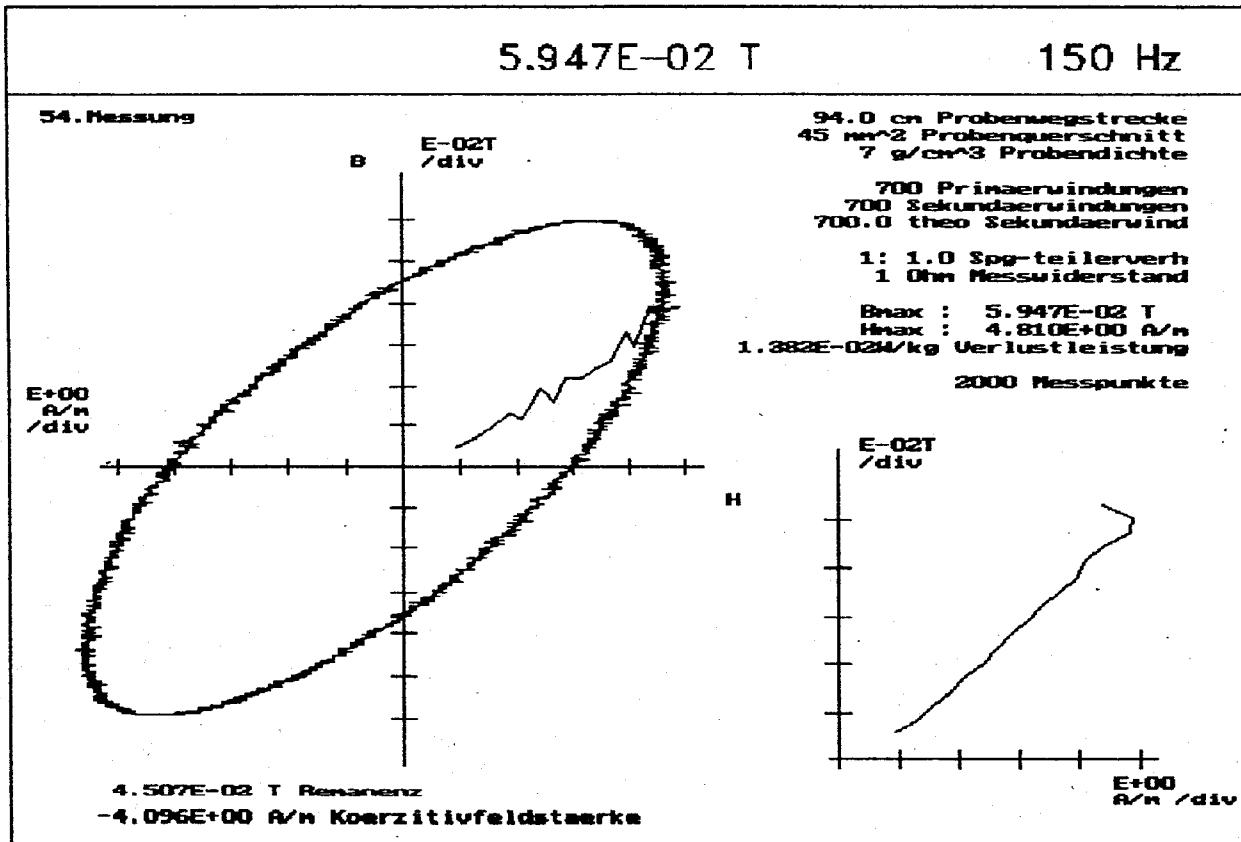
Freq: 125 Hz / B min: 0,07077 T



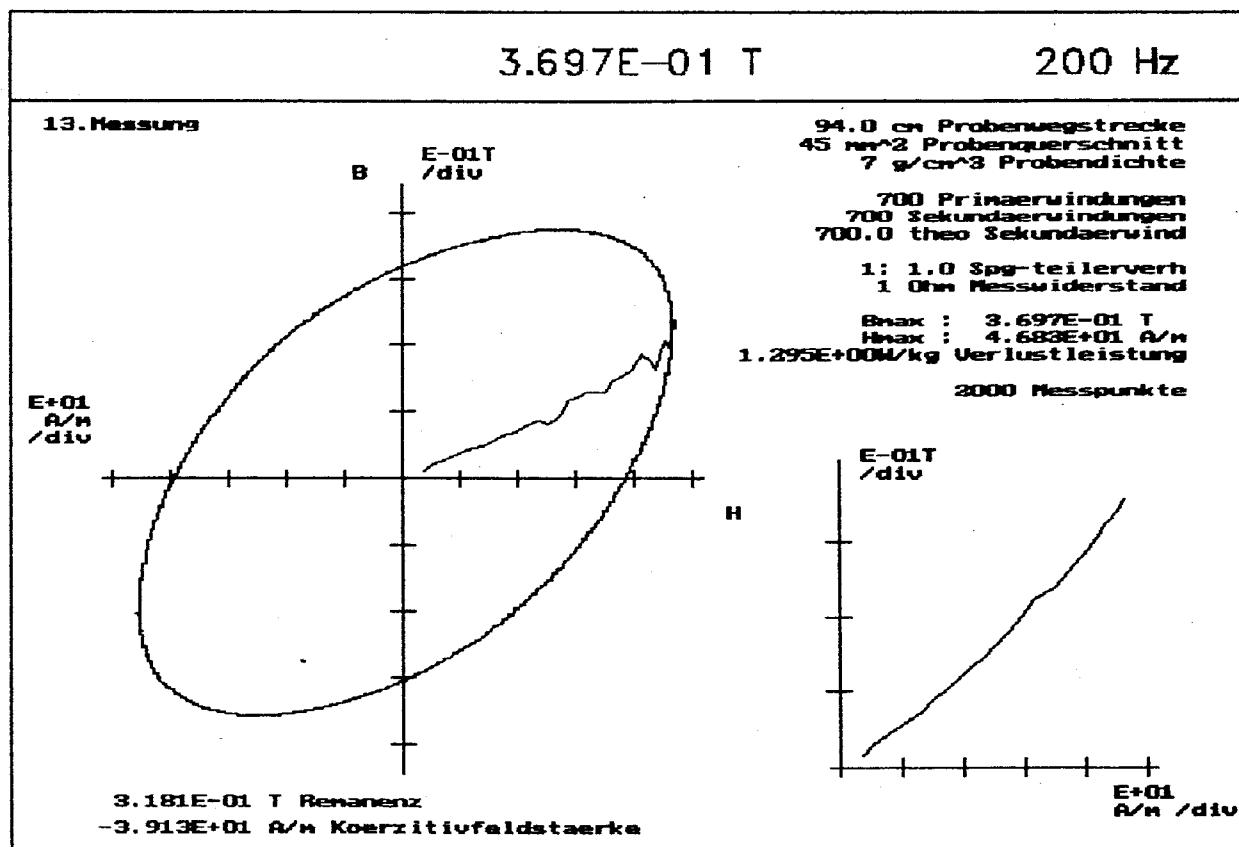
Freq: 150 Hz / B max: 0,4913 T



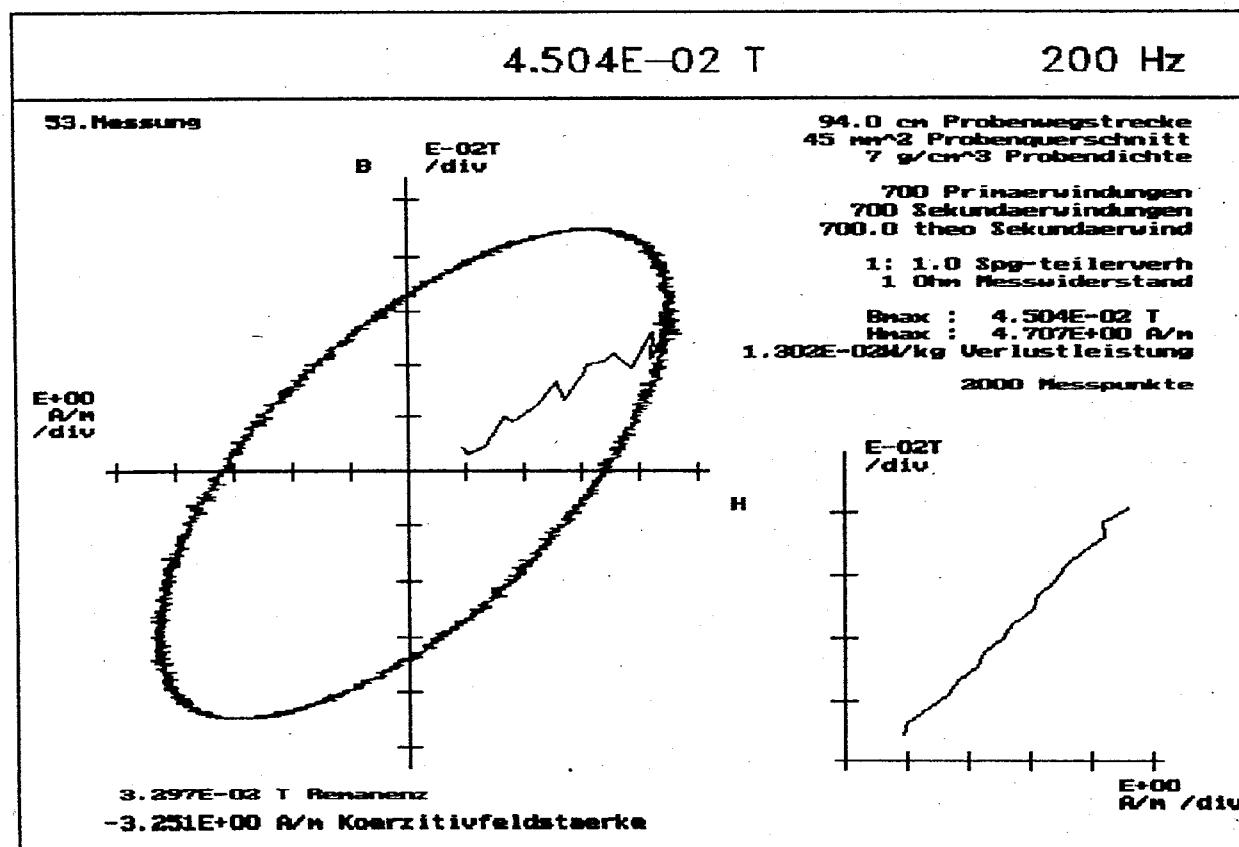
Freq: 150 Hz / B min: 0,05947 T



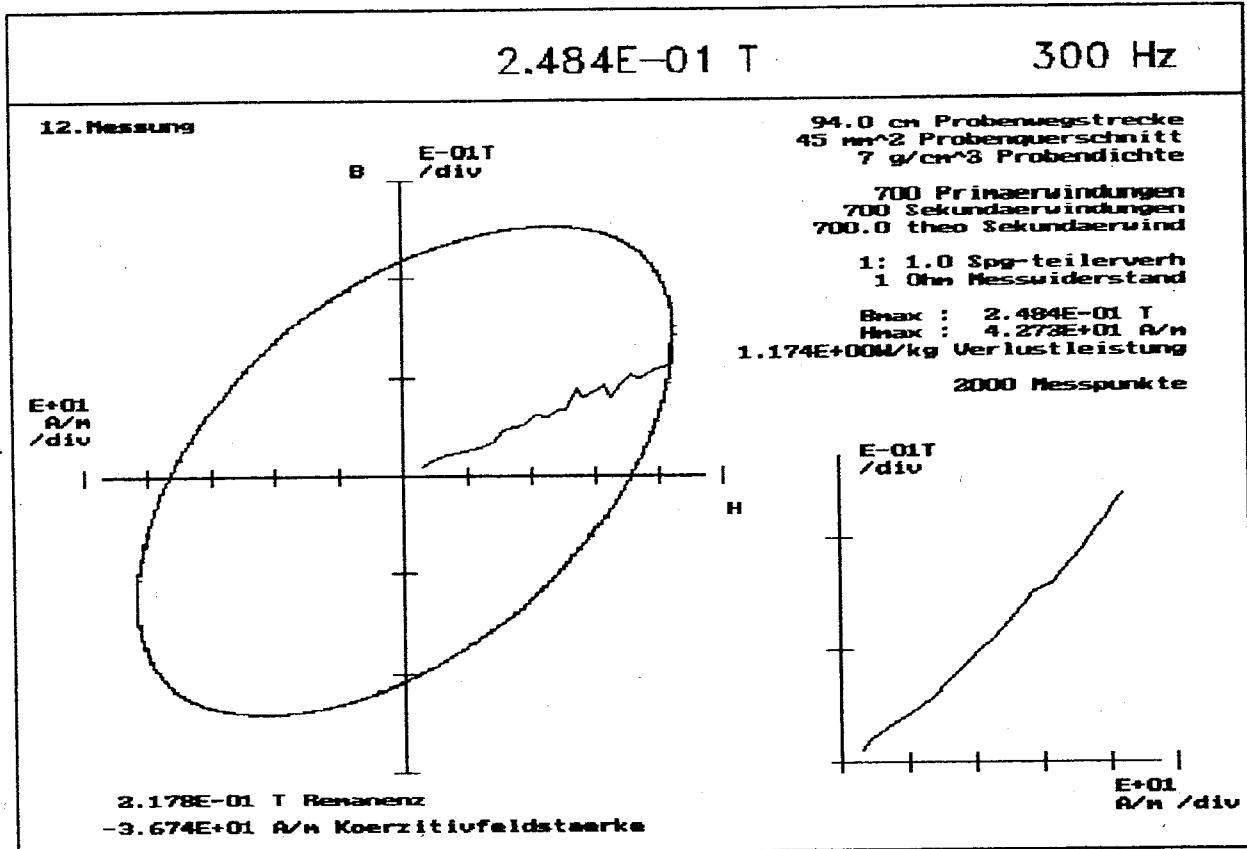
