

INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK

GARCHING BEI MÜNCHEN

Hochspannungsmessung in Stosstrom-
anlagen und Impulskreisen.

M. Ulrich

IPP 1/17

Dezember 1963

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.

Eine der wichtigsten Messungen bei der Entwicklung, beim Aufbau und Betrieb unserer Stosstromanlagen und Zusatzeinrichtungen ist die Messung von Hochspannungsimpulsen. Hierbei wirken besonders die Störungen im Versuchsraum erschwerend. Die Oszillographen, mit denen die Signale aufgezeichnet werden, müssen immer in Abschirmkabinen stehen, die Messteiler und Signalleitungen müssen gut geschirmt sein, und ausserdem soll die Signalleitung vom Messkopf zur Kabine von Fall zu Fall verschieden lang sein dürfen. Eine weitere Besonderheit unserer Anlagen ist die, dass statisch auf Erdpotential liegende Messpunkte im Stoss meist elektrisch angehoben werden. Eine Spannungsmessung zwischen zwei Punkten, die im Stoss beide nicht Erdpotential haben, muss dann mit Differentialteiler ausgeführt werden. All diese Forderungen werden, besonders bei Messspannungen bis 70 kV, von den wenigen im Handel befindlichen Hochspannungstastköpfen nicht erfüllt.

Wir mussten daher für unsere speziellen Anforderungen geeignete Hochspannungsmessköpfe bauen. Von diesen speziellen Teilern stehen uns bis heute 3 Typen zur Verfügung (kurze Beschreibung in der Anlage).

1. Ein Ohmscher Teiler

Dieser Teiler eignet sich für Messungen an stationär spannungsfreien, niederohmigen Punkten im Mittel bis zu 40 kV (kurze Stösse und überlagerte Schwingungen im MHz-Bereich bis zu 70 kV wurden ohne Beschädigung der Teiler schon gemessen). Mit Hilfe von 2 Messköpfen ist eine Differentialmessung möglich.

2. Ein kapazitiver Spannungsteiler

Mit diesem Teiler sind auch Messungen an stationär spannungsführenden Punkten (bis 30 kV statisch) möglich. (Z.B. Messungen an Kondensatoren oder geladenen Kabeln). Um eine grosse Konstante für den zeitlichen Spannungsabfall zu erreichen, ist dieser Teiler mit einem White-Kathodenfolger ausgestattet, der den messkopfseitigen Innenwiderstand von $1\text{ M}\Omega$ auf $120\ \Omega$ (Z_{Kabel}) transformiert. Der röhrenbestückte Kathodenfolger soll nun durch eine Transistorschaltung ersetzt werden. Dadurch wird eine nachteilige Erwärmung der Bauelemente sowie die Zuführung von Versorgungsleitungen aus der Messkabine vermieden. In das völlig abgeschirmte Gehäuse wird die notwendige Batterie eingebaut. 2 Messköpfe ermöglichen wiederum Differentialmessung.

3. Ein kapazitiver Spannungsteiler

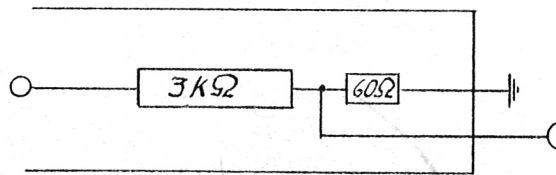
Dieser Teiler ist für sehr schnelle Vorgänge geeignet (Anstiegszeit 1,5 nsec) (z.B. Messung von Kerrspannungsimpulsen an Schaltungen in denen die Kerrzelle stationär Hochspannung führt, Messung von Funkenstreckenschaltzeiten, Messung an sehr schnellen Kabelschaltungen).

