

Dichtheitsprüfung eines Hydra-Kondensators
und Prüfung seiner Wickelableitungen auf
Stoßstromfestigkeit

M.Brandstetter
G.Wulff

IPP/4/2

Juli 1962

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

Dichtheitsprüfung eines Hydra-Kondensators
und Prüfung seiner Wickelableitungen auf
Stoßstromfestigkeit

M.Brandstetter
G.Wulff

IPP/4/2

Juli 1962

Inhaltsübersicht

- I. Veranlassung
- II. Aufgabe
- III. Demontage und konstruktive Anordnung
der Bauelemente des Kondensators
- IV. Prüfung der Dichtheit des Kondensatorgehäuses
und der Durchführungen
- V. Stoßstromprüfung einer Lötverbindungsstelle
der Wickelableitungen
- VI. Untersuchungsergebnis

I. Veranlassung

Für die 1,5 MJ-Kondensatorbatterie für die Abteilung Prof.Fünfer wurden bei den Hydra-Werken 3050 Kondensatoren mit folgenden elektrischen Daten bestellt :

Nennkapazität	1,11 μ F
Nennspannung	30 kV
Max. Strom	ca. 62 kA
Eigenfrequenz	ca. 330 kHz
Entladungsart	85 % durchschwingend
Tränkstoff	Cp A 30
Betriebsart	1 Entladung je 10 Min.

307 Kondensatoren wurden dem IPP bereits ausgeliefert. Nach etwa 4 Wochen wurden bei 13 Stück undichte Stellen, zumeist an den Porzellandurchführungen, festgestellt.

Gleichzeitig mit der Auslieferung nahm das Hydra-Werk festgelegte Lebensdauerprüfungen an drei Kondensatoren vor. Die garantierte Lebensdauer soll 10^5 Entladungen bei 30 kV und einige 1000 Entladungen bei 40 kV betragen. Die drei Prüfkondensatoren schlugen bei $2,9 \times 10^4$, $2,8 \times 10^4$ und $4,2 \times 10^4$ Entladungen bei 30 kV durch.

Diese Häufung von Schadensfällen gab dem IPP Veranlassung, einen Kondensator zu untersuchen.

II. Aufgabe

- a) Einer der 13 undichten Hydra-Kondensatoren ist zu öffnen und zu demontieren. Das Gehäuse ist nach der Demontage des Wickelpakets wieder öldicht zuzuschweißen, ohne daß die Porzellandurchführungen und deren Lötstellen beschädigt werden. Das Kondensatorgehäuse sowie deren Durchführungen sind mit Eosin auf Dichtheit zu prüfen. Bei Undichtheit ist die Ursache festzustellen.
- b) Die Ableitungen und deren Lötverbindungen sind auf Stoßstromfestigkeit zu untersuchen.

III. Demontage und konstruktive Anordnung der Bauelemente des Kondensators

Zur Untersuchung wurde ein Kondensator des Typs 96 609 mit der Fabr.Nr. 089 434 ausgewählt. Das Kondensatorgehäuse wurde an der Stoßkante Porzellandurchführungsdeckel - Gehäusemantel aufgeschliffen und das Clophen ausgegossen. Anschließend wurde das Wickelpaket mit Durchführungsdeckel und Durchführungen aus dem Gehäuse gezogen.

Eine der beiden Verbindungsflaschen zwischen Porzellandurchführung und Wickelpaket wurde am Wickelpaket von den Wickelableitungen abgetrennt und dann der Deckel mit den beiden Porzellandurchführungen und der einen losen Verbindungsflasche aus der anderen Lasche herausgedreht.

Da die Durchführungsbolzen mit der Verbindungsflasche nur verschraubt und nicht verlötet sind, war es auf diese Weise möglich, ohne Auslöten der Durchführungsbolzen aus den Porzellandurchführungen und ohne Auslöten der Porzellandurchführungen aus dem Deckel den Kondensator zu demontieren und somit die schadhafte Lötstellen der Durchführungen unbeeinflusst zu lassen.

