

# 500kVコンデンサ ブッシング

## 500kV Condenser Bushing

The condenser bushing is a vital component of a transformer, circuit breaker, wall bushing apparatus, etc. and required to have high reliability. This 500 kV condenser bushing with 6.5 m or 8 m porcelain tubes has been completed with special consideration to such destructive calamities as typhoon and earthquake.

This article describes its earthquake-proof construction, electrical characteristics, mechanical strength as well as the equivalent test carried out to check its resistance to earthquake.

池本徳郎\* *Norio Ikemoto*  
 中沢正光\* *Masamitsu Nakazawa*  
 堀 康郎\*\* *Yasuo Hori*

### 1 緒 言

わが国の500kV送電も実用化段階に入り、各電力会社において機器の仕様決定、発注が行なわれている。ブッシングは、変圧器、しゃ断器などの電気機器の口出部や、屋内変電設備機器への引込部に使用される重要な部品であり、その信頼性は、本体機器と同様に高度なものが要求される。なかでも500kV用コンデンサブッシングは、電力輸送の基幹をなす機器に使用されるため、十分な信頼性と安全性が必要である。

わが国の自然環境条件はブッシングが使用されるにはきわめて悪いものがある。すなわち、四面、海洋に囲まれ常に過酷な塩害汚損にさらされるため、塩害事故の危険率がきわめて高いことおよび環太平洋地震帯に属する世界有数の地震国であり、機器の地震破壊の危険度が高いことなど機器の設計製作にあたっては、これら総合的な検討を加えて、あらかじめ十分な信頼性を確認しておく必要がある。

日立製作所においても、ブッシングについては超々高圧変圧器と同時に開発研究に着手し、数次の試作をはじめ、昭和41年には超高压電力研究所に全長11mにも及ぶ500kV壁ぬきブッシングを納入し、また翌42年には将来の500kV送電を考慮し、技術力向上のため750kV級コンデンサブッシングを開発した。すなわち、交流耐電圧1,290kV、インパルス耐電圧2,890kVのものを完成した。また大容量壁ぬきブッシングとして昭和44年4月から東京電力株式会社と共同開発し、同46年3月に完成した500kV、12kAの水平ブッシングがある。その間、500kV変圧器用ブッシングを製作し、信頼性を確認する過酷な試験を行ってきたので、ここにその概要を報告し参考に供する。

### 2 500kVコンデンサブッシングの特異点

500kV機器用コンデンサブッシングは、従来の超高压用以下のブッシングと同様に高度な信頼度が要求されるほか、回路電圧が高く、寸法が長尺であるため、次のような事項の検討が重要になる。

#### (1) 主絶縁に対する信頼性の問題

ブッシングは、主絶縁であるコンデンサコアに特に高い信頼性が必要であり、使用材料の管理、製作環境の管理、製作技術の管理、実用器による種々の過酷条件下での検証試験などについて、それぞれ詳細に検討しその結果を十分に取り入れた設計を行なうことが必要である。

#### (2) 耐塩害上の問題

塩害汚損管理については、8mまたは6.5mがい管を使用し、管理限界値も0.03mg/cm<sup>2</sup>または0.02mg/cm<sup>2</sup>として可能な活線洗浄法は確立されており、また系統に発生する異常電圧については、がい管が長大な8mまたは6.5mのため特に問題にならない。

#### (3) 耐震上の問題

8mまたは6.5mがい管を使用する500kVブッシングは、共振周波数が低く、地震波の卓越周期に同期して共振する可能性が高く、機械的強度面でもきびしい条件にあるため、耐震対策は特に考慮すべき問題である。したがって、従来の静的計算では不十分で動的計算解析が重要である。

#### (4) 火災時に対する問題

500kVブッシングは、がい管内に使用されている絶縁油量も相当量に達するため、内外部の事故に対して十分な保護、特に火災に対する保護対策を考慮する必要があり、種々研究されている。

### 3 500kVブッシングの構造

主絶縁は信頼性の見地より、油浸紙コンデンサ形コアを採用している。ブッシングの構造は、用途によって若干異なるが基本的には同一構造であり、以下に変圧器用、ガスしゃ断器用、壁ぬき用などの構造について説明する。

#### 3.1 変圧器用500kVブッシング

変圧器用500kVブッシングの概略構造は、図1に示すとおりである。ブッシングの中心部は機械的機能と電気的機能とを個々に負担する二重構造として信頼性を高めた中心管上に、良質の電気絶縁紙、すなわち脱イオン洗浄した低誘電体損失紙および電界調整電極によりコンデンサ形コアを形成している。調整電極の端部は、特殊な処理を行なうほか、コンデンサ形コアの乾燥が均一に行なわれるよう配慮されている。また使用する絶縁物の残留水分管理を厳重にし、完全な防塵(じん)空調室で作業されるため、同一条件の均質なコアが製作できる。ブッシング上部にあたる中心管の上部には、ガス室兼用のシールドが配置されており、頭部の製品重量を軽減し、耐震特性を向上している。このコアは、気中側に8mまたは6.5mの耐塩害がい管と油中側に下部がい管、取付けフランジ付スリーブから成る外殻(かく)の中に収められ、耐震特性の向上を考えセンタークランプ方式で締め付けられている。スリーブには、試験用端子または電圧測定用端子があり、品質

