

# 72～525kV パンタグラフ形断路器の完成

大 森 豊 明\* 山 木 正 雄\*  
Toyoaki Ōmori Masao Yamaki

## 72～525 kV Pantograph Type Disconnecting Switches

### Synopsis

With recent increasing of the electric power demand, large capacity power stations, substations and switchyards are now to be installed in many places and then the gigantic site area is required for these.

On the other hand, since seasonal winds and typhoons with heavy salt contamination come several times in a year, we must think of contamination problems of insulators and bushings of electric power apparatus. Therefore, it is necessary to design special types of insulators and bushings of power apparatus, or to be installed power apparatus of standard type as indoor use. Especially, in the latter case we should to minimize the site area.

In Europa, the developing of new type disconnecting switch is considered to minimize the site area.

In such circumstances, we developed pantograph type disconnecting switches of 60 kV～500 kV class, 800 A～4,000 A. In the following, we will describe the features and the application of these pantograph type disconnecting switches.

### I. ま え が き

最近特に都市近郊においては用地事情が切迫しており、変電所および開閉所用地の確保は困難をきわめ、仮に入手しても非常に高価であるため、変電所および開閉所用地問題は近年とくに重要な問題となってきた。そのため 140kV、250kV 系統の都心導入の場合には変電所および開閉所を地下にする傾向にある。

一方わが国の発電所建設も最近では火力に重点がおかれ、ここ 4～5 年以来大形火力発電所が相ついで運転されているが、火力発電所はその立地条件から発電所用の変電所または開閉所を屋内にする場合が多い。その場合できるだけ用地を縮小することが建屋を小形化でき、建設費のコストダウンが可能となる。これらの事情から変電所または開閉所の大半のスペースを占めている断路器を小形化または変形化することにより、大幅な建設費のコストダウンが可能となる。現にヨーロッパの超高压変電所においてはパンタグラフ形が非常に数多く使用されており、わが国においても当社がこれらの点を考慮して 168kV～500kV 級にはパンタグラフ形断路器、24kV～240kV 級には V 形断路器、24kV～84kV 級には T 形断路器、複合 V 形断路器を開発した。

本稿ではわが国の最近の超高压変電所に使用されつつあるパンタグラフ形断路器について、これまでの納入実績を中心に記述する。

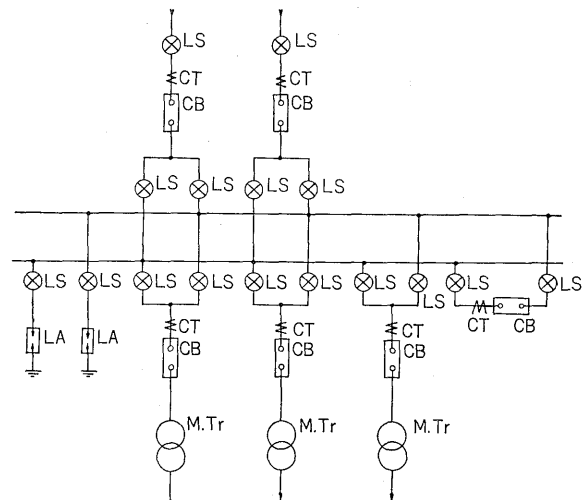
### II. パンタグラフ形断路器の必要性

パンタグラフ形断路器はヨーロッパの超高压変電所や開閉所において非常に数多く使用されており、最近ではア

メリカの TVA においても 500kV 断路器に用地節約と建設費のコストダウンを計るためにパンタグラフ形断路器が使用されることになっている。パンタグラフ形断路器の必要性は次の特長を持っているからである。

- 1) 開路時に完全に無電圧となる。
- 2) 変電所構内の見通しが良く、保守監視に便利である。
- 3) 断路器用架台が簡単で据付面積が少なく、かつ所要スペースが少なくてよい。
- 4) 各相単独配置ができ、斜め千鳥配置が可能である。
- 5) 母線の直交配置が可能である。
- 6) 活線注水洗浄費用が少なくてよい。

