

Messung von Induktivität und Wider-
stand an BICC-Stoßkondensatoren

J. Gruber

IPP/4/14

Juni 1964

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

Typen BIC 7,7/AF 18 KV, BICC 50/AF
18 KV und BICC 1,3/AF 18 KV.

Messung von Induktivität und Widerstand an BICC-Stoßkondensatoren

J. Allgöbele

J. Gruber

Aufbau und Spaltungsort von Kondensatorbänken zur Stoßstromerzeugung werden u.a. durch die verwendeten Kondensatoren mitbestimmt. Dabei sind neben der Ladung und der Kapazität der Kondensatoren besonders deren Eigeninduktivität und Eigenwiderstand wichtige Bestimmungsgrößen. Da von Seiten der Herstellerfirma nur Richtwerte für die Eigeninduktivität und inneren Widerstand angegeben wurden, ermittelten wir diese Werte und ebenso die Kapazität und den Verlustwinkel der Kondensatoren.

IPP/4/14

Juni 1964

BICC-Stoßkondensator BIC 7,7/AF 18 KV

Anm.: Die Messungen wurden an Kondensatoren aus den ersten Lieferungen von BICC an das IPP gemacht. Zur Zeit laufen Verhandlungen bezüglich der Lieferung eines Kondensators mit verringertem inneren Widerstand.

2.1 Aufbau

Folienkondensator, Papierdielektrikum, Rhizinusölfüllung. Der Kondensator ist in ein Rechteckgehäuse eingebaut.

Der Anschluß erfolgt über einen niederinduktiven Flansch, welcher mit dem Gehäuse elektrisch leitend verbunden ist und zwei Hochspannungsbolzen, welche in

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.

Kenngrößen von Stoßkondensatoren der
Typen BICC 7,7 μF 18 kV, BICC 50 μF
10 kV und BICC 1,3 μF 40 kV.

1. Allgemein

Aufbau und Schaltungsart von Kondensatorbänken zur Stoßstromerzeugung werden u.a. durch die verwendeten Kondensatoren mitbestimmt. Dabei sind neben der Ladespannung und der Kapazität der Kondensatoren besonders deren Eigeninduktivität und Eigenwiderstand wichtige Bestimmungsgrößen. Da von Seiten der Herstellerfirma nur Richtwerte für die Eigeninduktivität und inneren Widerstand angegeben wurden, ermittelten wir diese Werte und ebenso die Kapazität und den Verlustwinkel der Kondensatoren.

2. Stoßkondensator BICC 7,7 μF 18 kV

Anm.: Die Messungen wurden an Kondensatoren aus den ersten Lieferungen von BICC an das IPP gemacht. Zur Zeit laufen Verhandlungen bezüglich der Lieferung eines Kondensators mit verringertem inneren Widerstand.

2.1 Aufbau

Folienkondensator, Papierdielektrikum, Rhizinusölfüllung. Der Kondensator ist in ein Rechteckgehäuse eingebaut.

Der Anschluß erfolgt über einen niederinduktiven Flansch, welcher mit dem Gehäuse elektrisch leitend verbunden ist und zwei Hochspannungsbolzen, welche in einer Polyäthylendurchführung sitzen (Bild 1).