\* 日立製作所国分工場 \*\* 日立製作所日立研究所

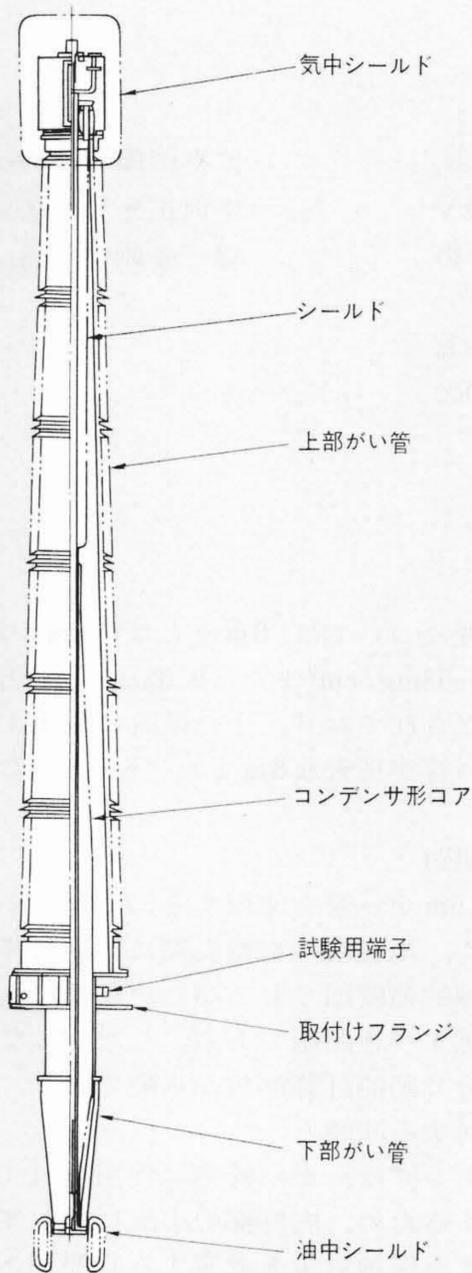


図1 500kVブッシング概略図 8mがい管使用2,000A:500kVブッシング概略構造を示す。

Fig. 1 Outline Drawing of 500kV Bushing

管理や電圧検出、リレー用としての負担を取ることができる。油密、気密部は、耐熱性、耐油性、耐寒性および耐ガス性にすぐれたガスケットでシールされている。頭部は膨張室の中にセンターランプ用さらばねが収納されている。そして気中端子部には気中シールド、油中端子部には油中シールドで電界調整を行なっている。製作にあたっては、次に述べるような信頼度向上策が取り入れられている。すなわち、コンデンサ形コアのX線撮影による作業精度の確認、気中側がい管の釉(ゆう)継ぎ部のX線撮影によるがい管不良の摘出、組立前のコアの静電容量、誘電体損失の測定など種々の細かい部分検査を経て組み立てられる。

### 3.2 ガスしゃ断器用ブッシング

ガス絶縁開閉装置用ガスしゃ断器も、基本的には変圧器ブッシングと同一であるが、次の点が異なる。下部の絶縁媒体が高圧力の絶縁性ガスを使用しているため、下部のガス中シールドの形状を変えるほか、ブッシング自体にはガス漏れ検出装置によるスローリークの検出と、異常圧力上昇時の放圧装置との二重保護対策を施してあり、また下部のガス側がい管には特殊構造によるがい管脱落防止が設けられている。

### 3.3 壁ぬきブッシング

500kV変電所を屋内方式とする場合、架空送電線に接続する部分に壁ぬきブッシングが必要となる。ブッシングの取付

方式は、水平、垂直、傾斜の3種が代表的方式として考えられる。もちろん、これらの組合せも可能である。

水平取付方式は、がい管が6.5mまでのものは、275kV系統と同様に製作できるが、8mの耐塩害がい管を使用するときは耐震強度の問題からステーが必要となる。この方式は取付面が建屋の壁になるほか、剛性の高い面の利用となるので垂直方式よりすぐれている。また活線洗浄についてはしゃ風壁の併用で高水圧洗浄ができ、水の使用量も少なく洗浄効果は高い。ステーを設けると塩害汚損せん絡の危険を増すとみる向きもあるが、日立製作所で昭和45年に東京電力株式会社と共同研究し、実器による活線洗浄の結果では、なんら支障はなく、注水量の多少にかかわらず安定した洗浄効果が得られた。

垂直取付方式は、開閉所の屋根を垂直に貫通する構造である。この方式は開閉所の屋根の剛性に左右されるほか、建家そのものの建設費がかさむ以外に活線洗浄設備費が高価になるなどの欠点がある。

傾斜方式、水平—垂直の組合せ方式、傾斜—水平の組合せ方式、垂直—傾斜の組合せ方式などについては、いずれも変圧器用ブッシングを屋外用、屋内用として組み合わせることにより、両ブッシングの接続用油タンクを設置することで可能である。この方式は油タンクの剛性を高く取ることによって、耐震性能を向上させることは比較的容易であるが、接続部の現地処理作業が残るのが超々高圧機器として欠点であり、信頼度の面からは、やや不利である。

なお、500kV級大容量壁ぬきブッシングについては、先に日立評論第53巻第12号(昭和46年)に紹介したのでここで詳細については省略する。

## 4 500kV用ブッシングの外形寸法

日立製作所が500kV変圧器用として製作する標準品外径寸法は、表1に示すとおりである。

## 5 500kV用ブッシングの電気的特性

現在、500kV送電システムの絶縁レベルは規格化されていないが、基準衝撃絶縁強度(BIL)は変圧器1,550kV、開閉インパルスは1,200kVが機器の耐電圧値として推奨されている。ブッシングとしては、しゃ断器などの線路引込口機器の1,800kVとするのが妥当と考えられ、絶縁強度の設計基準として次の値を取った。

交流耐電圧値：840kV

衝撃波耐電圧値：1,800kV

開閉インパルス耐電圧値：1,500kV

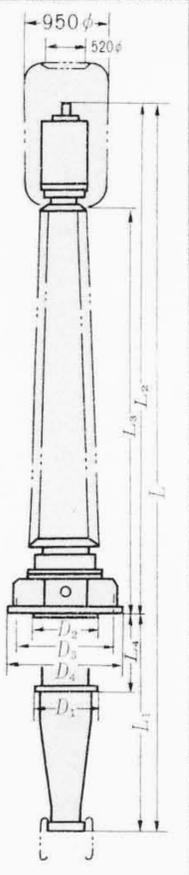
ブッシングの絶縁強度の検証法は規格化されていないが、JEC-183「ブッシング」に準じて行なった。

試験項目としては、

- (1) 外観検査
- (2) 寸法検査
- (3) 温度試験：油タンク温度90°Cで、定格電流通電
- (4) 加熱試験：ブッシング下部を90°Cとする。
- (5) 絶縁抵抗測定：中心導体と取付フランジ間で測定
- (6) 誘電正接および静電容量測定：定格電圧の0.3, 0.6, 0.8, 1.0倍で測定
- (7) 交流耐電圧試験：乾燥状態840kV, 1分間, 注水状態840kV, 10秒間
- (8) 衝撃波耐電圧試験：乾燥状態および注水状態で波形1×40μsの1,800kVの衝撃波を正負各5回印加
- (9) 電圧測定端子および試験用端子耐電圧試験：電圧測定用

表1 500kV変圧器用ブッシング標準寸法 ブッシング形変流器の数、電流値の大きいものは $L_4$ 、 $D_4$ ～ $D_5$ 寸法が異なる。

Table 1 Outline Dimensions of 500kV Bushing for Transformer



行番	使用区分	定格電流 (A)	総重量 (kg)	全長 L	上部長 $L_2$	充電部までの高さ $L_3$	下部長 $L_1$	BCT 取付部 $L_4$	油中部 最大径 $D_1$	取付けフランジ			がい管諸元			
										バックシン面内径 $D_2$	ボルト中心径 $D_3$	ボルト穴径×個数	有効長	漏れ距離	平均直径	
1	一般地区用	1,500	3,600	7,685	5,760	4,575	1,925	450	555	900	1,100	29×24	4,050	10,300	580	
2		"	3,650	7,885			2,125	650								
3		"	2,000	"			7,685	1,925								450
4		"	3,700	7,885			2,125	650								
5	軽汚損地区用	1,500	5,700	9,685	7,760	6,575	1,925	450	555	900	1,100	29×24	6,050	17,300	675	
6		"	5,750	9,885			2,125	650								
7		"	2,000	"			9,685	1,925								450
8		"	5,800	9,885			2,125	650								
9	重汚損地区用	1,500	6,600	11,185	9,260	8,075	1,925	450	555	900	1,100	29×24	7,550	22,050	675	
10		"	6,650	11,385			2,125	650								
11		"	2,000	6,600			11,185	1,925								450
12		"	6,650	11,385			2,125	650								
13	A	1,500	7,300	11,620	9,200	8,025	2,420	450	780	1,050	1,200	35×16				
14		"	7,400	11,850			2,650	680								
15		"	2,000	7,350			11,620	2,420								450
16		"	7,450	11,850			2,650	680								

注：BCT=Bushing Current Transformer

- 端子は交流耐電圧試験の誘導耐圧、試験用端子は2kV、1分間
- (10) 長時間耐電圧試験：ブッシングの長年月の使用に十分耐えることを検証するための一方法として、図2に示すプログラムで電圧を印加し、内外部のコロナの変化を見る。
  - (11) 過電圧試験：絶縁強度の確認として交流過電圧、1,100kV、1分間、衝撃波過電圧±2,170kV、各5回、開閉インパルス過電圧1,810kVを印加した。
  - (12) 内部の部分放電測定：耐圧試験の前後において部分放電の検証を行なった。

以上、ブッシングの設計条件の検証試験を各種行なったが、使用上十分余裕のある信頼度の高い製品であることが確認された。その試験結果の主要部分は表2に示すとおりである。また図3は、長時間課電試験中のブッシングを示すものである。

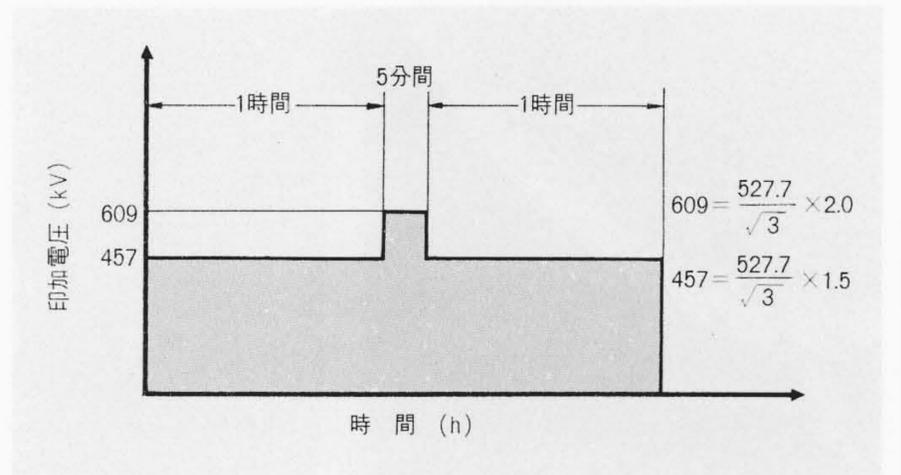


図2 長時間耐電圧試験印加電圧プログラム 長時間コロナ測定プログラムを示す。

Fig. 2 Long-time Withstanding Test of Voltage Program

表2 500kVブッシングの試験 耐塩害8mがい管を使用した油浸紙コンデンサ形ブッシングのおもな試験結果を示す。

Table 2 Test Result on 500kV Bushing

試験項目	試験方法	結果	備考	
電気特性試験	誘電正接測定 静電容量測定	シェーリングブリッジ	525kVまでフラットな特性 $\tan\delta=0.3\%$	耐圧試験前後で変化なし
	コロナ試験	交流 457kV (1.5E) 2時間 609kV (2E) 5分間 1,000kV 1分間	内部コロナなし 外部コロナ発生電圧800kV以上	耐圧試験前後で変化なし 外部コロナはERA波形による
	交流耐電圧試験	840kV 1分間 過電圧1,100kV "	良 "	—
	衝撃耐電圧試験	±1,800kV 各5回 過電圧±2,170kV "	良 "	—
	開閉インパルス耐電圧試験	1,290kV (1,550kV×0.83) 5回 過電圧1,810kV "	良 "	—
参考試験	熱安定試験	85 ± 2°C	$\tan\delta$ 値変化なし	—
	加熱試験	90°C以上 6時間	異常なし	—

6 機械的強度と等価試験法

500kV用ブッシングの機械的強度は、次の条件を加味して十分な強度を有することが必要である。

(1)自重 (2)台風時の風圧荷重 (3)地震時の荷重 (4)接続する電線による荷重などがあるが、中でも(3)の影響が最も大きく、寸法的に長大なこの種のブッシングでは共振周波数が低く、地震波の卓越周波数に共振する可能性が高い。従来、ブッシングに対する耐震強度についての動的解析例はほとんどなく、静的な検討が一般的であった。

この解析には、超大形の加震台で実器を地震波形で加震するのが最も簡単確実であるが、超々高圧機器においては製品の重量から見て、加震台装置を導入しても常に基礎入力試験ができるとは限らず、等価試験法を開発する必要がある。日立製作所では、アンバランス加震機による等価試験法を開発し、油圧加震台で加震した場合と同一の結果を得ることができた。

この方式には次に述べるような特長がある。

- (1) 油圧加震台に比べ、きわめて安価であり、かつ小形、軽量で取扱いが簡単である。
- (2) 工場試験はもちろん、フィールドで実器での確認試験が

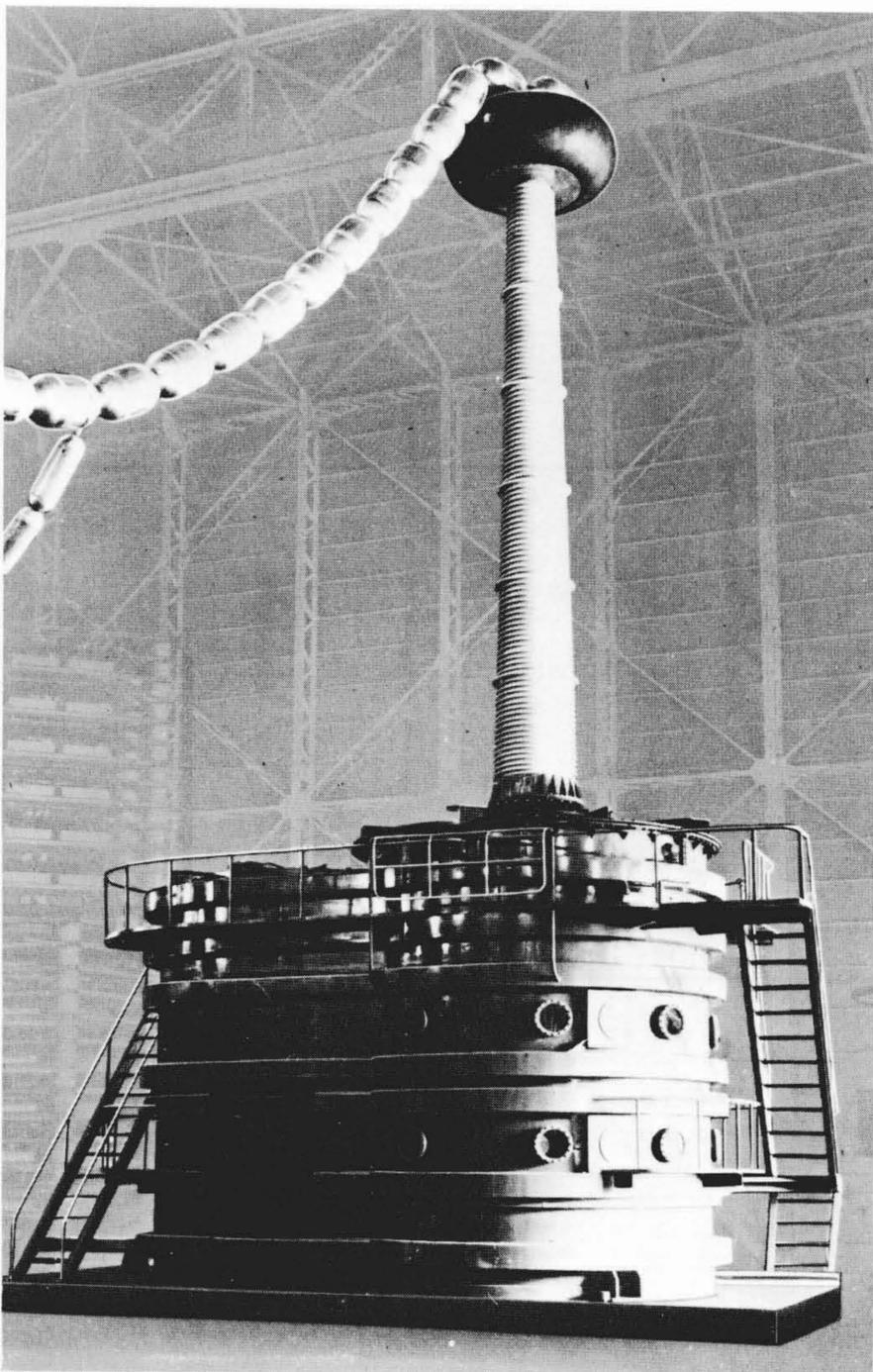


図3 長時間課電試験中のブッシング 1.5E, 2時間印加中のブッシングを示す。

Fig. 3 500kV Bushing Under Long-Time AC Voltage Test

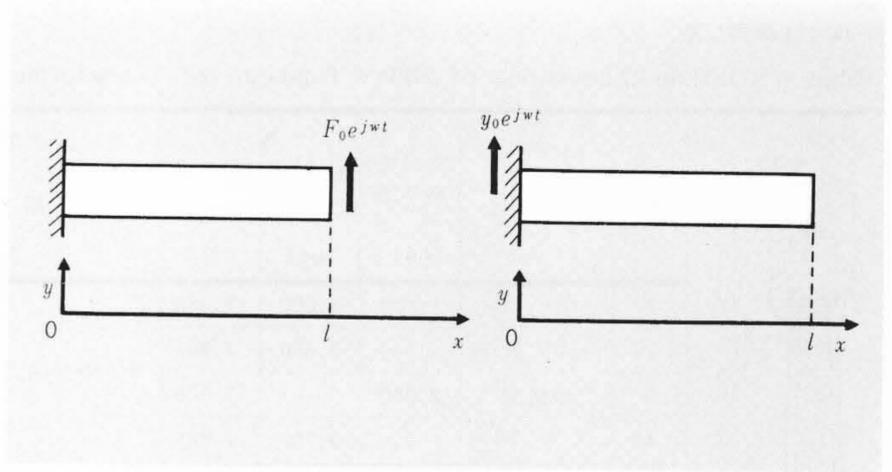


図4 片持ばり 頭部加震と根元加震の片持ばりモデルを示す。

Fig. 4 Cantilever Beam Model

可能である。

- (3) 設備として、場所を専有せず可搬形で、特に製品重量が数百トンに及ぶものまで加震でき、供試機器の種類を問わない。

次に、この方式の等価性について考察する。油圧加震台で加震するのを根元加震、アンバランス加震機でブッシング頭部を加震するのを頭部加震と呼び、簡単のために振動特性の計算にあたり、ブッシングを均一片持ばりと考える。図4の均一片持ばりの曲げ振動方程式およびその一般解は、変位を  $y(x, t)$  (cm) とすると、

$$EI \frac{\partial^4 y(x, t)}{\partial x^4} + \rho \cdot S \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$y(x, t) = (A \cosh \lambda x + B \sinh \lambda x + C \cos \lambda x + D \sin \lambda x) e^{j\omega t} \dots\dots\dots(2)$$

となる。

- ここで、  $E$ : ヤング率 ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $I$ : 断面二次モーメント ( $\text{cm}^4$ )
- $\rho$ : 密度 ( $\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{cm}^4$ )
- $S$ : 断面積 ( $\text{cm}^2$ )

$$A, B, C, D: \text{定数}, \lambda = (\omega^2 \rho S / EI)^{1/4} \text{ (rad/cm)}$$

ここで  $x=0$  と  $x=l$  での境界条件を頭部加震、根元加震でそれぞれ(2)式に代入し、頭部加震変位と根元加震変位が等しく、振動モードが一致するとして、一次共振を考えると頭部加震力  $F_0$  は、

$$F_0 = 0.39 \omega^2 \rho S l y_0 \dots\dots\dots(3)$$

となる。

ここで、 $y_0$  は根元の変位振幅 (cm)

(3)式の  $\omega^2 \rho S l y_0$  は、はり全体を  $y_0$  だけ変位させるに必要な慣性力なので、頭部加震力は、はりを  $y_0$  だけ変位させる慣性力の39%あればよく、これで加震すれば、頭部加震と根元加震は等価になる。また、はり中の応力、剪(せん)断力は変位が一致するので、すべて等しくなる。

また、はりには粘性摩擦減衰があり、これを考慮して頭部変位と根元変位の比をとると応答倍数となる。すなわち、減衰比率を  $\zeta$  とすると応答倍数  $= 1.57/2\zeta$  となる。

実器のブッシングでは、寸法、重量が連続的に変化するため、変断面ばりとして、分割して計算することになる。また変圧器用ブッシングの場合、ブッシング取付部の回転ばね定数の大きさによって固有振動数が変化することを考慮する必要がある。図5は500kVブッシングの振動試験状況を示すものである。実測結果では、頭部加震と根元加震のいずれの場合も共振周波数が4.3~4.6Hz、応答倍率11倍、根元発生応力約120kg/cm<sup>2</sup>であり、両者の等価性を確認できた。

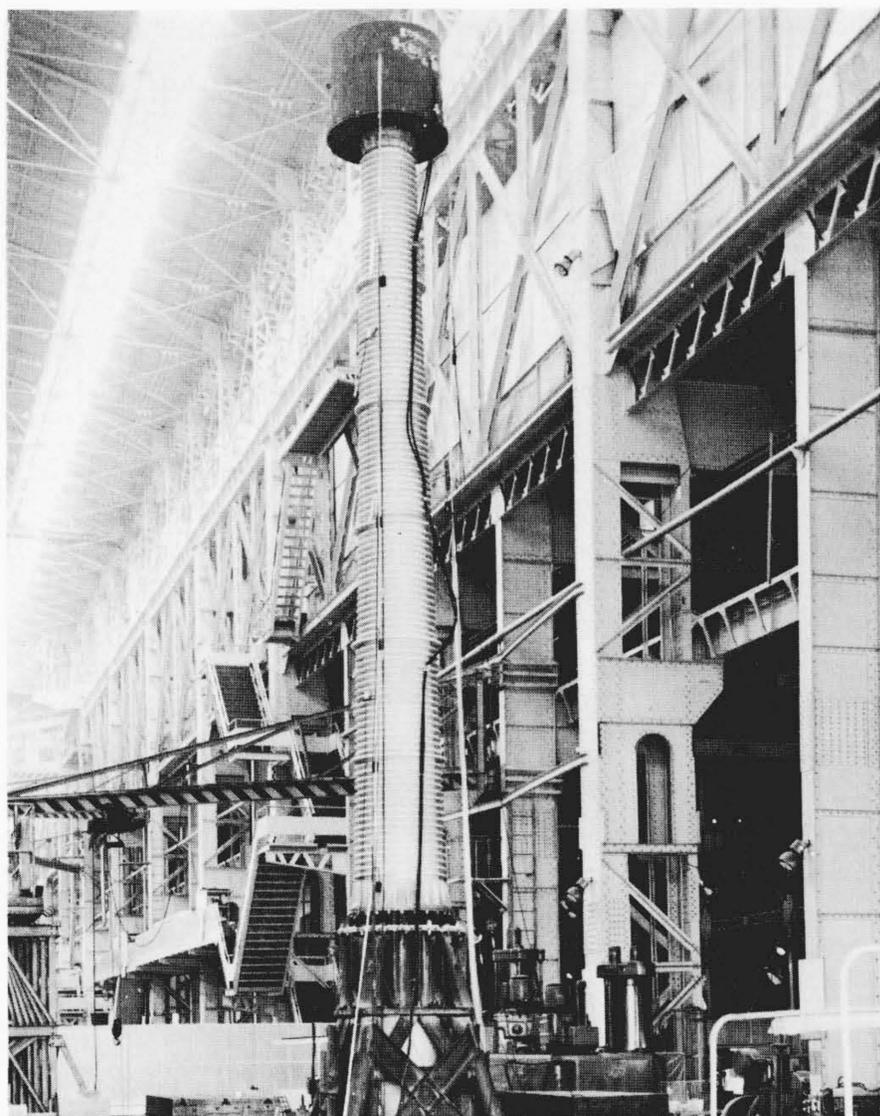


図5 500kVブッシング振動試験状況 8mがい管の頭部加震状態を示す。

Fig. 5 Vibration Test of 500kV Bushing

7 結 言

以上500kVブッシングの諸性能について述べたが、日立製作所の製品は、内部の部分放電も最高回路電圧において全然発生せず、長期運転に十分安全で高い信頼性を持っているものと考えられる。機械的強度も取付部の回転ばね定数を適切に配慮することによって、地震に対しても十分安全に使用できる。

耐震特性の検証には、便利なアンバランス加震機による等価性を確立し、フィールド試験と計算結果を簡単に比較でき耐震性の信頼性の見きわめが容易になった。

500kVブッシングは、用途を問わず各種形状のものが製作可能であり、12,000 Aの大電流用についても自冷式で可能である。

終わりに臨み、本ブッシングの製作に際し種々ご指導いただいたかたがた、特に壁ぬきブッシング開発の共同研究につき、ご援助とご指導を賜った東京電力株式会社の関係各位に深く謝意を表わす次第である。

参考文献

- (1) 藤本ほか：「500kV大電流壁ぬきブッシング」昭和46年電気学会全国大会、586
- (2) 池本ほか：「日立コンデンサブッシング」日立評論 52, 215 (昭45-3)
- (3) 池本ほか：「550kV大容量壁ぬきブッシング」日立評論 53, 1151 (昭46-12)
- (4) 池本ほか：「550kV油中壁ぬきコンデンサブッシング」昭和46年電気学会東京支部大会 368
- (5) 堀：「変圧器ブッシングの耐震試験法」昭和47年電気四学会東海支部連合大会 No.17P-E-7
- (6) 池本ほか：「500kV変圧器ブッシングの耐振について」昭和46年電気学会東京支部大会 No.368

日立評論 Vol. 55 No. 12 目次

■ 論文

- 高落差ポンプ水車の現地試験結果の解析
- 沼原揚水発電所納発電電動機
- 沼原揚水発電所納アルミ被OFケーブル
- 全自動群管理エレベータCIP/ICシステム
- デルファイ予測の分析手法と実施例
- 火力発電所自動起動停止システム
- 照明の配光・光束測定システム
- 全国新幹線網用961形試作電車
- 全国新幹線網用961形試作電車の運転制御システム

全国新幹線網用961形試作電車の主回路方式  
エアカーテンとその特性

■ 都市交通用エスカレータ特集

- 都市交通用エスカレータ
- エスカレータの安全性と保全性
- 高速エスカレータの低騒音化
- 屋外形エスカレータ
- オートラインの都市交通への応用

日立 Vol. 35 No. 11 目次

- グラフ ピアノ誕生
- 解説 ☆タフで小回りのきく計算機 制御用計算機の話<上>
- ルポ ☆ハイジャック防止に新兵器  
☆長い伝統に新しい教育
- 山東昭子のルポルタージュ 自然の教室 生田緑地
- インタビュー いざ!というときの人間心理

- 家庭コーナー より使いやすくなった電子レンジ
- 美術館めぐり 平野政吉美術館
- 今月の豆知識 FRP モーニングコールサービス
- 新製品紹介 電子レンジ 洗濯機 トースター 卓上電子計算機
- 海外だより 時差が5時間半もある国<カナダ>

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 郵便番号 100  
 取次店 株式会社 オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 郵便番号 101 振替口座 東京 20018番

## 電氣的負性ガス含浸ポリエチレンの絶縁特性

日立電線株式会社 池田忠禧 高橋憲司

電気学会誌 92-A-3, 10 (昭47-3)

ポリエチレンケーブルにあるボイド、あるいは高分子間のエアギャップ中に、絶縁耐力の高いガス（たとえばSF<sub>6</sub>ガス、フロンガスなど）を満たせば、絶縁破壊電圧は上昇すると考えられる。本論文はこの電氣的負性ガス含浸効果をトリイーイング試験および実際のケーブルの破壊試験によって検討したものであり、下記の結果が得られた。

(1) 耐トリイーイング試験を行なうにあたって、現在行なわれているNeedle testの代わりに、ガス含浸状態を変えないでより簡単に試験ができるはく電極を用いた試験方法を考案した。

(2) ポリエチレン中へ含浸するガスの種類によって、50%トリイー開始電圧、トリイー開始時間、トリイーの形状、およびトリイーの伸び特性は大きく異なる。

(a) ポリエチレンに含浸するガスとして、SF<sub>6</sub>ガス、フロン系ガスを用いると、耐トリイーイング特性が著しく向上する。

(b) トリイー形状は大きく二つに分けることができる。

(i) 枝状トリイー：空気、SF<sub>6</sub>ガスなどでモールドした試料に見られる。

(ii) まりも状トリイー：真空中、N<sub>2</sub>ガス中などでモールドした試料で見られる。

(c) 一般に、50%トリイー開始電圧が高い試料は、トリイー開始時間が長い傾向にある。

(4) SF<sub>6</sub>ガス中モールド試料における50%トリイー開始電圧とSF<sub>6</sub>ガス含有量の関係を検討すると、下記の事項が推論できる。

(a) SF<sub>6</sub>ガスは無定形部分とマイクロボイド中に溶解する。

(b) 無定形部分に溶解するSF<sub>6</sub>ガスはヘンリーの法則に従い、マイクロボイド中に溶解するSF<sub>6</sub>ガスはラングミュアの法則に従う。

(c) 50%トリイー開始電圧に関与するSF<sub>6</sub>ガスはマイクロボイド中に溶解しているものである。

(5) 上記の耐トリイーイング性の基礎特性を

基にして、実際の架橋ポリエチレンケーブル（11kV 150mm<sup>2</sup>内部半導電層、絶縁体、外部半導電層の3層同時押しケーブル）を用いたSF<sub>6</sub>ガス含浸架橋ポリエチレンケーブルの破壊試験を行ない、次の結果を得た。

(a) 交流長時間破壊値は飛躍的な向上を示し、従来の未乾燥ケーブル破壊値の約70%向上している。

また、このときの最大電界強度は72kV/mmとなっている。

(b) インパルス破壊値は乾燥ケーブルと同程度であり、約10~20%の向上が見られ、高温での破壊値の低下は約10~20%である。

以上、耐トリイーイング試験、ケーブルの破壊試験の検討を行なってきた結果、架橋ポリエチレンケーブルにSF<sub>6</sub>ガスを含浸することにより絶縁耐力を飛躍的に向上することができ、架橋ポリエチレンケーブル超高压化への有力な手段となり得ることを確認した。

## 窒素中の部分放電による絶縁材料の劣化

日立製作所 津久井勤・加子泰彦

電気学会誌 Vol.92-A, No. 7, p.335 (昭47-7)

電力機器の大容量化とこれに伴う絶縁の高電界化により、部分放電による絶縁劣化の問題は近年ますます重要視されるに至った。これについてはすでに国内外で多くの研究がなされており、主として空気ふんい気におけるものである。空気中の部分放電による材料の劣化には酸素が主要な役割を果たすとみられる。酸素の影響を除いた窒素中での検討は酸素の効果を知るうえで必要であるが、あまり行なわれていない。また、空気中で酸素が消費されると窒素中となるので、この窒素中での部分放電による材料の劣化現象を検討しておくことは、実用上、電力機器絶縁層内に存在するボイド内放電による劣化現象を究明するうえで欠くことができない条件であると思われる。

この報告は、主としてポリエチレン試料を使って窒素純度の良いふんい気で部分放電により試料が破壊するまでの時（寿命）を測定し、空気中の寿命と比較するとともに、微量酸素を含むふんい気の部分放電に

よる発生ガスおよび重量変化を定量し、破壊に及ぼす微量酸素の影響を検討したものである。おもな結論は次のようになる。

(1) 酸素濃度に関係した水素発生速度は、次に示す段階に分けて考えられる。

(a) 密閉容器中の放電で初期酸素濃度の十分なきときには原子状酸素によって試料の化学結合の切断は盛んに起こり、水素の発生は多いが、発生した水素は直ちに放電空間で酸化され水となるため、見かけ上水素発生速度が小さい段階。

(b) 酸素が消費されてある程度酸素濃度が減少すると、試料の分子鎖切断も放電空間での水の生成速度もともに減少するが、後者の速度が特に減少するため、かえって水素の発生速度が大きくなる段階。

(c) 酸素が減少すると試料の分解速度自体が大幅に減少するため、水素発生速度も小さくなる段階。

以上の3段階である。

(2) これより、酸素がなくなると試料が破

壊するまでの時間も長くなるとみられ、窒素純度の高いふんい気で試料の寿命を調べた。その結果、高純度窒素中での部分放電による試料の重量減はきわめて少なく、また、破壊までの寿命も空気中の寿命に比べて格段に長く、実験的には約40倍の値が得られた。この値は従来数倍程度と言われていたよりもかなり大きな値であるが、さらに試料に溶解している酸素の量を極度に低下させれば、寿命は非常に長くなるものと推定される。

ふんい気に含まれている酸素ばかりでなく、試料に化学結合で存在する酸素による影響もみられるので、厳密な意味で純窒素中の寿命を定量化するためにはさらに高純度ふんい気での実験が必要である。しかし、実用的な意味での窒素中の劣化特性はひととおり明らかになったと考えられる。

なお、この窒素中の部分放電による絶縁材料の劣化の研究は、絶縁物中でみられるトリイーイングの研究にも生かされている。