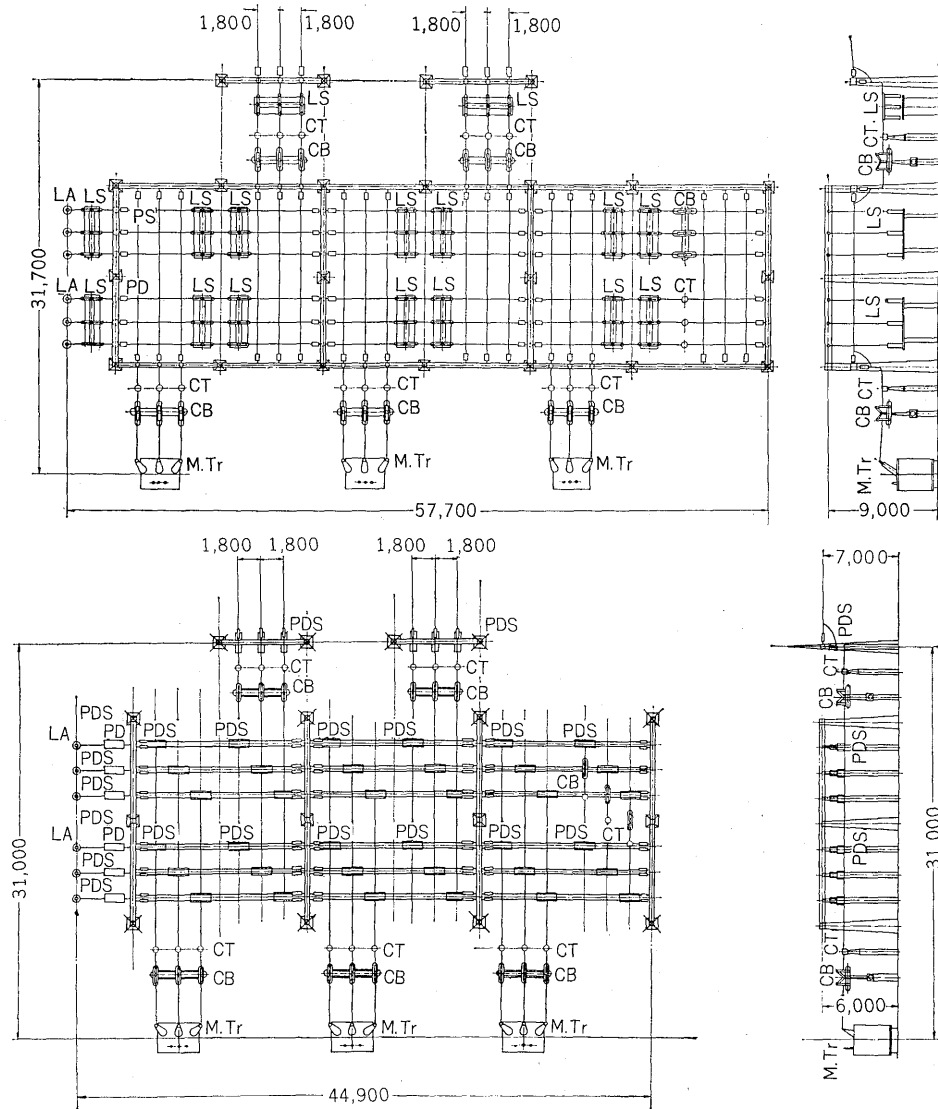
一例として第 1 図 (a)、(b)、(c) に 70kV 2 回線母線変電所の結線図と機器配置例を示す。この場合には敷地面積が水平 2 点切り断路器とパンタグラフ形断路器とでは後者が前者の 23% の縮小化が可能となる。電圧が高くなればなるほど上記の縮小率が大きくなる。



第 1 図(a) 2 回線母線変電所の代表的結線図

Fig. 1. (a) Typical skeleton diagram of double bus substation

\* 川崎工場静止器部



第1図(b)  
標準形断路器使用による母線配置図

Fig. 1. (b)  
Arrangement of bus-structure with normal type disconnecting switches

第1図(c)  
パンタグラフ形断路器使用による母線配置図

Fig. 1. (c)  
Arrangement of bus-structure with pantograph type disconnecting switches

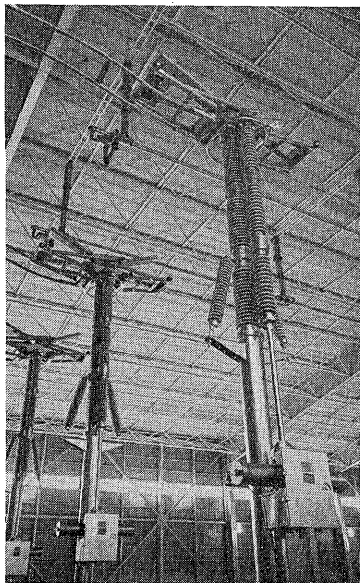
### III. パンタグラフ形 断路器の納入実績

第1表にこれまでの納入実績を示す。特に最近の火力発電所、中部電力・知多火力発電所および電源開発・竹原火力発電所にパンタグラフ形断路器が納入されたことは注目値する。なお電源開発・竹原火力発電所に納入されたものは屋内でストランド線との組合せ使用であり、わが国では初の実績である。第2図に中部電力・知多火力発電所の開閉所に納入されたパンタグラフ形断路器、第3図に中部電力・大井川発電所の変電所に納入されたパンタグラフ形断路器、第4図に関西電力・有馬変電所に納入されたパンタグラフ形断路器、第5図に電源開発・竹原火力発電所の開閉所に納入されたパンタグラフ形断路器、第6図に日本鋼管

第1表 富士パンタグラフ形断路器納入一覧表

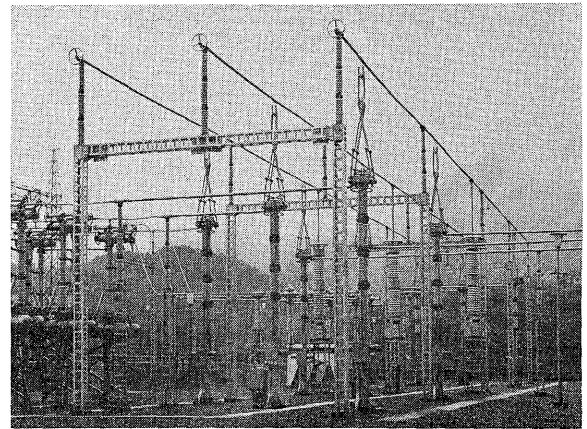
Table 1. Manufacturing list of pantograph type disconnecting switches