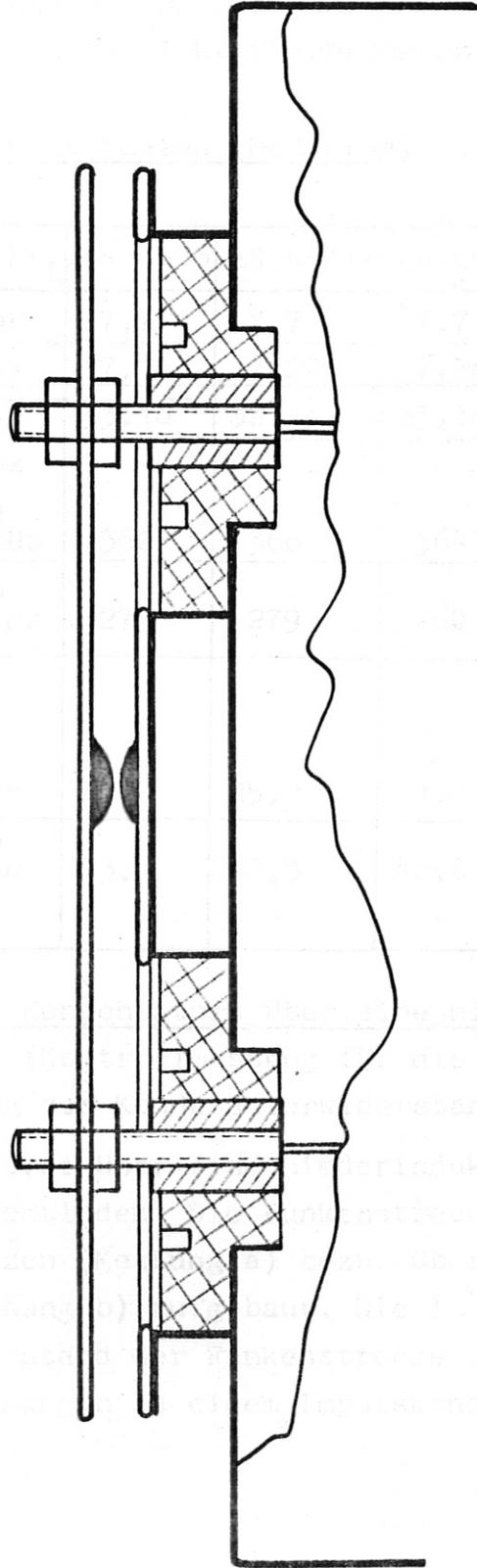


Fig.2 Niederinduktive Funkenstrecke an BICC 7,7 μ F 18 kV

7,7	1,82	$34,10^{-14}$	360	270	25,2	12,6
-----	------	---------------	-----	-----	------	------

Messung b):

Zur Bestimmung der Eigenresonanz bei Anschluß an nur einem Bolzen wurde nur ein Flansch durch eine Cu-Platte überbrückt. Im gleichen Flansch wurde auch die Suchspule für den Oszillographen eingelegt und die Anspeisung vom Mess-Sender erfolgte am nicht überbrückten Strombolzen.

Tabelle der Kondensatordaten (Meßwerte)

BICC-Kondensator Nr.		ES 65/3	ES 65/17	ES 65/24	ES 65/37	ES 65/43
Nennkapazität	µF	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
Meßkapazität	µF	7,16	7,22	7,20	7,22	7,22
$\tan \delta$	/	$33 \cdot 10^{-4}$	$32 \cdot 10^{-4}$	$33 \cdot 10^{-4}$	$34 \cdot 10^{-4}$	$34 \cdot 10^{-4}$
Kurzschlußfrequenz						
a) üb. 2 Bolzen	kHz	362	360	364	360	360
b) üb. 1 Bolzen	kHz	279	279	280	279	279
Kondensatorinduktivität						
a) üb. 2 Bolzen	nH	25,2	25,2	24,8	25,2	25,2
b) üb. 1 Bolzen	nH	43,1	42,9	42,6	42,8	42,8

2.4 Entladung des Kondensators über eine niederinduktive Funkenstrecke (Kontrollmessung für die Induktivität und Bestimmung des Kondensatorwiderstandes).

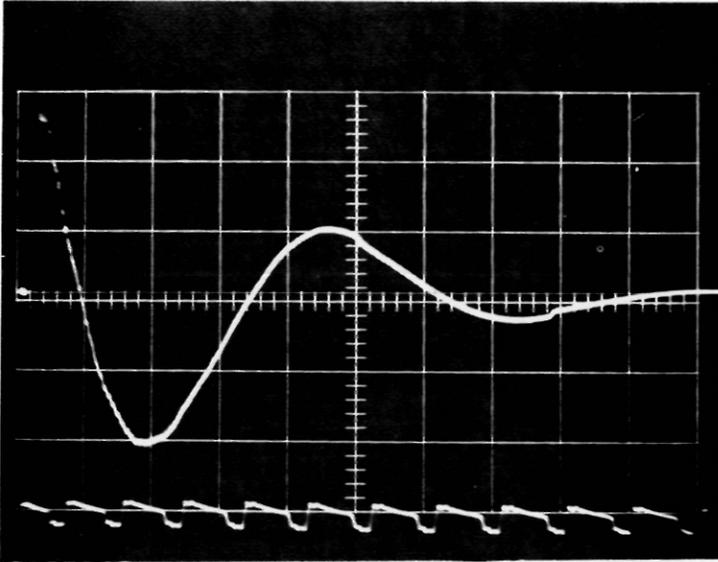
Der Kondensator wurde über eine niederinduktive Funkenstrecke (Fig. 2) entladen. Die Funkenstrecke wurde über beide Anschlußbolzen (Messung a) bzw. über einen Anschlußbolzen (Messung b) aufgebaut. Die Induktivität und der Eigenwiderstand der Funkenstrecke sind bekannt aus Vergleichsmessungen an einem Impulskondensator mit bekannten Daten.

