

Zünden von Höchstspannungs-Funken-
strecken mittels Lichttriggerung

(Lighting of Very High Voltage Spark
Gaps by Means of Light Triggering)

J.G. Bäumlner

IPP 4/24

August 65

I N S T I T U T F Ü R P L A S M A P H Y S I K

G A R C H I N G B E I M Ü N C H E N

INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK

GARCHING BEI MÜNCHEN

IPP 4/21

J.G. Bäumler

Lighting of Very High Voltage
Spark Gaps by Means of Light
Triggering

August 1965 (in German)

Zünden von Höchstspannungs-Funken-
strecken mittels Lichttriggerung

ABSTRACT

(Lighting of Very High Voltage Spark
Gaps by Means of Light Triggering)

In order to avoid the in J.G. Bäumler when triggering
spark gaps in the very high voltage region a light trigger
system has been developed.

IPP 4/24

August 65

A spark gap as light source, mounted in sufficient distance
to the main gap, radiates its negative electrode with UV-
light. There the high-energetic light liberates photo elec-
trons which start the ignition.

Measurements of delay and jitter have been made on the main
spark gap at working voltages of 95...98 kV; 172,5...177,5 kV
and 240...247,5 kV.

*Die nachstehende Arbeit wurde im Rahmen des Vertrages zwischen dem Institut
für Plasmaphysik GmbH und der Europäischen Atomgemeinschaft über die
Zusammenarbeit auf dem Gebiete der Plasmaphysik durchgeführt.*

IPP 4/21 J.G. Bäumlér

Lighting of Very High Voltage
Spark Gaps by Means of Light
Triggering

August 1965 (in German)

ABSTRACT

In order to avoid the insulation problem when triggering spark gaps in the very high voltage region a light trigger system has been developed.

A spark gap as light source, mounted in sufficient distance to the main gap, radiates its negative electrode with UV-light. There the high-energetic light liberates photo electrons which start the ignition.

Measurements of delay and jitter have been made on the main spark gap at working voltages of 95...98 kV; 172,5...177,5 kV and 240...247,5 kV.

Inhalt =====

Zusammenfassung

Bei Zusammenfassung Hochspannungs-Funkenstrecken mit den Anordnungen, welche bei Schaltfunkenstrecken kleinerer Spannung

1. Problemstellung
2. Lichttriggeranordnung
- 2.1 Versuchsaufbau

2.2 Messung des Zündverzugs Δt und der Zeitstreuung s
Auswertung der Messungen

Eine Kathode der letzteren mit ultraviolettem Licht und macht dadurch Photoelektronen frei, welche den Zündvorgang einleiten.

Messung von Zündverzug und Zeitstreuung wurden bei Arbeitsspannungen von 95...98 kV; 172,5...177,5 kV und 240...247,5 kV an der Hauptfunkenstrecke durchgeführt.

1. Problemstellung

Das Zünden von Funkenstrecken bei Arbeitsspannungen von etwaigen 100 kV mit den Nachteilen, wie sie von Funkenstrecken kleinerer Spannung her bekannt sind, ist aus technischer

Zusammenfassung

Bei der Durchführung der Zündkreise mit galvanische Verbindung mit dem Hauptkreis und dürfte für die volle Spannung. Beim Triggern von Höchstspannungs-Funkenstrecken mit den Anordnungen, welche bei Schaltfunkenstrecken kleinerer Spannung verursacht werden, treten kaum lösbare Isolationsprobleme auf wegen der galvanischen Verbindung zwischen Zünd- und Hauptkreis. Es wird eine Lichttriggeranordnung beschrieben, welche diese Schwierigkeit vermeidet.

Eine Belichtungsfunkenstrecke, in ausreichendem Sicherheitsabstand von der Hauptfunkenstrecke montiert, beleuchtet die Kathode der letzteren mit ultraviolettem Licht und macht dadurch Photoelektronen frei, welche den Zündvorgang einleiten.

Messung von Zündverzögerung und Zeitstreuung wurden bei Arbeitsspannungen von 95...98 kV; 172,5...177,5 kV und 240...247,5 kV an der Hauptfunkenstrecke durchgeführt.

In welchem Bereich die Zündverzögerung unter 0,25 μ s enthalten sind. Dies entspricht einer Energie von ca. 1 eV. Die Austrittsarbeit von Kupfer ist 4,48 eV, so daß durch Bestrahlung der Kupferkathode mit dem Funkenlicht Elektronen ausgelöst und dadurch der Zündvorgang eingeleitet wird.