Freq: 200 Hz / B max: 0,3697 T



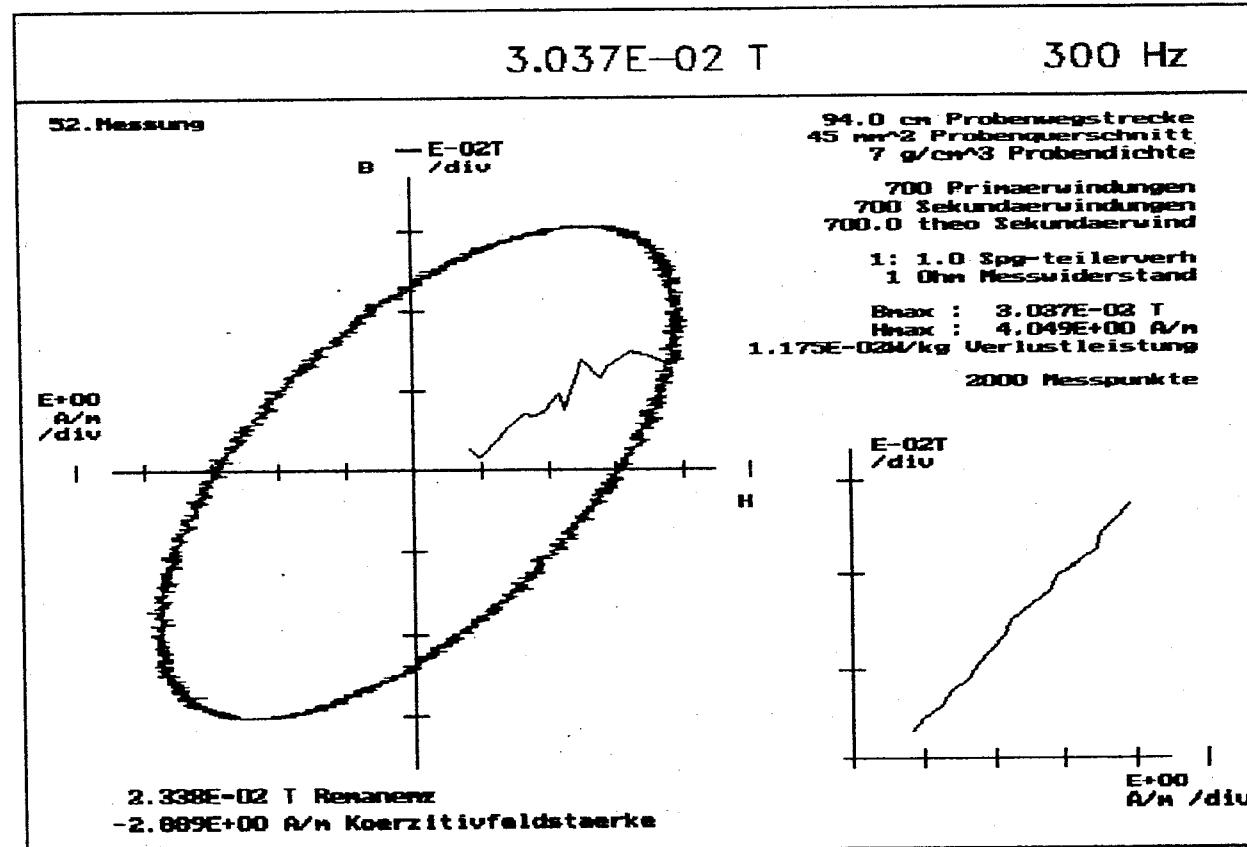
Freq: 200 Hz / B min: 0,04504 T



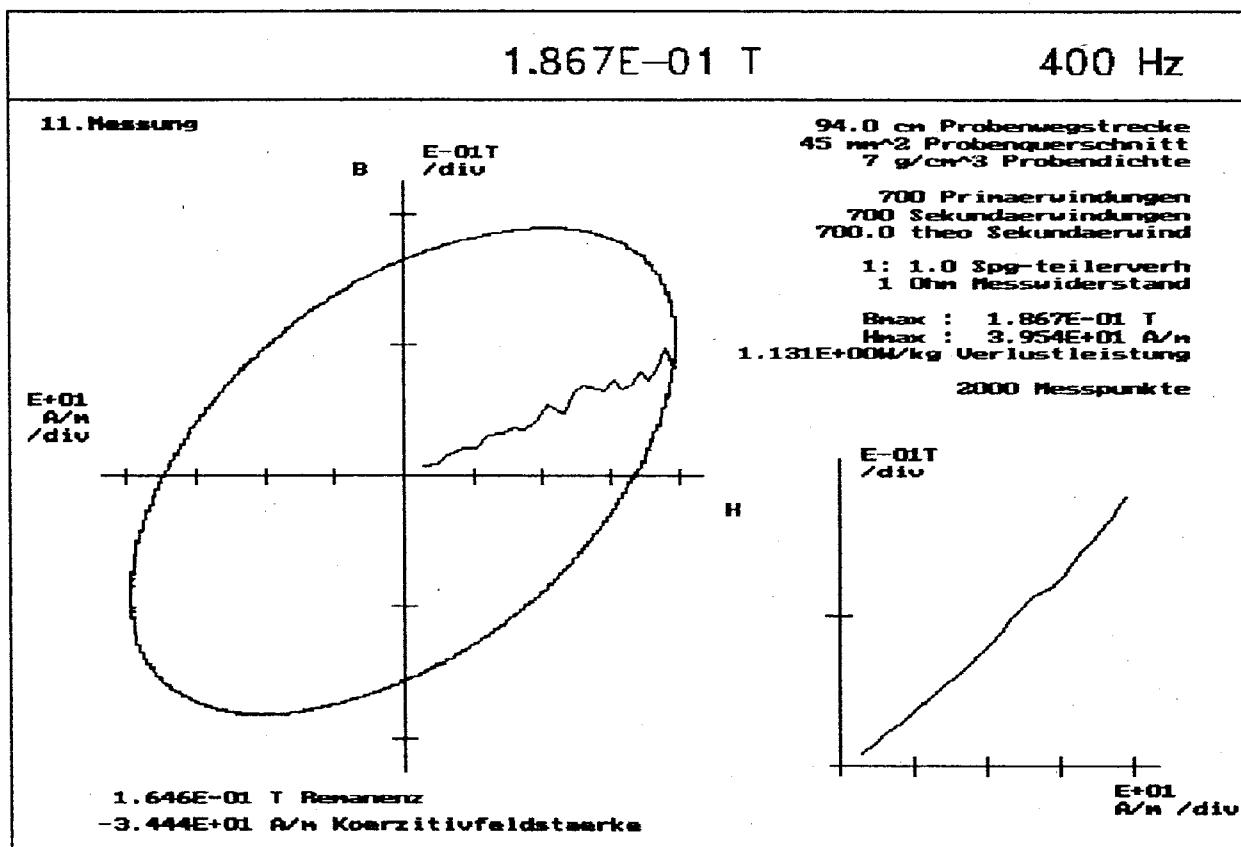
Freq: 300 Hz / B max: 0,2484 T



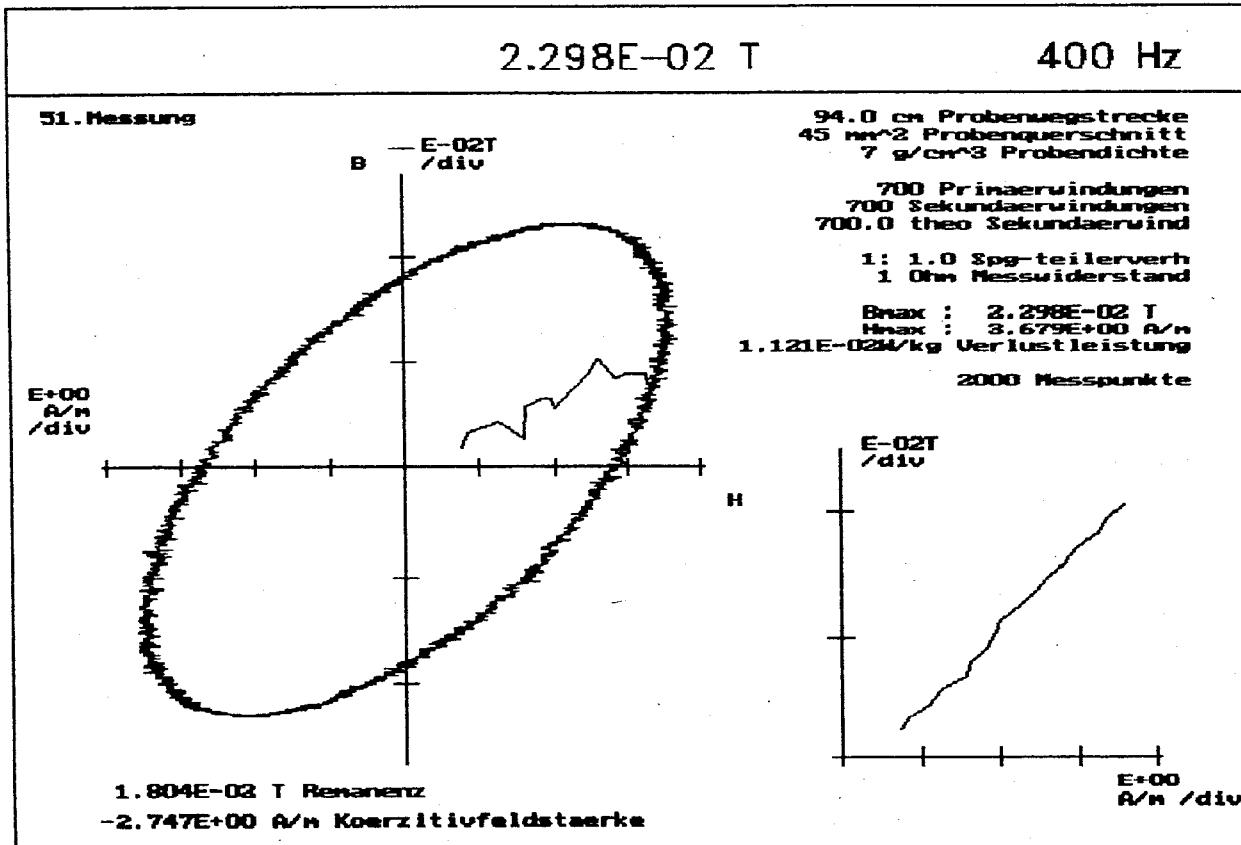
Freq: 300 Hz / B min: 0,03037 T