| 電圧<br>(kV) | 電流<br>(A) | 操作圧力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 短時間電流<br>(kA) | 納入先            | 相数 | 工場完成  |   | 備考                |
|------------|-----------|-------------------------------|---------------|----------------|----|-------|---|-------------------|
|            |           |                               |               |                |    | 年     | 月 |                   |
| 120        | 1,200     | 5                             | 20            | 日本鋼管(中央)       | 3  | 36-2  |   | 60kV S S          |
|            |           |                               |               | 出光興産(千葉)       | 24 | 38-5  |   | 耐塩害用<br>パイプブス S S |
| 168        | 800       | 5                             | 20            | 富士鉄(広畑)        | 6  | 35-3  |   | 70kV 耐塩害用         |
|            |           |                               |               | 山梨県庁(奈良田)      | 7  | 36-8  |   |                   |
|            | 1,200     | 5                             | 20            | 日本鋼管(中央)       | 15 | 36-2  |   | 耐塩害用<br>対地 200 号  |
|            |           |                               |               | 住友化学(名古屋)      | 24 | 39-3  |   |                   |
|            |           |                               |               |                | 6  | 36-6  |   | 耐塩害用<br>対地 200 号  |
|            |           |                               |               |                | 6  | 37-3  |   |                   |
| 240        | 1,200     | 5                             | 22            | 関西電力(有馬)       | 3  | 38-11 |   | パイプブス S S         |
|            |           |                               |               | 都水道局(金町)       | 6  | 38-11 |   | 耐塩害用<br>対地 200 号  |
|            | 1,200     | 5                             | 32            | 電源開発<br>(竹原火力) | 9  | 41-10 |   | 屋内ストランド<br>線      |
|            |           |                               |               | 形式試験用          | 3  | 38-1  |   |                   |
| 300        | 1,200     | 15                            | 22            | 中部電力(大井川)      | 9  | 40-3  |   | パイプブス S S         |
|            |           |                               |               | 中電形式試験用        | 1  | 38-8  |   |                   |
|            | 4,000     | 15                            | 60            | 中部電力(知多)       | 12 | 40-4  |   | パイプブス S S         |
| 525        | 1,200     | 5                             | 30            | 超高研(武山)        | 24 | 37-9  |   |                   |
| 84         | 1,200     | 5                             | 22            | 東燃石油化学<br>(川崎) | 12 | 40-5  |   |                   |



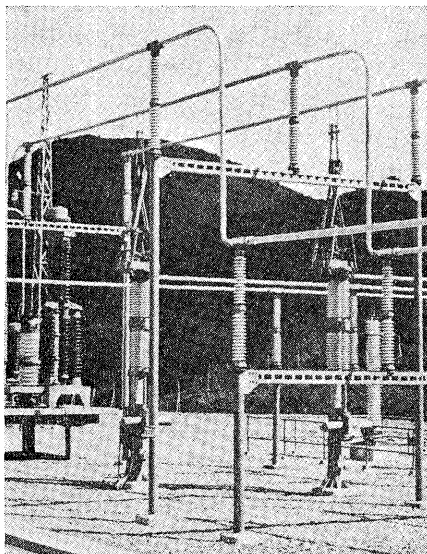
第 2 図  
中部電力・知多火力発電  
所に納入された 300kV  
400A パンタグラフ形  
断路器

Fig. 2.  
300 kV 400 A panto-  
graph type disconnect-  
ing switches installed  
in Chita Thermal P.S.  
of Chubu Electric  
Power Co.



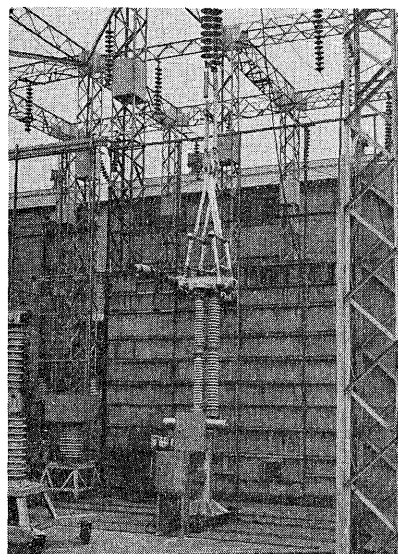
第 3 図 中部電力・大井川変電所に納入された  
300kV 1,200A パンタグラフ形断路器

Fig. 3. 300 kV 1,200 A pantograph type disconnecting  
switches installed in Oigawa S.S. of Chubu  
Electric Power Co.



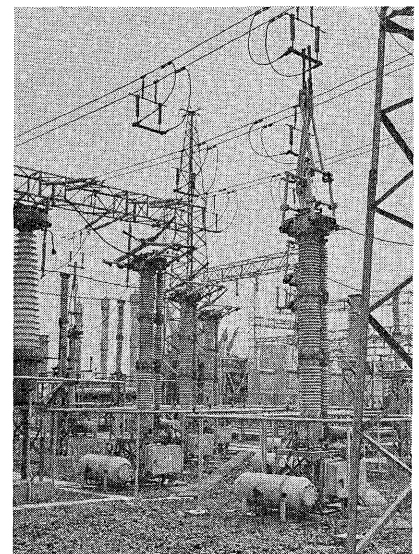
第 4 図 関西電力・有馬変電所に納入され  
た 168kV 800A パンタグラフ形  
断路器

Fig. 4. 168 kV 800 A pantograph type  
disconnecting switch installed  
Arima S.S. of Kansai Electric  
Power Co.