Über die genaue Spektralverteilung von Funkenlicht waren keine Literaturangaben zu finden. Eine Messung, besonders im Wellenlängenbereich unter 0,25 μ s, dürfte sehr aufwendig sein.

1. Problemstellung

Das Zünden von Funkenstrecken bei Arbeitsspannungen von einigen 100 kV mit den Methoden, wie sie von Funkenstrecken kleinerer Spannung her bekannt sind, ist isolationstechnisch kaum durchführbar. Der Zündkreis hat galvanische Verbindung mit dem Hauptkreis und müßte für die volle Spannung gegen Erde isoliert werden.

Durch Zusammenfahren der Elektroden oder Steigern der Spannung bis zum statischen Durchschlag läßt sich zeitgenaues Schalten natürlich nicht erreichen.

2. Lichttriggeranordnung

Ein Zünden der Funkenstrecke bei hoher Arbeitsspannung ohne Verbindung zwischen Zünd- und Hauptkreis läßt sich erreichen, wenn die Kathode mit kurzwelligem Licht bestrahlt wird.

Ein stromstarker elektrischer Funke, z.B. durch Entladen eines Kondensators erzeugt, liefert ein Linienspektrum, in welchem Linien mit Wellenlängen unter $0,25 \mu$ enthalten sind. Dies entspricht einer Energie von ca. 5 eV. Die Austrittsarbeit von Kupfer ist 4,48 eV, so daß durch Bestrahlen der Kupferkathode mit dem Funkenlicht Elektronen ausgelöst und dadurch der Zündvorgang eingeleitet wird.

Über die genaue Spektralverteilung von Funkenlicht waren keine Literaturangaben zu finden. Eine Messung, besonders im Wellenlängenbereich unter $0,25 \mu$, dürfte sehr aufwendig sein.

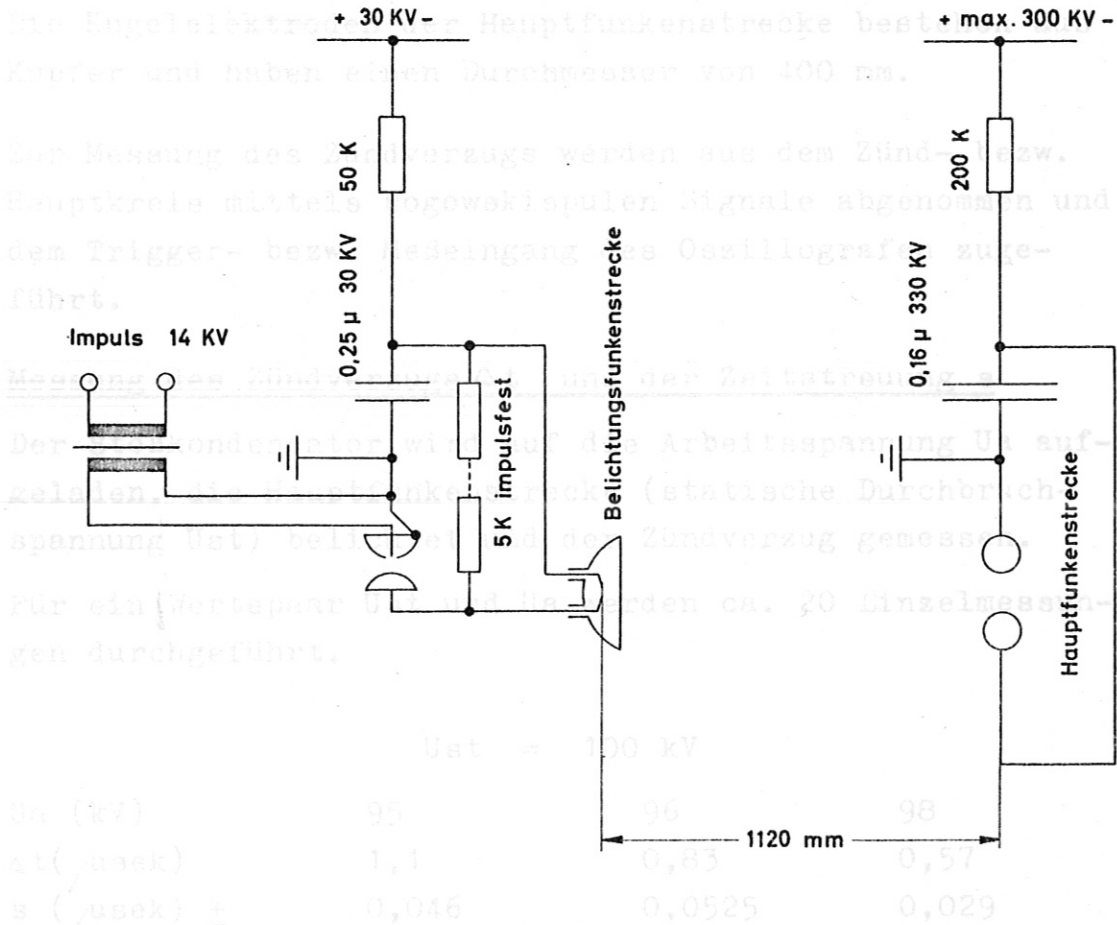
Leistete ist ein in Brennpunkt eines Parabolspiegels angeordnet und besteht aus zwei lumineszierenden mit einem leichten Abstand von 16 mm.

