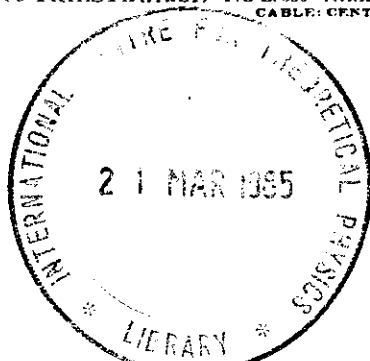




INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION



INTERNATIONAL CENTRE FOR THEORETICAL PHYSICS
34100 TRIESTE (ITALY) - P.O. B. 586 - MIRAMARE - STRADA COSTIERA 11 - TELEPHONE: 224261/2/3/4/5/6
CABLE: CENTRATOM - TELEX 480392-1



SMR/115 - 27

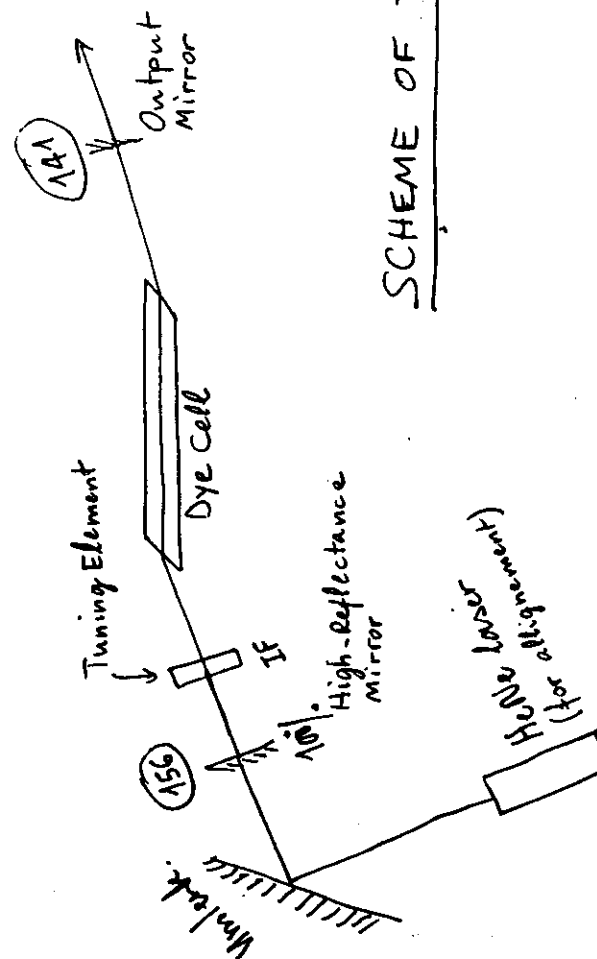
WINTER COLLEGE ON LASERS, ATOMIC AND MOLECULAR PHYSICS

(21 January - 22 March 1985)

LASER LABORATORY: FLASHLAMP PUMPED DYE-LASER

F.P. SCHAEFER
Max-Planck-Institut fuer Biophysikalische Chemie
Abteilung Laserphysik
3400 Goettingen - Nikolausberg
Fed. Rep. Germany

These are preliminary lecture notes, intended only for distribution to participants.
Missing or extra copies are available from Room 229.