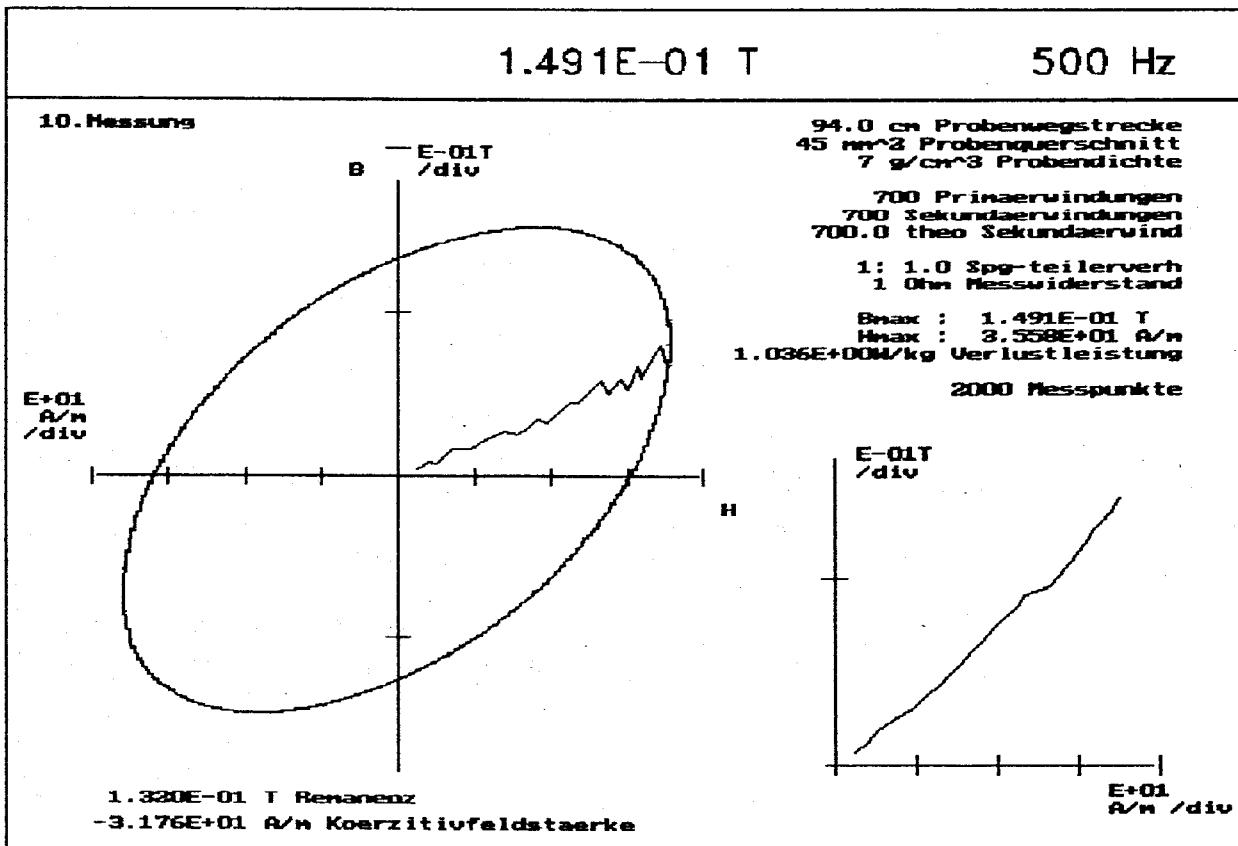
Freq: 400 Hz / B max: 0,1867 T



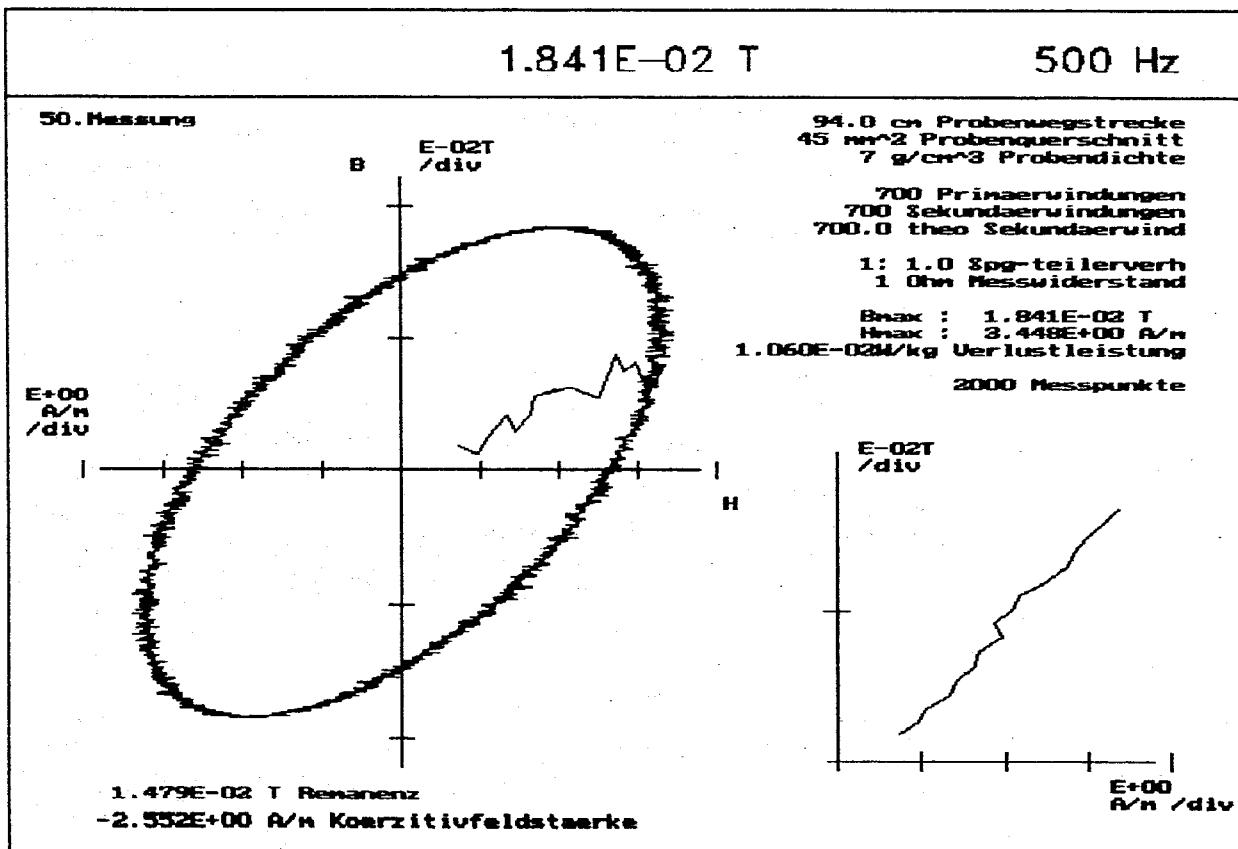
Freq: 400 Hz / B min: 0,02298 T



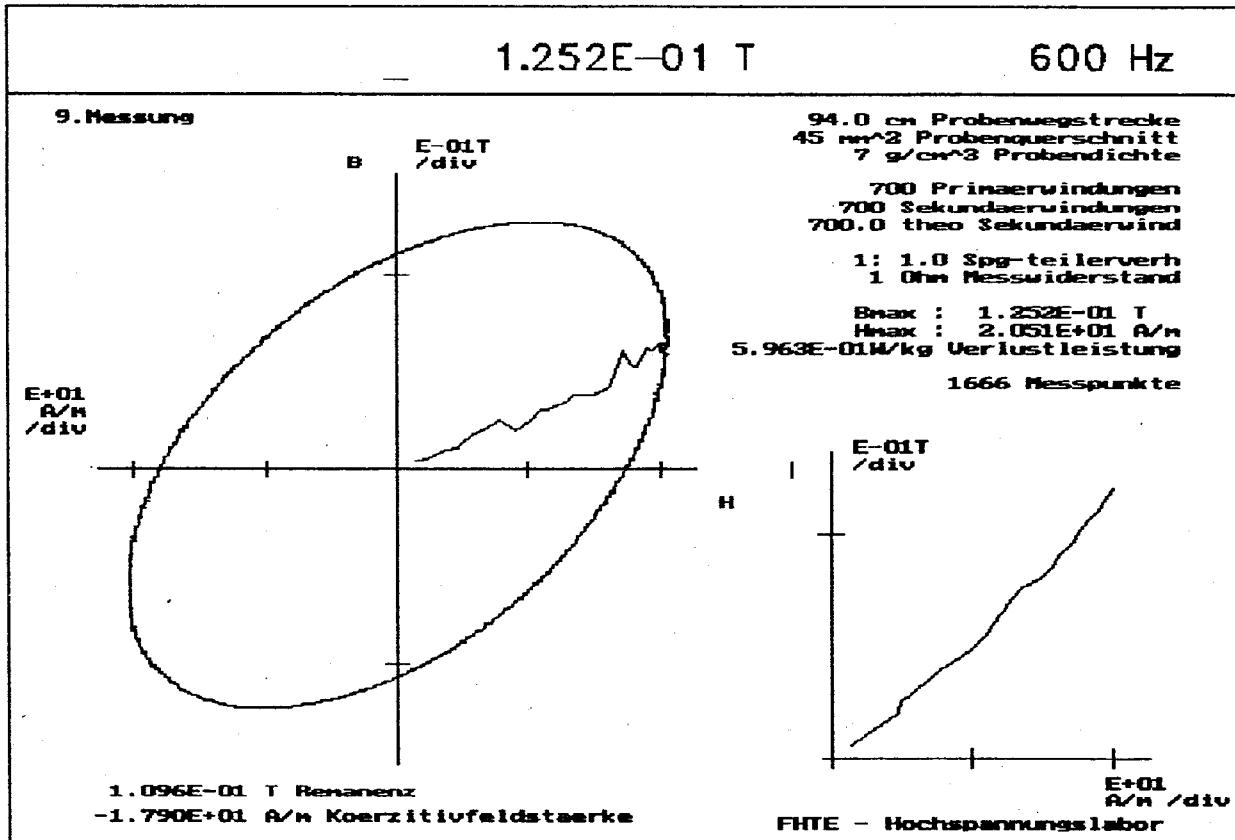
Freq: 500 Hz / B max: 0,1491 T



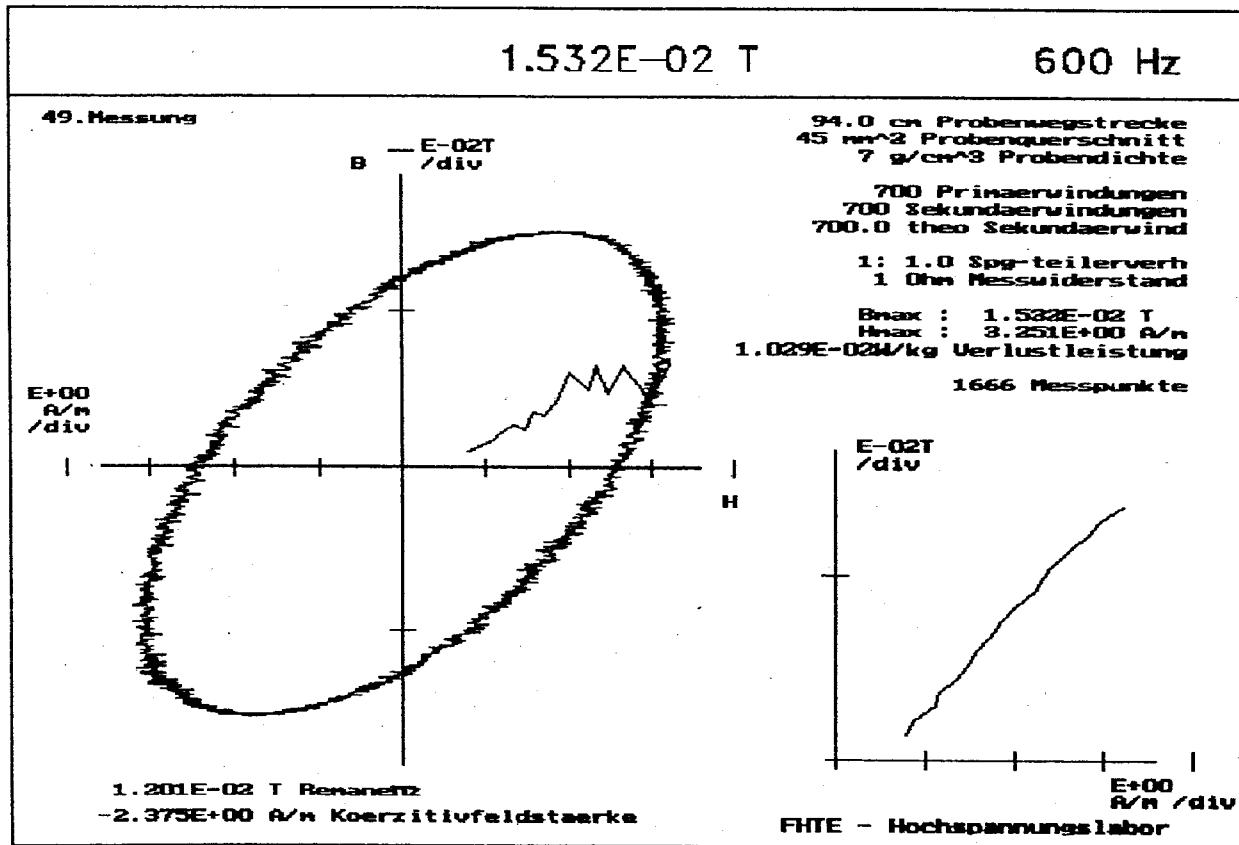