Der Abstand Beleuchtung - Hauptfunkenstrecke beträgt 1130 mm.

Hauptkreis: $C = 0,16 \mu F$; $f_a = 60 \text{ kHz}$;

Bei $U_0 = 250 \text{ kV}$ wird $I_{\text{max}} = 16 \text{ kA}$.

2.1 Versuchsaufbau



Der Stoßkreis für den Belichtungsfunken hat folgende Daten:

$$C = 0,25 \mu\text{F} \quad f_0 = 200 \text{ kHz} \quad 85\% \text{ durchschwingend}$$

$$\text{Bei } U_0 = 30 \text{ kV} \text{ wird } I_{\text{max}} = 9,5 \text{ kA}$$

$$\Delta t (U_0 = 30 \text{ kV}) \text{ konst. bei allen Messungen.}$$

Der geladene Zündkondensator wird über eine Dreielektroden-Funkenstrecke auf die Belichtungsfunkenstrecke geschaltet. Letztere ist etwa im Brennpunkt eines Parabolspiegels angeordnet und besteht aus zwei Aluminiumelektroden mit einem lichten Abstand von 16 mm.

Der Abstand Belichtung - Hauptfunkenstrecke beträgt 1120 mm.

$$\text{Hauptkreis: } C = 0,16 \mu\text{F}; \quad f_0 = 65 \text{ kHz}; \\ 82\% \text{ durchschwingend.}$$

$$\text{Bei } U_0 = 250 \text{ kV} \text{ wird } I_{\text{max}} = 16 \text{ kA,}$$

Zur Bewertung der Beobachtungen:

Die Kugelelektroden der Hauptfunkenstrecke bestehen aus Kupfer und haben einen Durchmesser von 400 mm.

Zur Messung des Zündverzugs werden aus dem Zünd- bzw. Hauptkreis mittels Rogowskispulen Signale abgenommen und dem Trigger- bzw. Meßeingang des Oszillografen zugeführt.

2.2 Messung des Zündverzugs Δt und der Zeitstreuung s

Der Stoßkondensator wird auf die Arbeitsspannung U_a aufgeladen, die Hauptfunkenstrecke (statische Durchbruchspannung U_{st}) belichtet und der Zündverzug gemessen.

Für ein Wertepaar U_{st} und U_a werden ca. 20 Einzelmessungen durchgeführt.

$U_{st} = 100 \text{ kV}$

U_a (kV)	95	96	98
Δt (μsek)	1,1	0,83	0,57
s (μsek) \pm	0,046	0,0525	0,029
s (%) \pm	4,2	6,3	5,1

$U_{st} = 180 \text{ kV}$

U_a (kV)	172,5	175	177,5
Δt (μsek)	7,2	1,5	0,86
s (μsek) \pm	1,07	0,19	0,02
s (%) \pm	14,9	12,5	2,32

$U_{st} = 250 \text{ kV}$

U_a (kV)	240	242,5	245	247,5
Δt (μsek)	13,2	4	1,4	1,1
s (μsek) \pm	2,76	0,586	0,075	0,0083
s (%) \pm	20,9	14,7	5,5	0,76

Zur Auswertung der Messungen:

E = Meßwert einer Einzelmessung

n = Zahl der Einzelmessungen

$$\text{Zündverzug } \Delta t = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{n}$$