SCHEME OF THE LASER



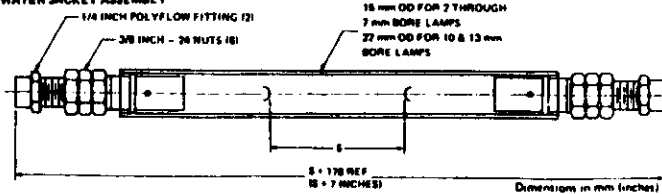
XENON FLASHLAMP

Flüssigkeitsgekühlte Xenon-Blitzlampen

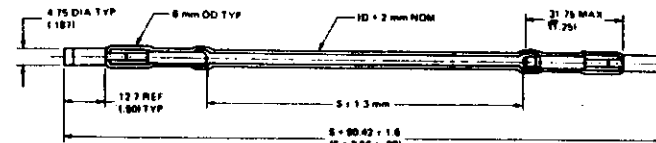
Innen- durch- messer	Modell	Bogenlänge Zoll	Bogenlänge mm	Impulsenergie E_p (1 pulse)	Explosions- energie E_{ex} (1 pulse)	max. durch- schnittliche Leistung (Watt)	max. Spitzenstrom (Amp)	Minimale Tiggenpulz µsec
2 mm	2F2	2	50.8	34	2.5×10^4	840	500	15
	2F2.5	2.5	63.5	42	3.1×10^4	800	500	15
3 mm	3F1	1	25.4	11	1.9×10^4	480	500	15
	3F1.5	1.5	38.1	17	2.8×10^4	720	500	15
	3F2.5	2.5	63.5	28	4.7×10^4	1200	500	15
	3F3	3	76.2	34	5.6×10^4	1400	500	15
4 mm	4F4	4	101.6	45	7.5×10^4	1900	500	15
	4F1.5	1.5	38.1	13	3.6×10^4	960	500	15
	4F2	2	50.8	17	5.0×10^4	1300	500	15
	4F2.5	2.5	63.5	21	6.3×10^4	1800	500	15
5 mm	5F5	5	127.0	55	1.0×10^5	2600	500	15
	5F2	2	50.8	13	8.1×10^4	1800	500	15
	5F2.5	2.5	63.5	17	1.0×10^5	2000	500	15
	5F3	3	76.2	21	1.2×10^5	2200	500	15
6 mm	6F6	6	152.4	65	1.5×10^5	3000	500	15
	6F2	2	50.8	13	7.5×10^4	1800	500	15
	6F2.5	2.5	63.5	17	9.4×10^4	2000	500	15
	6F3	3	76.2	21	1.1×10^5	2200	500	15
7 mm	7F7	7	177.8	75	1.8×10^5	3900	500	15
	7F4	4	101.6	19	1.8×10^5	4800	500	15
	7F6	6	152.4	29	2.6×10^5	6700	500	15
	7F9	9	228.6	38	3.5×10^5	9000	500	15
10 mm	10F10	10	254.0	95	2.1×10^5	8400	500	15
	10F4	4	101.6	19	2.1×10^5	8400	500	15
	10F6	6	152.4	29	3.2×10^5	9800	500	15
	10F9	9	228.6	38	5.3×10^5	14800	500	15
13 mm	13F13	13	330.2	115	2.6×10^5	8300	500	15
	13F4	4	101.6	19	4.8×10^4	12000	500	15
	13F6	6	152.4	29	6.3×10^4	17000	500	15
	13F9	9	228.6	38	8.7×10^4	21000	500	15
	13F12	12	304.8	51	8.9×10^4	29000	500	15
	13F24	24	609.6	102	1.6×10^5	38000	500	15

* Die aufgeführten Modelle sind nur ein Auszug der gebrauchtesten Modelle. Alle Durchmesser von 1 bis 19 mm sind als Standardlampen erhältlich.

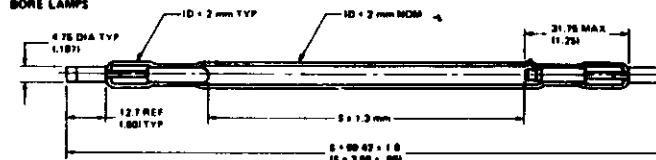
WATER JACKET ASSEMBLY



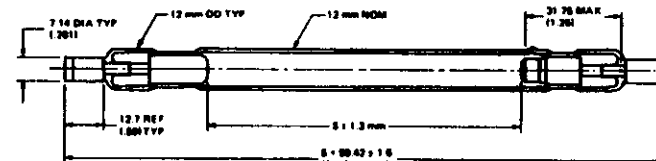
2 & 3 mm BORE LAMPS



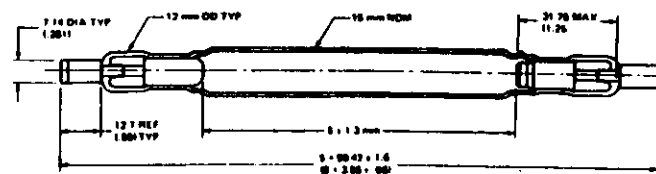
4, 5, 6, & 7 mm BORE LAMPS



10 mm BORE LAMPS



13 mm BORE LAMPS



Dimensions in mm (inches)

KONTRON
Hochfrequenz-Optik
ABTEILUNG LASERTECHNIK

Oskar-von-Miller-Str. 1
8057 Eching b. München
Tel. (089) 621 77-371
Telex 05 26 795