Freq: 500 Hz / B min: 0,01841 T



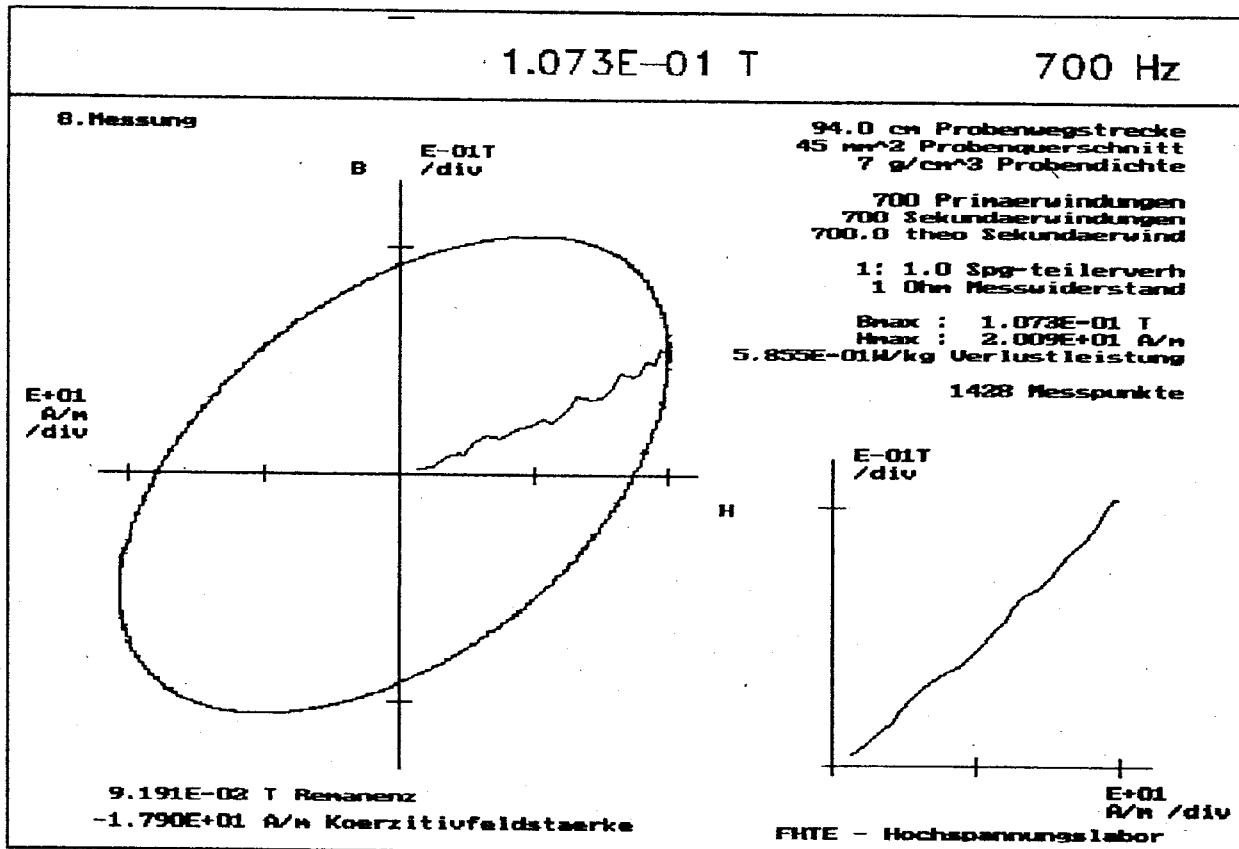
Freq: 600 Hz / B max: 0,1252 T



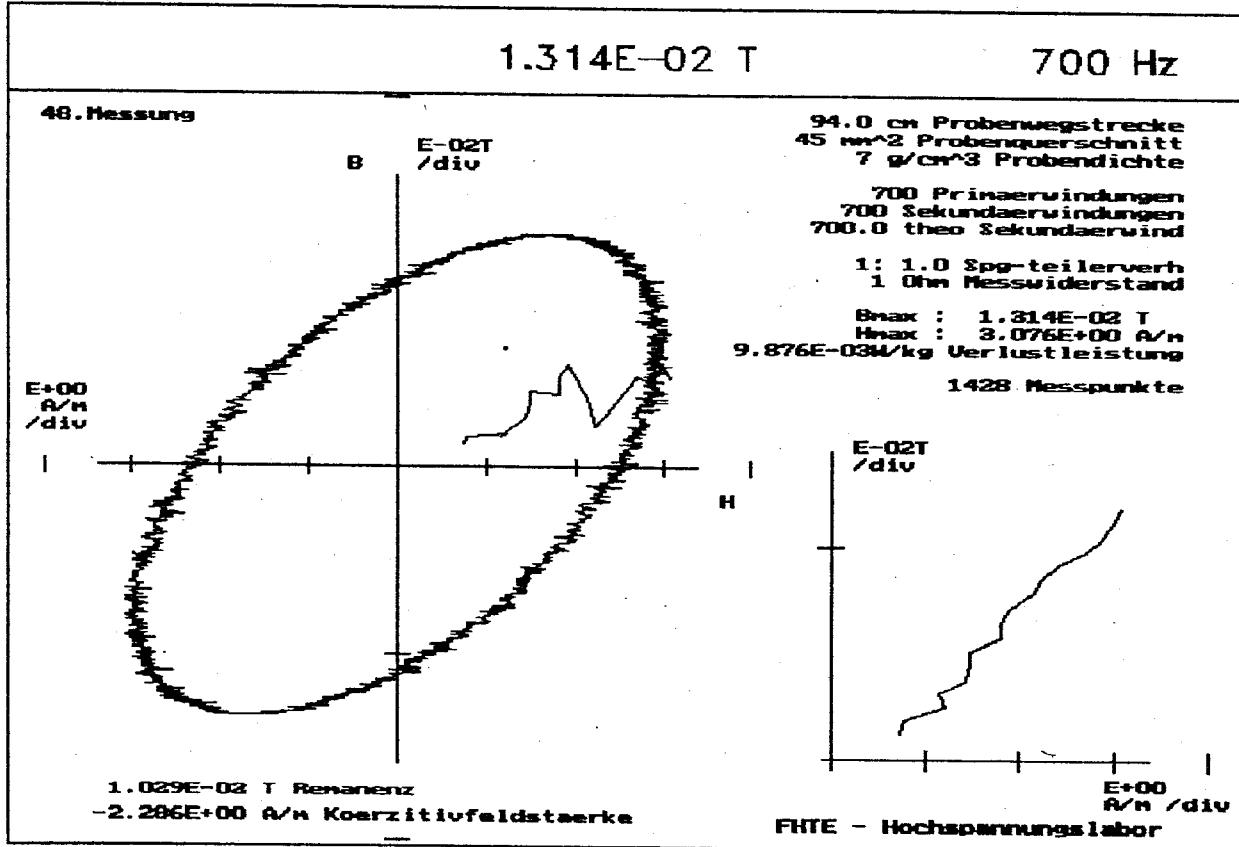
Freq: 600 Hz / B min: 0,01532 T



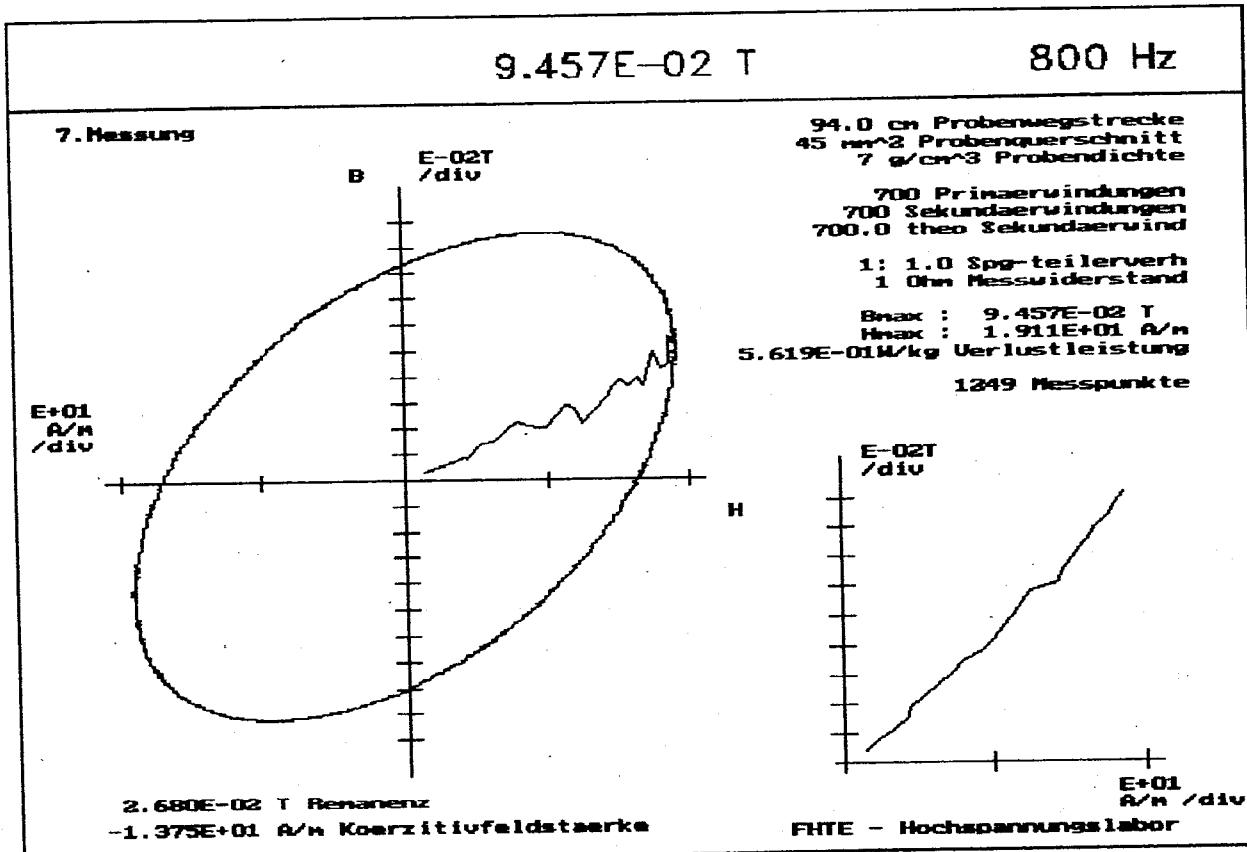
Freq: 700 Hz / B max: 0,1073 T



