

発電所用主幹ケーブルの電流不平衡

橋本博治* 加子泰彦**

Current Unbalance in the Main Cable at Power Station

By Hiroji Hashimoto,
Hitachi Wire and Cable Works,
and Yasuhiko Kako,
Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Abstract

For the power transmission between main generator and power transformer at any hydraulic or steam power stations, it is an usual practice to make use of large size single-core cables laid in parallel.

However, there has been such a problem that the current does not flow uniformly in these cables and a different mutual reactance is developed due to their positions in cable arrangement.

In this paper, the writers disclose first their investigation for the approximate solution for the calculation of current distribution in multi-laying cables laid at random. After the investigation, a common approximate solution for the current of each cable was obtained by using initial conditions of symmetrical three-phase currents. Then a study was made on the influence of the element included in this solution, using the various types of arrangement of model cable groups.

Out of the results of the above researches, the writers elicited the confirmation that their calculation method could be quite practical under a certain condition. Also, they found that the triangular three-group arrangement with central group double-transposed at 120 degrees was best, from the results of the measurement of the current distribution of the model cable arranged in various configurations.

〔I〕 緒 言

水力及び火力発電所に於ける主幹ケーブルは、主発電機から変圧器に到る間に布設せられるものであり、電流容量の点から大寸法の単心ケーブルを数条並列に使用するのが通例である。例えば九州電力築上発電所2号機の主幹ケーブルには、日立製作所製の15 kV, 850 mm² 分割導体単心紙ケーブルが一相当り3条並列に布設せられている。

このような場合には、各ケーブルの位置の非対称性の

ために相互誘導によるリアクタンスに差を生じ、その結果各ケーブル電流の間に不平衡が生ずる事は既に周知の事実である。即ち、他のケーブル電流によつて生ずる相互誘導のためのリアクタンスはケーブルの位置によつて異なり、更にこのように太いケーブルに於ては抵抗による電圧降下に比して、リアクタンスによる電圧降下が大きく、電流の配分はリアクタンスによつて殆ど決定される。過去に於てもリアクタンスの差によつて生ずる電流不平衡に関する理論的研究⁽¹⁾及び実際布設ケーブルの測定例も報告されている⁽²⁾が、いずれも偶数条配列の場合であつて、築上発電所に於けるように奇数条配列の場合に就いては触れていない。これらの報告によると条件の

* 日立製作所日立電線工場

** 日立製作所日立研究所

悪い配列の場合には、不平衡が20%にも達する事が明らかにされており、これがケーブルに予想以上の温度上昇を与える原因となつている事がわかる。我国に於ても奈川渡発電所の主幹ケーブルに電流不平衡によつて生じたケーブルの過熱のための事故が頻発していると報告されている⁽²⁾。

以上のような点に鑑みケーブル電流に均等性を与える事は、過熱によるケーブル事故を未然に防止するためにも、合理的なケーブルサイズの決定のためにも重要な事であり、このために分割導体の採用による導体抵抗の減少⁽³⁾、或はケーブルダクトの強制通風による冷却⁽⁴⁾等の対策がとられてきているが、一方根本的な問題であるところの電流不平衡に対しては殆ど検討されていない現状である。

又、ケーブル電流の配分状況を計算によつて求めることは、多元連立方程式を解かなければならず、9条布設の場合には非常に困難であり、実際的には不可能に近い。今回、任意配列の場合のケーブル電流の配分を求める計算法を確立し、模擬ケーブルによつて種々の配列方法を検討したので報告する次第である。

〔II〕 任意に配列されたケーブルのインピーダンス計算方法

一相当り n 条並列に接続されたケーブルの電流を求めるには、 $3 \times n$ 箇の連立方程式を解かなければならない。例えば一相当り3条布設の場合は9箇の連立方程式を解く必要があり、実際的には不可能に近い。このような場合には、先ずケーブル電流が平衡したものとして、各ケーブルのインダクタンスを求め、電圧降下を同一として電流を求める。次にそれぞれのケーブルに上記の電流が流れた場合のリアクタンスを求める。その結果から同一電圧降下を与える電流を求める。以上の計算を繰返す事によつて、遂には真の電流を求める事が出来るわけであり、以下9条布設の場合を例にとつて、その計算方法を説明する。

