

電 気 電 子 工 学 実 験 III
指 導 書
(第 6 版)

岡山理科大学工学部
電気電子システム学科
2021～2024

目次

第 1 章	火花ギャップによる放電電圧の測定	1
1.1	実験の目的	1
1.2	標準電極による高電圧の測定について	1
1.3	実験	2
1.3.1	回路図	2
1.3.2	実験の手順	2
1.4	課題	3
第 2 章	絶縁破壊試験	7
2.1	実験の目的	7
2.2	準備知識	7
2.2.1	絶縁耐力とは	7
2.2.2	絶縁材料の分類について	7
2.2.3	絶縁材料として必要な性質とは	7
2.2.4	液体絶縁材料の必要な条件	8
2.2.5	絶縁材料の劣化原因について	8
2.3	実験	8
2.3.1	実験の手順	9
2.3.2	実験結果のまとめ	9
2.3.3	課題	9
第 3 章	インパルス電圧の測定	11
3.1	実験の目的	11
3.2	異常電圧の種類	11
3.3	標準インパルス電圧（衝撃電圧）波形について	12
3.4	実験の手順	12
3.5	結果のまとめ	13
付録 A	高電圧実験の心得	15
付録 B	感電事故発生時の対応	16
付録 C	電気電子工学実験 III に関する内規	18

第1章 火花ギャップによる放電電圧の測定

1.1 実験の目的

標準球電極によるギャップと放電電圧との関係を調べ、高圧試験装置の操作方法を修得する。

1.2 標準電極による高電圧の測定について

電圧が高くなると指示計器による測定が困難であるので、一般に高圧の測定には空気中における火花放電を使用する。

そこで、並行板電極による平行電界における火花放電がよいが、電極の作製が困難であるので、近似的に球電極が用いられる。球ギャップ長と放電電圧との一定の関係があり、それを利用することによって高電圧の測定ができる。そのとき、測定精度をあげるために、次のことを注意する必要がある。

1. 電極の間隙が球電極の直径の20～50%のところを最も精度が高いため、測定電圧に応じて、適した球電極を選ぶ必要がある。
2. 測定をする前に十分な予備放電を行うこと
3. 放電電圧は3回の平均値で求める。ただし、値のばらつきは3%以内であることとする。
4. 相対空気密度を求め、放電電圧を補正する。

球ギャップ装置（1球接地の場合）で高電圧を測定するとき、標準気圧（101.3kPa）、標準温度（20℃）におけるギャップ長 [mm] と標準電圧 [kV] の関係が JIS C1001-1994[1]（表 1.4 参照）に示されているが、気圧と温度が異なるときは、次式から相対空気密度 δ を求め、標準電圧を補正しなければならない。

$$\delta = \frac{b}{101.3} \times \frac{273 + 20}{273 + t} = 2.89 \times \frac{b}{273 + t} \quad (1.1)$$

ここで、 δ は相対空気密度、 b 測定時の気圧 [kPa]、 t は測定時の温度 [°C] である。

相対空気密度による補正を次のように行う。

- 相対空気密度 δ が、 $0.95 < \delta < 1.05$ のときは

$$V_k = \delta V_n \quad (1.2)$$

ここで、 V_n [kV] は標準電圧（標準気圧と標準温度のときの放電電圧）であり、 V_k [kV] は補正放電電圧である。

- 相対空気密度 δ が、 $\delta \leq 0.95$ または $\delta \geq 1.05$ のときに表 1.1 によって補正係数 k を求め、補正放電電圧を式 (1.3) から求める。

$$V_k = k V_n \quad (1.3)$$

表 1.1: 補正係数 k

相対空気密度 δ	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15
補正係数 k	0.72	0.77	0.82	0.86	0.91	0.95	1.00	1.05	1.09	1.13

1.3 実験

1.3.1 回路図

図 1.1 は、標準球ギャップによる交流高電圧の測定を行う回路図である。また、図 1.2(a)、図 1.2(b) は、その装置の外観である。図 1.3 に装置の操作部を示す。使用器具を表 1.2 に示す。