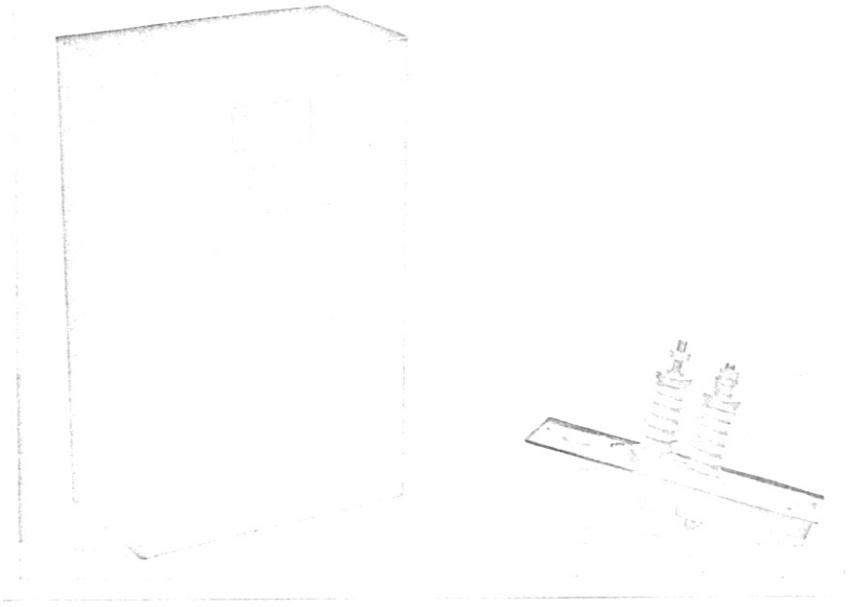


Bild 1

Aufgeschliffenes Kondensatorgehäuse und Durchführungsdeckel
mit Porzellandurchführungen

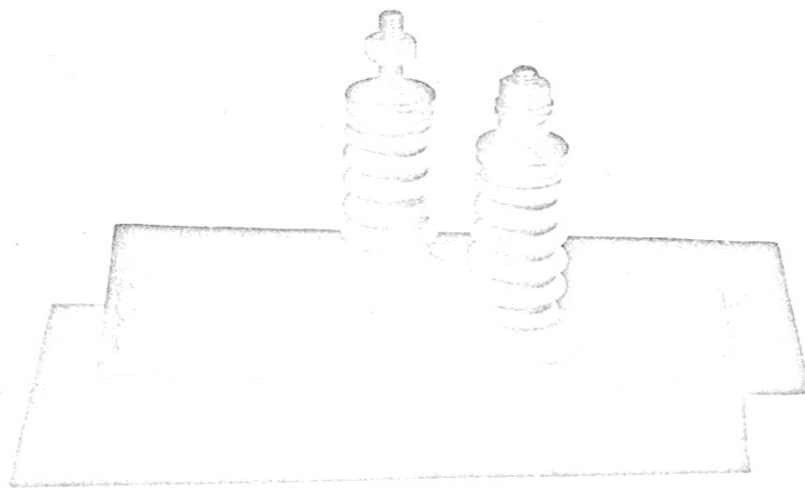


Bild 2

Durchführungsdeckel mit Porzellandurchführungen.
Auf dem Deckel sind die Clophenspuren zu erkennen.