(1) 第一次近似計算

第1図に示すような形に配列されたケーブル No. 1~No. 9 に於て、

No. 1, No. 4, No. 7.....a 相

No. 2, No. 5, No. 8.....b 相

No. 3, No. 6, No. 9.....c 相

とし、各ケーブル中心間距離を

$l_{12}, l_{13}, l_{14}, \dots, l_{19}$

$l_{21}, l_{23}, l_{24}, \dots, l_{29}$

$l_{31}, l_{32}, l_{34}, \dots, l_{39}$

⋮

$l_{91}, l_{92}, l_{94}, \dots, l_{98}$

1○

4○

7○

2○

3○

5○

6○

8○

9○

第1図 9 条 布 設 例

Fig. 1. An Example of Nine Cable Arrangement

とする。これらのケーブル群の外側に任意の点 P を考え各ケーブルと P 点との間の距離を $S_1, S_2, S_3, \dots, S_9$ とする。今第一次の近似計算を行うために

(A) 各ケーブル電流は平衡している。即ち各ケーブルの電流は

No. 1, No. 4, No. 7, の電流..... I

No. 2, No. 5, No. 8, の電流..... $I\alpha^2$

No. 3, No. 6, No. 9, の電流..... $I\alpha$

但し、
$$\begin{cases} \alpha = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \\ \alpha^2 = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \end{cases}$$

とする。

(B) P 点を十分離れたものと考え、

$S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S$ とする。

以上のように考えると、ケーブル No. 1 の電流の磁束鎖交数は、第(1)式であらわされる。但し、 r (m) はケーブル導体の半径である。

$$\begin{aligned} \phi_1 = & \left[\frac{1}{2} + 2 \log \left(\frac{S_1 \cdot S_4 \cdot S_7}{r \cdot l_{14} \cdot l_{17}} \right) + \log \left(\frac{l_{12} \cdot l_{13} \cdot l_{15} \cdot l_{16} \cdot l_{18} \cdot l_{19}}{S_2 \cdot S_3 \cdot S_5 \cdot S_6 \cdot S_8 \cdot S_9} \right) \right. \\ & \left. + j\sqrt{3} \log \left(\frac{S_3 \cdot S_6 \cdot S_9}{l_{13} \cdot l_{16} \cdot l_{19}} \cdot \frac{l_{12} \cdot l_{15} \cdot l_{18}}{S_2 \cdot S_5 \cdot S_8} \right) \right] \times I^2 \times 10^{-7} \dots \\ & (A \cdot W_b) \dots \dots (1) \end{aligned}$$

(1) 式に(B)の条件を使うと、

$$\begin{aligned} \phi_1 = & \left[\frac{1}{2} + \log \left(\frac{l_{12} \cdot l_{13} \cdot l_{15} \cdot l_{16} \cdot l_{18} \cdot l_{19}}{r^2 \cdot l_{14}^2 \cdot l_{17}^2} \right) \right. \\ & \left. + j\sqrt{3} \log \left(\frac{l_{12} \cdot l_{15} \cdot l_{18}}{l_{13} \cdot l_{16} \cdot l_{19}} \right) \right] \times I^2 \times 10^{-7} \dots (A \cdot W_b) \\ & \dots \dots (2) \end{aligned}$$

となり、 $I=1$ とするとケーブル No. 1 のインダクタンスは(3)式であらわされる。

$$\begin{aligned} L_1 = & \left[\frac{1}{2} + \log \left(\frac{l_{12} \cdot l_{13} \cdot l_{15} \cdot l_{16} \cdot l_{18} \cdot l_{19}}{r^2 \cdot l_{14}^2 \cdot l_{17}^2} \right) \right. \\ & \left. + j\sqrt{3} \log \left(\frac{l_{12} \cdot l_{15} \cdot l_{18}}{l_{13} \cdot l_{16} \cdot l_{19}} \right) \right] \times 10^{-7} \dots \left(\frac{H}{m} \right) \dots (3) \end{aligned}$$