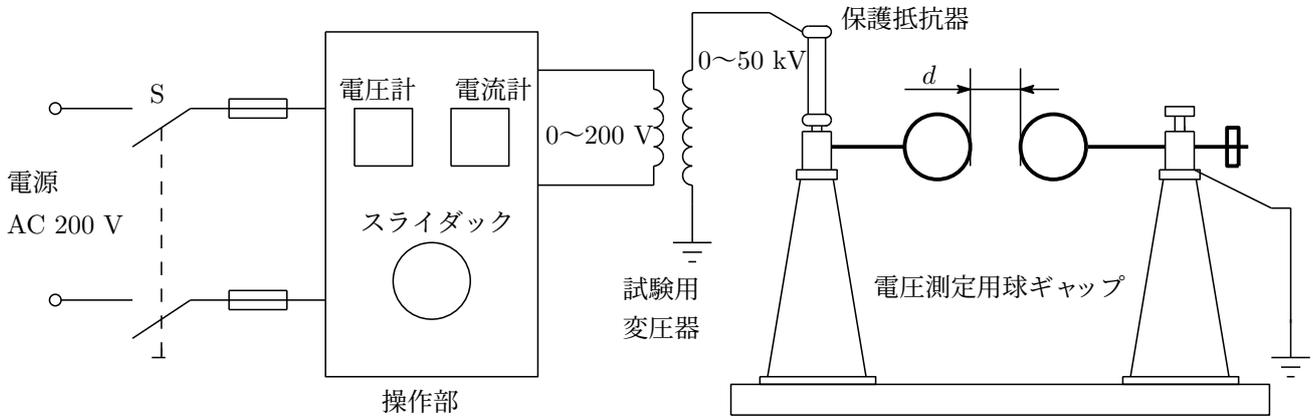
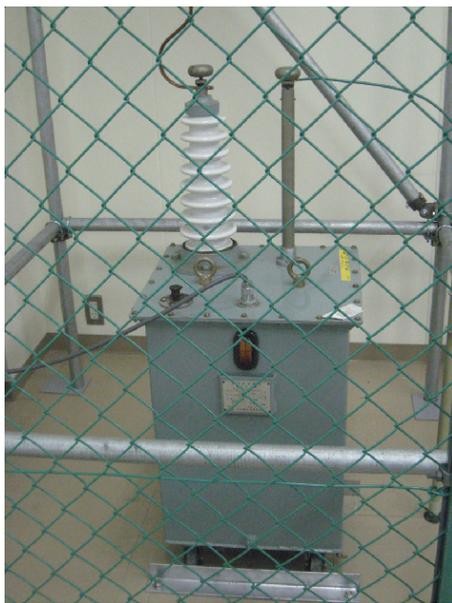


図 1.1: 標準球ギャップによる交流高電圧の測定回路図



(a) 試験用変圧器の外観



(b) 電圧測定用球ギャップの外観

図 1.2: 標準球ギャップによる交流高電圧の測定用装置

1.3.2 実験の手順

1. 接地抵抗の測定を行う。高電圧または特別高電圧用機器の鉄台および金属製外箱の接地抵抗は 10Ω 以下であることを確認する。
2. 図 1.1 に示すように試験用変圧器を電圧測定用球ギャップと接続して、球ギャップを 2mm に設定する。
3. 安全確認後に、スライダックを一度ゼロに戻してから、高電圧試験装置の操作部の電源 (Main SW) と A.B.C スイッチを ON にする。



図 1.3: 標準球ギャップによる交流高電圧の測定用装置の操作部

表 1.2: 使用器具

器具名	型式	低格、その他
1. 高電圧試験装置 (耐電圧試験器) ・操作部	ETP-530 B	入力：200V、出力：0~240V、15A 容量：3kVA、重量：47kg
・通昇変圧器	ETP-530 B	入力：200V、出力：50kV、0.06A 容量：3kVA、油量：70l、重量：160kg
2. 標準球ギャップ	G-62.5	球径：62.5mm と 100mm、空隙：0~75mm
3. 接地抵抗計		
4. 気圧計、温度計、湿度系		

4. ゆっくり電圧を上昇させ、電圧測定用球ギャップ間で放電したときの放電電圧（交流高電圧装置の電圧計の指示値）を表 1.3 に記録する。
5. スライダックのつまみをゼロの戻してから交流高電圧を上昇させる。同じ球ギャップ長で放電電圧を 3 回測定し、平均値を求めて記録する。
6. 球ギャップ d が 3, 5, 7 mm のときに同様に測定をする。
7. 交流高電圧装置の電源を OFF にする。
8. 気圧、室温、湿度を測定する。

標準電圧 V_n [kV] は、表 1.4 に球の直径とギャップの長さ d から求める。たとえば、球の直径が 100mm で、ギャップの長さが 16mm であるとき、標準電圧 V_n は 48.1kV である。

1.4 課題

1. 標準球電極が高電圧の測定に使われるのはなぜか。
2. 高電圧実験を行うときの心得をまとめよ。
3. 放電電圧（波高値） V_s [kV] とギャップ長 d [mm] との関係をグラフで示せ。

表 1.3: 球ギャップによる交流高電圧の測定結果 (球の直径 _____ mm、1 球接地のとき)