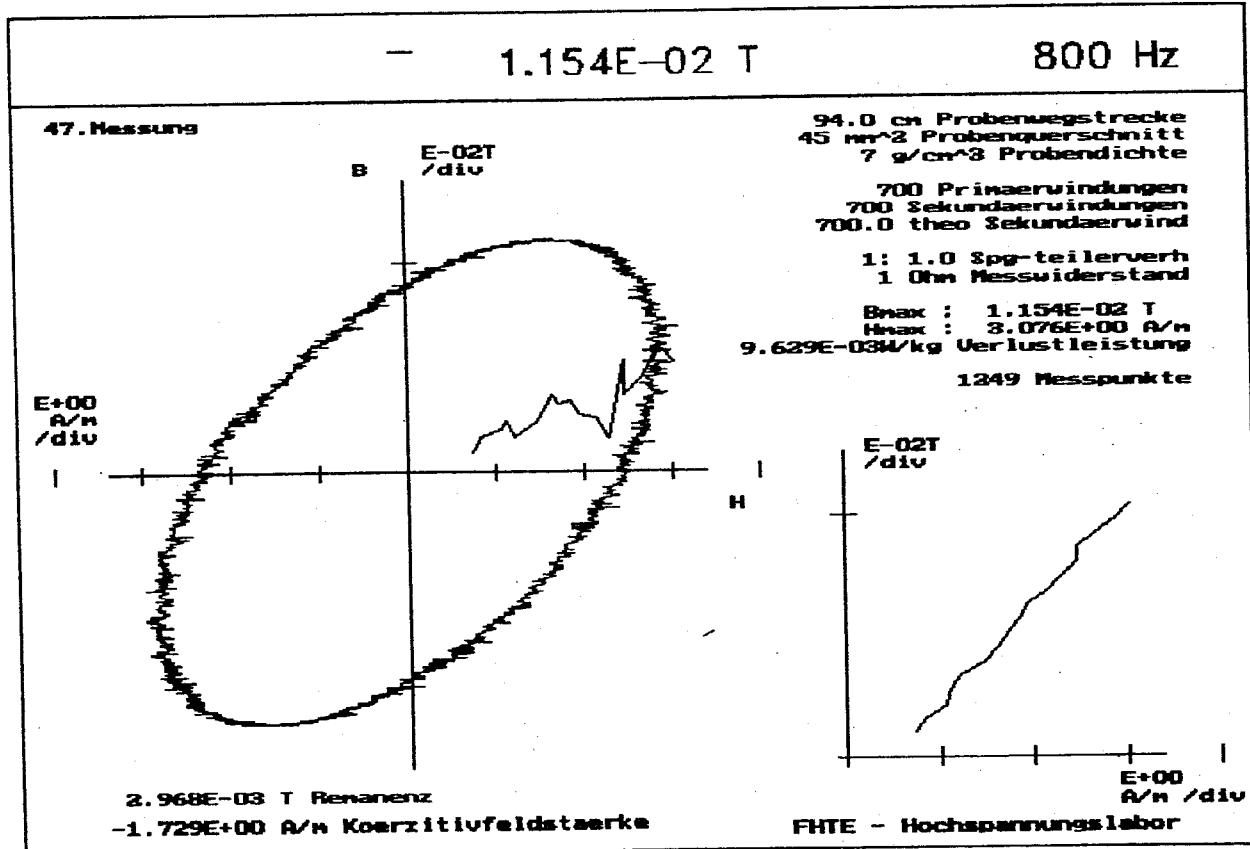
Freq: 700 Hz / B min: 0,01314 T



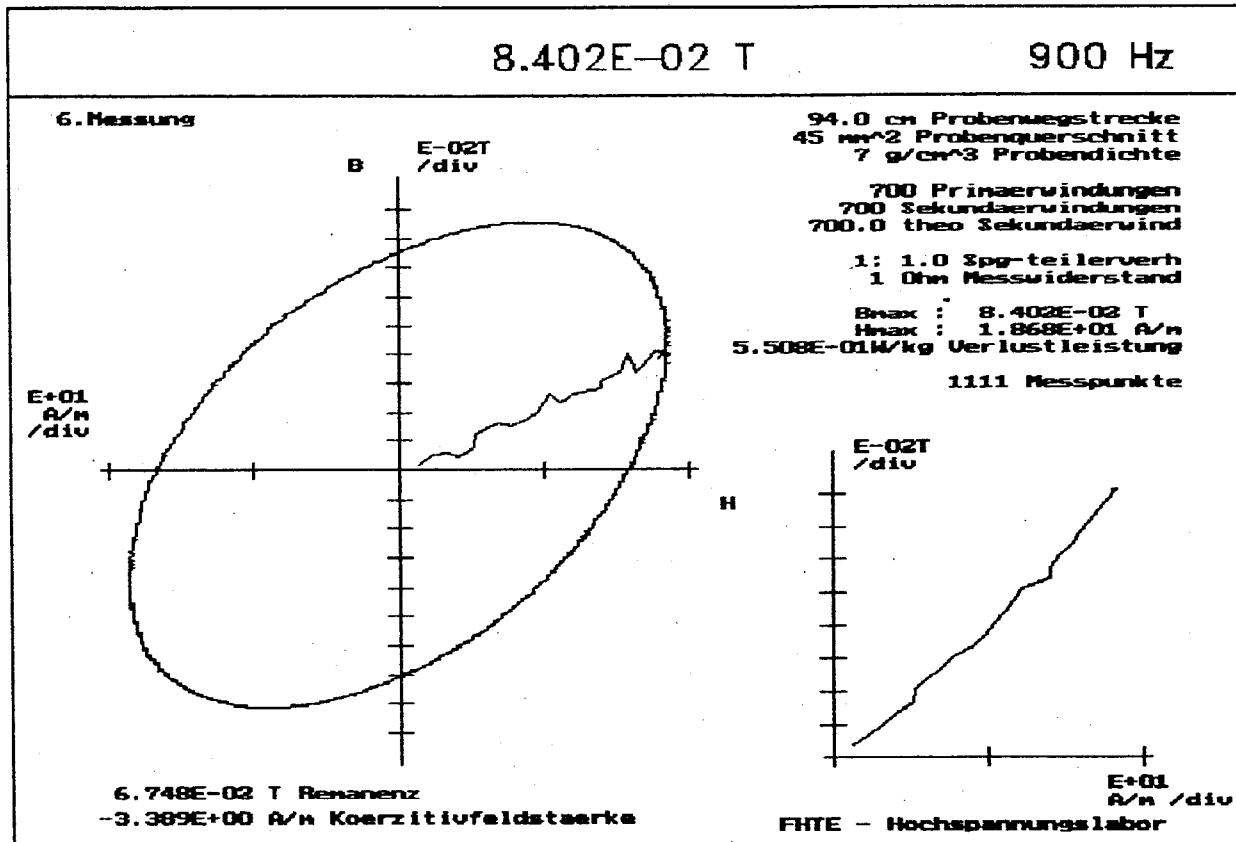
Freq: 800 Hz / B max: 0,09457 T



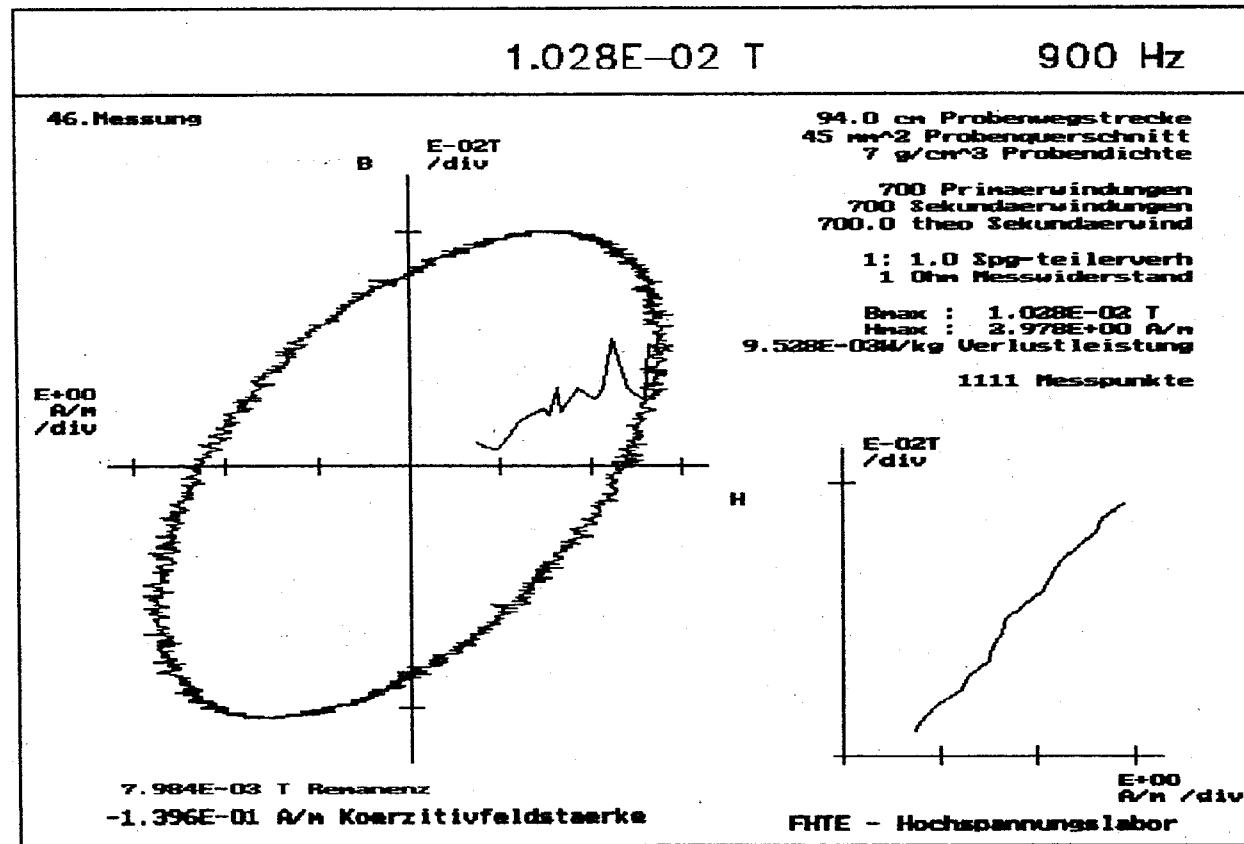
Freq: 800 Hz / B min: 0,01154 T