今ケーブルの交流抵抗を $R \left(\frac{\Omega}{m} \right)$ とすると、ケーブル No. 1 の単位長さ当りのインピーダンスは(4)式であらわされる。

$$\begin{aligned} Z_1 = & \left\{ R + ja \left[\frac{1}{2} + \log \left(\frac{l_{12} \cdot l_{13} \cdot l_{15} \cdot l_{16} \cdot l_{18} \cdot l_{19}}{r^2 \cdot l_{14}^2 \cdot l_{17}^2} \right) \right. \right. \\ & \left. \left. + j\sqrt{3} \log \left(\frac{l_{12} \cdot l_{15} \cdot l_{18}}{l_{13} \cdot l_{16} \cdot l_{19}} \right) \right] \times 10^{-7} \right\} \dots \left(\frac{\Omega}{m} \right) (4) \end{aligned}$$

他のケーブル No. 2, No. 3, …… No. 9 に就いても、まったく同様にしてインピーダンスを求め、それぞれの電流が流れた場合の電圧降下を同一として各ケーブルの電流を求める事が出来る。

(2) 第二次近似計算

第一次の近似計算によつて得られた各ケーブルの電流をそれぞれ $I_1, I_2, I_3, \dots, I_9$ とすると、各電流のつくる磁束と、ケーブル No. 1 の電流 I_1 との鎖交数は(1)式と同様にして求められる。

$$\begin{aligned} \phi_1 = & \left\{ \left[\frac{1}{2} + 2 \log \left(\frac{S_1}{r} \right) \right] I_1 + \left(2 \log \frac{S_4}{l_{14}} \right) I_4 + \left(2 \log \frac{S_7}{l_{17}} \right) I_7 \right. \\ & + \left(\log \frac{l_{12}}{S_2} + j\sqrt{3} \log \frac{l_{12}}{S_2} \right) I_2 \\ & + \left(\log \frac{l_{15}}{S_5} + j\sqrt{3} \log \frac{l_{15}}{S_5} \right) I_5 \\ & + \left(\log \frac{l_{18}}{S_8} + j\sqrt{3} \log \frac{l_{18}}{S_8} \right) I_8 \\ & + \left(\log \frac{l_{13}}{S_3} + j\sqrt{3} \log \frac{l_{13}}{S_3} \right) I_3 \\ & + \left(\log \frac{l_{16}}{S_6} + j\sqrt{3} \log \frac{l_{16}}{S_6} \right) I_6 \\ & \left. + \left(\log \frac{l_{19}}{S_9} + j\sqrt{3} \log \frac{l_{19}}{S_9} \right) I_9 \right\} \\ & \times I_1 \times 10^{-7} \dots \dots (A \cdot W_b) \dots \dots (5) \end{aligned}$$

今、 $\frac{I_2}{I_1} = \alpha_2, \frac{I_3}{I_1} = \alpha_3, \frac{I_4}{I_1} = \alpha_4, \dots, \frac{I_9}{I_1} = \alpha_9$ とおくと、