Bei Anschluß über 2 Kondensatorbolzen gilt:

$$L_{FS} \doteq 3 \text{ nH} \quad , \quad R_{FS} \doteq 1 \text{ m}\Omega \quad .$$

Bei Anschluß über 1 Kondensatorbolzen gilt:

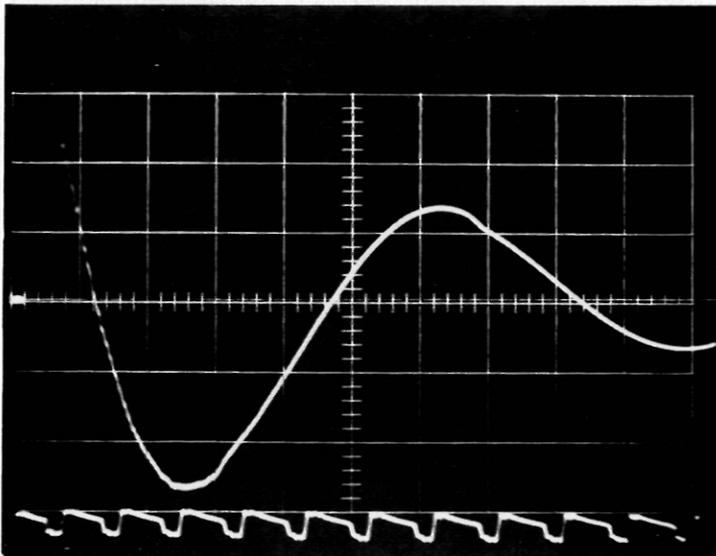
$$L_{FS} \doteq 6 \text{ nH} \quad , \quad R_{FS} \doteq 1 \text{ m}\Omega \quad .$$



Messung a)
Anschluß über
2 Bolzen:

$$\begin{aligned} U_0 &= 3,5 \text{ kV} \\ 0,5 \text{ }\mu\text{sec/div} \\ 0,5 \text{ }\mu\text{sec Marken} \\ \tau &= 2,9 \text{ }\mu\text{sec} \\ \alpha &\doteq 5,4 \\ f &= 345 \text{ kHz} \end{aligned}$$

Bild 3



Messung b)
Anschluß über
1 Bolzen:

$$\begin{aligned} U_0 &= 3,5 \text{ kV} \\ 0,5 \text{ }\mu\text{sec/div} \\ 0,5 \text{ }\mu\text{sec Marken} \\ \tau &= 3,85 \text{ }\mu\text{sec} \\ \alpha &= 4,14 \\ f &= 260 \text{ kHz} \end{aligned}$$

Bild 4

Kond. BICC ES 65/24 $C = 7,20 \text{ }\mu\text{F}$

Auswertung der Oszillogramme:

Messung a) Anschluß über 2 Bolzen

Gesamtinduktivität:

$$L_{ges} = \frac{1}{f^2 C (4\pi^2 + N^2)} \quad N = \ln \alpha \quad \alpha = \frac{A_1}{A_3}$$
$$L_{ges} = 27,6 \text{ nH} \quad L_{ges} = L_{kond} + L_{Fs}$$

Kondensatorinduktivität:

$$L_{kond} = 24,6 \text{ nH}$$

=====

Gesamtwiderstand:

$$R_{ges} = \frac{2N}{f \cdot C (4\pi^2 + N^2)} = R_{kond} + R_{Fs} = 32,2 \text{ m}\Omega$$

Kondensatorwiderstand

$$R_{kond} = 31 \text{ m}\Omega$$

=====

$$Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi \cdot 3,6 \cdot 10^5 \cdot 2,46 \cdot 10^{-8}}{3,1 \cdot 10^{-2}} \doteq \underline{1,8}$$

(Firmenangabe 9,7)

Messung b) Anschluß über 1 Bolzen

Gesamtinduktivität

$$L_{ges} = 49,5 \text{ nH}$$

Kondensatorinduktivität

$$L_{kond} = 43,5 \text{ nH}$$

=====

Gesamtwiderstand:

$$R_{ges} = 36,6 \text{ m}\Omega$$

Kondensatorwiderstand

$$R_{kond} \doteq 35,5 \text{ m}\Omega$$

=====

Auswertung der Oszillogramme:

Messung a) Anschluß über 2 Bolzen

Gesamtinduktivität:

$$L_{ges} = \frac{1}{f^2 C (4\pi^2 + \nu^2)} \quad \nu = \ln \alpha \quad \alpha = \frac{A_1}{A_3}$$
$$L_{ges} = 27,6 \text{ nH} \quad L_{ges} = L_{kond} + L_{Fs}$$