接地抵抗値 _____ Ω

気圧 b _____ [kPa] 室温 t _____ [$^{\circ}\text{C}$] 湿度 _____ [%]

相対空気密度 δ _____ 補正係数 k _____

ギャップ長 d [mm]	交流発生電圧の指示 V [kV]				放電電圧 V_s [kV]	標準電圧 V_n [kV]	補正放電電圧 V_k [kV]	電位傾度 V_s/d [V/mm]
	1 回	2 回	2 回	平均値				
2								
3								
5								
7								

放電電圧の値は、 $V_s = \sqrt{2} \cdot V$ (波高値) である。

表 1.4: 球ギャップの交流フラッシュオーバー (電圧気圧 101.3kPa(1013mbar)、気温 20 $^{\circ}\text{C}$)
一球接地 単位: kV (波高値)

ギャップ長 [mm]	球直径 [mm]											
	20	50	62.5	100	125	150	250	500	750	1000	1500	2000
0.5	2.8											
1.0	4.7											
1.5	6.4											
2.0	8.0	8.0										
2.5	9.6	9.6										
3.0	11.2	11.2										
4.0	14.4	14.3	14.2									
5.0	17.4	17.4	17.2	16.8	16.8	16.8						
6.0	20.4	20.4	20.2	19.9	19.9	19.9						
7.0	23.2	23.4	23.2	23.0	23.0	23.0						
8.0	25.8	26.3	26.2	26.0	26.0	26.0						
9.0	28.3	29.2	29.1	28.9	28.9	28.9						
10.0	30.7	32.0	31.9	31.7	31.7	31.7	31.7					
12.0	(35.1)	37.6	37.5	37.4	37.4	37.4	37.4					
14.0	(38.5)	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9					
15.0	(40.0)	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5					
16.0		48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1					
18.0		53.0	53.5	53.5	53.5	53.5	53.5					
20.0		57.5	58.5	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0			
22.0		61.5	63.0	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5			
24.0		65.5	67.5	69.5	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0			
26.0		(69.0)	72.0	74.5	75.0	75.5	75.5	75.5	75.5			
28.0		(72.5)	76.0	79.5	80.0	80.5	81.0	81.0	81.0			
30.0		(75.5)	79.5	84.0	85.0	85.5	86.0	86.0	86.0	86.0		
35.0		(82.5)	(87.5)	95.0	97.0	98.0	99.0	99.0	99.0	99.0		
40.0		(88.5)	(95.0)	105	108	110	112	112	112	112		
45.0			(101)	115	119	122	125	125	125	125		
50.0			(107)	123	129	133	137	138	138	138	138	
55.0				(131)	138	143	149	151	151	151	151	
60.0				(138)	146	152	161	164	164	164	164	
65.0				(144)	(154)	161	173	177	177	177	177	
70.0				(150)	(161)	169	184	189	190	190	190	
75.5				(155)	(168)	177	195	202	203	203	203	
80.0					(174)	(185)	206	214	215	215	215	
∴												
1000												1840

() 内は、ギャップ長が球直径の 1/2 を越える場合で、測定精度が低下する。

関連図書

- [1] 日本工業標準調査会：「球ギャップによる電圧測定方法」JIS C1001-1994、日本規格協会（1994）

第2章 絶縁破壊試験

2.1 実験の目的

1. 絶縁材料の絶縁破壊電圧を測定し、材料の種類によって絶縁耐力などがどのように異なるか調べる。
2. 絶縁破壊電圧は測定条件 (試験電圧の種類、電極の形状、温度、湿度など) によりどのように異なるか調べる。

2.2 準備知識

2.2.1 絶縁耐力とは

定められた方法で絶縁物に電圧を加え、絶縁破壊を起こす最低の電圧を測定する方法と規程電圧を一定時間加え、絶縁物が耐えるかどうかを調べる方法がある。前者を**絶縁破壊電圧**、後者を**耐電圧**という。

絶縁破壊電圧を測定するときの電位の傾きを**絶縁破壊の強さ**、あるいは**絶縁耐力**といい、その絶縁耐力の単位は [kV/mm] である。

また、絶縁耐力は、加える電圧上昇の速さ、温度、湿度、気圧、その他の条件によって異なる。

2.2.2 絶縁材料の分類について

絶縁材料は、個体、液体、気体、および半固体 (軟質材量) があり、これらは無機質と有機質に分けられる。表 2.1 はこれらにしたがって絶縁材料を分類したものである。

2.2.3 絶縁材料として必要な性質とは

1. 絶縁抵抗および絶縁耐力が大きいこと
2. 誘電体損が少ないこと
3. 機械的には個体絶縁材料の場合は引張り強さ、圧縮強さ、硬度、耐摩耗性が大きいこと
4. 耐熱性を有すること (溶融点・軟化点の高いこと)