$$\begin{aligned} \phi_1 = & \left\{ \frac{1}{2} + 2 \log \left[\frac{S_1}{r} \left(\frac{S_4}{l_{14}} \right)^{\alpha_4} \cdot \left(\frac{S_7}{l_{17}} \right)^{\alpha_7} \right] \right. \\ & + \log \left[\left(\frac{l_{12}}{S_2} \right)^{\alpha_2} \cdot \left(\frac{l_{13}}{S_3} \right)^{\alpha_3} \cdot \left(\frac{l_{15}}{S_5} \right)^{\alpha_5} \right. \\ & \quad \cdot \left(\frac{l_{16}}{S_6} \right)^{\alpha_6} \cdot \left(\frac{l_{18}}{S_8} \right)^{\alpha_8} \cdot \left(\frac{l_{19}}{S_9} \right)^{\alpha_9} \left. \right] \\ & + j\sqrt{3} \log \left[\left(\frac{l_{12}}{S_2} \right)^{\alpha_2} \cdot \left(\frac{l_{15}}{S_5} \right)^{\alpha_5} \cdot \left(\frac{l_{18}}{S_8} \right)^{\alpha_8} \right. \\ & \quad \cdot \left(\frac{S_3}{l_{13}} \right)^{\alpha_3} \cdot \left(\frac{S_6}{l_{16}} \right)^{\alpha_6} \cdot \left(\frac{S_9}{l_{19}} \right)^{\alpha_9} \left. \right] \left. \right\} \\ & \times I_1^2 \times 10^{-7} \dots \dots (A \cdot W_b) \dots \dots (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore L_1 = & \left\{ \frac{1}{2} + \log \left(\frac{l_{12}^{\alpha_2} \cdot l_{13}^{\alpha_3} \cdot l_{15}^{\alpha_5} \cdot l_{16}^{\alpha_6} \cdot l_{18}^{\alpha_8} \cdot l_{19}^{\alpha_9}}{r^2 \cdot l_{14}^{2\alpha_4} \cdot l_{17}^{2\alpha_7}} \right) \right. \\ & \quad \left. \frac{S^{2(1+\alpha_4+\alpha_7)}}{S^{(\alpha_2+\alpha_3+\alpha_5+\alpha_6+\alpha_8+\alpha_9)}} \right\} \\ & + j\sqrt{3} \log \left(\frac{l_{12}^{\alpha_2} \cdot l_{15}^{\alpha_5} \cdot l_{18}^{\alpha_8} \cdot S^{(\alpha_3+\alpha_6+\alpha_9)}}{l_{13}^{\alpha_3} \cdot l_{16}^{\alpha_6} \cdot l_{19}^{\alpha_9} \cdot S^{(\alpha_2+\alpha_5+\alpha_8)}} \right) \left. \right\} \\ & \times 10^{-7} \dots \dots \left(\frac{H}{m} \right) \dots \dots (7) \end{aligned}$$

各相の全電流は、実際の布設条件では平衡している。即ち各相の全電流を I_a, I_b, I_c とすると

$$I_a + I_b + I_c = 0 \dots \dots (8)$$

であるから、この関係によつて次の(9)及び(10)式が成立する。

$$\begin{aligned} & 2(1+\alpha_4+\alpha_7) - (\alpha_2+\alpha_3+\alpha_5+\alpha_6+\alpha_8+\alpha_9) \\ & = 2 \left(\frac{I_1+I_4+I_7}{I_1} \right) - \left(\frac{I_2+I_3+I_5+I_6+I_8+I_9}{I_1} \right) = 0 \end{aligned} \dots \dots (9)$$

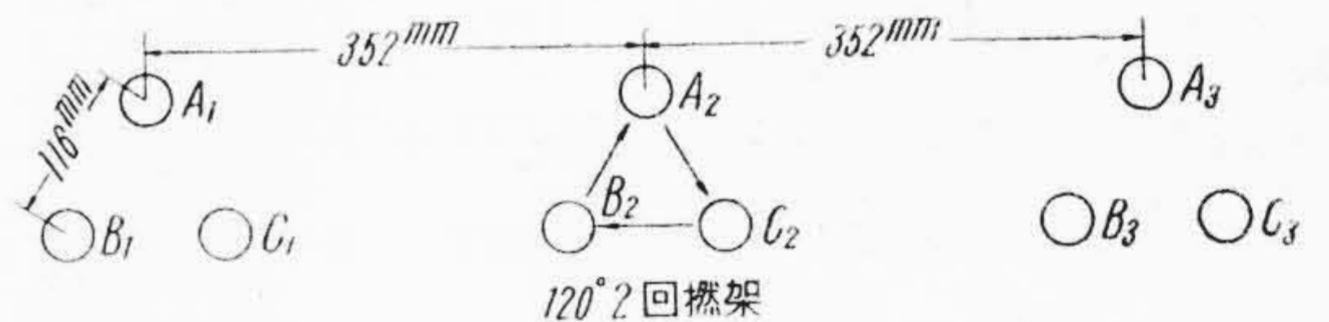
$$\begin{aligned} & (\alpha_3+\alpha_6+\alpha_9) - (\alpha_2+\alpha_5+\alpha_8) \\ & = \frac{I_3+I_6+I_9}{I_1} - \frac{I_2+I_5+I_8}{I_1} = 0 \dots \dots (10) \end{aligned}$$