Kondensatorinduktivität:

$$L_{kond} = 24,6 \text{ nH}$$

=====

Gesamtwiderstand:

$$R_{ges} = \frac{2\nu}{f \cdot C (4\pi^2 + \nu^2)} = R_{kond} + R_{Fs} = 32,2 \text{ m}\Omega$$

Kondensatorwiderstand

$$R_{kond} = 31 \text{ m}\Omega$$

=====

$$Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi \cdot 3,6 \cdot 10^5 \cdot 2,46 \cdot 10^{-8}}{3,1 \cdot 10^{-2}} \doteq \underline{1,8}$$

(Firmenangabe 9,7)

Messung b) Anschluß über 1 Bolzen

Gesamtinduktivität

$$L_{ges} = 49,5 \text{ nH}$$

Kondensatorinduktivität

$$L_{kond} = 43,5 \text{ nH}$$

=====

Gesamtwiderstand:

$$R_{ges} = 36,6 \text{ m}\Omega$$

Kondensatorwiderstand

$$R_{kond} \doteq 35,5 \text{ m}\Omega$$

=====

3. Stoßkondensator BICC 50 μ F, 10 kV

3.1 Aufbau

Folienkondensator, Papierdiëlektrikum, Rhizinusölfüllung. Der Kondensator ist in ein Rechteckgehäuse eingebaut, der Stromanschluß erfolgt niederinduktiv über einen Flansch, welcher mit dem Gehäuse leitend verbunden ist und einen Hochspannungsbolzen, der in einer Polyäthylendurchführung zentrisch zum Flansch sitzt. (Bild 5).

Firmenangaben:

Nennkapazität 50 μ F

Ladespannung 10 kV

Max. zul. Durchschwingen der wiederkehrenden Spannung 70%

Max. Schußfolge 6 Pulse/
min.

Bild 5



3.2 Kapazität und Verlustwinkel

Messung wie bei Punkt 2.2, - Untersuchter Kondensator
ES 64/13 .

$$C = 49,1 \mu\text{F}$$

$$\tan \delta = 36 \cdot 10^{-4}$$

3.3 Resonanzmessung mit Mess-Sender

Durchführung der Messung ähnlich Punkt 2.3

$$f_{\text{res}} = 117 \text{ kHz} \quad \text{gem.}$$

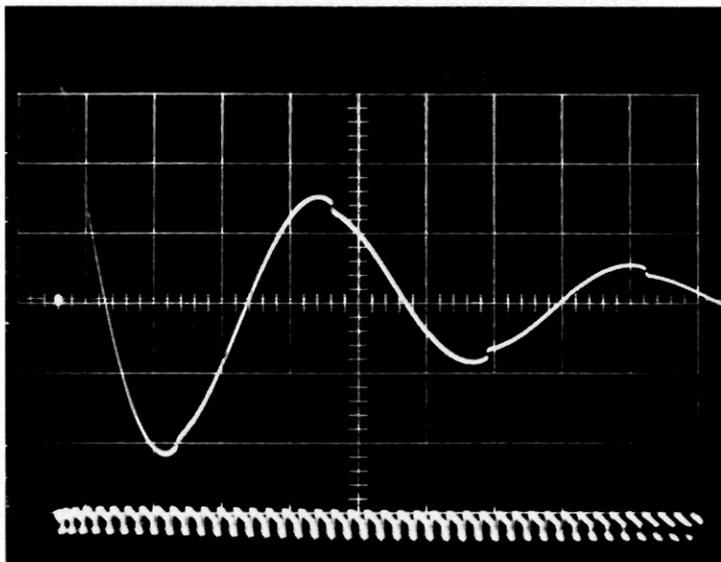
daraus

$$L_{\text{kond}} = 36,7 \text{ nH} \quad \left(\text{Amplitudenverhältnis } \frac{A_1}{A_3} \right. \\ \left. Q = 2,58 \text{ aus Messung 3.4) } \right)$$

3.4 Entladung des Kondensators über niederinduktive

Funkenstrecke (Kontrollmessung zur Bestimmung der Induktivität, Messung des Widerstandes)

Aufbau wie unter Punkt 2.4



$$U_0 = 3,5 \text{ kV} \\ 2 \text{ } \mu\text{sec/div} \\ 0,5 \text{ } \mu\text{sec Marken} \\ \tau = 9,4 \text{ } \mu\text{sec} \\ Q = 2,58 \\ f = 106,4 \text{ kHz}$$

