Programmsteuergerät für Schaltkreis-Analogmodelle

(Program Controlled Switching Set for Switching Circuit Analog Models)

G. Herppich

IPP 4/20 Januar 1965

INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK

GARCHING BEI MÜNCHEN

INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK

GARCHING BEI MÜNCHEN

Programmsteuergerät für Schaltkreis-Analogmodelle

(Program Controlled Switching Set for Switching Circuit Analog Models)

G. Herppich

IPP 4/20 Januar 1965

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.

Inhaltsübersicht

Abstract

1. Aufgabenstellung

2. Auswahl der Schalter

3. Schaltersteuerung

3.1 Zeiteinstellung

3.2 Endverstärker

4. Aufbau

5. Schaltzeiten

6. Überprüfung der Schalterfunktion am Modell der 2,6 MJ-Batterie

IPP 4/20 G. Herppich Program Controlled Switching Set for Capacitor Bank Analog Models,

January, 1965 (in German).

ABSTRACT

For the analog representation of switching circuit such as capacitor banks a program controlled switching set with high switching time accuracy was necessary. As switch a single side stable mercury wetted relay of C.P. Clare, Chicago was used. To shorten the must operate time of the relays and mainly to eliminate mechanical jitter effects a special power amplifier was designed. This stage is controlled by the usual delay time set with variable delay times from 0,5 - 111 µs. For a must operate time of 1 ms there is a jitter of $\pm$ 0,3 µs.

1) Aufgabenstellung

Im Rahmen der Bearbeitung des Projektes 2,6 MJ-Batterie entstand die Aufgabe, an einem Analogmodell die gerechneten Ergebnisse zu überprüfen. Die Anlage besteht aus einer Haupt- und Vormagnetisierungsbatterie.

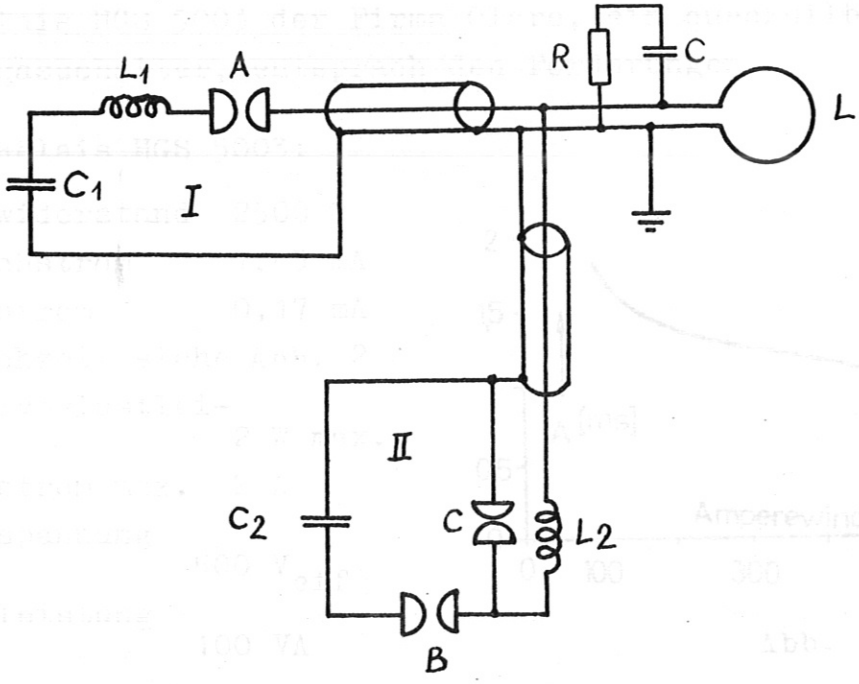


Abb. 1 Vereinfachtes Ersatzschaltbild der 2,6 MJ-Batterie

Für die Speisung der Theta-Pinch-Spule ist ein bestimmtes Spannungs- bzw. Stromprogramm vorgesehen, um die experimentell erforderlichen Daten im Entladungsgefäß herzustellen.

Beide Batterien werden über Funkenstrecken bzw. Ignitrons auf den Verbraucher geschaltet. Im Modell wurden die Funkenstrecken durch mechanische Schalter ersetzt. Um diese Schalter nacheinander zeitgenau steuern zu können und um eine präzise Auslösung eines Elektronenstrahloszillographen zu erhalten, war es erforderlich, ein programmgesteuertes Gerät zu entwerfen.