表 2.1: 絶縁材料の分類

絶縁材料	無機質		有機質	
	天然	人造	天然	人造
個体	マイカ (雲母) アスベスト (石綿)	ガラス繊維 陶磁器 (セラミックス)	クラフト紙、マニラ紙、プレス ボード、絶縁ワニス、ファイバ ゴム系物質	ポリ塩化ビニル ポリエチレン エポキシ樹脂
液体	—	—	石油系絶縁油	シリコン油
気体	空気、窒素、水素	六ふっ化いおう	—	フレオン
半固体	—	—	アスファルト ピッチ	絶縁ワニス プラスチック コンパウンド

5. 化学的に安定なこと（耐水・耐油・耐酸・耐アルカリ性が強いこと）
6. 周波数特性が良好なこと。

2.2.4 液体絶縁材料の必要な条件

1. 絶縁耐力・抵抗率が大きく、誘電体損が少ないこと
2. 比熱・熱伝導度が大きいこと
3. 化学的に安定で、劣化変質しないこと
4. 引火点が高く、凝固点が低いこと
5. 金属などを腐食させないこと

絶縁油の特性

1. 引火点が 130°C 以上であること
2. 絶縁破壊電圧が 3.0kV(2.5mm) 以上であること

2.2.5 絶縁材料の劣化原因について

- (1) 電気的原因 雷やサージなどの衝撃電圧、コロナ、アーク、過電圧など
(特に有機絶縁材料は無機絶縁材料よりも弱い)
- (2) 機械的原因 負荷電流による電磁力、運転中の振動、磁気回路の振動、熱膨張、収縮など
- (3) 熱的原因 銅損、鉄損、誘電体損、機械損などによる発熱
- (4) 化学的原因 油、アルカリ、酸、化学薬品による化学作用
- (5) 環境的原因 直射日光、紫外線、吸湿、粉じん、塩分の付着など