Ohmscher Hochspannungsteiler in Differentialschaltung

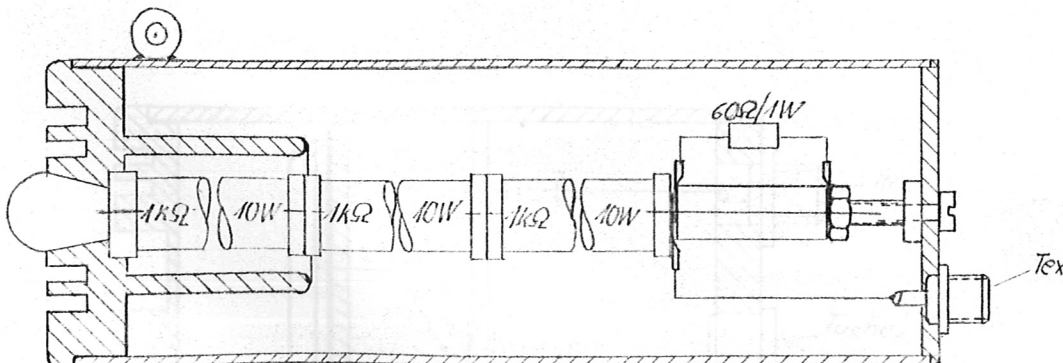
Geignet zur Messung von Impulsspannungen bis 40 kV. Die Meßpunkte müssen statisch spannungslos sein.

Anstiegszeit: 10 nsec
Frequenzbereich: 0 - 35 MHz
Eingangswiderstand: 3 k Ω
Teilerverhältnis: 100:1 bei Abschluß mit 60 Ω
zulässige Impulsdauer ca. 100 μ sec
Anmerkung: Das niedrige Teilerverhältnis ergibt ein hohes Nutz-/Störsignalverhältnis auf dem Ableitungskabel. Am Oszillographeneingang muß meist noch ein 10:1 Teiler verwendet werden. Die bei uns üblichen Vorsteckteiler (10:1, $R_{\text{Eing}} = 60\Omega$) verschlechtern den Anstieg nicht.

Prinzipschaltung:



Aufbau:



Kapazitiver Hochspannungsteiler in Differentialschaltung

geeignet zur Wechselspannungsmessung, auch an stationär spannungsführenden Teilen bis 40 kV. In Differentialschaltung dürfen beide Messpunkte heiss sein.

Anstiegszeit: 5 nsec

Dachabfall: 10% in 50 μ sec

Teilerverhältnis: $10^4:1$ Messkabel muss 120Ω Kabel sein

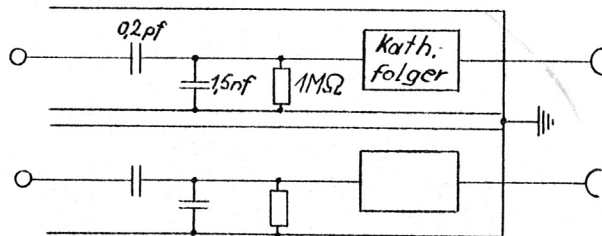
Eingangskapazität: ca. 3 pf

Speisespannung: $U_B = 240$ V stabilisiert (50 mA)

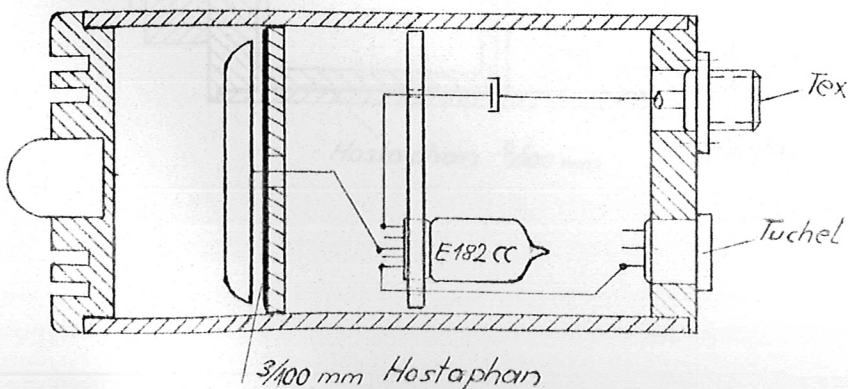
$U_{\text{Heizung}} = 6,3$ V an den Messköpfen. Bei langer Versorgungsleitung geringen Querschnitts Heizung an ca. 10 V legen und Strom durch Vorwiderstand auf 1,3 A (für beide Messköpfe zusammen) begrenzen.

Anmerkung: Nur in Kurzzeitbetrieb (ca. 10 min) betreiben, da die in den Messköpfen eingebauten Kathodenfolger die Bauelemente sonst unzulässig erwärmen. Mess- und Versorgungskabel gemeinsam schirmen.