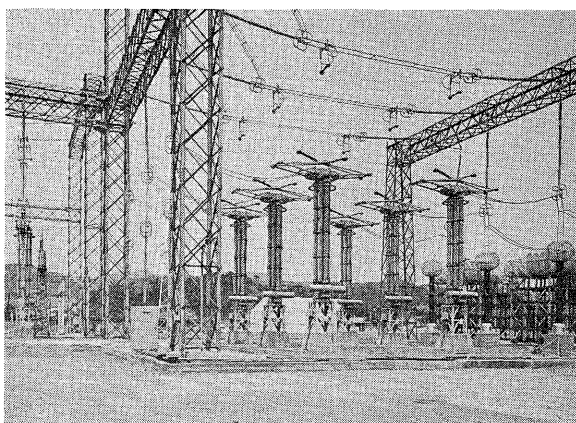
第 5 図 電源開発・竹原火力発電所向け  
240 kV 1,200A パンタグラフ形  
断路器

Fig. 5. 240 kV 1,200 A pantograph type  
disconnecting switch for Takehara  
Thermal P.S. of Electric Power  
Development Co., Ltd.



第 6 図 日本鋼管・川崎変電所に納入され  
た 168kV 1,200A パンタグラフ形  
断路器

Fig. 6. 168 kV 1,200 A pantograph  
type disconnecting switches  
installed in Kawasaki S.S. of  
Nippon Kokan K.K.



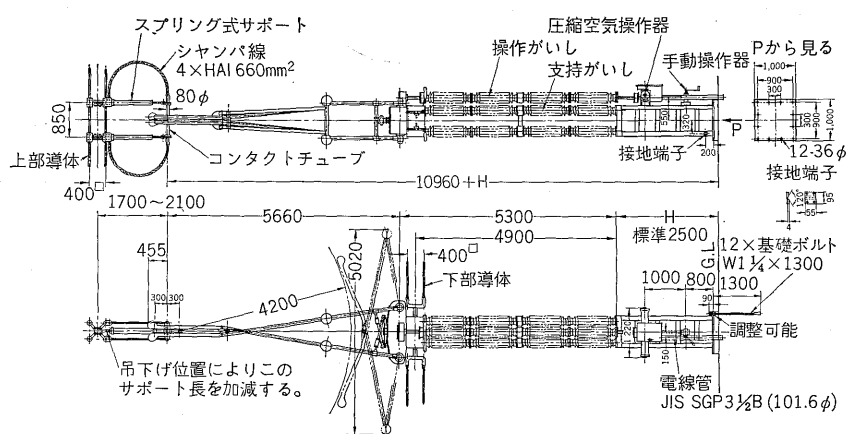
第 7 図 超高压電力研究所に納入された 525kV  
1,200A パンタグラフ形断路器

Fig. 7. 525 kV 1,200 A pantograph type disconnecting  
switch installed in Takeyama Extra-high Voltage  
Power Laboratory

川崎変電所に納入されたパンタグラフ形断路器、第 7 図  
に超高压研究所（武山）に納入されたパンタグラフ形断  
路器を示す。なお 525kV 4,000A パンタグラフ形断路  
器は第 8 図に示すものが今後の標準である。

#### IV. 定 格

パンタグラフ形断路器の形式および諸定格を第 2 表に  
示す。特に定格電圧 300kV および 525kV の 4,000A  
器は当社独自の技術で開発したもので、ドイツ・シーメ  
ンス社およびスイス・ブラウンボベリ社においても  
2,000A 器までである。特に主接触部を除く通電部はアル  
ミ合金を使用し、通電部の軽量化ならびに操作器の小  
形化を計ったものである。



第8図  
525kV 2000,4000A パンタグラフ形断路器

Fig. 8.  
525 kV 2000, 4000 A pantograph  
type disconnecting switch

第2表 パンタグラフ形断路器の形式、定格表

Table 2. List of types and ratings of pantograph type disconnecting switches

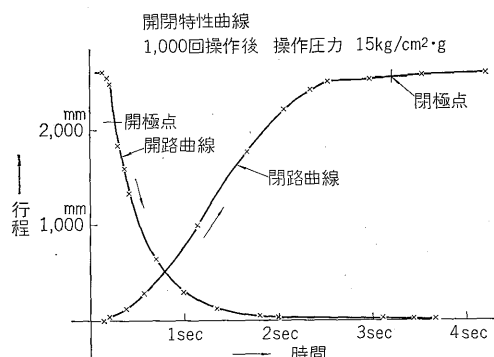
|             |                               |                                       |                                        |                                        |                                        |                                        |                               |   |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|---|
| 本<br>体      | 形 式                           | HF 273/70/<br>1200D<br>2000D<br>4000D | HF 273/100/<br>1200D<br>2000D<br>4000D | HF 273/140/<br>1200D<br>2000D<br>4000D | HF 273/200/<br>1200D<br>2000D<br>4000D | HF 273/250/<br>1200D<br>2000D<br>4000D | HF 273/500/<br>2000D<br>4000D | ※ |
|             | 定 格 電 圧 (kV)                  | 72, 84                                | 120                                    | 168                                    | 240                                    | 300                                    | 525                           |   |
|             | 定 格 電 流 (A)                   | 1,200, 2,000, 4,000                   |                                        |                                        |                                        |                                        |                               |   |
|             | 定格短時間電流 (kA)                  | 32, 44, 53                            |                                        |                                        |                                        |                                        |                               |   |
|             | 定 格 周 波 数 (%)                 | 50/60                                 |                                        |                                        |                                        |                                        |                               |   |
|             | 絶 縁 階 数 (号)                   | 60, 70                                | 100                                    | 140                                    | 170                                    | 200                                    | 500                           |   |
| 操<br>作<br>器 | 形 式                           | R 288/1420                            | HF 288/1319                            | HF 288/1640                            |                                        |                                        |                               |   |
|             | 操 作 気 圧 (kg/cm <sup>2</sup> ) | 15 kg/cm <sup>2</sup>                 |                                        |                                        |                                        |                                        |                               |   |
|             | 制 御 電 圧 (V)                   | D.C. 100, 110V                        |                                        |                                        |                                        |                                        |                               |   |

※印は 500kV 標準器である。なお超高圧研究所納入のものは特殊使用のものである。

## V. 試驗結果

## 1. 開 閉 試 験

第9図に一例として300kV、4,000Aの開閉特性を示す。定格電圧84kV～525kVのパンタグラフ形断路器の平均開閉速度は0.5～3m/sである。



第9図 ストロークと閉路および開路時間の関係

Fig. 9. Relation between stroke and closing and opening time

## 2. 小電流しゃ断試験

小電流には線路の充電電流，変圧器の励磁電流，ループ回路のループ電流があるが，超高圧系統では断路器で

変圧器の励磁電流をしゃ断することはほとんどないので、ここでは充電電流、ループ電流のしゃ断特性について記述する。

### 1) 充電電流

定格電圧 168kV, 240kV, 300kV 器のしゃ断特性を第3表(a)(b)(c)に示す。第3表(a)(b)(c)からわかるように定格電圧 168kV~300kV のパンタグラフ形断路器で充電電流 1A は充分余裕をもってしゃ断できる。

## 2) ループ電流

ループ電流のしゃ断性能はループ電圧の影響が大きいので一概に評価できないが、2~3 の例として 168kV, 300kV のしゃ断性能を第 4 表 (a) (b) に示す。

### 3. 汚 損 試 験

汚損試験には等価霧中および注水洗浄試験があり、第10図と第11図に定格電圧240kV、300kVのパンタグラフ分断路器の汚損試験結果を示す。等価霧中試験では0.03mg/cm<sup>2</sup>の汚損状況で1線接地の電位上昇にも充分耐えることがわかる。

#### 4. コロナ試験

定格電圧 240kV, 300kV のパンタグラフ形断路器の  
可視コロナ開始電圧および可視コロナ消滅電圧の測定結

第 3 表(a) 充電電流しゃ断特性 (300kV 器)

Table 3.(a) Characteristics of rupturing capacity of charging current

| しゃ断電流<br>(A) | アーク時間<br>(sec) | 開 離 度<br>(%) | 異常電圧倍数<br>(倍) | 風 速<br>(m/s) |
|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|
| 0.06         | 1.045          | 22.0         | 1.23          | 3.0          |
| 0.06         | 0.97           | 14.1         | 1.24          | 3.0          |
| 0.06         | 1.02           | 17.9         | 1.23          | 3.0          |
| 0.15         | 1.06           | 19.3         | 1.40          | 2~3          |
| 0.15         | 0.988          | 15.2         | 1.32          | 2~3          |
| 0.15         | 0.945          | 14.5         | 1.22          | 2~3          |
| 0.42         | 1.23           | 30.4         | 1.61          |              |
| 0.42         | 1.203          | 28.3         | 1.35          |              |
| 0.42         | 1.18           | 25.9         | 1.42          |              |
| 0.42         | 1.20           | 30.0         | 1.55          |              |
| 0.66         | 1.16           | 26.2         | 1.71          | 3.4          |
| 0.66         | 1.15           | 26.2         | 1.69          | 4.5          |
| 0.66         | 1.253          | 35.0         | 1.73          | 5.0          |
| 0.87         | 1.278          | 36.9         | 1.60          |              |
| 0.87         | 1.28           | 38.3         | 1.90          | 2.7          |
| 0.87         | 1.31           | 40.0         | 1.88          | 3.5          |

操作気圧: 5 kg/cm<sup>2</sup>, 試験電圧: 1φ 173kV

第 3 表(b) 充電電流しゃ断特性 (240kV 器)