2) Auswahl der Schalter

Die Auswahl der Schalter geschah nach folgenden Gesichtspunkten:
Anstiegszeit $\leq$ 10 ns
nahezu völlige Prellfreiheit
bipolar
zu verwenden bei Ladespannungen ~ 10 V
Ansprechzeitdifferenz so klein wie möglich

Das Relais HGS 5003 der Firma Clare, ein quecksilberbenetzter Schutzgasschalter, entsprach den Forderungen.

Clare-Relais HGS 5003:

Spulenwiderstand	2500 Ω
Ansprechstrom	1,43 mA
Abfallstrom	0,17 mA
Ansprechzeit	siehe Abb. 2
Erregerverlustleistung	2 W max.
Schaltstrom max.	2 A
Schaltspannung max.	500 V_{eff}
Schaltleistung max.	100 VA

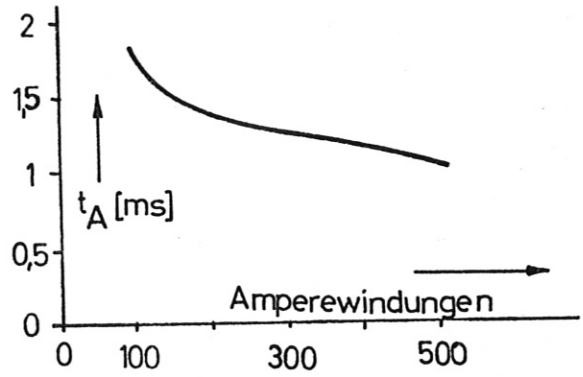


Abb. 2

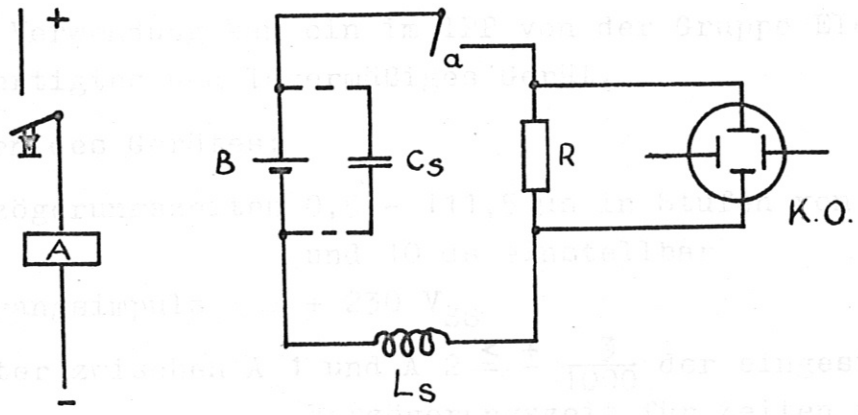


Abb. 3

Die Anstiegszeit wurde mit einer Anordnung nach Abb. 3 ermittelt. Den zeitlichen Verlauf der Spannung am Widerstand R zeigt das Oszillogramm Abb. 4. Die überlagerte hochfrequente Schwingung ergibt sich durch die unvermeidlichen Streuinduktivitäten L_S und Streukapazitäten C_S. Die Anstiegszeit ist < 10 ns.

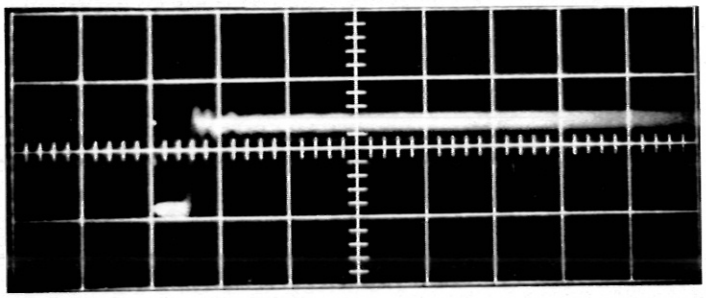


Abb. 4

Schalteranstieg 0,1 µs/T

< 10 ns 5 V/T

3) Schaltersteuerung

3.1) Zeiteinstellung

Mit der Steuereinrichtung sollen Schaltprogramme eingestellt werden, bei denen die einzelnen Befehle um einige Mikrosekunden gegeneinander verzögert sind. Die verlangte kleinstmögliche Ansprechzeitdifferenz erfordert ein Zeitverzögerungsteil mit sehr kleinem Jitter (siehe unter Schaltzeiten).