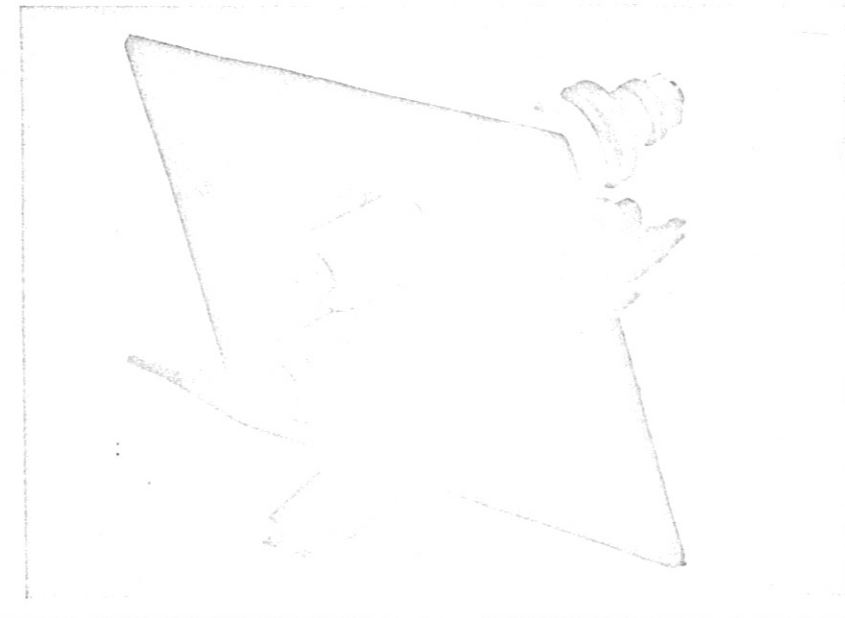


Bild 3

Durchführungsdeckel mit Porzellandurchführungen vom Innern des Kondensators aus gesehen.

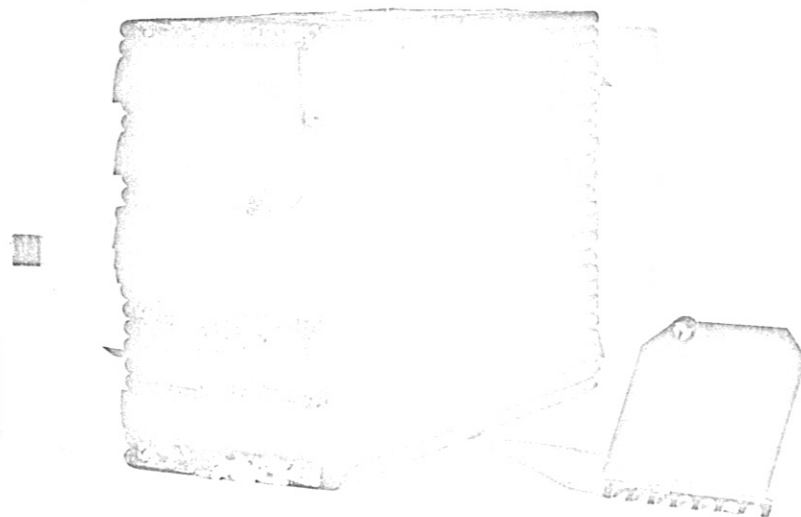


Bild 4

Wickelpaket mit einer festen und einer bei der Demontage abgelöteten Verbindungsflasche. Links im Bild ist die Verbindungsleitung vom Potentialmittelpunkt des Wickelpakets zum Kondensatorgehäuse zu sehen.

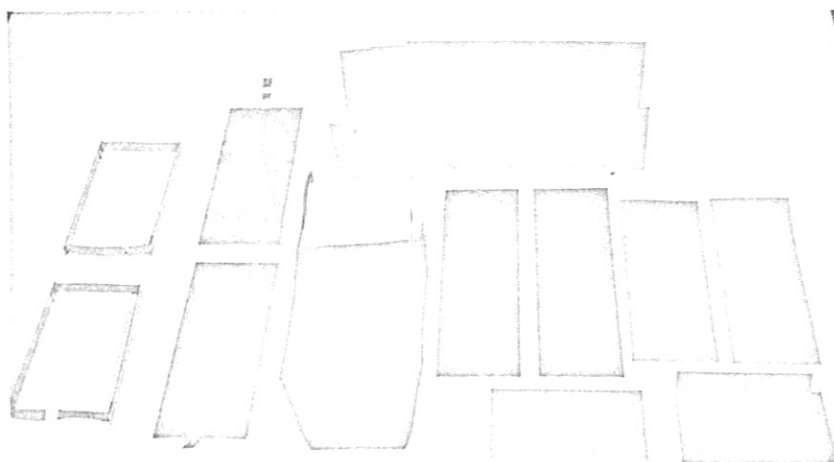


Bild 5

Isolier- und Spannteile des Wickelpakets

Erklärung :