Ringsdorfer Straße 145
4000 Düsseldorf 1
Tel. (0211) 733 14 53
Telex 05 582 675

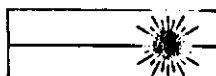
Hermann-Guthe-Str. 3
3000 Hannover 81
Tel. (0511) 83 90 51-57
Telex 05 23 725

Oskar-von-Miller-Str. 1
8057 Eching b. München
Tel. (089) 621 77-371
Telex 05 26 795

Ringsdorfer Straße 145
4000 Düsseldorf 1
Tel. (0211) 733 14 53
Telex 05 582 675

Hermann-Guthe-Str. 3
3000 Hannover 81
Tel. (0511) 83 90 51-57
Telex 05 23 725

KONTRON
Hochfrequenz-Optik
ABTEILUNG LASERTECHNIK



Lampencode Die Lampenbezeichnung 10 L 12 entspricht der L-Serie (L für luftgekühlt) mit einem Innendurchmesser von 10 mm und einer Bogenlänge von 12 Zoll bzw. 305 mm.

S: Bogenlänge (gemessen von Elektrode zu Elektrode in Zoll)

K₀: Impedanz Parameter in $\Omega \cdot A^{0.5}$. K₀ ist definiert als U/I wobei $U = K_0 I^{0.5}$ ist.

K₀: Explosionsenergiekonstante bezogen auf eine Entladung. K₀ kann für jede Impulsdauer zur Berechnung von E₀ herangezogen werden.

E₀: K₀ bezieht sich auf die Explosionsenergie E₀ = K₀ T^{0.5} (E₀ in Joule und T in sec.)

T: T ist die Zeitkonstante des Kreises und 1/3 der Impulsdauer, definiert durch $T = (LC)^{0.5}$

Maximale durchschnittliche Leistung:

Um hohe Lebensdauer garantieren zu können, wird bei max. durchschnittlichen Leistungen Konvektions- und bei höheren durchschnittlichen Leistungen Flüssigkeitskühlung (F-Serie) empfohlen.

Minimale Kondensatorspannung U_{min}:

Um Xenon Blitzlampen durch eine externe Triggerschaltung zuverlässig zu triggern, muß die Kondensatorspannung gleich oder größer als 300 V + 100 V pro Zoll Bogenlänge sein. Bei Serientriggerung kann die Kondensatorspannung weniger als 60 Volt pro Zoll Bogenlänge betragen.

Minimaler Triggerimpuls:

Die Zündung ist von der Dauer des Triggerimpulses abhängig. Der Triggerimpuls sollte bei oder über der minimalen Spannung für zumindest der Nenndauer liegen. L-Serien können auch mit Triggeranschlüssen für einen externen Triggertransformator geliefert werden.

Lebensdauer:

Als Lebensdauer ist die durchschnittliche Anzahl von Schüssen bis 70 % der maximalen Lichtausstrahlung definiert.

Lebensdauer (Blitze) = $(E_0/E_1)^{0.5}$	
Lebensdauer (Blitze) E_0/E_1	
10 ²	0.58
10 ³	0.44

0.34	10 ⁴
0.24	10 ⁵
0.197	10 ⁶

Auswahlkriterium:

Entladeenergie, Lebensdauer, Impulsbreite und Bogenlänge sind normalerweise durch das System bestimmt; der Innendurchmesser ist demzufolge die einzige abhängige Variable.

1. Schritt: Das Verhältnis Entladeenergie E₀ zur Explosionsenergie E₀ wird durch die geforderte Lebensdauer bestimmt. (Siehe Gleichung). E₀ ist normalerweise bekannt, so daß damit auch E₀ definiert ist (E₀ und E₀ in Joule).

2. Schritt: Berechnung der Explosionsenergiekonstante K₀.

$$K_0 = E_0 T^{-0.5}$$

Wobei $T = (LC)^{0.5}$, oder 1/3 der Impulsbreite in sec. ist (bei 10 % Strom bei kritisch gedämpfter Schwingung).

3. Schritt: Berechnung des Innendurchmessers d

$$d = 1.6 \cdot 10^{-4} K_0 S^{-1}$$

wobei d in mm und S in Zoll eingesetzt wird.