2.3 実験

図 2.1 は、個体絶縁材料の絶縁破壊試験を行う実験回路図である。また、図 2.2 は絶縁物試験器の外観である。

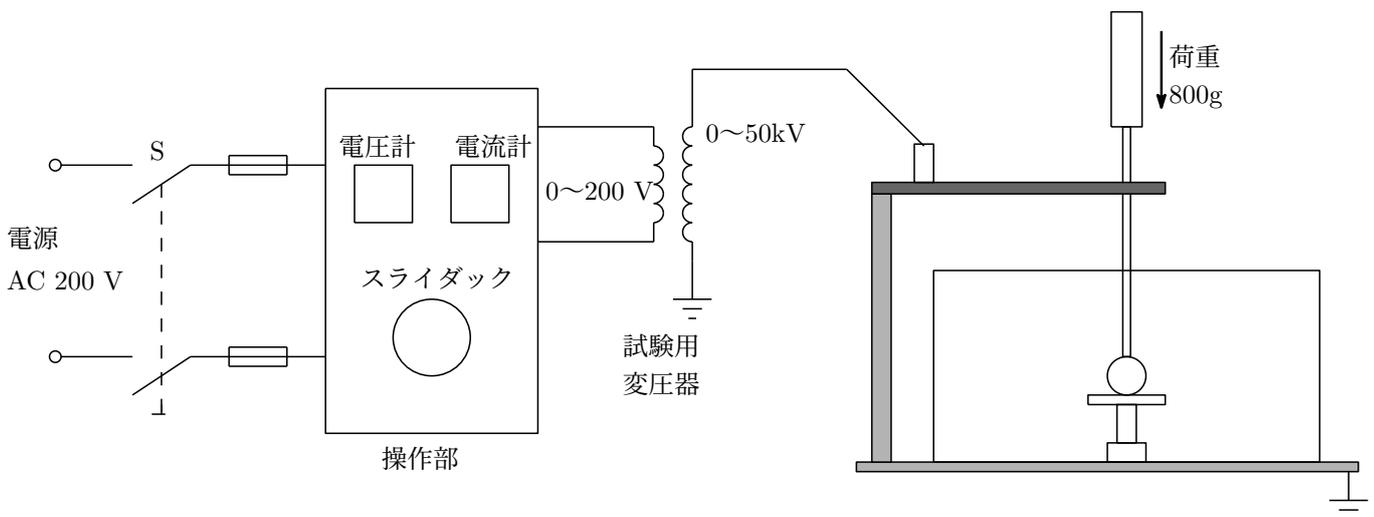


図 2.1: 固体絶縁材料破壊試験の回路図



図 2.2: 絶縁物試験器

2.3.1 実験の手順

1. 接地抵抗測定を行い、接地抵抗が 10Ω 以下であることを確認する。
2. 試験用変圧器および絶縁物試験器を図 2.1 のように接続する。
3. 電極と材料は、あらかじめ乾いた布で拭いておく。また、資料は電極の大きさに比べて、沿面放電しない程度の大きさが必要である。
4. 被測定絶縁物の品名を確かめ、マイクロメータで厚さを測定し、表 2.2 に記録する。球と平板の間に被測定絶縁物を挟む。
5. 安全確認後、高電圧試験装置の電源を ON にする。
6. 安全確認後、電圧調整つまみをゼロに戻してから高電圧試験装置の電源を ON にする。電圧を $0.5\sim 1.0\text{kV/s}$ で上昇させ、絶縁破壊が生じたときの AC 発生電圧の値を表 2.2 に記録する。
7. 電源を OFF にして、絶縁物試験器を接地してから被測定絶縁物の穴のあいている所を電極から移動させる。
8. 同様に 5 回測定を行い、測定値の平均値を求めて、さらに、波高値を材料の厚さで割って絶縁破壊の強さ（絶縁耐力）を計算する。
9. 同じ絶縁物について 2~5 枚を重ね、同様に実験を行う。
10. その他の絶縁物についても、同様に測定する。
11. 電源を OFF にする。
12. 気圧、湿度、室温を測定する。

2.3.2 実験結果のまとめ

実験結果を表 2.2 にまとめる。

2.3.3 課題

1. 材料の種類によって絶縁耐力がどのように異なるか、大きい順に表示しよう。
2. 同一種類の絶縁材料を重ね合わせ、厚さを変えて試験をし、厚さと絶縁破壊の強さ（絶縁耐力）との関係を調べよう。

表 2.2: 個体絶縁材料の絶縁破壊試験結果

接地抵抗値 _____ Ω 気圧 b _____ [kPa] 室温 t _____ [$^{\circ}\text{C}$] 湿度 _____ [%]

電源の種類	被測定絶縁物		AC 発生電圧の指示 (実行値) V [kV]						絶縁破壊電圧 波高値 [kV]	絶縁破壊 の強さ [kV/mm]
	品名 (材質)	厚さ [mm]	1 回	2 回	3 回	4 回	5 回	平均値 [kV]		
球一平円板										

3. 絶縁破壊電圧が測定条件によって異なるが、その測定条件は何か。

第3章 インパルス電圧の測定

3.1 実験の目的

インパルス電圧試験は、衝撃電圧試験とも呼ばれ、雷その他の起因する過渡的な異常電圧に対し、機器が十分な絶縁強度を持っているかどうかを検証することである。雷インパルスと開閉インパルスがあり、雷インパルス電圧は電圧が最高値に至る間での時間がマイクロ秒程度のものであり、開閉インパルスはそれが数十マイクロ秒から数ミリ秒程度のものである。JEC0202-1994によれば、インパルス電圧試験は次の5種類がある。

1. インパルス耐電圧試験

電気機器などが仕様されたインパルス電圧に耐えられるか否かを確かめる試験である。

2. 50%フラッシュオーバー電圧試験

がいしやブッシングに衝撃電圧を加え、絶縁破壊される前に表面を通して起こるフラッシュオーバーの最低電圧を求めるもので、同一波高値の試験電圧を少なくとも5回以上印加して、フラッシュオーバー率50%のときの電圧を求める。

3. インパルス電圧破壊試験

絶縁物にインパルス電圧を一定の時間間隔で印加し、その電圧の波高値を次第に上昇させて、最初に絶縁破壊したときの電圧を求める。

4. 電圧 - 時間曲線試験 (V-t 曲線試験)

原則として標準インパルス電圧の波高値を5回以上印加させ、その都度絶縁物を絶縁破壊させて、印加電圧と絶縁までに時間との関係を求める。この絶縁物の電圧 - 時間特性曲線を求めるには、デジタルオシロスコープを使用する。

5. 開閉インパルス電圧 - 波頭長曲線試験 (V-T_{cr} 曲線試験)

標準雷インパルス電圧の波形は1.2 μ sで立ち上がり(波頭長)50 μ sで最大値の1/2に減衰する(半波高時間)波形である。標準開閉インパルス電圧は $\pm 250/2500$ [μ s]と決められている。