Absolutbetrag der Abweichung

$$|a_1| = E_1 - \Delta t; \dots; |a_n| = E_n - \Delta t$$

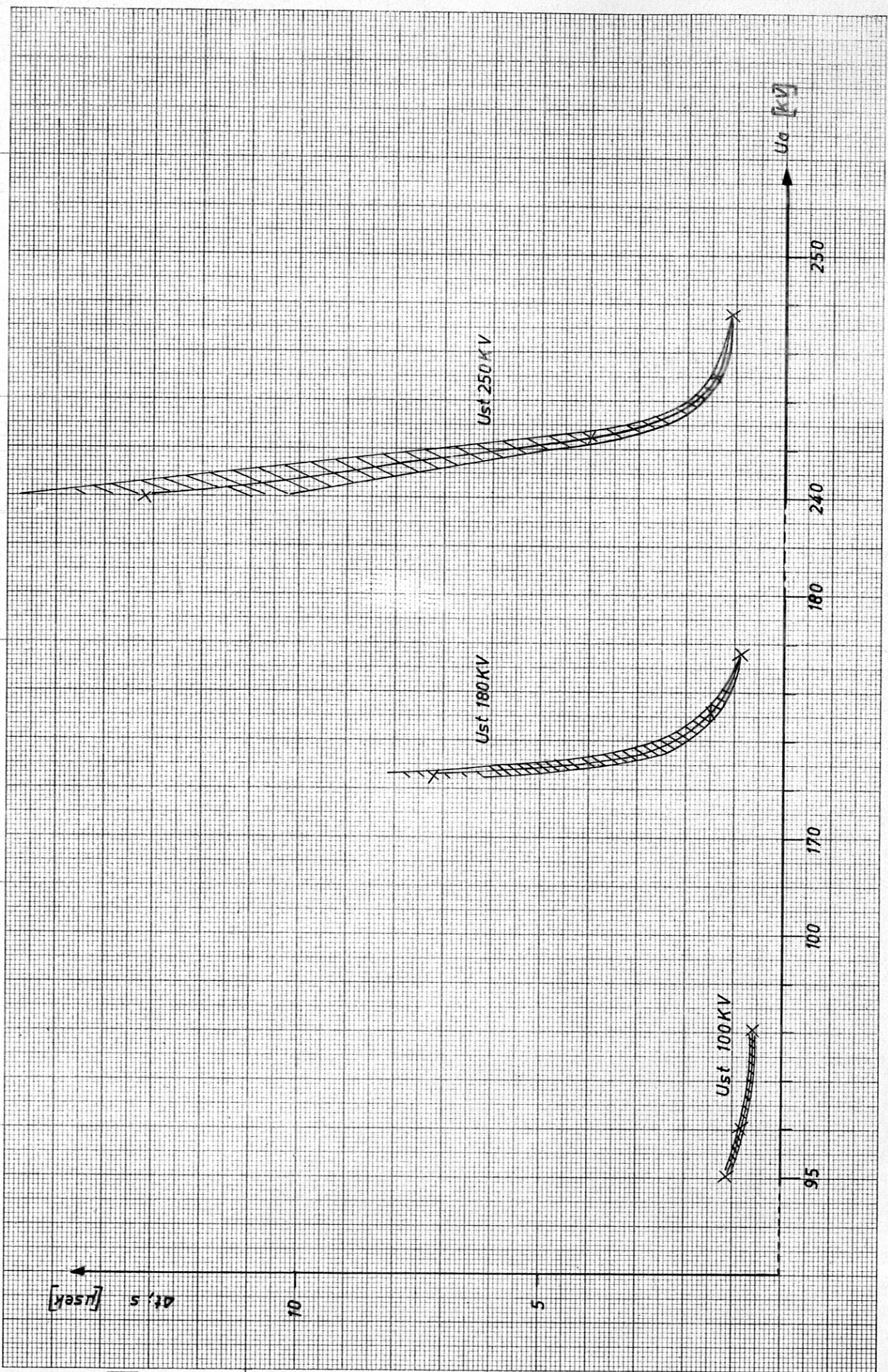
$$\text{Mittl. Streuung } s = \left(\frac{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2}{n} \right)^{1/2}$$

$$\text{Relative Streuung, bezogen auf } t \text{ s\%} = \frac{\Delta t}{s} \cdot 100\%$$