BEISPIEL

E ₀	= 400 Joule
T	= 100 μ s (Impulsdauer = 300 μ s)
S	= 6 Zoll
Lebensdauer	= 10 ⁶ Blitze

1. Schritt: $E_0 = 0.197$ (aus Tabelle)

2. Schritt: $K_0 = E_0 (E_0/E_1)^{-1} T^{-0.5}$
 $= 400 (0.197)^{-1} (10^{-4})^{-0.5} = 2.03 \times 10^5$

3. Schritt: $d = 1.6 (2.03 \times 10^5)^{-1} (6^{-1}) 10^{-4} = 5.4$ mm

5 mm ist zu klein, es ist eine Lampe mit 6 mm Innendurchmesser mit 6 Zoll Bogenlänge auszuwählen (6L6)



Berechnung der Schaltungsparameter bei kritischer Dämpfung

Bei kritischer Dämpfung ($\alpha = 0.8$) haben Schaltungen mit impulsformenden Netzwerken den höchsten Wirkungsgrad. Nur ein bestimmter Wert von Induktivität, Kapazität und Spannung führt zu einer kritischen Dämpfung. Schritte für eine Berechnung dieser Werte und ihre Ableitungen werden im folgenden erläutert.

Eine Lebensdauer bis zu 10⁶ Blitze ist bei optimal abgestimmten Parametern und geringen Belastungsfaktor möglich. Bei Langzeitanwendungen kann eine Stromdichte von über 7500 A/cm² u.U. zu einer Verringerung der Lebensdauer und zur Erosion des Quarzmaterials führen.

Bekannte bzw. gewünschte Parameter:
 E₀ = Impulsenergie (Joule)
 t = Impulsdauer (sec.)
 d = Lampeninnendurchmesser (mm)
 S = Bogenlänge (mm)
 α = Dämpfungsfaktor (0,8 bei kritischer Dämpfung)

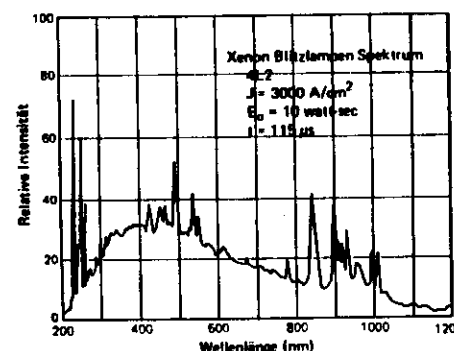
Formeln:

- 1) Zeitkonstante des Kreises $T = 1/3$
- 2) Impedanz Parameter der Lampe K₀ durch Spezifikation oder durch Gleichung $K_0 = 1.28 (S/d)$.
- 3) Kapazität (Farad)
 $C = (2 E_0 \alpha^4 T^2 K_0^{-1})^{0.33}$
- 4) Induktivität (Henry) $L = T^2/C$
- 5) Spannung (Volt) $U = (2 E_0/C)^{0.5}$

Lebensdauer:

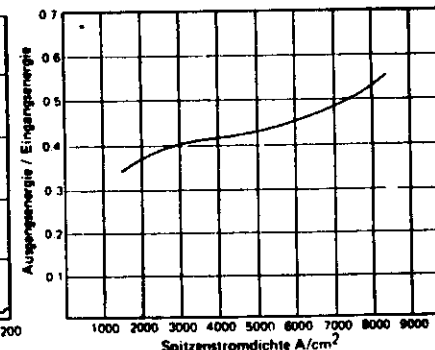
Die Lebensdauer ist durch das Verhältnis Blitzenergie zu Explosionsenergie definiert

dabei ist E₀ = Impulsenergie
 E₀ = Explosionsenergie
 $K_0 T^{0.5}$
 K₀ = Explosionsenergiekonstante
 T = Zeitkonstante (1/3 der Impulsdauer)
 K₀ = ist eine Funktion der Lampengröße und ist spezifiziert