Prinzipschaltung:



Aufbau:

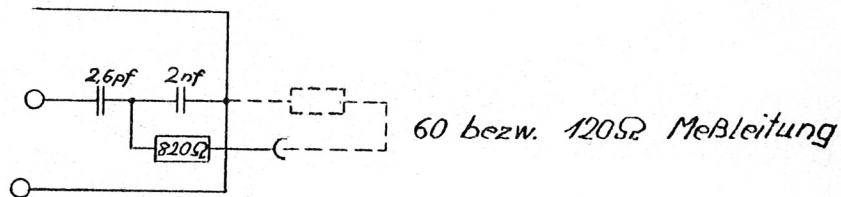


Kapazitiver Hochspannungsteiler

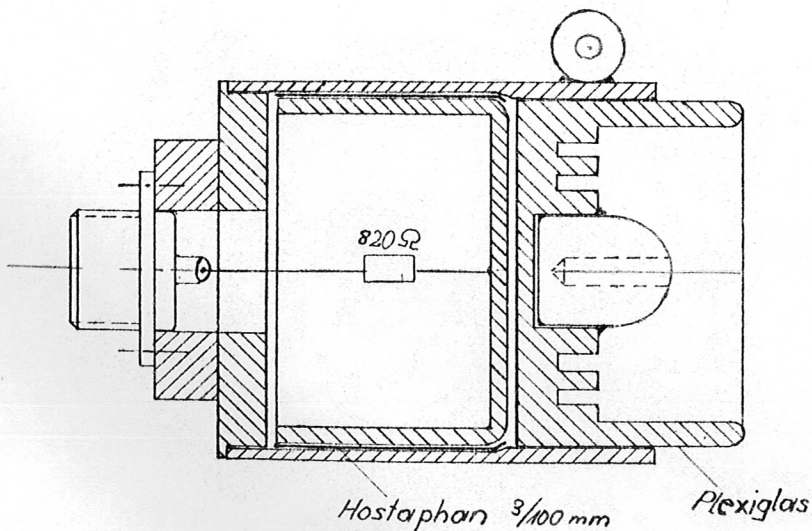
geeignet zur Messung von Impulsspannungen, auch an stationär spannungsführenden Punkten bis 30 kV.

- Anstiegszeit: 1,5 nsec
Dachabfall: 10% in 200 nsec
Teilerverhältnis: $10^4:1$ bei Verwendung eines 60Ω -Messkabels
 $5 \cdot 10^3:1$ bei " " 120Ω -Messkabels
Eingangskapazität: ca. 4 pf
Anmerkung: Das hohe Teilerverhältnis erfordert meist eine zusätzliche Abschirmung des Messkabels um Störsignale auf dem Kabel klein zu halten.

Prinzipschaltung:



Aufbau:



INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK

GARCHING BEI MÜNCHEN

Hochspannungsmessung in Stosstrom-
anlagen und Impulskreisen.

M. Ulrich

IPP 1/17

Dezember 1963

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.

Eine der wichtigsten Messungen bei der Entwicklung, beim Aufbau und Betrieb unserer Stosstromanlagen und Zusatzeinrichtungen ist die Messung von Hochspannungsimpulsen. Hierbei wirken besonders die Störungen im Versuchsraum erschwerend. Die Oszillographen, mit denen die Signale aufgezeichnet werden, müssen immer in Abschirmkabinen stehen, die Messteiler und Signalleitungen müssen gut geschirmt sein, und ausserdem soll die Signalleitung vom Messkopf zur Kabine von Fall zu Fall verschieden lang sein dürfen. Eine weitere Besonderheit unserer Anlagen ist die, dass statisch auf Erdpotential liegende Messpunkte im Stoss meist elektrisch angehoben werden. Eine Spannungsmessung zwischen zwei Punkten, die im Stoss beide nicht Erdpotential haben, muss dann mit Differentialteiler ausgeführt werden. All diese Forderungen werden, besonders bei Messspannungen bis 70 kV, von den wenigen im Handel befindlichen Hochspannungstastköpfen nicht erfüllt.