Table 3.(b) Characteristics of rupturing capacity of charging current

| しゃ断電流<br>(A) | アーク時間<br>(sec) | 開 離 度<br>(%) | 異常電圧倍数<br>(倍) | 風 速<br>(m/s) |
|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|
| 0.215        | 1.19           | 13.95        | 1.284         | 1.5~2.0      |
| 0.215        | 1.08           | 12.3         | 1.489         | 1.5~2.0      |
| 0.215        | 1.03           | 11.48        | 1.272         | 1.5~2.0      |
| 0.505        | 1.382          | 18.05        | 1.545         | 1.5~2.0      |
| 0.505        | 1.23           | 23.0         | 1.745         | 1.5~2.0      |
| 0.505        | 1.395          | 30.8         | 1.860         | 1.5~2.0      |
| 1.10         | 1.20           | 20.1         | 1.641         | 1.5~2.0      |
| 1.10         | 1.55           | 25.0         | 1.362         | 1.5~2.0      |
| 1.10         | 1.11           | 27.8         | 1.615         | 1.5~2.0      |

操作気圧: 15 kg/cm<sup>2</sup>, 試験電圧: 1φ 139kV

第 3 表(c) 充電電流しゃ断特性 (168kV 器)

Table 3.(c) Characteristics of rupturing capacity of charging current

| しゃ断電流<br>(A) | アーク時間<br>(sec) | 開 離 度<br>(%) | 異常電圧倍数<br>(倍) | 風 速<br>(m/s) |
|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|
| 1.10         | 0.912          | 40           | 1.8           | 1.5~2.0      |
| 1.10         | 0.892          | 35           | 1.5           | 1.5~2.0      |
| 1.10         | 0.822          | 29.5         | 1.0           | 1.5~2.0      |
| 1.10         | 0.882          | 37           | 1.5           | 1.5~2.0      |
| 1.10         | 0.776          | 27.5         | 1.6           | 1.5~2.0      |
| 1.10         | 0.73           | 22.5         | 2.0           | 1.5~2.0      |
| 1.10         | 0.77           | 27.5         | 1.0           | 1.5~2.0      |
| 1.10         | 0.948          | 41           | 1.9           | 1.5~2.0      |
| 1.10         | 0.70           | 21           | 1.3           | 1.5~2.0      |
| 1.10         | 0.962          | 46           | 1.6           | 1.5~2.0      |
| 2.3          | 0.998          | 49           | 1.5           | 1.5~2.0      |
| 2.3          | 1.484          | 10.5         | 1.8           | 1.5~2.0      |
| 2.3          | 1.50           | 90.5         | 2.1           | 1.5~2.0      |
| 2.3          | 1.41           | 90           | 1.8           | 1.5~2.0      |

操作気圧: 5 kg/cm<sup>2</sup>, 試験電圧: 93kV

第 4 表(a) ループ電流しゃ断特性 (300kV 器)

Table 4.(a) Characteristics of rupturing capacity of loop current

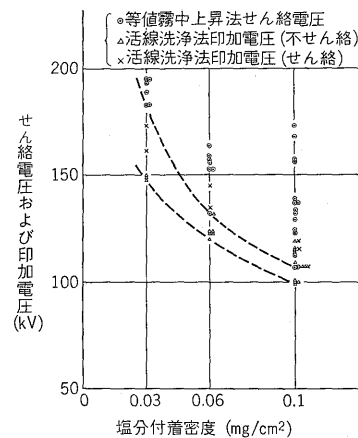
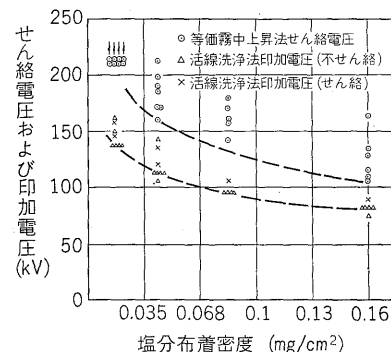
| 試験電圧<br>(kV) | しゃ断電流<br>(A) | アーク時間<br>(sec) | 開 離 度<br>(%) | 風 速<br>(m/s) |
|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| 30           | 52.6         | —              | 66.9         | 2            |
| 30           | 37.0         | 2.20           | 79.7         | 1.5          |
| 30           | 39.0         | 2.10           | 77.6         | 2.4          |
| 30           | 37.0         | 2.19           | 84.1         | 2.0          |
| 20           | 37.0         | 1.37           | 39.7         | 2.7          |
| 20           | 37.0         | 1.57           | 51.4         | 2.5          |
| 20           | 37.0         | 1.62           | 55.3         | 1.8          |

操作気圧: 5 kg/cm<sup>2</sup>

第 4 表(b) ループ電流しゃ断特性 (168kV 器)

Table 4.(b) Characteristics of rupturing capacity of loop current

| 試験電圧<br>(kV) | しゃ断電流<br>(A) | アーク時間<br>(sec) | 開 離 度<br>(%) | 風 速<br>(m/s) |
|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| 4.4          | 266          | 1.01           | 55           | 2~3          |
| 4.4          | 266          | 0.98           | 49           | 2~3          |
| 4.4          | 266          | 1.244          | 79           | 2~3          |
| 6.0          | 47           | 0.94           | 44           | 2~3          |
| 6.0          | 47           | 1.024          | 57           | 2~3          |
| 6.0          | 47           | 1.194          | 74           | 2~3          |
| 8.7          | 43.3         | 1.22           | 74           | 2~3          |
| 8.7          | 43.3         | 1.28           | 79           | 2~3          |
| 8.7          | 43.3         | 1.36           | 89.5         | 2~3          |
| 15           | 45           | 1.126          | 65           | 2~3          |
| 15           | 45           | 0.996          | 57           | 2~3          |
| 15           | 45           | 1.192          | 72.5         | 2~3          |