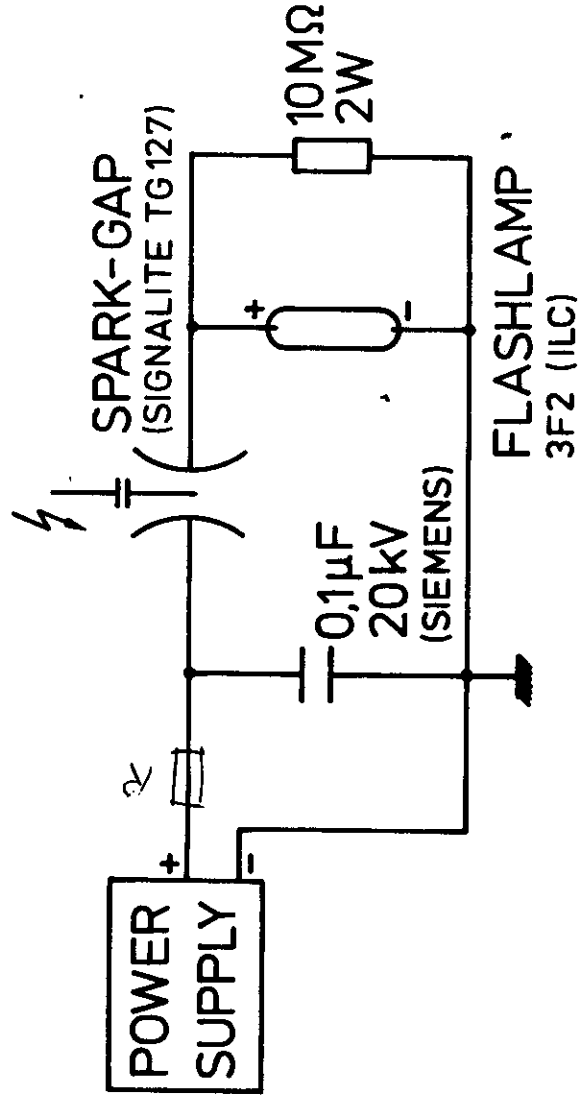
Xenon Spektrum

Das Blitzlampenspektrum ist prinzipiell von Gasdruck, Gasfüllung und Stromdichte abhängig. Linien- und kontinuierliches Spektrum sind gleichzeitig vorhanden. Geringe Stromdichten führen zu Linienspektren, hohe zu Spitzenstrahlung im UV-Bereich.



Energieumwandlungswirkungsgrad

Elektrische Energie wird durch Blitzlampen optimal in Strahlungsenergie umgewandelt, dabei wird die Strahlungsenergie über die gesamte Impulsdauer integriert. Die Schaltung ist kritisch gedämpft. Umgebungstemperatur ist 25° C.



CAPACITOR
MP-Gleichspannungs-Kondensatoren

Bei einer Reihe von physikalischen Untersuchungen, insbesondere in der Plasmaphysik (z. B. Erzeugung von hohen Temperaturen, starken Magnetfeldern, Stoßwellen, energie- reichen, kurzzeitigen Lichtblitzen), aber auch auf anderen Gebieten (z. B. Überschallwindkanal, Hochleistung-Umformmaschinen, Drahtexplosionen, Prüfung von Isoliermaterialien, Kabeln und Leitungen und in der Laser-Technik) werden kurzzeitig extrem hohe Leistungsdichten benötigt. Neben der Speicherung großer Energiemengen kommt es dabei vor allem darauf an, die gespeicherte Energie in möglichst kurzer Zeit dem Verbraucher zuzuführen. Als Energiespeicher sind Kondensator-Batterien aller anderen Methoden überlegen, wenn man die Induktivität des Entladekreises klein halten kann. Voraussetzung hierfür ist unter anderem eine sehr niedrige Induktivität der Kondensatoren. Den speziellen Anforderungen dieser Technik entsprechen unter MP-Impulskondensatoren, die sich durch hohe spezifische Raumkapazität und infolge des kossialen, gedringelten Aufbaus durch besonders geringe Induktivität auszeichnen. Die Kondensatoren sind für eine Stoßentladung von 20 kV bei Kurzbetrieb (KB) gebaut. Kondensatoren mit niedriger Nennspannung und entsprechend höherer Kapazität auf Anfrage. Der Kondensator für technische Wechselspannungen über 1 kV wird ungespeist.

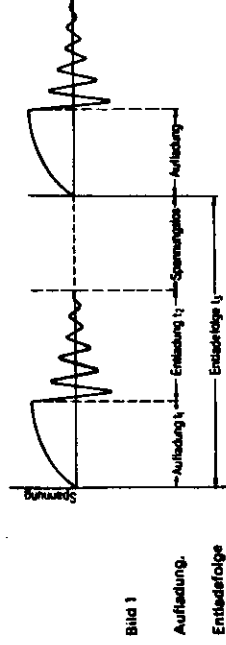


Bild 1

Aufstellung.

Entledesfoloe

Entsprechend der Skizze soll t_1 möglichst kürzer als 1 Minute, t_2 größer als 1 Minute sein. Die Entladezeit t_2 hängt von den Charakteristiken des Entladekreises ab und liegt in der Größenordnung von Mikrosekunden.