Auf das aus einzelnen Wickeln gestapelte, liegende Wickelpaket werden oben und unten je eine Längsisolierplatte aus 0,3 mm starkem Hartpapier (das Paar rechts im Bild) gelegt. Dann wird das Paket von oben und unten mit je einer U-Hartpapierisolation (bestehend aus 3 St. zu je 0,5 mm) umhüllt. Auf diese U-Isolation werden wiederum von oben und unten je eine 1 mm starke Hartpapierplatte gelegt, auf der dann die Druckplatten aus 5 mm starkem Stahlblech liegen. Die Druckplatten sind durch Flachleiter zur Vermeidung von schwebendem Potential mit dem Gehäuse verbunden.

Das nun komplette Wickelpaket wird zusammengedrückt und durch Anlegen von punktgeschweißten Spannbändern (links im Bild) zusammengehalten. Ein Holzklötz aus Rotbuche (vorn im Bild) ist der Bodenabschluß. Den oberen Abschluß bildet die Verbindungsflaschenisolation aus 0,8 mm starkem Hartpapier (vorn rechts im Bild).

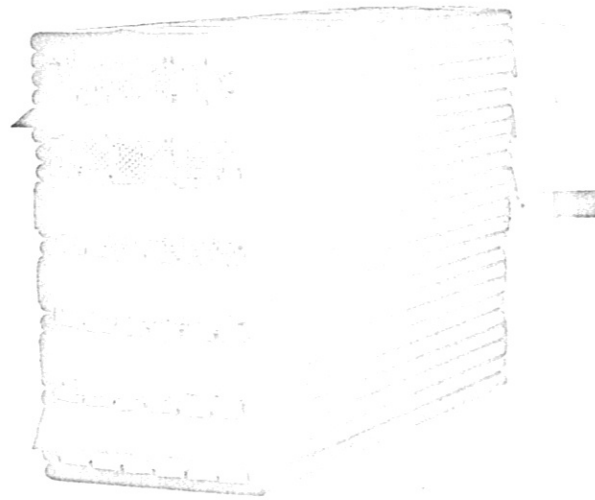


Bild 6

Wickelpaket vom Gehäuseboden aus gesehen.

Es besteht aus 24 Flachwickeln, jeder Wickel hat 6 Ableitungen. 12 Gruppen zu je zwei parallel geschalteten Wickeln sind in Reihe geschaltet. Zwischen jeder Gruppe liegt eine Isolierplatte, die über das Ende des Wickelpakets hinausragt und nach dem Verlöten der Ableitungen als Schutz darüber gefaltet wird.