操作気圧: 5 kg/cm<sup>2</sup>第 10 図  
汚損せん絡特性  
(240kV 器)Fig. 10.  
Flashover voltage of  
contaminated pan-  
tograph type discon-  
necting switch

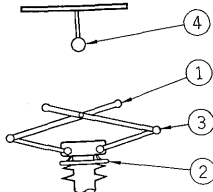
第 11 図 汚損せん絡特性 (300 kV 器)

Fig. 11. Flashover voltage of contaminated  
pantograph type disconnecting switch

第5表 コロナ開始電圧および消滅電圧 (300kV 器)

Table 5. Corona starting and extinguish voltage

|        | 測定箇所 | 開始電圧 (kV) | 消滅電圧 (kV) |
|--------|------|-----------|-----------|
| 断路器“閉” | ①    | 265       | 245       |
|        | ②    | 316       | 305       |
|        | ④    | 330       | 290       |
| 断路器“開” | ①    | 260       | 240       |
|        | ②    | 260       | 248       |
|        | ③    | 300       | 285       |
|        | ④    | 400       | 380       |



第6表 コロナ開始電圧および消滅電圧 (168kV 器)

Table 6. Corona starting and extinguish voltage

|        | 測定箇所 | 開始電圧 (kV) | 消滅電圧 (kV) |
|--------|------|-----------|-----------|
| 断路器“閉” | ①~④  | 240 以上    | 240 以上    |
| 断路器“開” | ①    | 200       | 186       |
|        | ②~④  | 240 以上    | 240 以上    |

果を第5表および第6表に示す。この結果からわかるように1線接地の電位上昇にもコロナが発生しないことがわかる。

## 5. その他の試験

その他に短時間電流試験、耐電圧試験、寿命試験には充分余裕があり、特にパンタグラフ形断路器がストランド線を組合せて使用した時の状態を模擬した接触子しゅう動試験（定格電流を通電した状態で接触子をしゅう動する試験）をも実施し、充分性能を満足している。

## VI. 適用上の問題点

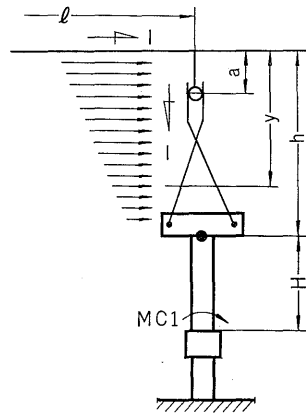
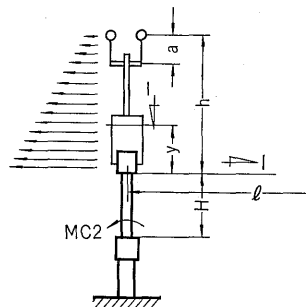
パンタグラフ形断路器を設置する場合、接続母線が燃線かパイプスかによって短絡、風圧、地震、操作などによる強度を検討しなければならない。

一般にこれらの強度計算には下記の3通りがあり、

- 1) 短絡時の電磁力+風圧荷重+常時使用荷重
  - 2) 短絡時の電磁力+地震荷重+常時使用荷重
  - 3) 機器操作の衝撃荷重+風圧荷重+常時使用荷重
- 台風と地震とが同時に起りうると考えると不経済になるので一般には分けて考える。

短絡時の電磁力は第12図、第13図に示すような力が作用する。第12図、第13図の電磁力によるモーメントは次式で表わされる。

$$M_{C1} = \int_a^h F_P (H+h-y) dy = K \left[ (H+h) \log \frac{h}{a} \cdot \frac{l + \sqrt{a^2 + l^2}}{l + \sqrt{h^2 + l^2}} - l \log \frac{h + \sqrt{h^2 + l^2}}{a + \sqrt{a^2 + l^2}} \right] \quad (3)$$

第12図  
電磁力作用図Fig. 12.  
Electromagnetic force  
acted on pantograph  
type disconnecting  
switch第13図  
電磁力作用図Fig. 13.  
Electromagnetic force  
acted on pantograph  
type disconnecting  
switch

$$l \rightarrow \infty \quad M_{C1} = K \left[ (H+h) \log \frac{h}{a} - (h-a) \right] (\text{kg} \cdot \text{m})$$

$$M_{C2} = \int_{y_0}^y F_P (H+y) dy = K \left[ H \log \left( \frac{l + \sqrt{y_0^2 + l^2}}{l + \sqrt{y^2 + l^2}} \right) \cdot \frac{y}{y_0} + l \log \frac{y + \sqrt{y^2 + l^2}}{y_0 + \sqrt{y_0^2 + l^2}} \right]$$

$$l \rightarrow \infty \quad M_{C2} = K \left[ H \log \frac{y}{y_0} + (y - y_0) \right]$$

$$\simeq K \left[ H \log \frac{y}{y_0} + y \right] = K \left[ H \log \frac{h-a}{y_0} + (h-a) \right] (\text{kg} \cdot \text{m})$$