本試験の主な目的は、次のとおりである。

1. インパルス電圧発生器(攻撃電圧発生装置)の操作方法を修得する。
2. 標準球ギャップを用いて、50%フラッシュオーバー電圧(波高値)を測定する。

3.2 異常電圧の種類

送配電系統に生ずる異常電圧を大別すると、次のようになる。

- 外部異常電圧(外雷)
 1. 雷雲からの静電誘導による異常電圧(誘導雷)
 2. 雷の直撃による異常電圧(直撃雷)
- 内部異常電圧(内雷)
 1. 電線路の開閉作用に伴う異常電圧(開閉サージ)
 2. アーク接地に伴う異常電圧
 3. 消弧リアクトル接地回路において直列共振により生ずる異常電圧

3.3 標準インパルス電圧（衝撃電圧）波形について

雷による異常電圧は、色々な電圧値、波形を持っているため、電力用機器の異常電圧に対する設計、試験などのためには、統一した波形を必要とする。そこで、雷異常電圧のうちもっともよく起こる波形で、しかも人工的に容易に発生させることができるものを選び、これを標準インパルス電圧波形と呼んでいる。すなわち、インパルス電圧は雷異常電圧の模擬であると考えてよい。

日本で用いられている標準インパルス電圧波形は、図3.1¹⁾に示す。この電圧の大きさは、最大値をもって波高値と

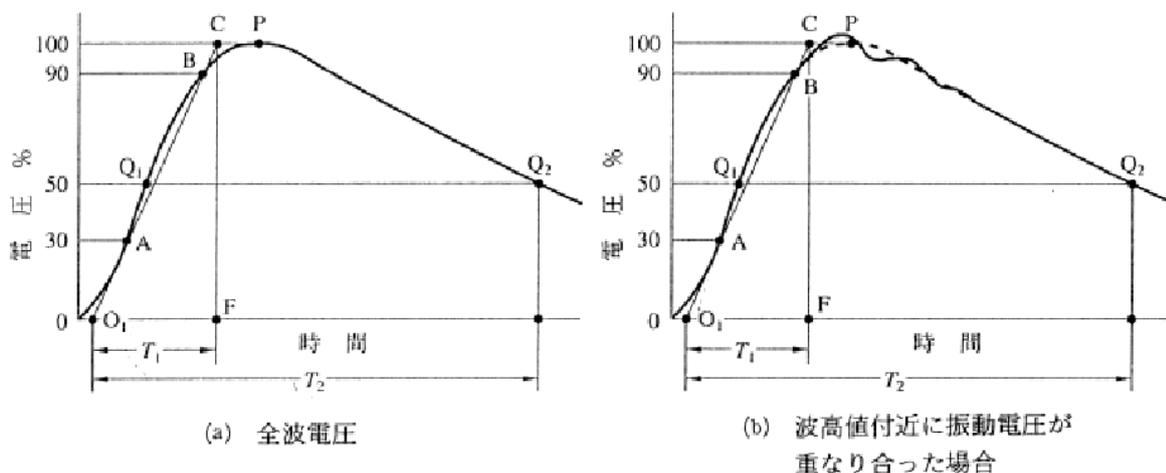


図 3.1: 規約による雷インパルス全波電圧の表示

し、波頭長 $T_1 = 1.2\mu\text{s}$ 、波尾長 $T_2 = 50\mu\text{s}$ のものである。表示は、 $\pm(T_1) \times (T_2)$ の形でされる。したがって、標準インパルス電圧波形は、 $\pm 1.2 \times 50\mu\text{s}$ の形で表現される。また、波形の裕度を持たせて、波頭長 $T_1 = (0.84 \sim 1.56)\mu\text{s}$ 、波尾長 $T_2 = (40 \sim 60)\mu\text{s}$ が認められている。

3.4 実験の手順

1. インパルス電圧発生装置の接地抵抗測定を行い、接地抵抗が 10Ω 以下であることを確認する。
2. インパルス電圧発生装置に電圧測定用球ギャップ（電極直径 100mm ）を接続し、球ギャップを 5mm とする。
3. 安全確認の後、インパルス発生装置の電源を ON にする。デジタルオシロスコープのトリガーモードは単発にする。
4. インパルス出力電圧の設定値を次のように求める。

表 3.1 を使い、球の直径が 100mm でギャップの長さ 5mm であるから、50%フラッシュオーバー電圧は 16.8kV である。インパルス出力電圧を 16.8kV にするため充電電圧を次式で算出する。

充電電圧 = インパルス出力電圧 / 利用率 / コンデンサの数

※利用率 = 0.8（一般規定値）、本装置ではコンデンサの数 = 4 である。

5. V. ADJ（電圧調整摘み）を一度ゼロに戻してから、H.V. スイッチを押して、V. ADJ 摘みを右へゆっくりまわし、充電電圧を前項で算出した値まで上昇させる。
6. START スイッチを押し、標準球ギャップで放電が生じたときの充電電圧 V_c を表 1.3 に記録する。なお、放電と同時に充電電圧が OFF され、HV ランプが点灯する。
7. V. ADJ 摘みをゼロに戻し、同一の設定電圧で測定を繰り返す。