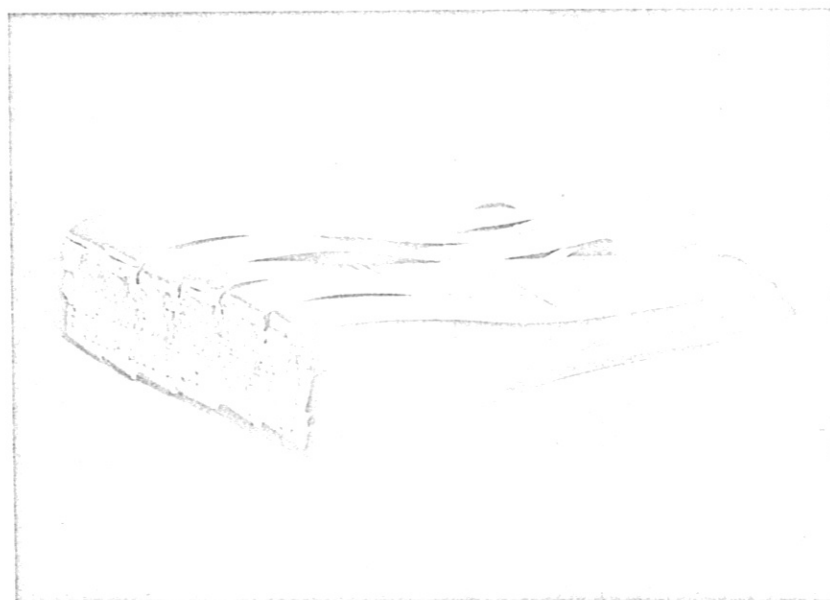


Bild 7

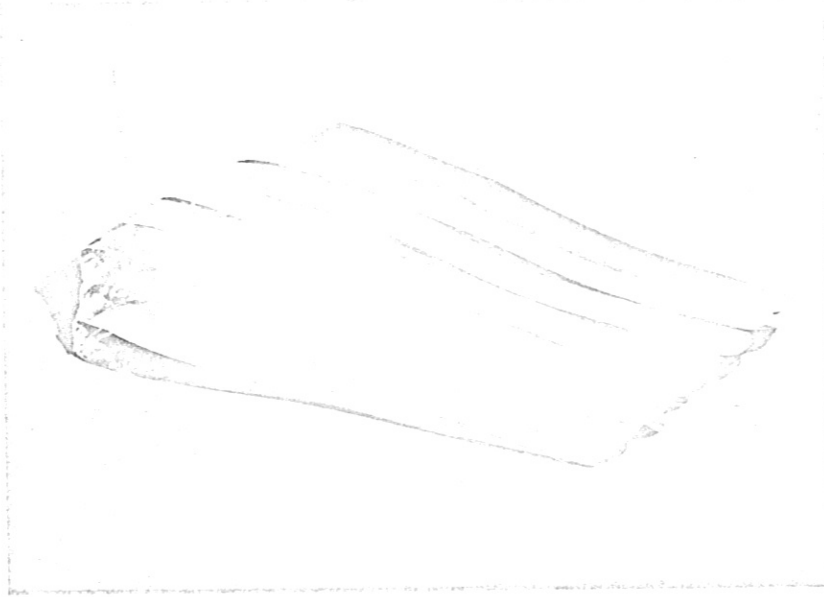


Bild 8

Lötverbindungen der Ableitungen von zwei in Reihe geschalteten Wickelgruppen (Bild 7 und 8).

Die 2 x 6 Ableitungen zweier paralleler Wickel (eine Gruppe) werden kurz über dem Wickelende um 90° abgewinkelt und über die ebenfalls um 90° zur ersten Gruppe hin abgewinkelten Ableitungen der nächsten Gruppe gelegt. 6 Ableitungsstränge zu je 2 Ableitungen verbinden elektrisch zwei benachbarte Wickelgruppen. Ein Kupfergewebeband stellt die Verbindung der 6 einzelnen Stränge untereinander her. Kupfergewebeband und Ableitungen werden weich verlötet. Die Reihenschaltung erfolgt an beiden Wickelenden. Die Wickelpaketenden werden über Verbindungsflaschen an die Durchführungsbolzen angeschlossen.

IV. Prüfung der Dichtheit des Kondensatorgehäuses und der Porzellandurchführungen

Der Deckel mit den Porzellandurchführungen wurde auf das Kondensatorgehäuse wieder aufgeschweißt, wobei die Porzellandurchführungen und ihre Weichlötstellen stark gekühlt wurden. Am Boden des Gehäuses wurde ein Wasseranschluß angebracht und das Gehäuse mit einer Wasser-Eosin-Lösung gefüllt. Mit dem Wasserdruck der IPP-Wasserleitung (ca. 4 atü) wurde dann das

Gehäuse 30 Min. abgedrückt. Alle Schweißnähte sowie die Lötstellen einer Durchführung waren dicht. Porzellanrisse an den Durchführungen konnten nicht festgestellt werden.