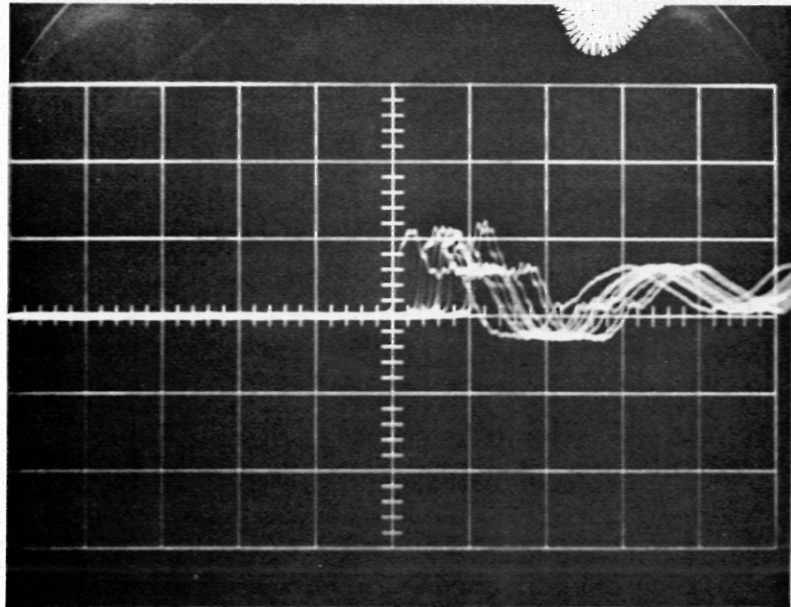
U₀ [kV]
250
240
180
170
100
55

U₀ 150 kV

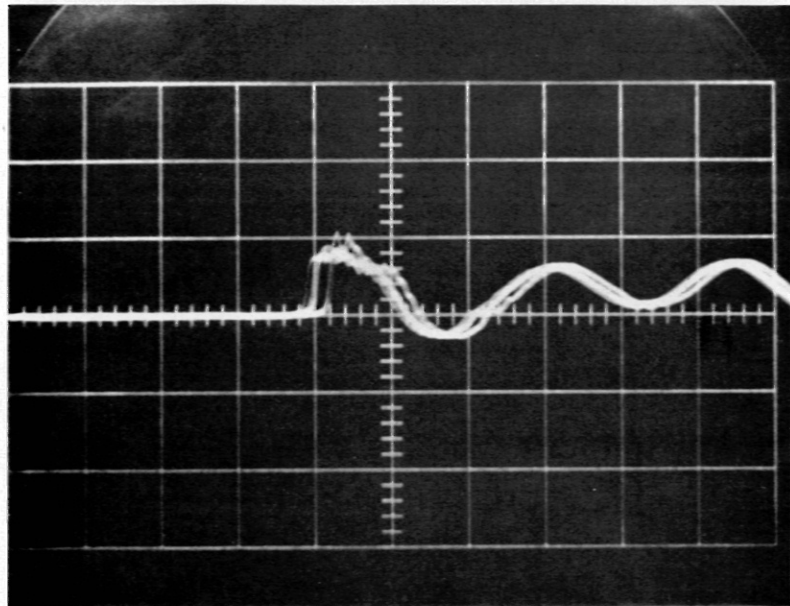
U₀ 100 kV



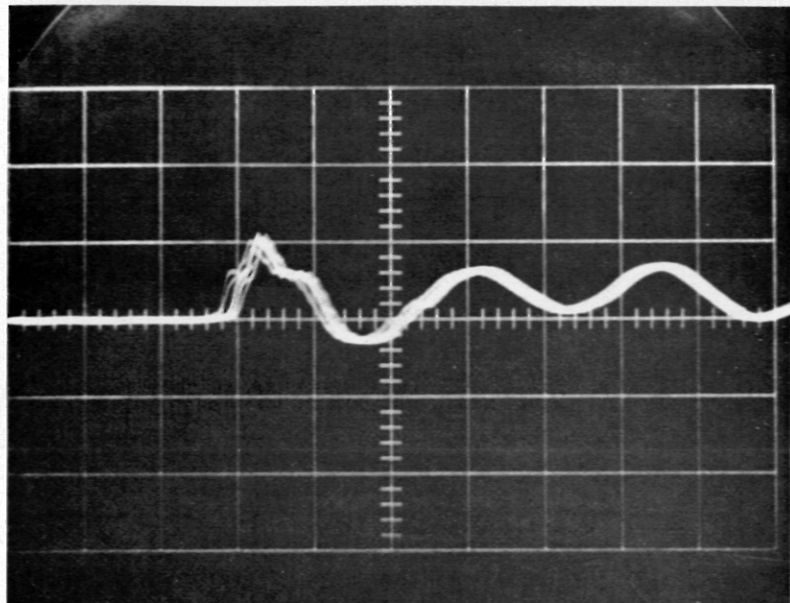
Ust = 100 KV
Ua = 95 KV
0,2 μ s / Tlg.
100 Aufn.



Ust = 100 KV
Ua = 95 KV
0,2 μ s / Tlg.
100 Aufn.



Ust = 100 KV
Ua = 98 KV
0,2 μ s / Tlg.
10 Aufn.



Ust = 180 KV
Ua = 177,5 KV
0,2 μ s / Tlg.
10 Aufn.