¹⁾JEC-0202-1994, p. 11、図 3

8. インパルス出力電圧を変えて、放電率がちょうど 50%になる充電電圧を探索する。以下の操作は同一の充電電圧で連続試験を行うことを説明する。
9. V.ADJ をゼロに戻してから、先ほどと同様に H.V. スイッチを ON にし、V.ADJ 摘みを右へゆっくり回し、所定の充電電圧まで上昇させて、START スイッチを押して、放電を確かめ、その値を表 3.2 に記録する。
10. 以後、同一の充電電圧で繰り返し動作させるには、再び H.V スイッチを ON にするだけで自動的に充電され、所定の充電電圧に達すると、START スイッチを押して放電します。この操作を所定の回数繰り返す²。
11. 電圧測定用球ギャップ長 4mm、3mm と 2mm について、同様に測定をし、表 3.2 に記録する。
12. 測定が終わったら、球ギャップ装置を接地し、パルス電圧発生装置の POWER スイッチを OFF にする。
13. 気圧、湿度、温度を測定して、表に記録する。

表 3.1: 標準球ギャップの 50%フラッシュオーバー電圧 (一球接地、高圧側正極性および負極性の場合)
気圧 101.3kPa (1.013mbar)、気温 20°C 単位: kV (波高値)

ギャップ長 [mm]	球直径 [mm]											
	20		50		62.5		100		125		150	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
0.5		2.8										
1.0		4.7										
1.5		6.4										
2.0		8.0		8.0								
2.5		9.6		9.6								
3.0	11.2	11.2	11.2	11.2								
4.0	14.4	14.4	14.3	14.3	14.2	14.2						
5.0	17.4	17.4	17.4	17.4	17.2	17.2	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8
6.0	20.4	20.4	20.4	20.4	20.2	20.2	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9
7.0	23.2	23.2	23.4	23.4	23.2	23.2	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
8.0	25.8	25.8	26.3	26.3	26.2	26.2	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
9.0	28.3	28.3	29.2	29.2	29.1	29.1	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9
10.0	30.7	30.7	32.0	32.0	31.9	31.9	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7
12.0	(35.1)	(35.1)	37.8	37.6	37.6	37.5	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4
14.0	(38.5)	(38.5)	43.3	42.9	43.2	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9
15.0	(40.0)	(40.0)	46.2	45.5	45.9	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5
16.0			49.0	48.1	48.6	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1
18.0			54.5	53.0	54.0	53.5	53.5	53.5	53.5	53.5	53.5	53.5
20.0			59.5	57.5	59.0	58.5	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0
22.0			64.0	61.5	64.0	63.0	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5

3.5 結果のまとめ

1. 実験で測定したデータを表 1.3 のようにまとめる。
2. 測定結果のグラフを描く (縦軸は衝撃放電電圧 (波高値) [kV]、横軸は球ギャップ長 [mm] とする。)
3. オシロスコープの波形を添付して、波形のパラメータを求め、標準値と比較する。

²繰り返し充電させる場合、1 回の放電後、最低 30 秒以上の休止時間を必ず設けること。

表 3.2: インパルス発生装置の出力特性試験結果 (球の直径 _____ mm)
 接地抵抗値 _____ Ω
 気圧 b _____ [kPa] 室温 t _____ [$^{\circ}\text{C}$] 湿度 _____ [%]
 相対空気密度 δ _____ 補正係数 k _____ 極性 [(+) (-)] 一球接地方式

球ギャップが放電した場合は○印、放電しない場合は×印としたとき、放電率は次式で求める。

$$\text{放電率} = \frac{\text{放電回数}}{\text{印加回数}} \times 100[\%]$$

ギャップ長 d [mm]	標準電圧 V_n [kV]	放電電圧 V_k [kV]	充電電圧 V_c [kV]	衝撃電圧の放電回数										放電率 [%]			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
5	16.8																
4	14.2																
3	11.2																
2	8.0																

付録A 高電圧実験の心得

1. 岡山理科大学工学部安全委員会編の「安全対策マニュアル」を熟読すること。
2. 高電圧実験では、間違った装置の取扱いをすればたいへん危険である。終始指導教員の監督下で実験を行うこと。
3. 実験装置等は、指示のない限り、絶対に触れないこと。
4. 装置に触れるときは、電源が断たれていることを確認し、高圧部を接地し、接地した状態を保ったままで触れること。特に、コンデンサの使用されている回路は、近づいたり触れたりしないこと。どうしても触れる必要のあるときは、コンデンサのすべての端子を短絡し、かつ、接地をしたままで触れること。コンデンサは、電源を切っても、電荷が残っていれば、端子に電圧が現れ、たいへん危険である。
5. 実験に先だって、装置、配線をよく点検し、機器の接地は完全か、高電圧充電部分の離隔は十分であるか等、安全をよく確かめること。
6. 実験装置の配線接続は、実験中にゆるんだり、振動ではずれたりしないよう、細心の注意を払って行うこと。
7. 電源を投入するときは、大声でグループ全員に周知させること。
8. 実験中は、高電圧を発生している機器室には立ち入らないこと。
9. 同一の実験を繰り返すとき、実験になれるにしたがって、油断が生じやすい。もし感電事故が起きた場合、人命にかかわる大事故につながるため、一瞬も注意を怠ってはならない。
10. 万一の感電事故に備えて、対策をしておくこと。たとえば、絶縁のよい履き物を履く、肌を露出しない、シンプルな服装を着用すること。

付録B 感電事故発生時の対応

1. 本人が感電事故にあった場合、速やかに電源から接触部分を引き離す。自力で引き離せない場合は、大声で助けを呼ぶ。
2. 感電事故を発見した場合、速やかに電源を切る。電源を遮断できないときに、感電者の身体を十分な絶縁性能のある絶縁棒、またはゴム手袋などを用いて、引き離す。
3. やけど、外傷のあるなしにかかわらず、指導責任者に連絡をして、その指示に従う。健康管理センターに連絡するか、「119」番で救急車を呼ぶ [1]。
健康管理センター Tel. 086-256-8493 (直通)
内線 6558、6551
 - 救急電話のかけかた
 - (a) 局番なしの **119**
 - (b) つながったら、「**救急です。**」
 - (c) **事故の場所（住所）**を告げる。
 - (d) 「**誰が**」「**いつ**」「**どこで**」「**どういうふうに**」「**どうなったか**」等事故の状況を知らせる。
 - (e) 傷病者の人数を知らせる。
 - (f) これまでの応急処置を報告し、次に何をしたら良いのか指示を仰ぐ。
 - 救急車を出迎えて、誘導すること。
4. 感電事故では、呼吸停止、心臓停止になりことが多く、一刻も早く**人工呼吸と心臓マッサージ（心拍蘇生）**をはじめめる。これで、一命を取り留めた例は多数ある。一見回復不可能に思えても、救急車到着まで救命活動を行う。

いざというときのために心肺蘇生法の講習を受けましょう！

関連図書

- [1] 「岡山理科大学安全対策マニュアル」(2019)

付録C 電気電子工学実験IIIに関する内規

1. 実験に関する内規

(a) 履修資格

本実験を履修する学生は、次の条件を満たす必要がある。

- i. 電気エネルギーコースに所属すること
- ii. 電気主任技術者資格に必要な科目（「学生便覧」参照）の単位を修得する見込みがあること

(b) 入室および退室

実験時に告知する。

(c) 遅刻を認めない。

(d) 途中不在および早退は、欠席と同等に取り扱う。

(e) 追実験

- i. 追実験は、忌引きを除き、原則として認めない。
- ii. 課外活動による欠席は認めない。
- iii. 追実験該当者は、指定された日時に実験を行う。

(f) 再実験

停電などやむを得ない事情のため実験を遂行できないときは、別に指定された日時、場所において実験を行うこと。実験は、規定の時間内に完了すること。

2. 報告書に関する内規

(a) 報告書の内容は、後記の「報告書の様式」に従うこと。

(b) 報告書の提出日は、実験終了日の次回の実験日とする。

(c) 報告書の内容が著しく不十分なものは、返却して再度提出を促すことがある。訂正箇所、補足箇所は良くわかるよう、別紙などに書き重ねて綴じること。

(d) 再提出の報告書の提出日は、返却された次の実験日とする。

3. 報告書の様式

(a) 表紙は、実験当日に配布する所定の用紙を用いる。同様の用紙を URL より、入手できる。

(b) 内容の記述は、A4（297mm×210mm）を用いる。

用紙が、数枚にわたる場合は、ページ番号を記入することとともに、左端を2箇所以上ホッチキスで止めること。

(c) 内容については、次の様式に従う。

- i. 実験の目的
- ii. 使用機器
- iii. 実験結果
- iv. 課題
- v. 考察
- vi. 参考文献

実験終了および報告書受理状況表

学生番号

氏名

実験題目	実験終了	受理	実験題目	実験終了	受理