An der zweiten Durchführung wurde durch das Austreten der roten Eosin-Lösung Undichtheit an den Weichlötstellen Porzellan-Deckel, Porzellan-Durchführungsbolzenkappe und überraschenderweise sehr stark an der angeblichen Hartlötstelle Durchführungsbolzen-Bolzenkappe festgestellt.

Beide Durchführungsorzellane mit Bolzen wurden aus dem Deckel ausgelötet und der untere Lötring sowie die Bolzenkappe mit Bolzen vom Porzellan abgelötet. Beim Ablöten der Bolzenkappe vom Porzellan löste sich gleichzeitig die Kappe vom Bolzen. Diese Stelle war nicht hart verlötet, wie das Hydra-Werk angab, sondern weich verlötet. Erfahrungsgemäß sind aber bei Dichtlötungen zwei Weichlötstellen nahe beieinander zu vermeiden, um nicht, wie in diesem Fall, durch gegenseitige Wärmebeeinflussung Undichtheiten hervorzurufen.

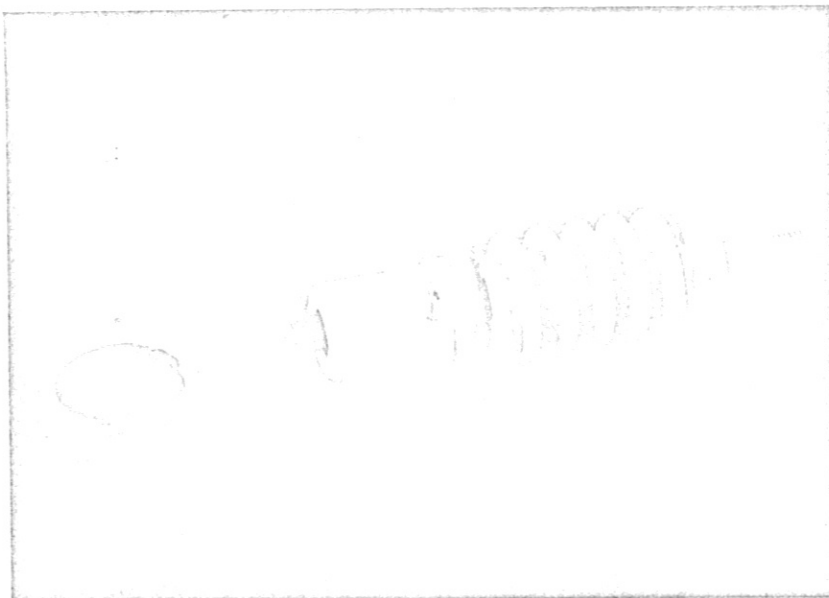


Bild 9



Bild 10

Die Platinierung auf dem Durchführungsporzellan war sehr mangelhaft (Bild 9 und 10) und gab Anlaß zu Undichtheiten. Der Fehler liegt beim Einbrennen des Platins in die Glasur des Porzellans. Hierbei ist das Platin nur teilweise in die Glasurschicht eindiffundiert, sodaß es an einigen Stellen mit einem Lappen abgewischt werden konnte.

V. Stoßstromprüfung einer Lötverbindungsstelle von Wickelableitungen



Bild 11

Um die Lötverbindung der Wickelableitungen von zwei in Reihe geschalteten Wickelgruppen auf Stoßstromfestigkeit zu prüfen, wurde eine Lötverbindung sorgfältig aus dem Wickelpaket herausgelöst. Die 4 x 6 Wickelableitungen wurden auf 4 Kupferplatten weich aufgelötet und je zwei dieser Kupferplatten (wie zwei parallele Wickel) zu einem Anschluß zusammengefaßt (Bild 11).