Zur Verwendung kam ein im IPP von der Gruppe Elektronik gefertigtes und lagermäßiges Gerät.

Daten des Gerätes:

Verzögerungszeiten 0,5 - 111,5 µs in Stufen von 1 µs und 10 µs einstellbar

Ausgangsimpuls + 230 V_{SS}

Jitter zwischen A 1 und A 2 $\leq \pm \frac{3}{1000}$ der eingestellten Verzögerungszeit für Zeiten von $\geq$ 3 µs.

Dieses Gerät gibt einen kurzen (100 µs) Impuls ab, dessen Mittelwert nicht ausreicht, um ein quecksilberbenetztes Relais HGS 5003 zum Anzug zu bringen.

Um die notwendige Erregerleistung zu erhalten, wurde eine Endstufe aufgebaut, die - einmalig angesteuert von dem Zeitverzögerungsgerät - einen Dauerstrom abgibt.

3.2) Endverstärker

Wie Abb. 5 zeigt, handelt es sich bei dem Endverstärker um ein Thyratron, in dessen Katodenleitung die Relaisspule liegt. Wird das Gitter des Thyratrons durch einen positiven Impuls angesteuert, zündet es durch. Der Katodenstrom des Stromtors liefert dann die Erregerleistung für das Relais.

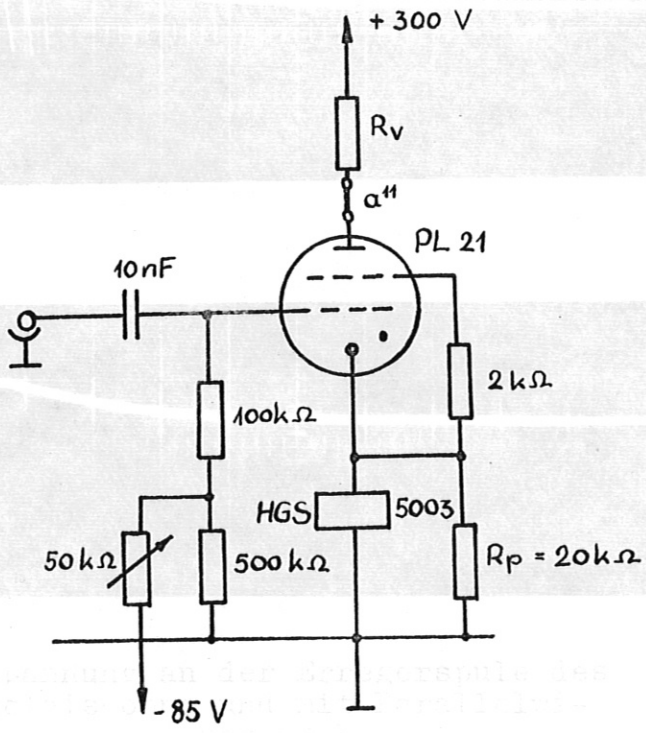


Abb. 5 Endverstärker

Der maximale Dauerstrom durch die Relaisspule ist mit dem Vorwiderstand R_v begrenzt und zwar so, daß die maximal zulässige Verlustleistung von 2 W nicht überschritten wird. Parallel zur Relaisspule liegt ein 20 kΩ Widerstand R_p. Ist dieser Widerstand R_p nicht vorhanden, so kommt das Thyratron durch die an der Relaisspule induzierte Gegenspannung wieder zum Erlöschen. Ist der Ansteuerimpuls am Gitter genügend lang, zündet und löscht das Thyratron so lang bis die Gegenspannung an der Relaisspule klein genug ist, um das Thyratron nicht mehr zum Erlöschen zu bringen.

Die Oszillogramme Abb. 6 und 7 zeigen den zeitlichen Verlauf der Spannung an der Erregerspule ohne und mit Widerstand R_p.