Bild 6

Gesamtinduktivität

$$L = 44,5 \text{ nH}$$

Kondensatorinduktivität

$$L_{\text{kond}} = \underline{\underline{38,5 \text{ nH}}}$$

Gesamtwiderstand

$$R = 9 \text{ m } \Omega$$

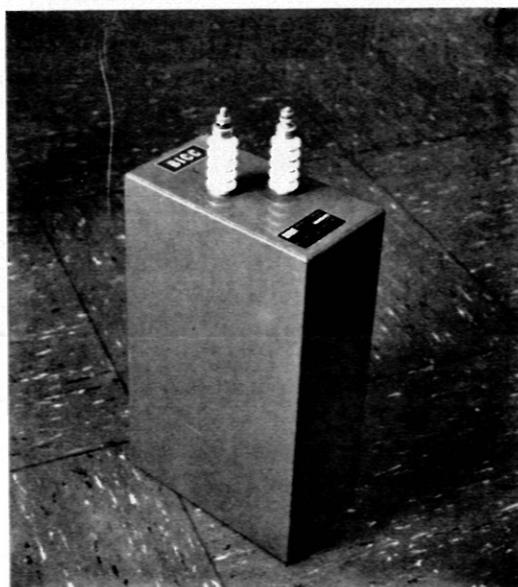
Kondensatorwiderstand

$$\underline{\underline{R_{\text{kond}} = 8 \text{ m } \Omega}}$$

4. Stoßkondensator BICC 1,33 μF , 40 kV

4.1 Aufbau

Folienkondensator, Papierdielektrikum. Rhizinusölfüllung. Rechteckgehäuse.



Der Stromanschluß erfolgt an zwei Bolzen, welche durch das Gehäuse isoliert durchgeführt werden. Das Gehäuse ist mit dem Kondensatormittelpunkt elektrisch verbunden und kommt daher bei Aufladung an die halbe Spannung.

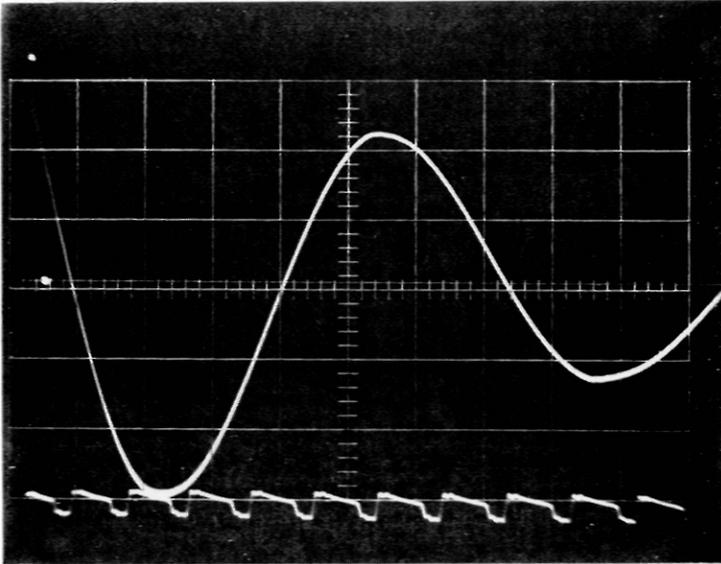
4.2 Kapazität und Verlustwinkel

Messung wie zu Punkt 2.2. Untersuchter Kondensator
Serial NO x 2105/16

$$C = 1,396 \mu\text{F}$$
$$\tan \delta = 39 \cdot 10^{-3}$$

4.3 Induktivität und Widerstand

An den Stromanschlußbolzen wurde eine Funkenstrecke so aufgebaut, daß die Überbrückung einer Kurzschlußschiene über die Bolzen gleichkommt. Die gemessenen Werte entsprechen daher den Kurzschlußdaten des Kondensators und es wurde daher auf die Resonanzmessung verzichtet.



$U_0 = 4 \text{ kV}$
 $0,5 \text{ } \mu\text{sec/div}$
 $0,5 \text{ } \mu\text{sec Marken}$
 $\tau = 3,5 \text{ } \mu\text{sec}$
 $f = 286 \text{ khz}$
 $\mathcal{L} = 2,22$
 $\vartheta = \ln \mathcal{L} = 0,797$

Bild 8

Kurzschlußinduktivität:

$$L = \frac{1}{f^2 C (4\pi^2 + \mathcal{L}^2)} = 218 \text{ nH}$$

=====

Kurzschlußwiderstand:

$$R = \frac{2 \mathcal{L}}{f C (4\pi^2 + \mathcal{L}^2)} = 9,96 \text{ m } \Omega$$

=====