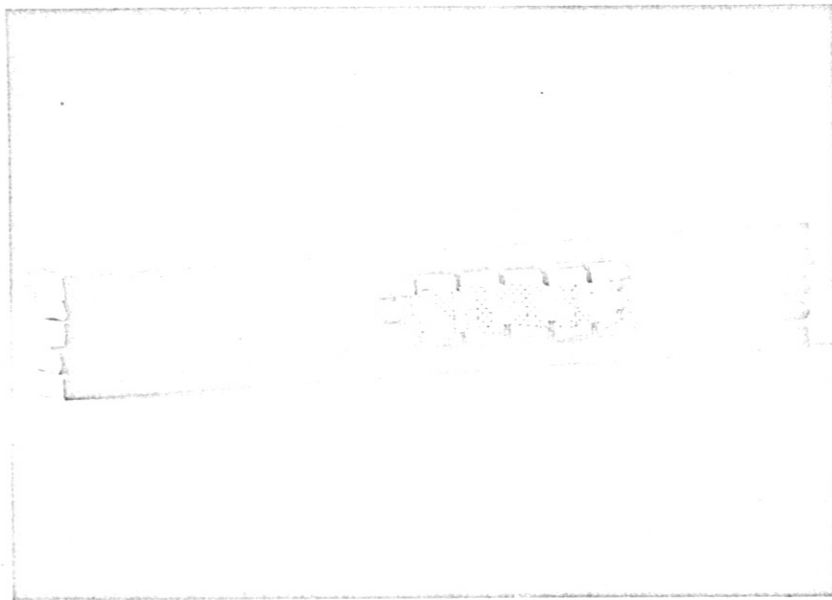


Bild 12

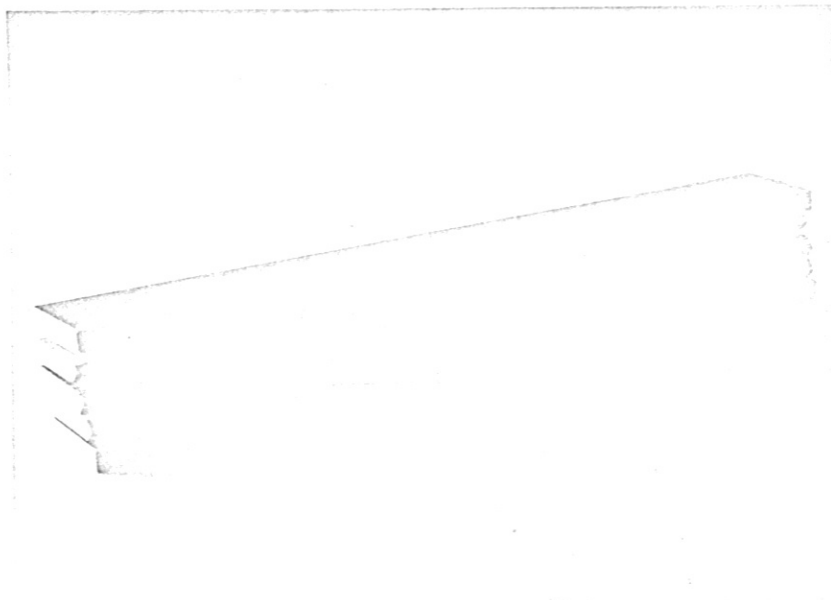


Bild 13

Um die konstruktiven Verhältnisse im Wickelpaket nachzubilden, wurden Hartpapierleisten in die Zwischenräume der Wickelableitungen eingeschoben (Bild 12 und 13) und verspannt. Nur die Lötstelle selbst blieb wie auch im Kondensator frei.

Der Prüfling wurde unmittelbar an das Kabel einer Kondensatoreinheit (Bosch MP Kond. $7,7 \mu\text{F}$, Ignitronschalter) angeschlossen. Der Kondensator wurde mit einem Ladegerät aufgeladen und durch Zündung des koaxial eingebauten Ignitrons über den Prüfling entladen.