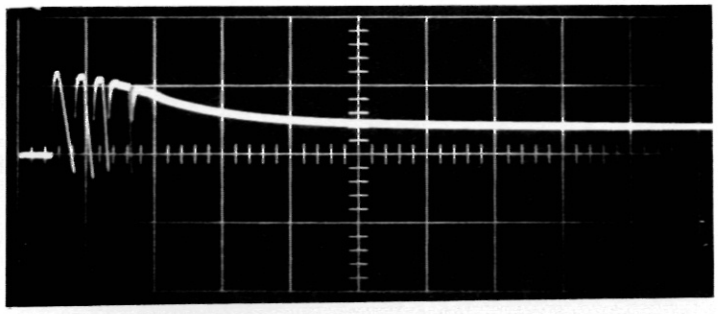


Abb. 6

ohne R_p

0,2 ms / T

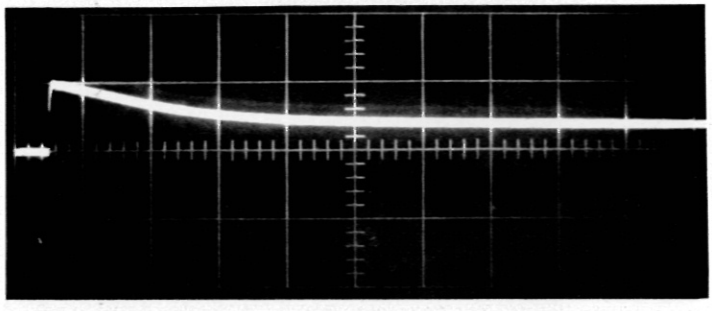


Abb. 7

mit R_p

Spannung an der Erregerspule des Relais ohne und mit Parallelwiderstand R_p

4) Aufbau

Drei solcher Stromtorstufen wurden zu einer Einheit in einen 19"-Vierteleinschub zusammengebaut.

Um die Relais zum Abfall zu bringen, muß der Katodenstrom jeder Röhre kurzzeitig unterbrochen werden. Hierzu befindet sich in jeder Anodenleitung ein Ruhekontakt (a 11; b 11; c 11) eines Relais. Jede der drei Stufen kann entweder getrennt oder gemeinsam über eine Taste gelöscht werden.

Sowohl die Anoden- als auch die Gitterspannungen der Stromtore sind stabilisiert.

Durch ein Taktgerät werden die Schaltkreise ausgelöst und wieder gelöscht.

Ein Gerät für maximal sechs Schaltkreise mit Zeitverzögerung, Endstufe, Takter und Stromversorgung zeigt Abb. 8.

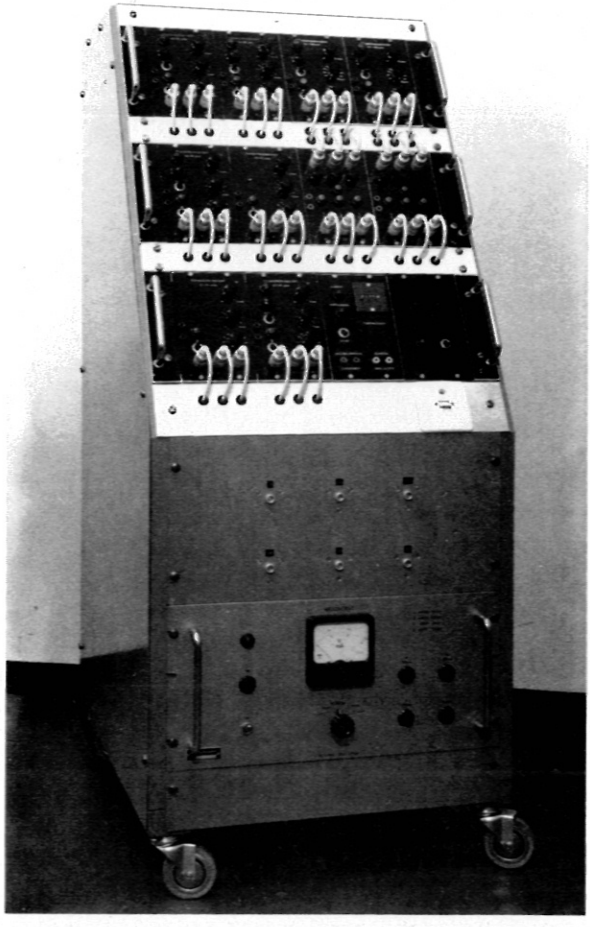


Abb. 8
Steuergerät für maximal 6 Schaltkreise

5) Schaltzeiten und Genauigkeit

Der Jitter der Ansprechzeiten der Relais ist zwar mit Hilfe einer hohen Erregung und steilem Ansteuerpuls auf ein Minimum herabgesetzt, ist aber dennoch bestimmend für den gesamten Schaltkreis (Zeitverzögerungsteil + Endverstärker + Relais). Die zeitlichen Schwankungen der Schaltzeitpunkte des Zeitverzögerungsteils + Endverstärker (3 ‰ der eingestellten Verzögerungszeit) ist gegenüber dem Jitter der Relais vernachlässigbar.