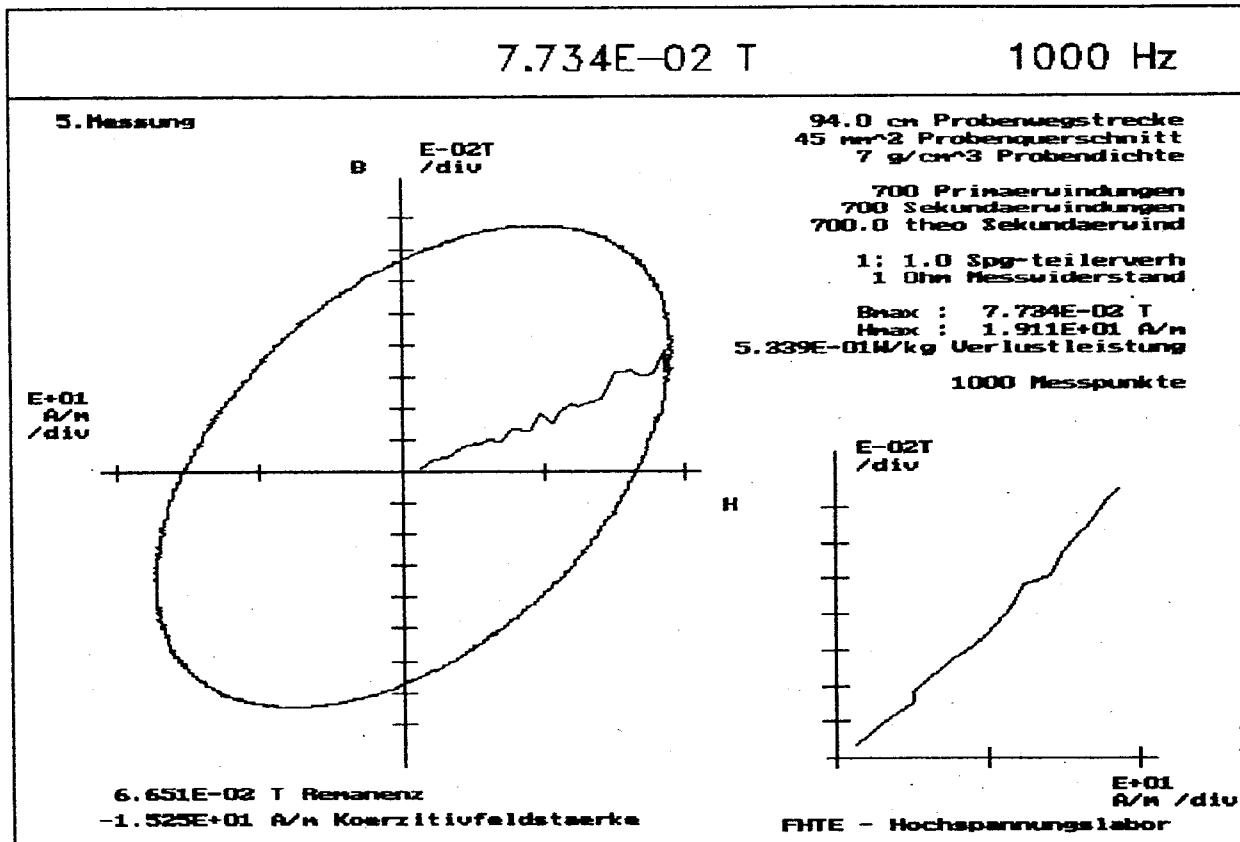
Freq: 900 Hz / B max: 0,08402 T



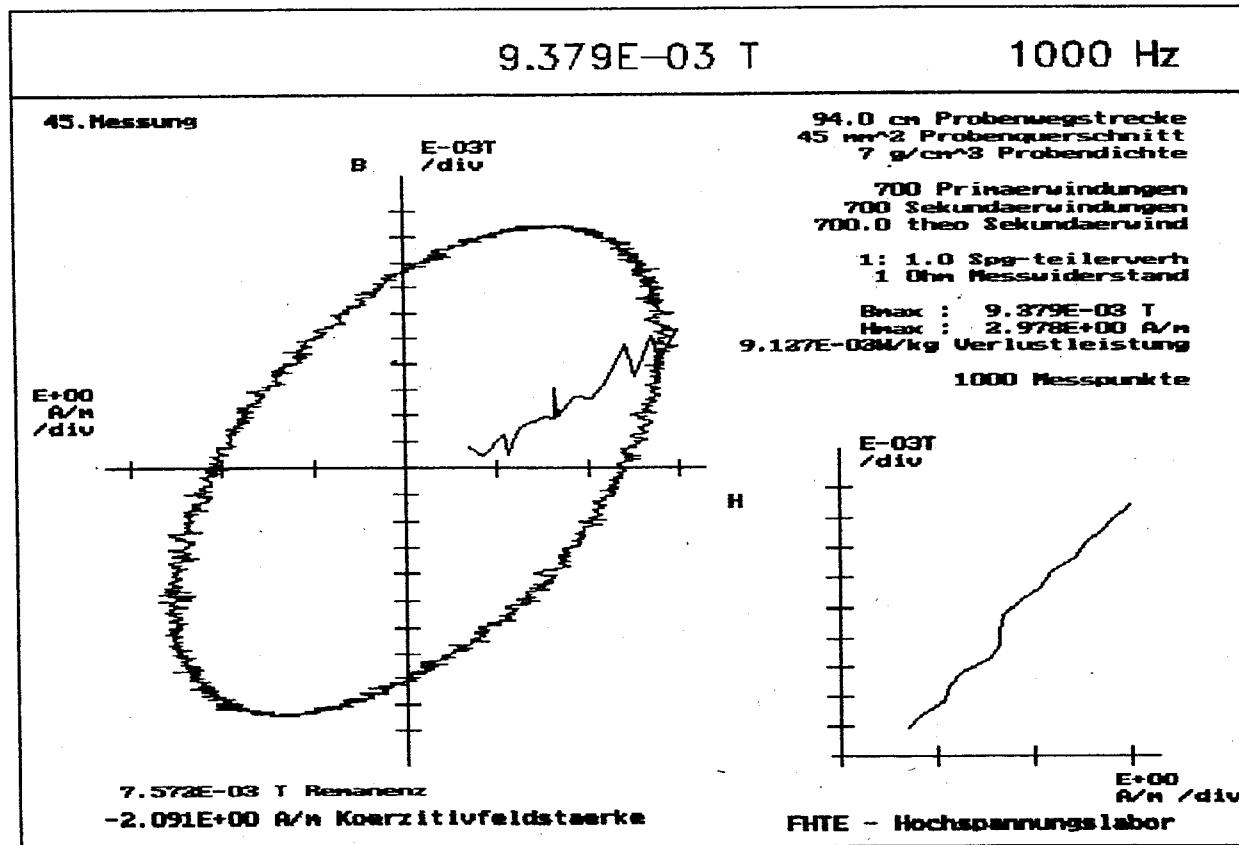
Freq: 900 Hz / B min: 0,01028 T



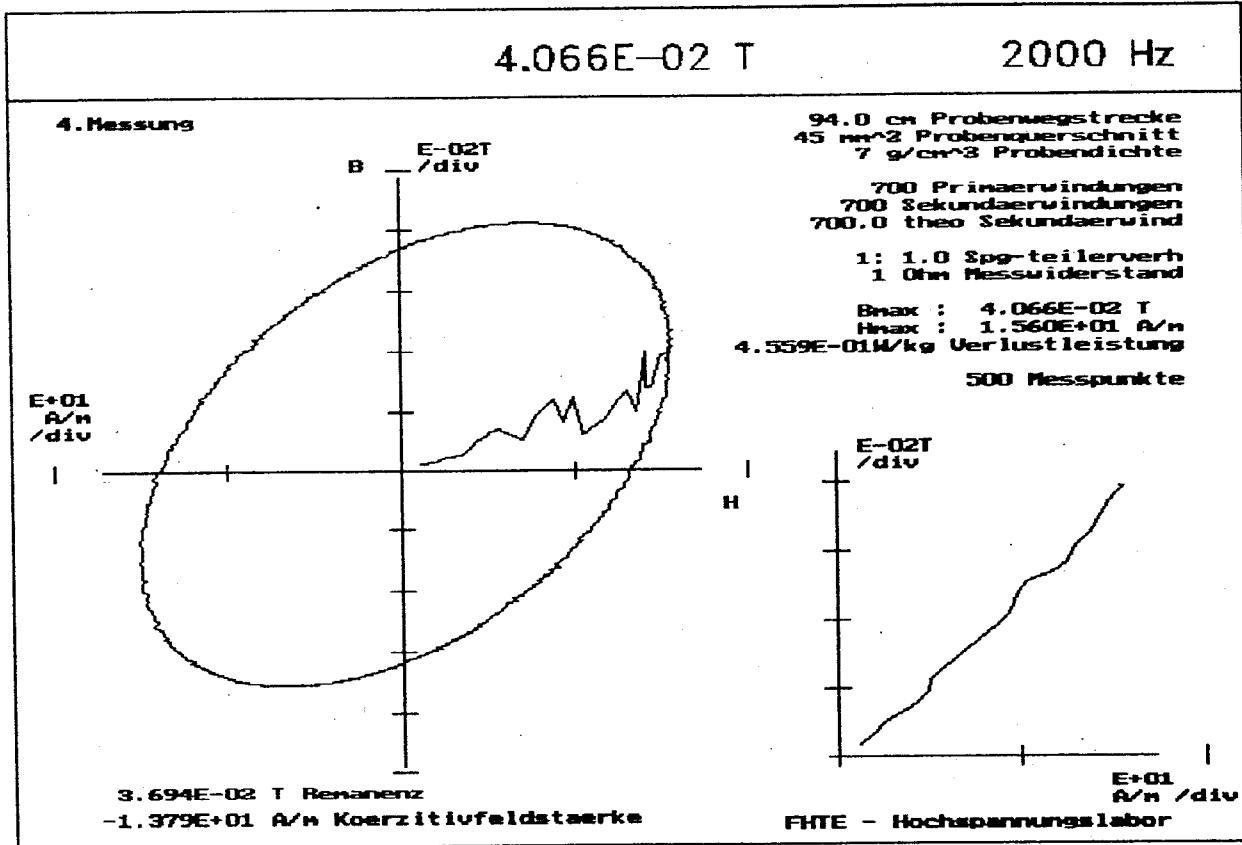
Freq: 1000 Hz / B max: 0,07734 T



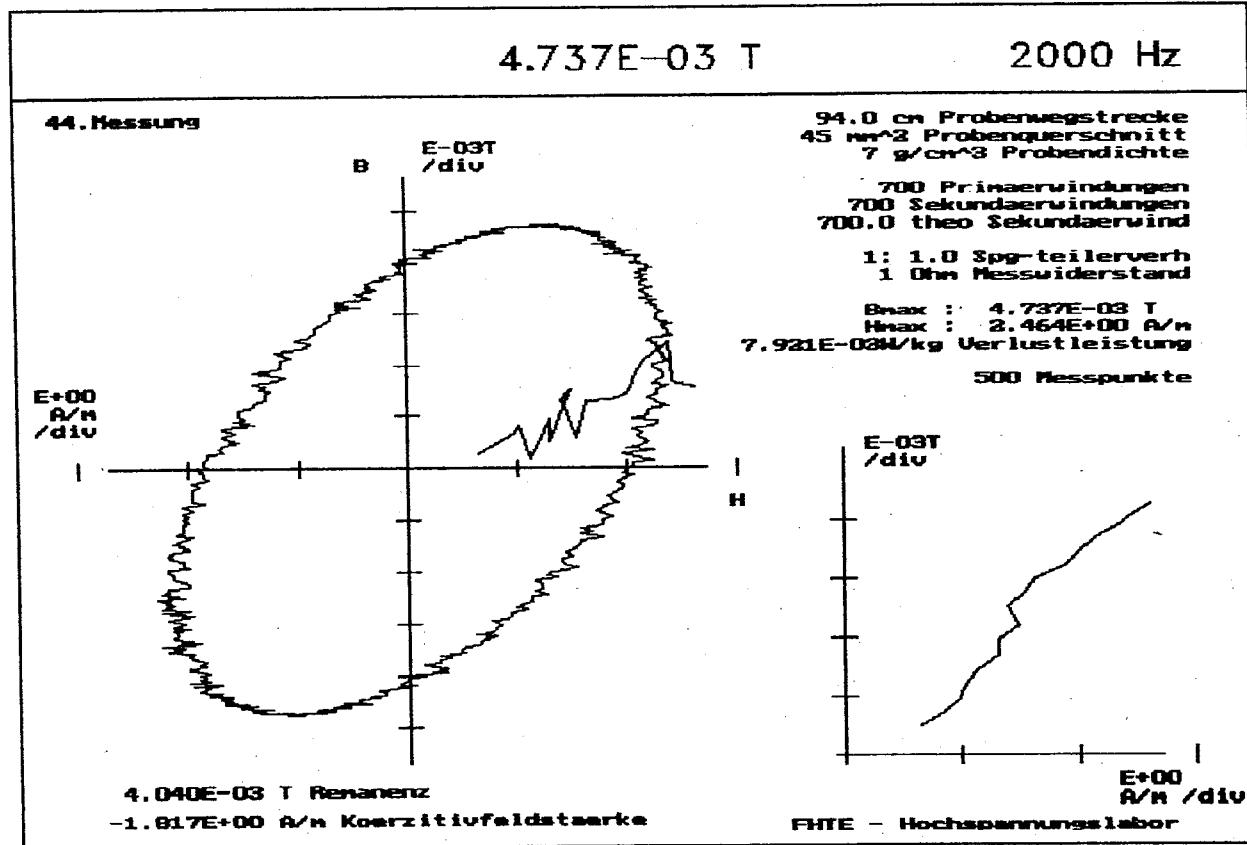