Wir mussten daher für unsere speziellen Anforderungen geeignete Hochspannungsmessköpfe bauen. Von diesen speziellen Teilern stehen uns bis heute 3 Typen zur Verfügung (kurze Beschreibung in der Anlage).

1. Ein Ohmscher Teiler

Dieser Teiler eignet sich für Messungen an stationär spannungsfreien, niederohmigen Punkten im Mittel bis zu 40 kV (kurze Stösse und überlagerte Schwingungen im MHz-Bereich bis zu 70 kV wurden ohne Beschädigung der Teiler schon gemessen). Mit Hilfe von 2 Messköpfen ist eine Differentialmessung möglich.

2. Ein kapazitiver Spannungsteiler

Mit diesem Teiler sind auch Messungen an stationär spannungsführenden Punkten (bis 30 kV statisch) möglich. (Z.B. Messungen an Kondensatoren oder geladenen Kabeln). Um eine grosse Konstante für den zeitlichen Spannungsabfall zu erreichen, ist dieser Teiler mit einem White-Kathodenfolger ausgestattet, der den messkopfseitigen Innenwiderstand von $1\text{ M}\Omega$ auf $120\ \Omega$ (Z_{Kabel}) transformiert. Der röhrenbestückte Kathodenfolger soll nun durch eine Transistorschaltung ersetzt werden. Dadurch wird eine nachteilige Erwärmung der Bauelemente sowie die Zuführung von Versorgungsleitungen aus der Messkabine vermieden. In das völlig abgeschirmte Gehäuse wird die notwendige Batterie eingebaut. 2 Messköpfe ermöglichen wiederum Differentialmessung.

3. Ein kapazitiver Spannungsteiler

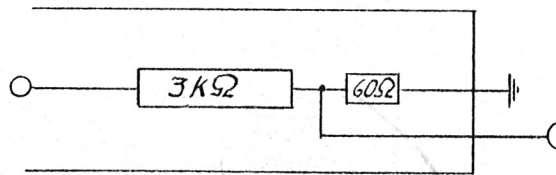
Dieser Teiler ist für sehr schnelle Vorgänge geeignet (Anstiegszeit 1,5 nsec) (z.B. Messung von Kerrspannungsimpulsen an Schaltungen in denen die Kerrzelle stationär Hochspannung führt, Messung von Funkenstreckenschaltzeiten, Messung an sehr schnellen Kabelschaltungen).

Ohmscher Hochspannungsteiler in Differentialschaltung

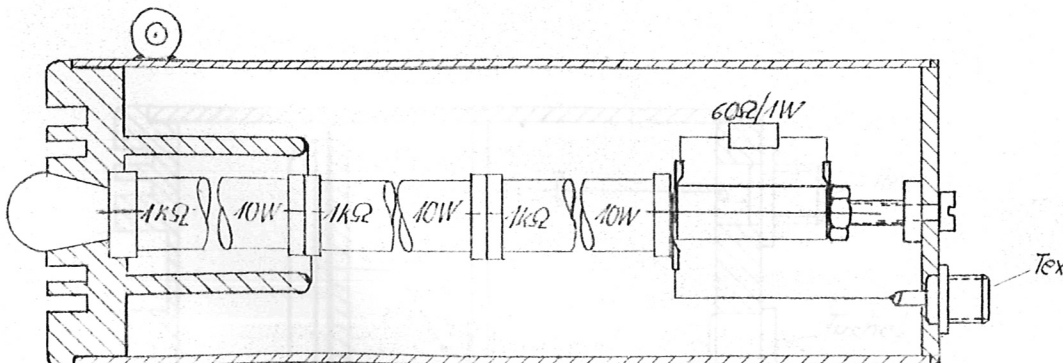
Geignet zur Messung von Impulsspannungen bis 40 kV. Die Meßpunkte müssen statisch spannungslos sein.

Anstiegszeit: 10 nsec
Frequenzbereich: 0 - 35 MHz
Eingangswiderstand: 3 k Ω
Teilerverhältnis: 100:1 bei Abschluß mit 60 Ω
zulässige Impulsdauer ca. 100 μ sec
Anmerkung: Das niedrige Teilerverhältnis ergibt ein hohes Nutz-/Störsignalverhältnis auf dem Ableitungskabel. Am Oszillographeneingang muß meist noch ein 10:1 Teiler verwendet werden. Die bei uns üblichen Vorsteckteiler (10:1, R_{Eing} = 60 Ω) verschlechtern den Anstieg nicht.