故に(7)式は

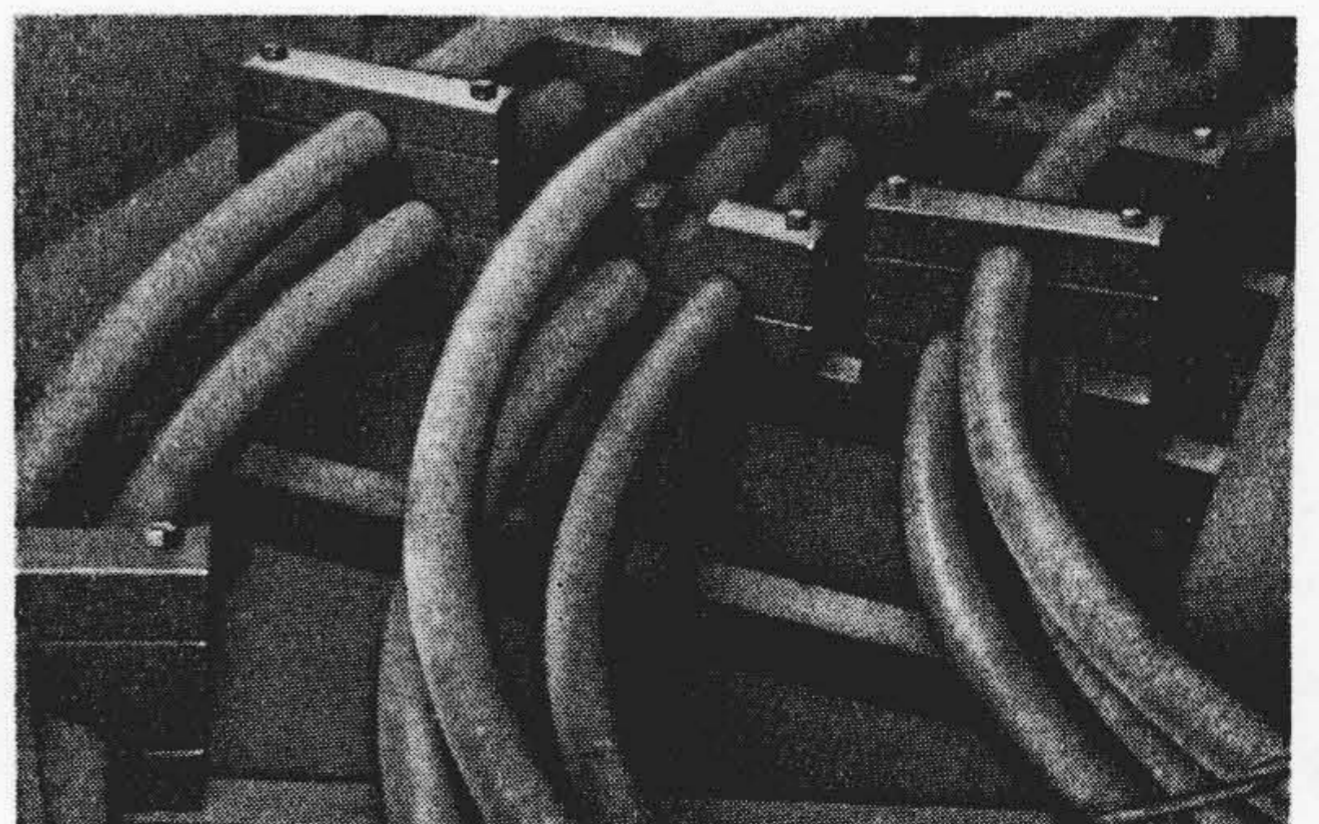
$$\begin{aligned} L_1 = & \left\{ \frac{1}{2} + \log \left(\frac{l_{12}^{\alpha_2} \cdot l_{13}^{\alpha_3} \cdot l_{15}^{\alpha_5} \cdot l_{16}^{\alpha_6} \cdot l_{18}^{\alpha_8} \cdot l_{19}^{\alpha_9}}{r^2 \cdot l_{14}^{2\alpha_4} \cdot l_{17}^{2\alpha_7}} \right) \right. \\ & \left. + j\sqrt{3} \log \left(\frac{l_{12}^{\alpha_2} \cdot l_{15}^{\alpha_5} \cdot l_{18}^{\alpha_8}}{l_{13}^{\alpha_3} \cdot l_{16}^{\alpha_6} \cdot l_{19}^{\alpha_9}} \right) \right\} \times 10^{-7} \\ & \dots \dots \left(\frac{H}{m} \right) \dots \dots (11) \end{aligned}$$