Freq: 1000 Hz / B min: 0,009379 T



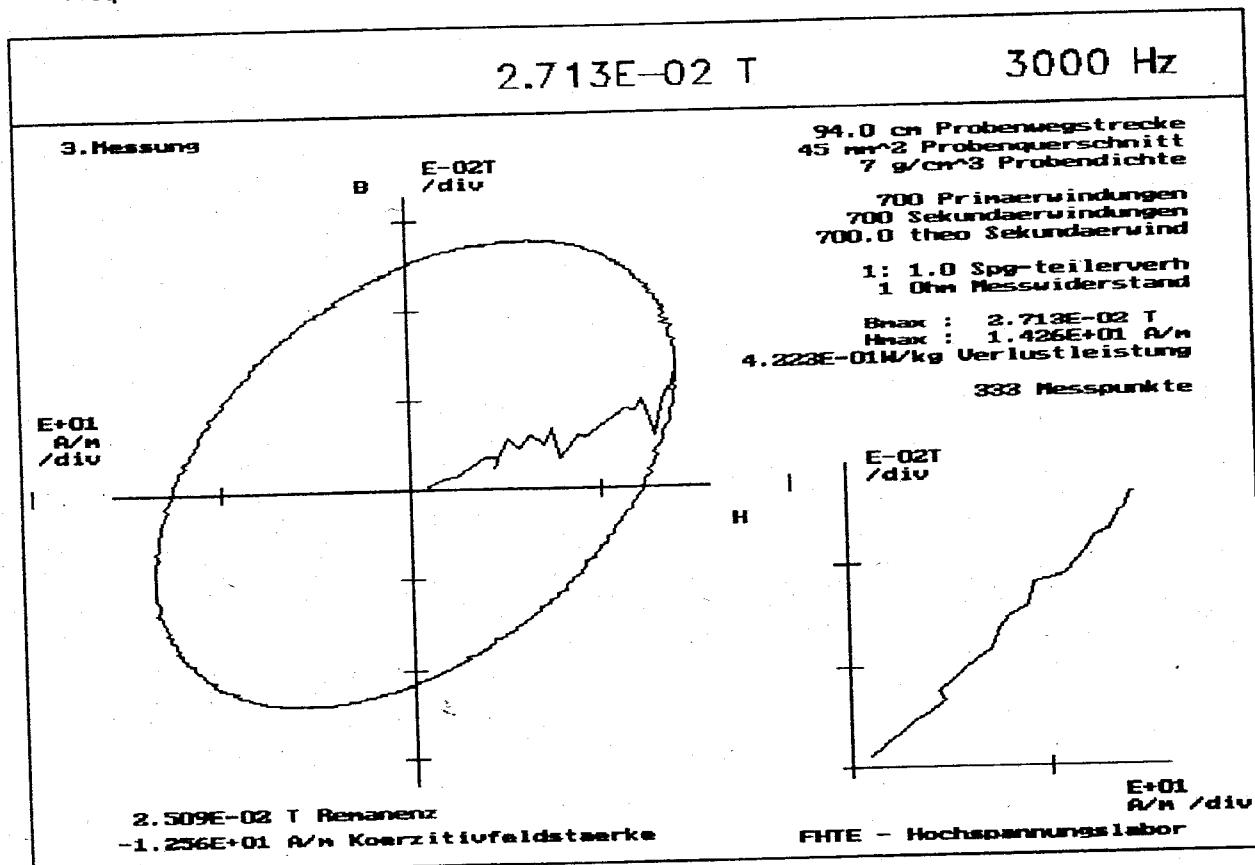
Freq: 2000 Hz / B max: 0,04066 T



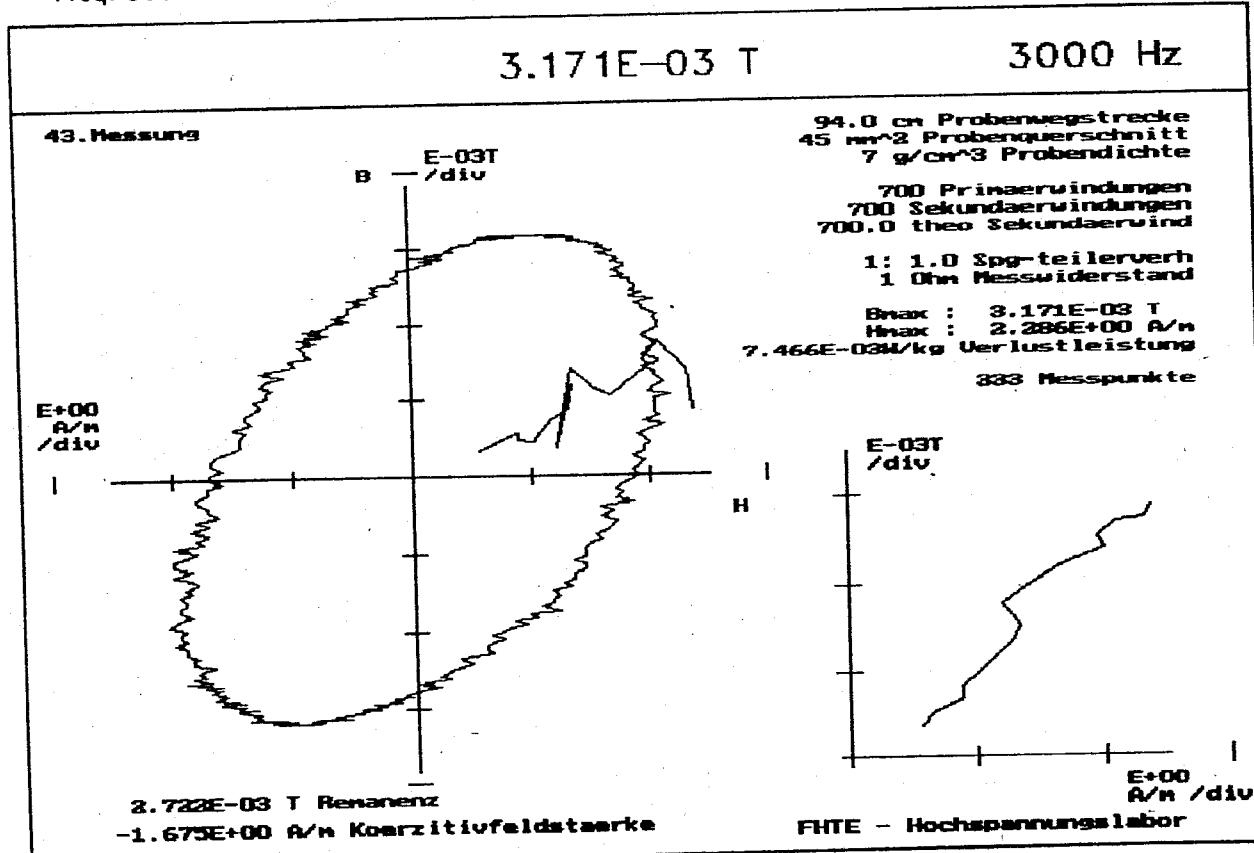
Freq: 2000 Hz / B min: 0,004737 T



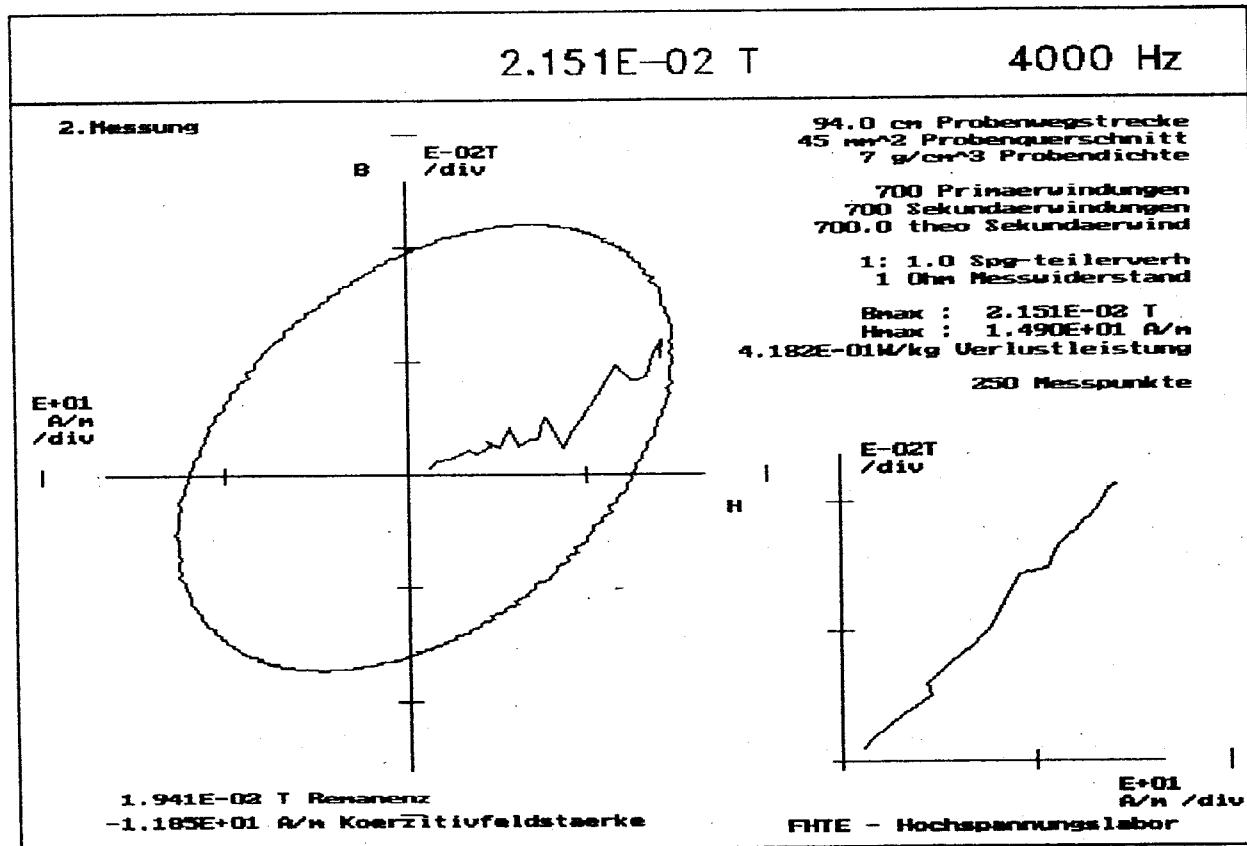
Freq: 3000 Hz / B max: 0,02713 T