Bei einmaliger Auslösung (Wiederholpause 5 s) ergibt sich eine Ansprechzeit von 1 ms $\pm$ 0,3 µs bei 30 mA Katodenstrom.

Der Bereich der Zeitstreuung zwischen Oszillographenauslösung und Schließen des Relaiskontaktes eines Schaltkreises wurde als dessen Jitter definiert.

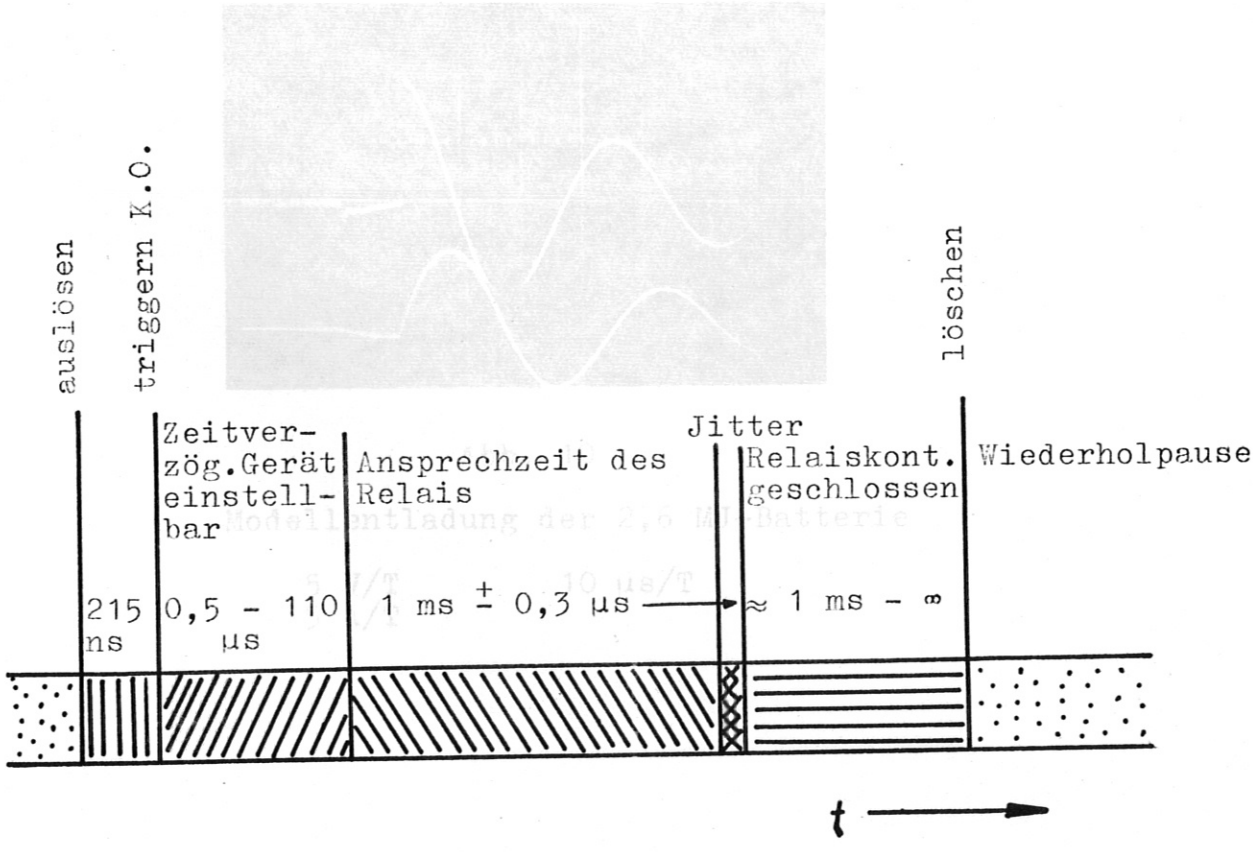


Abb. 9 Zeitfolge

6) Überprüfung der Schalterfunktion am Modell der 2,6 MJ-Batterie

Das Modell besteht aus zwei Kondensatorbatterien, einer Hauptbatterie I und einer Vormagnetisierungsbatterie II (Abb. 11).