Die elektrischen Daten des Kreises waren :

Ladespannung	$U = 18 \text{ kV}$
Entladefrequenz	$f = 70 \text{ kHz}$
Tatsächliche Kapazität	$C = 6,88 \mu\text{F}$
Gesamte Induktivität	$L = 0,765 \mu\text{H}$
Dämpfungskonstante	$d = 23,4 \cdot 10^3 \text{ 1/sec}$
Gesamtwiderstand	$r = 35,8 \text{ m}\Omega$
Theoret. Scheitelstrom	$\hat{I}_{\text{th}} = 54,2 \text{ kA}$
1. relativer Scheitelstrom	$\hat{I}_{\text{rel}} = 0,9192$
Tatsächlicher Scheitelstrom	$\hat{I}_1 \approx 50 \text{ kA}$

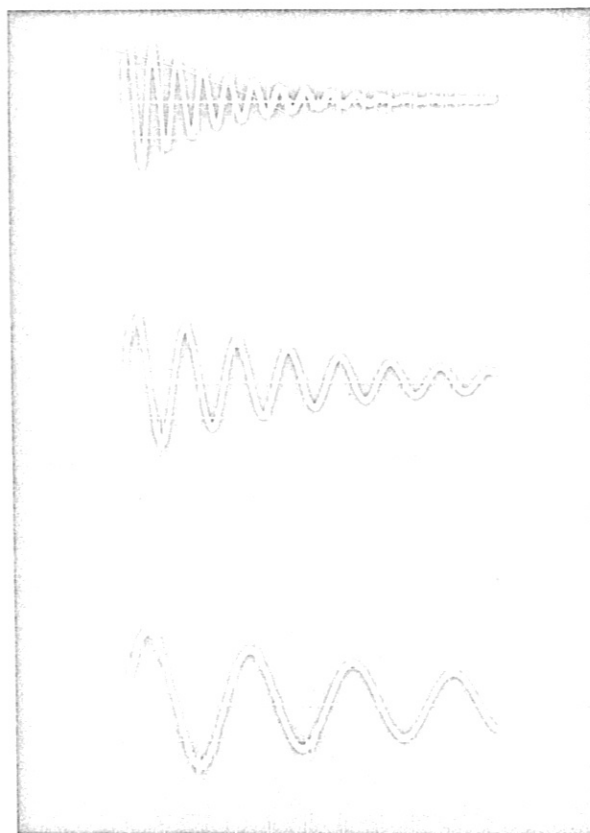


Bild 14

Bild 14 zeigt den Strom in Abhängigkeit der Zeit mit 20,10 und 5 μ s/Tlg. Zeitablenkung.

300 Entladungen wurden durchgeführt, wobei sich an keiner Stelle der Ableitungen eine Veränderung oder ein Defekt zeigte.

VI. Untersuchungsergebnis

- 1.) Die Dichtheitsprüfung ergab, daß alle Schweißnähte dicht sind, daß aber die Weichlötstellen an den Durchführungs-
porzellanen durch schlechte Platinierung sehr stark zu Undichtheiten neigen. Die Weichlötstelle zwischen Kappe und Bolzen der Durchführungen wird undicht, wenn nicht schon vor der Montage der Kondensatoren, wie im Falle der 13 defekten im IPP, so dann doch höchst wahrscheinlich beim Montieren der Sammelschienen an die Kondensatoren, also bei der Beanspruchung der Bolzen auf Drehung. Damit können alle Kondensatoren bei Absinken des Clophen-
spiegels im Kondensator durch elektrischen Defekt ausfallen. Das austretende Tränkmittel ergibt nicht nur eine mit Clophen überzogene Kondensatorbatterie, sondern kann an anderen Bauelementen Defekte hervorrufen.
- 2.) Die Stoßstromprüfung mit 50 kA hat gezeigt, daß die Löt-
verbindung der Wickelableitungen trotz ihrer einfachen Ausführung den Anforderungen im Betrieb (ca. 8 kA Strom-
belastung) genügt.



4.7.1962

(Wulff)