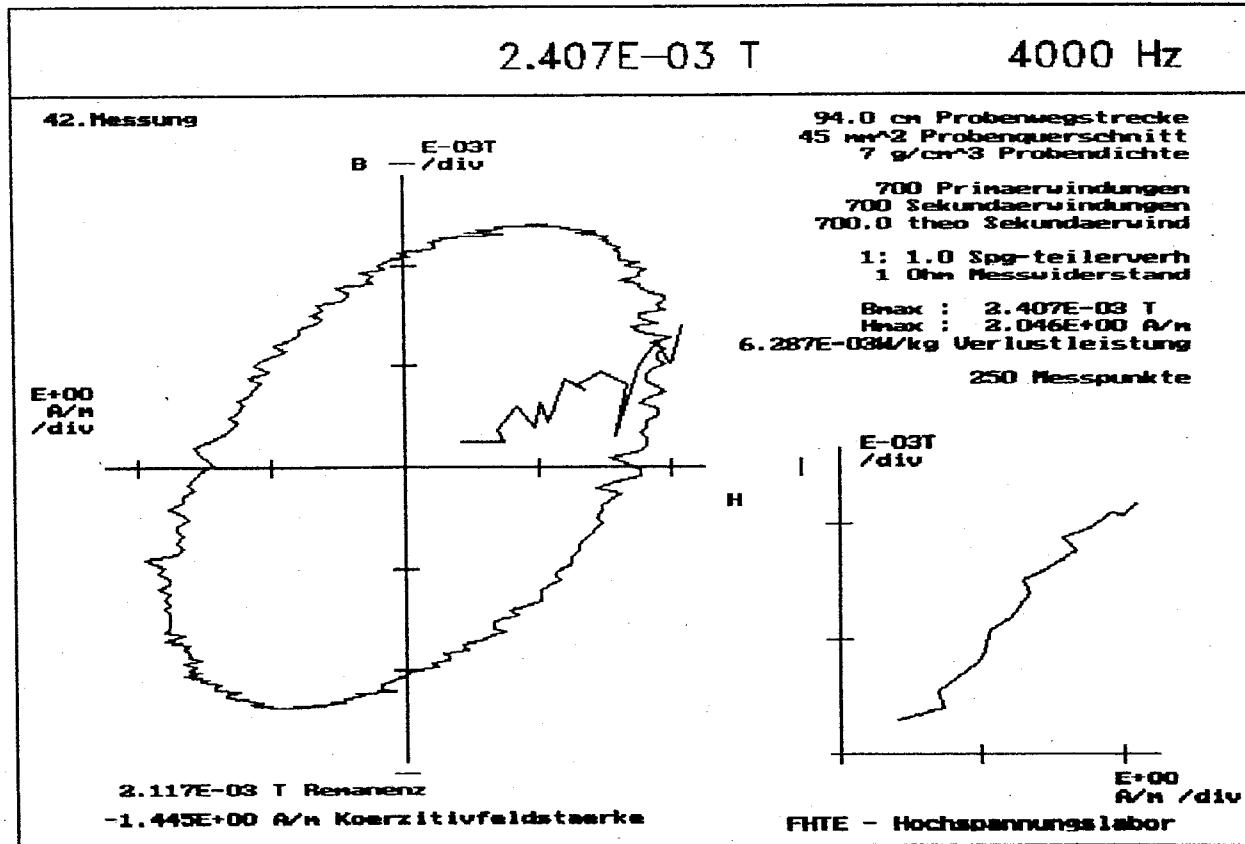
Freq: 3000 Hz / B min: 0,003171 T



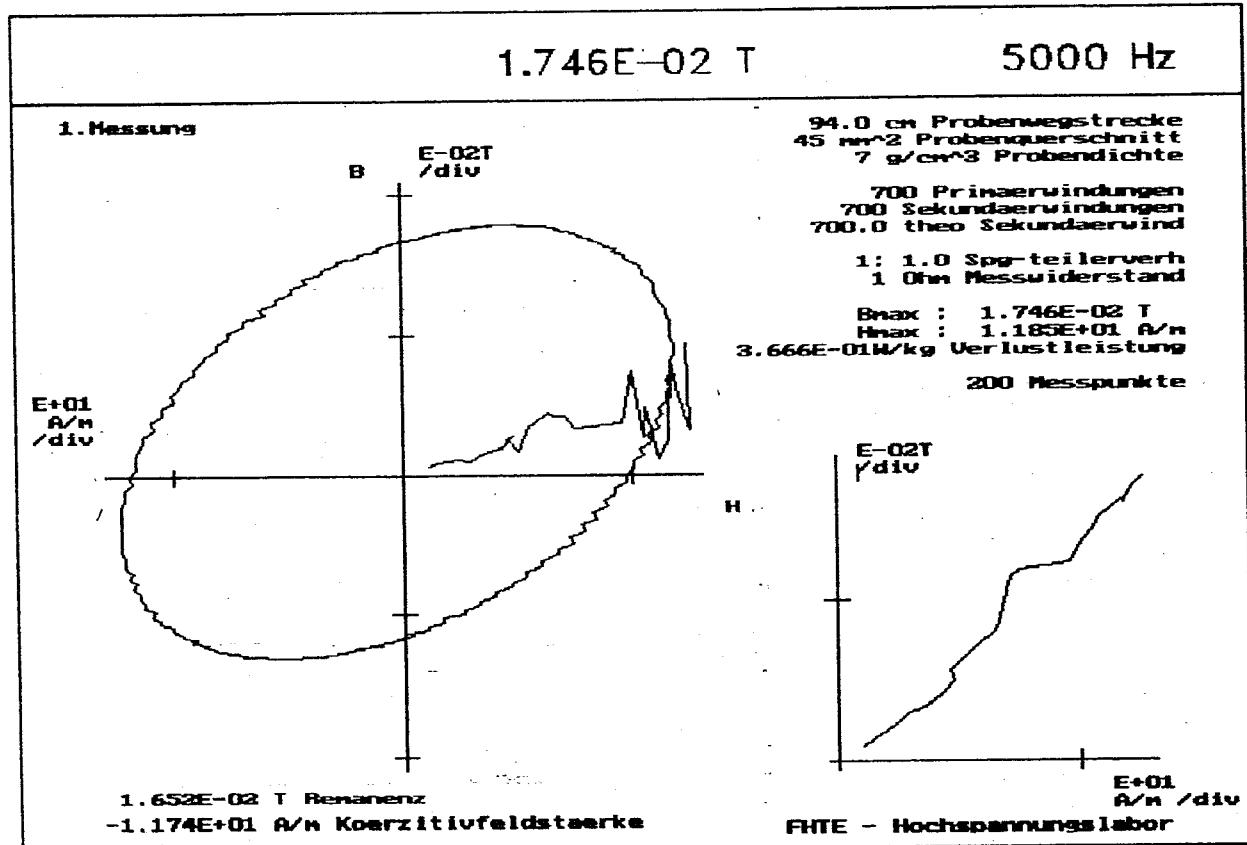
Freq: 4000 Hz / B max: 0,02151 T



Freq: 4000 Hz / B min: 0,002407 T



Freq: 5000 Hz / B max: 0,01746 T



Freq: 5000 Hz / B min: 0,001929 T