Die Lebensdauer der MF-Impuls-kondensatoren hängt von den Einsatzbedingungen, vor allem vom ohmschen Widerstand und der Dämpfung des Entladestromes ab. Die hohe Leistungsaufnahme hat zur Folge, daß die Kapazität nach und nach abnimmt. Außerdem treten selbstheilende Durchschläge auf, die erfahrungsgemäß selten sind, später häufiger werden. Beide Vorgänge begrenzen die Lebensdauer. Je nach den gestellten Forderungen sind einige zehntausend Entladungen möglich.

MP-Gleichspannungs-Kondensatoren

B 25 359

Für eine genauere Angabe der Lebensdauer benötigen wir:

Gesamtkapazität der Batterie, Frequenz der Entladeschwingung oder Induktivität der Anlage und Dämpfung bzw. entsprechenden ohmschen Widerstand.

Mit Hilfe von B – dem Masseanschluss – kann der Kondensator an der Schirmwand einer Anlage angeschlossen werden. Der Anschluß bzw. der Einbau einer Schaltfunkenstrecke sollte zweckmäßigerweise nach Bild 3 erfolgen. Diese Schaltfunkenstrecke gehört nicht zum Lieferumfang, sie gilt hier nur als Beispiel. Die Bauforn wurde speziell für Stoßentladung über Verbrauchswertstand $R_e \leq 1 \Omega$ entworfen.

Selbstverständlich müssen beim Einsatz die dem Fachmann bekannten Sicherheitsvorschriften für Hochspannungskondensatoren (Nachladeerscheinungen und großer Energieinhalt von Hochspannungs-Batterien) beachtet werden.
Die Kondensatoren werden kurzgeschlossen (mit Kurzschlussbügel) angeliefert.

$d \pm 1$	$h \pm 2$	$h \pm 3$
159.5	63	84
237	100	121

Bild 2

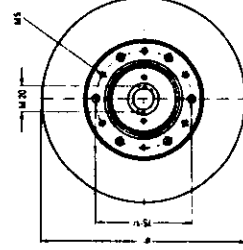
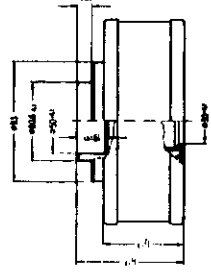
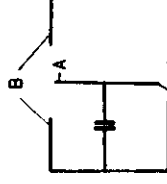


Bild 3

Anwendungsklasse nach DIN 40040		K W P
Untere Grenztemperatur	A_{\min}	K 0°C
Obers Grenztemperatur	A_{\max}	W + 80°C
Lagertemperaturbereich	A	- 55°C bis + 85°C
Fauchtklasse		F Mittlere relative Feuchte 75%; 95% an 30 Tagen im Jahr; 85% an den übrigen Tagen
Nennleistung		1
Bezeichnung		(siehe auch Datenblatt B 25 002)
Kapazität	C_n	B 25 359- C 2104-M 0,3 μ F 1,0 μ F
Toleranz	ΔC	$\pm 20\%$
Nennspannung	U_n	20 kV 20 kV $\pm 20\%$
Induktivität	L_n	7,5 nH 10 nH
Resonanzfrequenz	f_{res}	6,8 MHz 2,8 MHz
Energiehalt	E	20 Wh 60 Wh 200 Wh
Abmessungen	$d \times l$	189,6 mm x 237 mm x 83 mm 100 mm 100 mm
Gewicht	G	ca. 3 kg ca. 4 kg ca. 7 kg
Prüfdaten		
Prüfspannung	U_{pr}	$1,25 \times U_n$; 60 s
Belast gegen Belag		
Verfügbare Last J		10×10^{-4} (10000 Hz)
(Mittlere Anleiferleistung)	$P_n \cdot C$	$> 10.000 \text{ s}$
Schaltende-Zeitkonstante		
(Mittlerer Anleiferwert)		
Grenzdaten		
Dauergratspannung	U_g	$0,97 \times U_n$ bei 50°C
Effektive Wechselspannung	U_{eff}	$0,05 \times U_n$
Schaltspannung	U_s	$U_n = U_g$
Flächenladung	$\left(\frac{q}{A}\right)_{\text{max}}$	$\leq 10.000 \text{ V}/\mu\text{s}$
$\cdot 10^{-12} \text{ C}/\text{cm}^2$		

Kondensator-Befestigungen

8