なお

$$F_P = K \frac{l}{y \sqrt{l^2 + y^2}} (\text{kg} \cdot \text{m})$$

$$K = 1.02 \times \left( \frac{I_s}{\sqrt{2}} \right)^2 k \times 10^{-8} (\text{kg})$$

$I_s$  : 次過渡電流交流分波高値 (A)

$k$  : ストレスファクタ

$y_0$  : 下部導体半径

一例として 300kV 1,200A パンタグラフ形断路器の配置上の計算をおこなってみると第7表に示す値となる。以上の計算結果からわかるように 300kV 15,000 MVA のところにはパンタグラフ形断路器の標準形では問題ないことがわかる。燃線とパンタグラフ形断路器の組合せにおいては燃線の温度変化による弛度変化に対しパンタグラフ形断路器の接触部の変位についてはおののの使用状態により検討すべきであるが、現在の接触子法で充分保証できる。なお燃線の水平常時張力が極端に小さい時は懸垂がいしと鉄構の間にスプリングをそう入し、線の温度変化に対し弛度の変化を小さくする必要がある。

第 7 表 パンタグラフ形断路器 (P.D.S) 荷重計算表

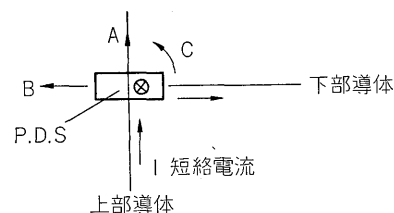
Table 7. List of calculated load of pantograph type disconnecting switches in some condition

|                   |                              |  |  |                            |         |                   |              |     |
|-------------------|------------------------------|--|--|----------------------------|---------|-------------------|--------------|-----|
| 計 算 条 件           | 短 絡 電 流                      |  |  | 32,000 A                   |         |                   |              |     |
|                   | 相 間                          |  |  | 5 m                        |         |                   |              |     |
|                   | 上 部 導 体                      |  |  | 2×ACSR 330 mm <sup>2</sup> |         |                   |              |     |
|                   | 下 部 導 体                      |  |  | 2×ACSR 330 mm <sup>2</sup> |         | Al パイプ 100 φ/88 φ |              |     |
|                   | 下 部 導 体 径 間                  |  |  | 15m                        |         |                   |              |     |
|                   | 下 部 導 体 初 張 力                |  |  | 2×100 kg                   |         | —                 |              |     |
|                   | 風 速                          |  |  | 40 m/s                     |         |                   |              |     |
|                   | 地 震                          |  |  | 0.5 g                      |         |                   |              |     |
| 荷 重<br>(kg・m)     | 上 部 導 体 直 交 に よ る 電 磁 力      |  |  | A                          | 306     |                   | 306          |     |
|                   | 下 部 導 体 直 交 に よ る 電 磁 力      |  |  | B                          | 644     |                   | 516          |     |
|                   | 下部導体の電磁力、風圧による張力<br>および荷重増加。 |  |  | 風 圧 の み                    | － B     | 1,064             | A            | 254 |
|                   |                              |  |  | 電 磁 力 の み                  | － B     | 1,160             | A            | 272 |
|                   |                              |  |  | 風 圧 + 電 磁 力                | － B     | 1,516             | A            | 490 |
|                   | 風 圧 荷 重 (P. D. S 本 体 の み)    |  |  | A                          | 863     |                   |              |     |
|                   | 地 震 荷 重                      |  |  | 方向不定                       | 963     |                   | 993          |     |
|                   | 下部導体によるがいしの<br>ねじりモーメント      |  |  | 風 圧 の み                    | C       | —                 |              | 602 |
| 風 圧 + 電 磁 力       |                              |  |  | C                          | 335     |                   |              |     |
| 総 合 荷 重<br>(kg・m) | 1) 電磁力+風圧+常時荷重               |  |  |                            | 1,755   |                   | 1,740        |     |
|                   | 2) 電磁力+地震+常時荷重               |  |  |                            | 1,566   |                   | 1,858        |     |
|                   | 3) 操作時の衝撃+風圧+常時荷重            |  |  |                            | 1,403.6 |                   | 1,150.6      |     |
| が い し             | がいしの破壊曲げ荷重 (kg・m)            |  |  |                            | 4,630   |                   |              |     |
| 安 全 率             | 1) の 場 合                     |  |  |                            | 2.65    |                   | 複合安全率 1.84 ※ |     |
|                   | 2) の 場 合                     |  |  |                            | 2.96    |                   | 複合安全率 2.17   |     |
|                   | 3) の 場 合                     |  |  |                            | 3.3     |                   | 複合安全率 3.0    |     |

注 1) A, B, Cは荷重方向を示す。

2) がいしの安全率は 2~2.5 以上あれば問題ない。

※ ねじり荷重を緩衝させる方法を検討する必要がある。



## VII. む す び

ここ数年来、発電、開閉所の建設費を低減するために新形断路器の開発が各国とも盛んになってきたが、本稿では富士のパンタグラフ形断路器の特長納入実績を中心に記述した。今後この種断路器を使用することにより、発電開閉所の建設費を大幅に低減されることを祈ってやまない。

## 参 考 文 献

- (1) 大森他：富士時報 36 P305 (昭 38)
- (2) B.B.C Rev. 52, 8 P 650
- (3) C.W. Frick : GE. Rev. P 232 (1933)



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。