(10)式が第二次の近似計算によつて得たケーブル No. 1 のインダクタンスを与える式である。同様に、他のケーブルのインダクタンスもそれぞれの求めるべきケーブル電流に対する比をとつて計算する事が出来る。第三次及び第四次の計算も第二次の計算方法とまったく同様に行う事が出来る。

このように逐次近似計算を重ねていく事によつて、遂には真の値に達する事が可能である。実際的には(不平衡の比較的少ない場合)第二次の計算で十分である。



第2図 築上発電所に於けるケーブル配列方式
Fig. 2. Cable Arrangement at Chikujō Power Station



第3図 布設中のケーブル
(3角形3群配列、クリート止め前、於築上発電所)
Fig. 3. Cables in Laying
(Triangular, Three Groups Arrangement, before Cleat Clamping: At Chikujō Power Station)

第1表 15kV, 850mm² 単心ベルトケーブルの構造(分割導体)

Table 1. Construction of 15kV, 850mm² Single Core Cable (Segmental Conductor)

項目	仕様
導体構成	直角扇形 63/2.1×4 条
導体径 (mm)	38.6
絶縁厚 (mm)	4.6
鉛被厚 (mm)	2.5
鉛被外径 (mm)	52.8
絨斗巻外径 (mm)	63.0
導体抵抗 (Ω/km)	0.0200

第2表 ケーブル電流配分 (850mm² 分割導体単心ケーブル) 第2図の配列

Table 2. Current Distribution in Cable Group (850mm² Segmental Single Core Cable In The Arrangement of Fig. 2)

相群		1	2	3	U _{max} (%)
A	第一次の計算	0.977	1.053	0.969	+5.3 -3.1
	第二次の計算	1.010	0.990	1.000	+1.0 -1.0
B	第一次の計算	0.964	0.983	1.053	+5.3 -3.6
	第二次の計算	0.994	1.011	0.997	+1.1 -0.6
C	第一次の計算	1.056	0.987	0.957	+5.6 -4.3
	第二次の計算	0.992	0.992	1.016	+1.6 -0.8

(3) 9条布設の計算例

先般築上火力発電所2号機の主幹ケーブルに採用された配列方法を例にとつて、計算結果を示すと次のようになる。

配列方法は第2図に示すように正3角形、3群、中央群120° 2回燃架、両側群非対称配列であり、布設途中のケーブル群を第3図に示す。(写真はダクトの彎曲部を示し、クリート止めを行う以前のものである) ケーブルの仕様は第1表に示す通りであるが、鉛被は一端接地、他端絶縁で、途中は木製クリートによつて大地に対し絶縁してある。それ故に鉛被電流は零で、鉛被電流によるインダクタンスに対する影響はない。

計算結果は平均電流に対する比で示し、第2表に示してある。表に於ける U_{max} は最大不平衡率を示し次式で求めた。

$$U_{max} = \frac{\text{ケーブル電流の平均電流からの最大偏差}}{\text{各相の平均電流}} \times 100 \quad (\%)$$

第3表 ケーブル布設条件

Table 3. Condition of Cable Laying

項目	築上発電所主幹ケーブル	模擬ケーブル
導体断面積 (mm ²)	850	200
導体半径 (mm)	19.3	10
条長 (m)	46	25
線間距離 (mm)	116	60
導体抵抗 (Ω/km)	0.0200	0.09042

〔III〕 模擬ケーブル群による配列方法の検討

(1) 模擬ケーブル

実際に布設されたケーブルに就いて、種々の配列の場合の電流の配分状況を比較測定するのは困難であるので、配列方法の検討には、実際のケーブルと同じように布設された模擬ケーブル群によつて実測するのがもつとも合理的である。