Zunächst wird mit 10 us Anstiegszeit Batterie II über ein Kabel auf den Verbraucher L geschaltet. Hat der Strom sein Maximum erreicht, schließt der Schalter C den Crowbar-Kreis der Vormagnetisierungsbatterie. Etwa 10 µs nach Zuschalten der Batterie II erfolgt die Entladung der Hauptbatterie I mit 10 µs Anstiegszeit ebenfalls auf die Spule L.

Abb. 10 veranschaulicht das beschriebene Programm in Form des zeitlichen Verlaufs der Verbraucherspannung und des Verbraucherstromes.

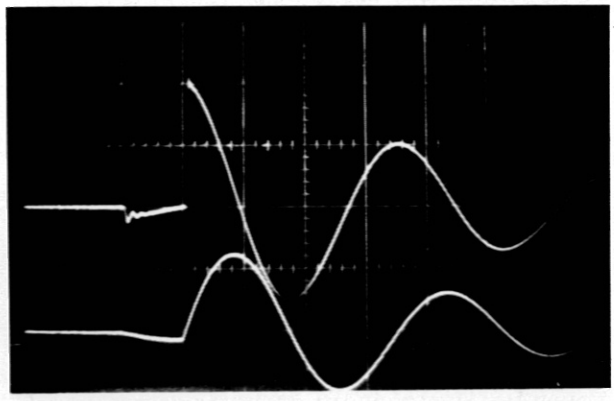


Abb. 10

Modellentladung der 2,6 MJ-Batterie

5 V/T 10 µs/T
5 A/T

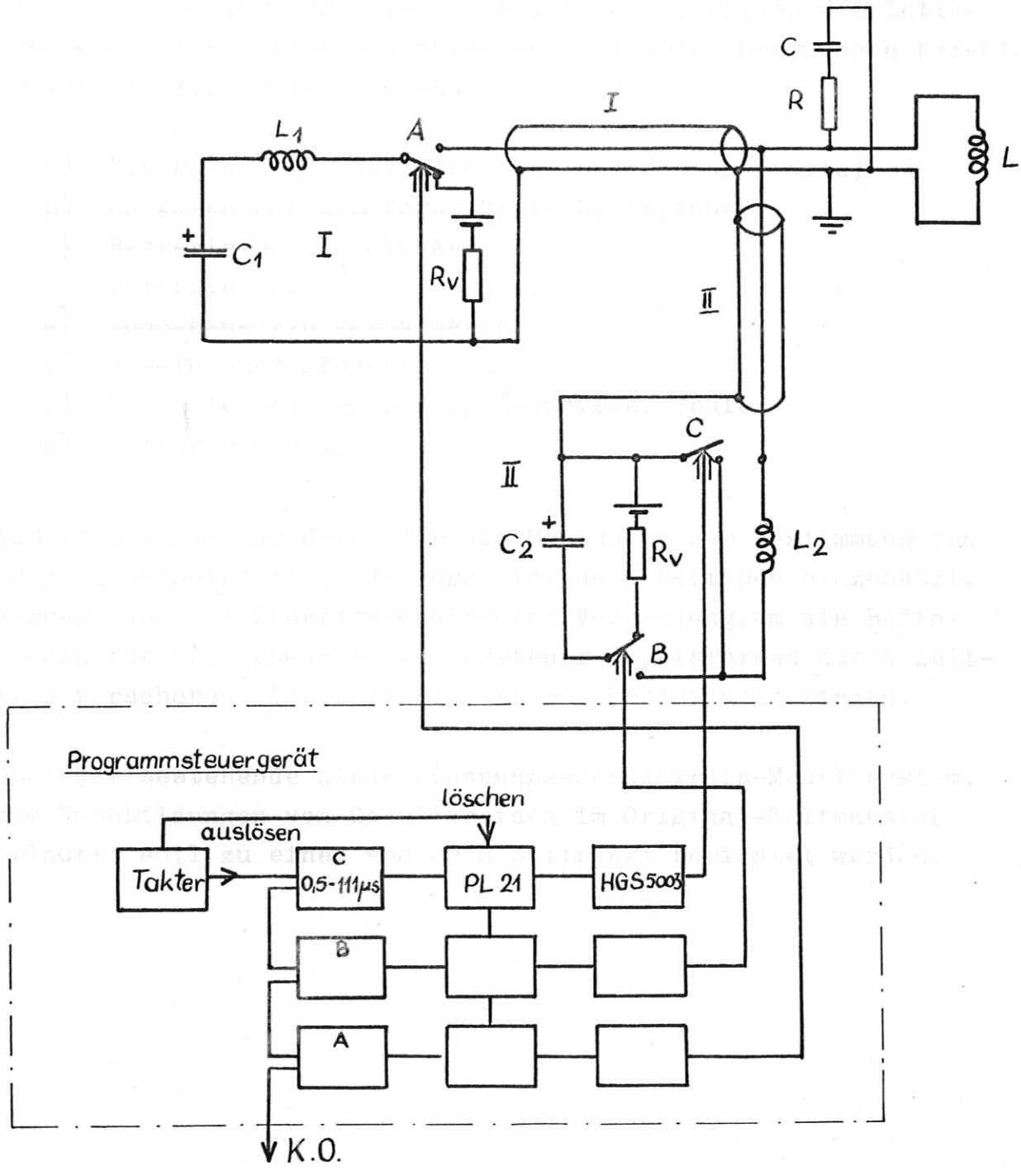


Abb. 11 Schaltersteuerung für das Modell der 2,6 MJ-Batterie

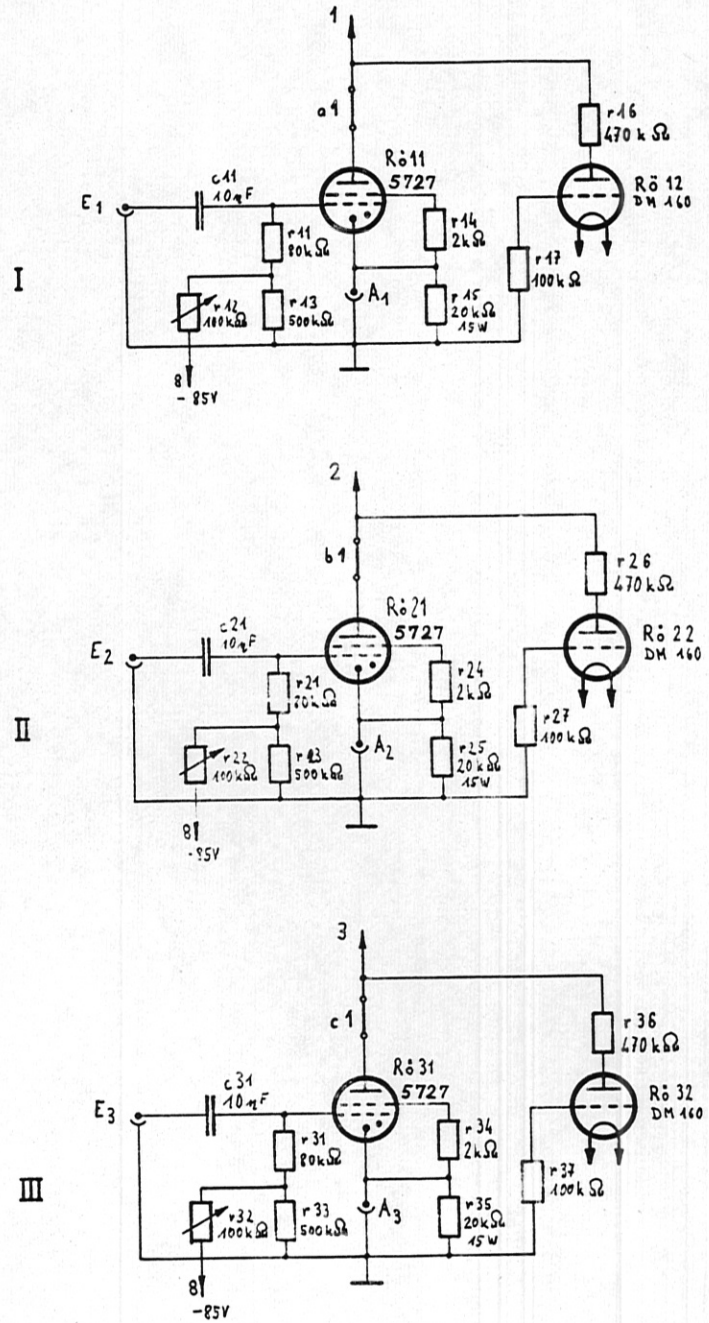
7) Anwendung und Hinweis auf das Schaltkreis-Modellsystem

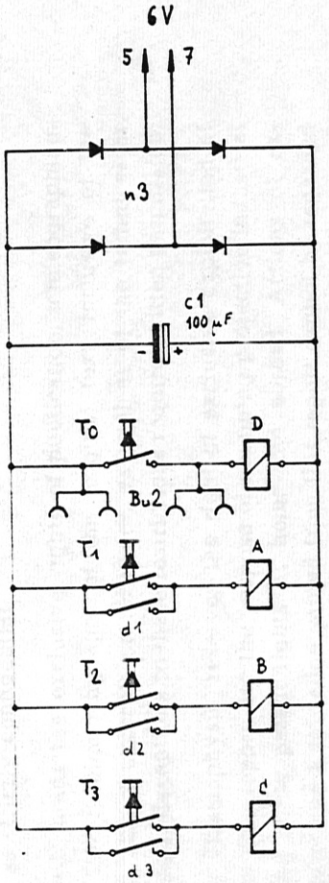
Mit Hilfe des Gerätes, wie es Abb. 9 zeigt, wurden die Entladungscharakteristiken verschiedener Batterie-Anordnungen bereits ermittelt. Z.B. seien erwähnt:

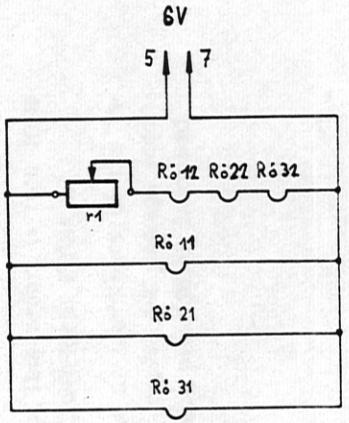
a) 2,6 MJ-Anlage (Normalbetrieb und Störungsfälle)
b) 60 kJ-Anlage zum Torus θ-Pinch, "Spinne"
c) Batterie Dr. Herold Abt. 1
d) Batterie Dr. Eberhagen Abt. 1
e) Shockbank 27o kJ-Batterie
f) gemeinsames Projekt
g) Batterie mit zweiseitig gespeister Spule
h) Batterie 400 kJ

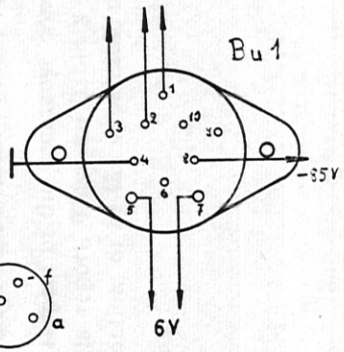
Außerdem wurde das Gerät für die Messungen zur Bestimmung von Beschaltungseinheiten für verschiedene Kabeltypen eingesetzt. Ferner fand das Programmschaltgerät Verwendung,um die Bedingungen für die Erzeugung vorgegebener Impulsformen durch zeitlich verschobene Zuschaltung mehrerer Kreise aufzufinden.

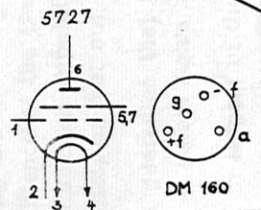
Über das bestehende Niederspannungs-Schaltkreis-Modellsystem, das Nachbildungen von Schaltkreisen im Original-Zeitmaßstab erlaubt, soll zu einem späteren Zeitpunkt berichtet werden.











Stck.	Benennung	Zeichnung Nr.	Werkstoff	1 Lfd. Nr.	Halbzeug Abmessungen	Fertig Gew. kg.	
Änderung							

			Tag	Name		
Passung	Abmaß	Gez.	11.1.65		Institut für Plasmaphysik G. m. b. H. Garching bei München	IPP Abt. Technik
		Gepr.	13.1.65	Hyp		P3 034
		Norm.			**Endverstärker** für 3 Schalter	Modellsystem 201.5/12
		Maßstab				
Stückl. Nr.		Maße ohne Toleranzang. nach				Ersatz für
Stückl. best. aus	Blatt					Ersetzt durch