Prinzipschaltung:



Aufbau:



Kapazitiver Hochspannungsteiler in Differentialschaltung

geeignet zur Wechselspannungsmessung, auch an stationär spannungsführenden Teilen bis 40 kV. In Differentialschaltung dürfen beide Messpunkte heiss sein.

Anstiegszeit: 5 nsec

Dachabfall: 10% in 50 μ sec

Teilerverhältnis: $10^4:1$ Messkabel muss 120Ω Kabel sein

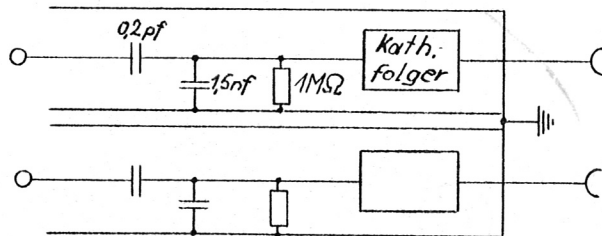
Eingangskapazität: ca. 3 pf

Speisespannung: $U_B = 240$ V stabilisiert (50 mA)

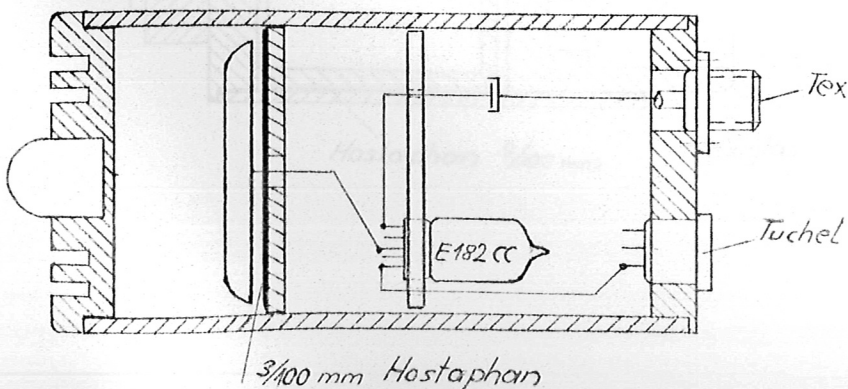
$U_{\text{Heizung}} = 6,3$ V an den Messköpfen. Bei langer Versorgungsleitung geringen Querschnitts Heizung an ca. 10 V legen und Strom durch Vorwiderstand auf 1,3 A (für beide Messköpfe zusammen) begrenzen.

Anmerkung: Nur in Kurzzeitbetrieb (ca. 10 min) betreiben, da die in den Messköpfen eingebauten Kathodenfolger die Bauelemente sonst unzulässig erwärmen. Mess- und Versorgungskabel gemeinsam schirmen.

Prinzipschaltung:



Aufbau:

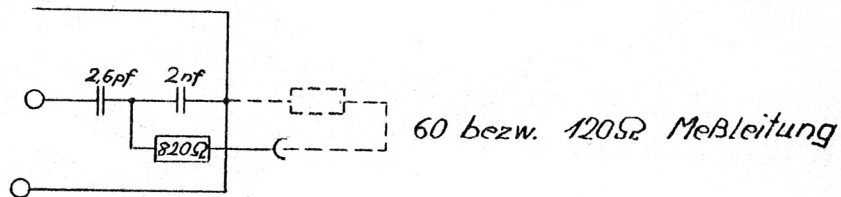


Kapazitiver Hochspannungsteiler

geeignet zur Messung von Impulsspannungen, auch an stationär spannungsführenden Punkten bis 30 kV.

- Anstiegszeit: 1,5 nsec
Dachabfall: 10% in 200 nsec
Teilerverhältnis: $10^4:1$ bei Verwendung eines 60Ω -Messkabels
 $5 \cdot 10^3:1$ bei " " 120Ω -Messkabels
Eingangskapazität: ca. 4 pf
Anmerkung: Das hohe Teilerverhältnis erfordert meist eine zusätzliche Abschirmung des Messkabels um Störsignale auf dem Kabel klein zu halten.

Prinzipschaltung:



Aufbau:

