

DESY-Bibliothek

DESY A 2.30

Hamburg, den 12.8.1958
Bo/Schw.

Verwendung von gesättigten Drosselspulen
im Magnetstromkreis

Da es eventuell nötig sein wird, den Magnetstrom kurzzeitig von der Sinusform abweichen zu lassen und konstant zu halten, soll hier eine Methode vorgeschlagen werden, mit der man einen solchen "Absatz" technisch vernünftig erzeugen kann.

Abb. 1 zeigt die Schaltung mit Steuerdrosseln. Der ideale Werkstoff für diese wäre Permenorm 5000 Z mit nahezu rechteckiger Hystereseschleife, doch dürfte es kaum möglich sein, dieses Material in den benötigten großen Dimensionen zu bekommen. Recht günstig eignet sich auch kaltgewalztes Blech, z.B. M6-W, von dem Abb. 2 eine dynamische Hystereseschleife zeigt.

Für die Auslegung der Drosseln sind die folgenden beiden Forderungen maßgebend:

1. Die Stufe soll auf nahezu den ganzen aufsteigenden Ast des Magnetstromes gelegt werden können.
2. Die Zeitdauer soll etwa 0,5 ms betragen.

Abb. 3 zeigt den Verlauf des Magnetstromes und der Spannung über der Magnetwicklung (Verluste vernachlässigt). Bei halber Stromamplitude muß die Drossel im entsättigten Zustand die ganze Spannung aufnehmen; mit den Parametern des Magneten $N = 28$ und $m = 19$ erhält man folgende Daten der Drossel:

$$w \cdot Q_{Fe} (B_{max} - B_{min}) = \int \dot{u} dt \approx \hat{U} \cdot \Delta t$$
$$\hat{U} \approx 15 \cdot \sqrt{2} \text{ kV} = 21,2 \text{ kV}; \quad \Delta t = 0,5 \text{ ms}$$

Die Remanenzinduktionen $B_{\max} = - B_{\min}$ werden vorläufig mit 17 kG eingesetzt. Damit erhält man

$$w \cdot Q_{\text{Fe}} = 3,23 \cdot 10^4 \text{ cm}^2$$

Man kann nun daraus die Windungszahl w der Arbeitswicklung und den Eisenquerschnitt Q_{Fe} bestimmen. Da zwischen Remanenz- und Sättigungsinduktion beim Material M6-W eine fühlbare Differenz besteht, sollte w nicht zu groß gewählt werden, damit die Induktivität im gesättigten Zustand nicht zu groß wird. (Dabei wird vorausgesetzt, daß im ungesättigten Teil die Hystereseschleife praktisch senkrecht verläuft). Andererseits darf w mit Rücksicht auf eine vertretbare Windungsspannung nicht zu klein werden. $w = 80$ ergibt eine Windungsspannung von 188 V; damit:

$$Q_R = \frac{3,23 \cdot 10^4}{80} \text{ cm}^2 = 405 \text{ cm}^2$$

Da auch der geringste Luftspalt die Wirkungsweise der Drosseln beeinträchtigt, müssen diese als Bandringkerne mit abgestufter Bandbreite gewickelt werden. Der Kern erhält dann einen angenähert runden Querschnitt, und die Spulen lassen sich maschinell auf einen rotierenden runden Isolierkörper wickeln. Mit einem Gesamtfüllfaktor von 70 % erhält der umschriebene Kreis einen Durchmesser von ungefähr 28 cm.

Weitere Ausführung:

Ölkühlung; Stromdichte $G \approx 3 \text{ A/mm}^2$; bei $I_{\text{eff}} = 620 \text{ A}$; Leiterquerschnitt $q = 3,6 \times 0,6 \text{ cm}^2$; Lagenwicklung (günstiger für die Abschaltung von Windungen): 8 Lagen zu je 10 Windungen. Arbeitswicklung innen, Steuerwicklung außen. Steuerwicklung: $\Theta_{\text{St}} = w \cdot \bar{I}_m$ wegen Aussteuerung bis zum Maximalwert des Magnetstromes. Der Querschnitt der Steuerwicklung trägt bei gleicher Stromdichte das $\frac{1}{0,62}$ fache der Arbeitswicklung; es wird für die Steuerwicklung also 60 % mehr Wickelraum benötigt. Man erhält dann die in Abb. 4 gezeigten Hauptabmessungen der Steuerdrossel

Kupfergewicht	G_{Cu}	=	800 kg
Eisengewicht	G_{Fe}	=	870 kg
Kupferverluste, ges.	V_{Cu}	=	17,5 kW
Eisenverluste	V_{Fe}	=	2,6 kW

Wirkwiderstand der Arbeitswicklung $r_a = 0,0105 \text{ Ohm}$

Kupferverluste in der Arbeitswicklung 4,4 kW; davon:

Gleichstromverluste 2,6 kW

Wechselstromverluste 1,8 kW

mittlere Kraftlinienlänge des Kerns 270 cm

mittlerer Wert der Induktivität im
entsättigten Gebiet $L_{Dr} = 9 \text{ H}$

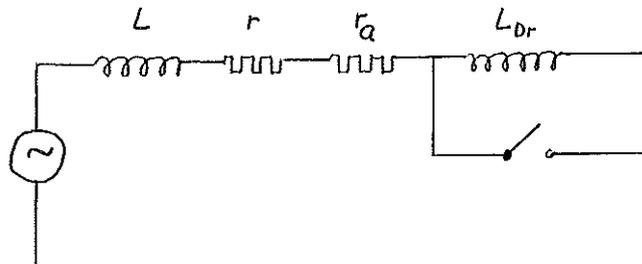
Induktivität einer Magneteinheit $L = 0,138 \text{ H}$

Wirkwiderstand einer Magnet/Einheit $r = 0,0216 \text{ Ohm}$

Die Induktivität der Steuerdrossel im gesättigten Zustand läßt sich nur näherungsweise angeben, da der Verlauf der Hysteresekurve bei hohen magnetischen Feldstärken noch nicht bekannt ist. Außerdem ist sie auch noch abhängig vom Grad der Aussteuerung.

Es ist zu rechnen mit $L_{Drs} = 1 \dots 5 \cdot 10^{-3} \text{ H}$.

Die Umsteuervorgänge lassen sich bei Paralleleinspeisung der White-Schaltung qualitativ durch das folgende Ersatzschaltbild beschreiben:



Bei den Schaltvorgängen tritt eine flüchtige Stromkomponente i_f auf, und zwar ist beim Übergang

a) vom gesättigten ins ungesättigte Gebiet

$$T_1 = \frac{L + L_{Dr}}{r + r_a} \approx 300 \text{ s}$$

b) vom ungesättigten ins gesättigte Gebiet

$$T_2 = \frac{L}{r + r_a} \approx 4 \text{ s}$$

Beim Übergang a) wird mit der Zeitkonstanten T_1 , die gegenüber der Periodendauer sehr groß ist, der stationäre Zustand: Gleichstrom + sehr kleiner überlagerter Wechselstrom erreicht. Praktisch bedeutet das: der Stromverlauf ist nahezu horizontal.

Beim Übergang b) wird mit der Zeitkonstanten T_2 der stationäre Zustand, also der normale Magnetstrom erreicht.

Abb. 5 zeigt den Stromverlauf bei verschiedenen Aussteuerungen.

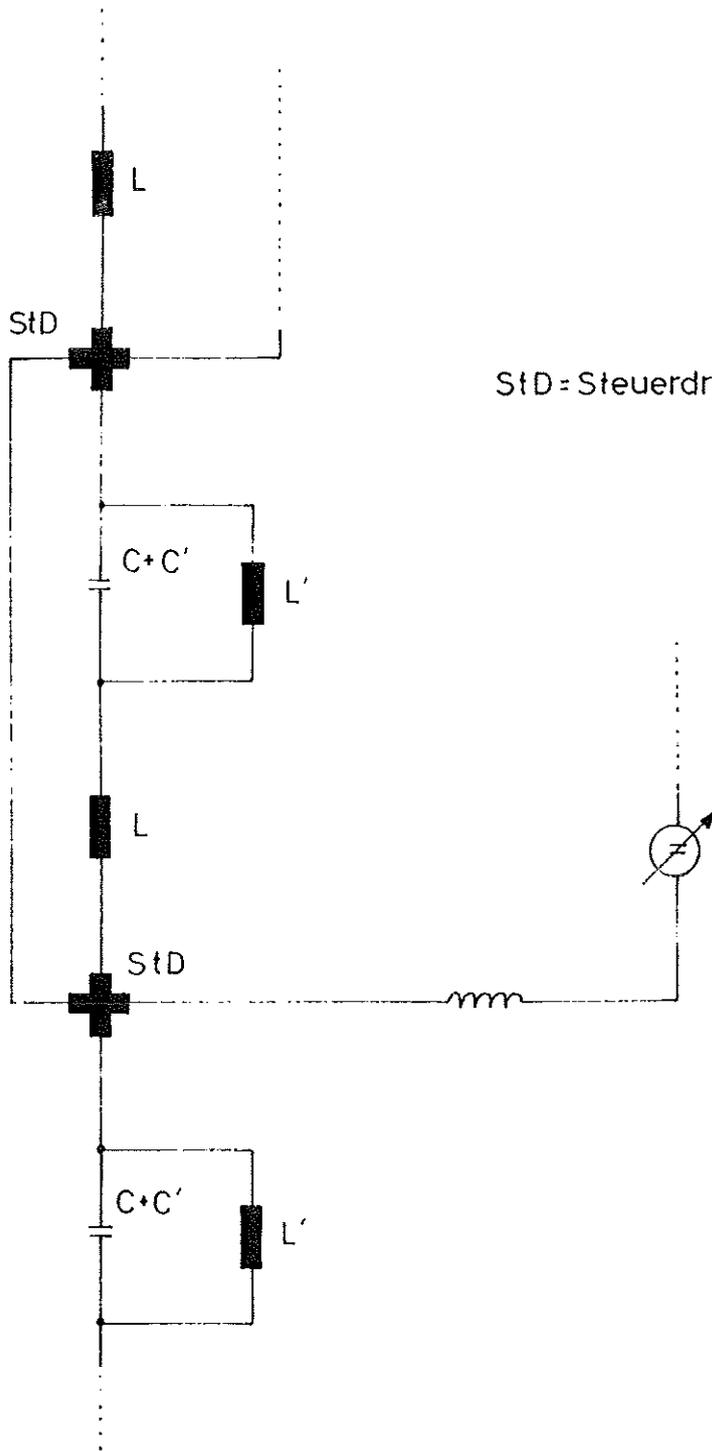
Die zeitliche Lage des Absatzes auf dem ansteigenden Ast der Stromkurve wird mit dem Steuerstrom eingestellt. Aus der Spannungskurve läßt sich bestimmen, welche Windungszahl eingestellt werden muß, damit die Zeitdauer der Stufe ungefähr 0,5 ms beträgt.

Da man bei der Arbeitswicklung immer nur jeweils eine ganze Lage zu- oder abschaltet, wird die Zeiteinstellung variieren.

Die Auswirkungen der Kurvenform-Änderung des Magnetstromes auf die Schaltung und die Stromquellen muß Gegenstand weiterer Untersuchungen und Modellversuche sein.

12.8.1958
Bo/Schw.

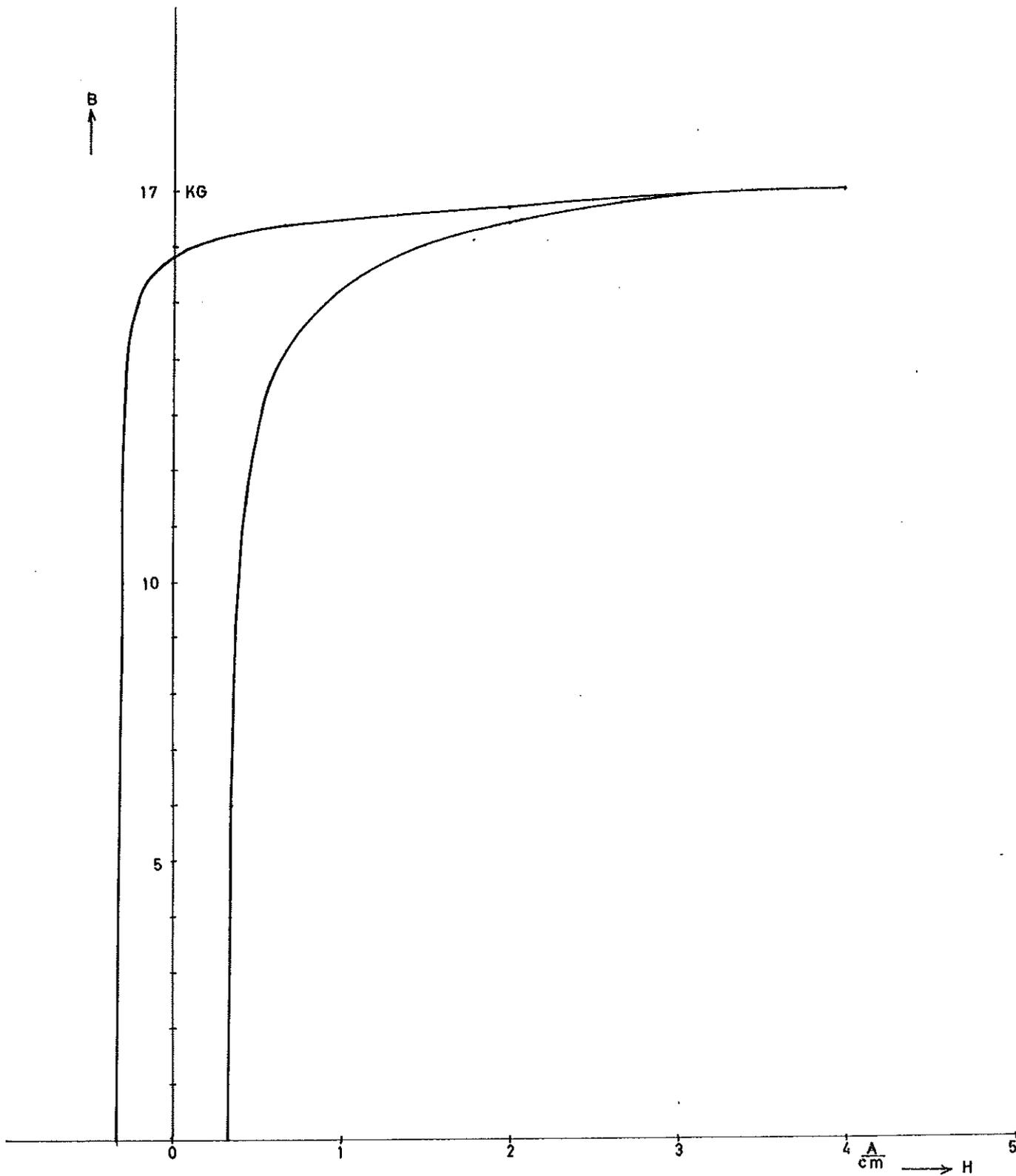
W. Bothe



StD = Steuerdrossel

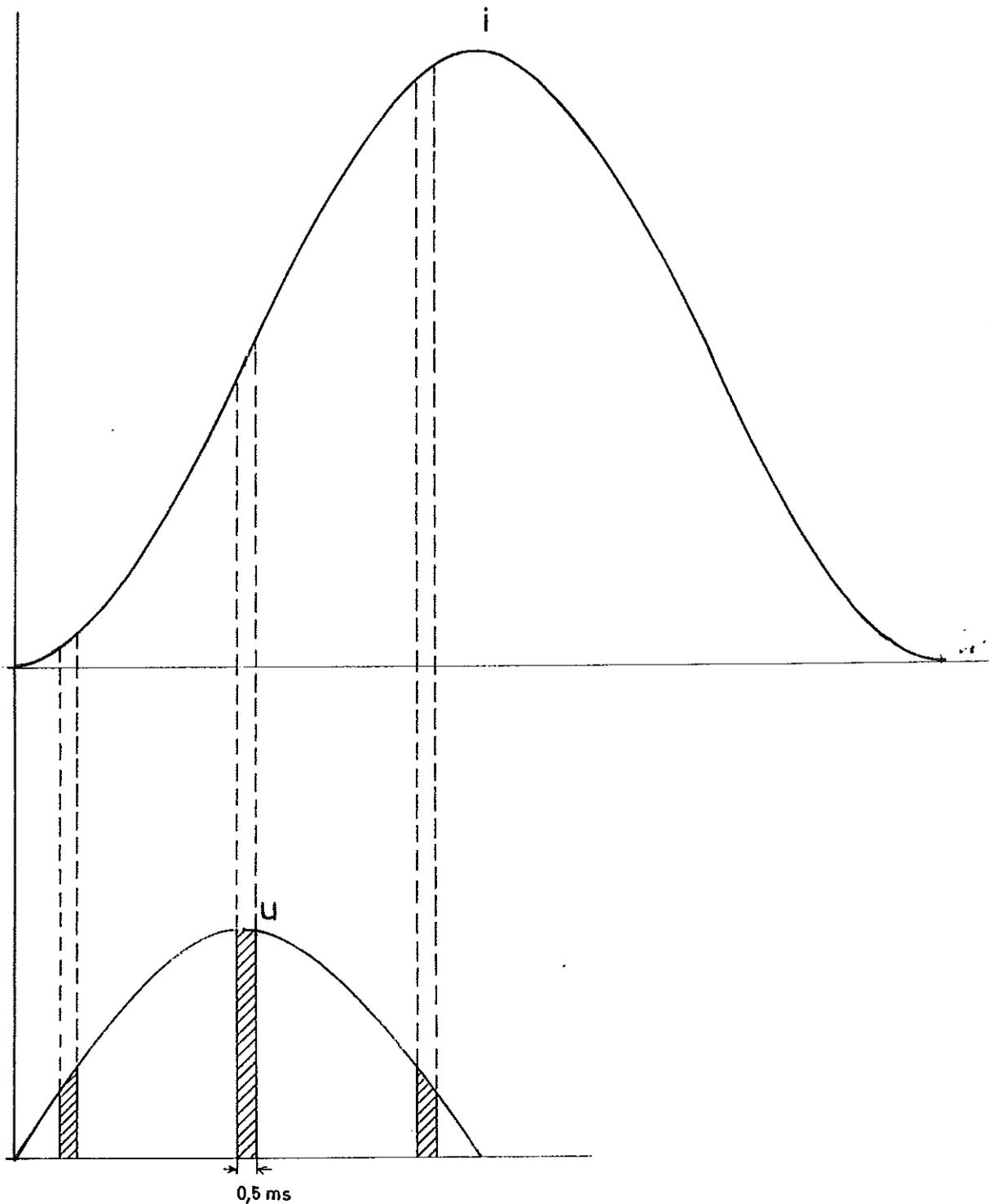
695/14.4

DESY		prüf:	Datum	Name	Gruppe:	
		name:	8.58	Ne	M6	
Metzstab:	Magnetstromversorgung mit Steuerdrosseln.	ser:			Zellen No.:	
<u>Abb. 1</u>						3
						dist. No.:
						1
						Erstellt von:
					Erstellt durch:	
					x qual:	
					gezeichnet von:	
					Autoren No.:	



695/15.4

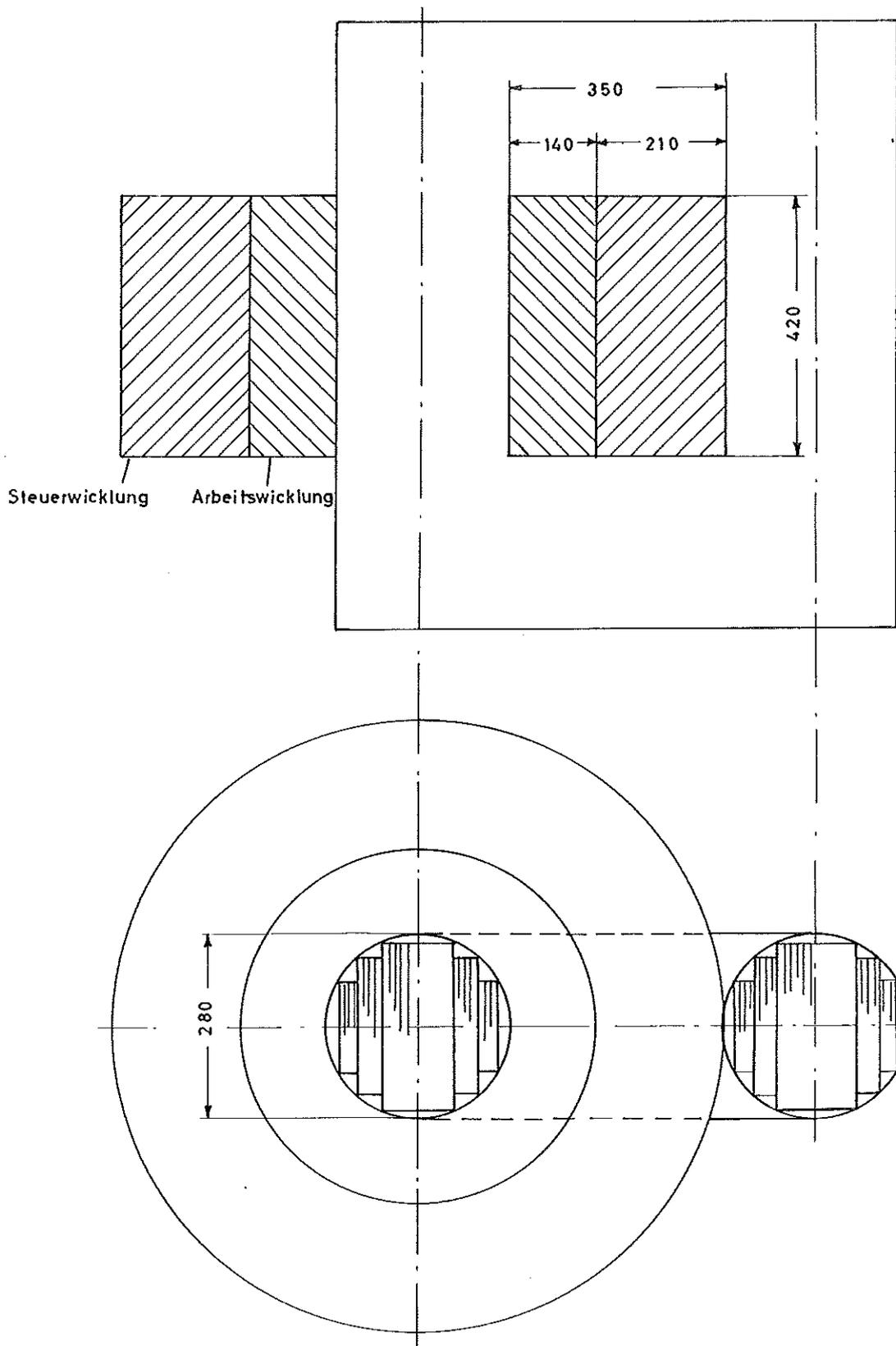
DESY	gez.:	Datum	Name	Gruppe: M6
	gepr.:	8.5.68	Ne	Zchn. No.: 3
	gen.:			Blatt No.: 2
				Ersatz für:
Maßstab:	Wechselstrom-Hystereseschleife von M6-W für $B_m=17000\text{ G}$; $f=60\text{ Hz}$			Ersatz durch:
<u>Abb.2</u>				x ausf.:
				ausgef. von:
				Auftrag No.:



0,5 ms

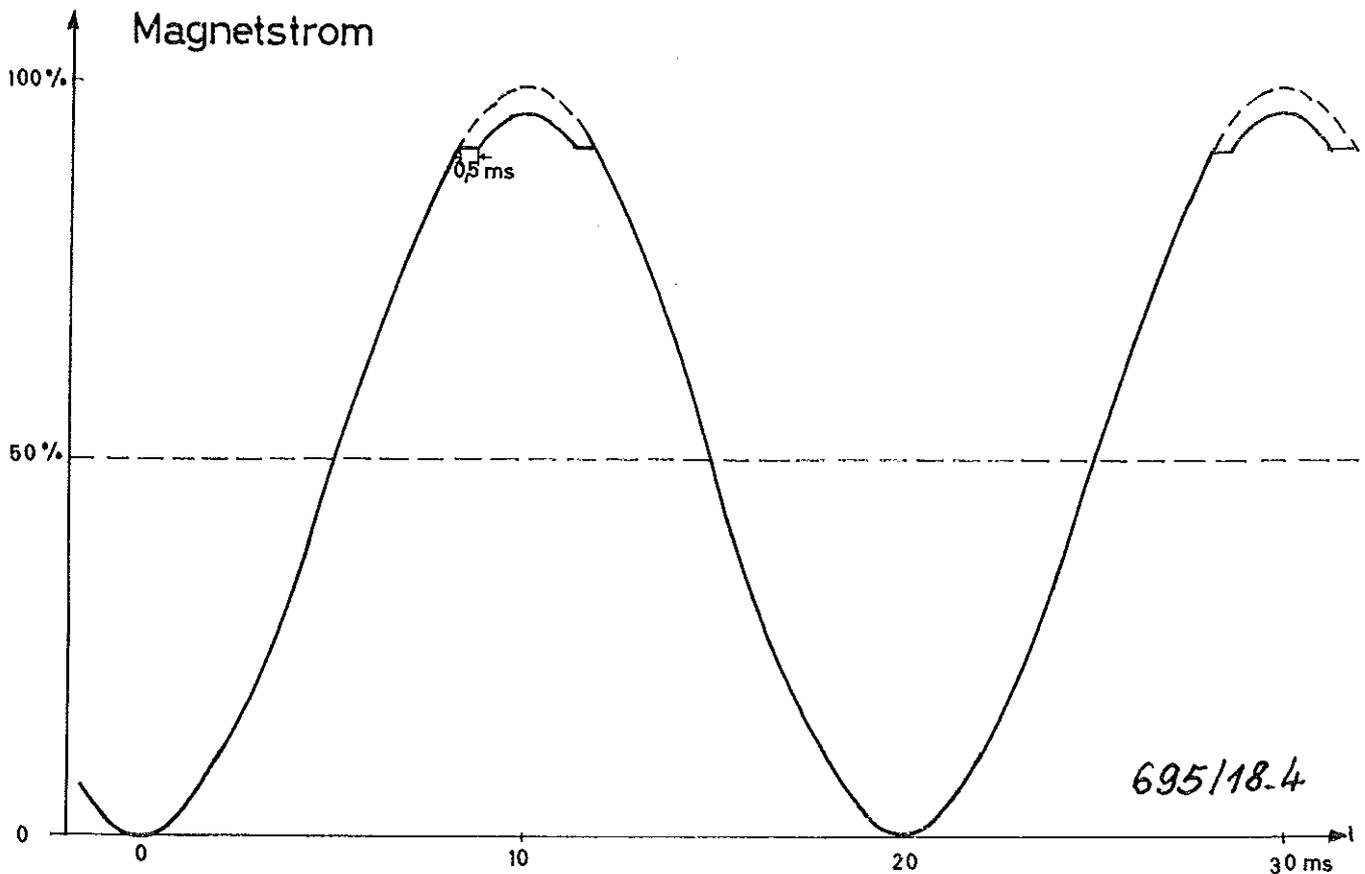
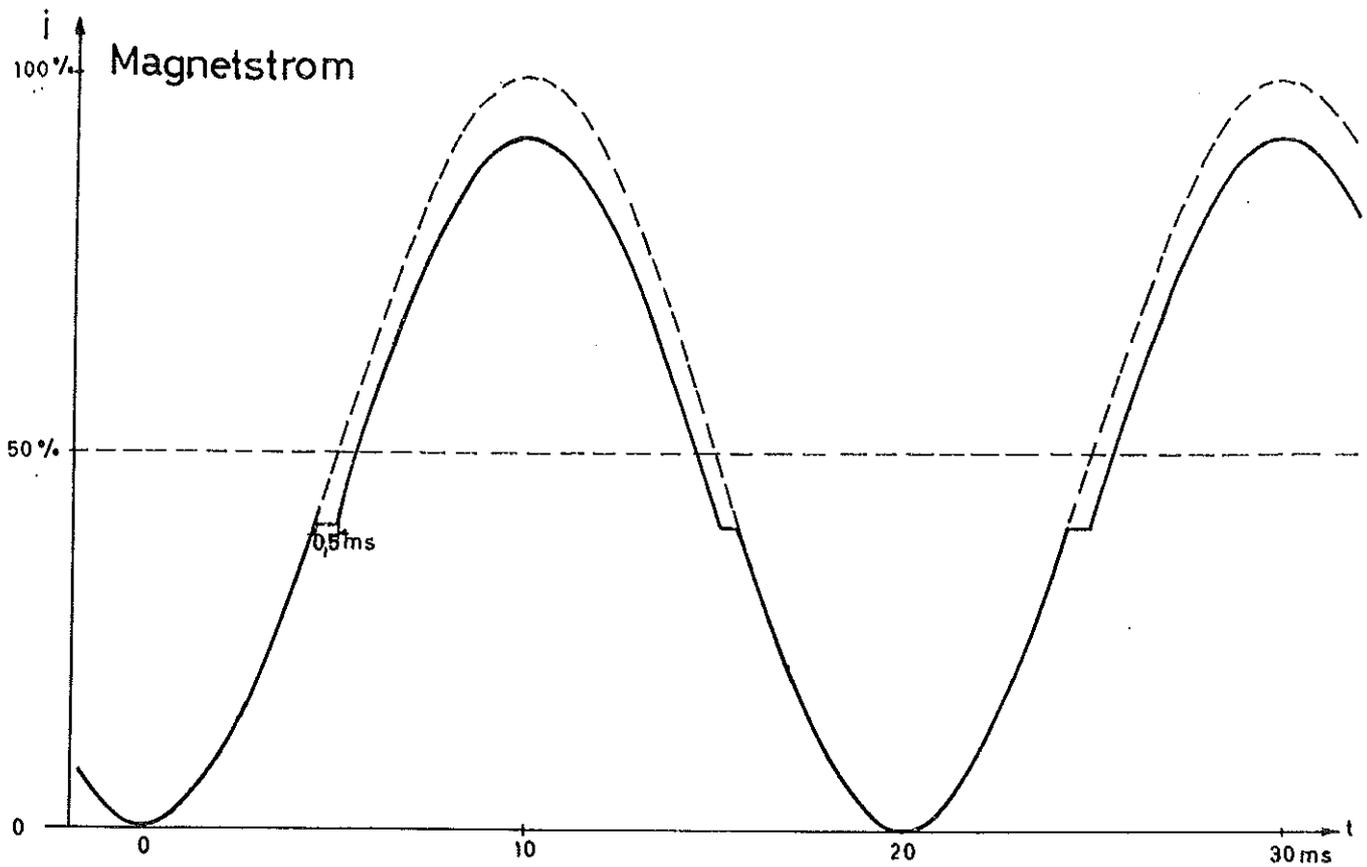
695/16.4

DESY	gez.:	Datum	Name	Gruppe:	M 6
	gepr.:	8 58	Ne	Zähl. No.:	3
	gen.:			Blatt No.:	3
				Ersatz Nr.:	
Maßstab:	Spannung und Strom des Magneten			Ersatz durch:	
<u>Abb. 3</u>				ausgel. von:	
				Auftrag No.:	



695/17.4

DESY	Datum	Name	Gründe:	M 6
	gez.:	858	Ne	3
	gepr.:			4
	gen.:			
Maßstab:	Hauptabmessungen der Steuerdrosseln			Ersatz für:
<u>Abb. 4</u>				Ersatz durch:
				x aus:
				ausgef. von:
			Auftrag No.:	



695/18-4

DESY	gez.:	Datum	Name	Gruppe:	M 6
	gepr.:	858	Ne	Zchr. No.:	3
	gen.:			Blatt No.:	5
				Ersatz für:	
Maßstab:	Kurvenform bei verschiedenen Aussteuerungen.			Ersetzt durch:	
<u>Abb. 5</u>				x ausf.:	
				ausgef. von:	
				Auftrag No.:	