筆者等が配列方法の検討のために使用した模擬ケーブルは、200mm² の裸軟銅撚線 25m であり、実際のケーブルの条件と比較して示すと第3表の通りである。このような模擬ケーブルに就いて行う測定結果が、実際に布設されたケーブルと同程度の電流不平衡を与える事は必要な事であり、出来るだけこの条件を満足させるために線間距離を第3表のように撰定した。即ち実際のケーブルに於てはリアクタンスに比して実効抵抗は非常に小さいが、模擬ケーブルに於ては実効抵抗が可成りの値に達するから、同程度の電流不平衡を得るためにはリアクタンスを大きくしなければならない。

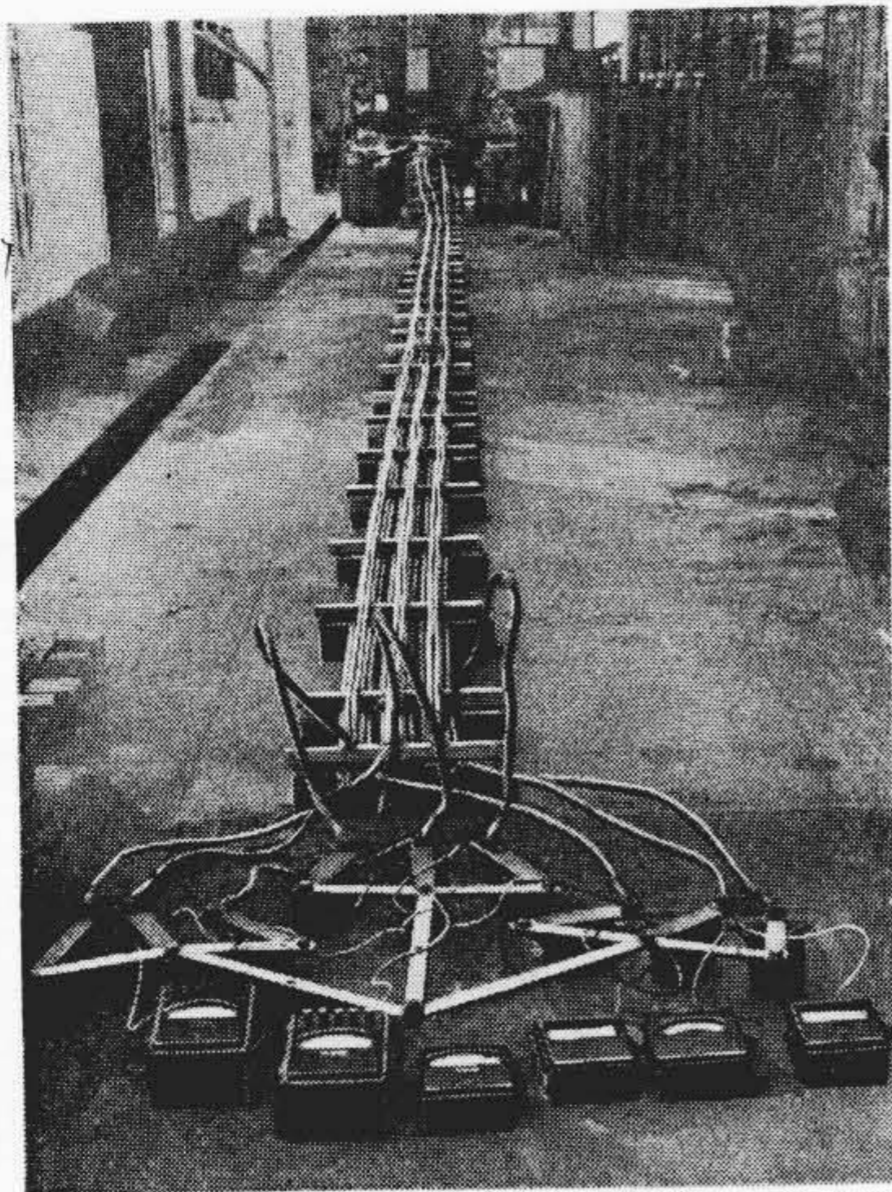
(3) 式からケーブルのインピーダンスは(13)式であらわされる。

$$Z = \left\{ R + j\omega \left(\frac{1}{2} + \log \frac{l^2}{r^2} + \log P + j\sqrt{3} \log Q \right) \times 10^{-7} \right\} \dots \dots \dots (13)$$

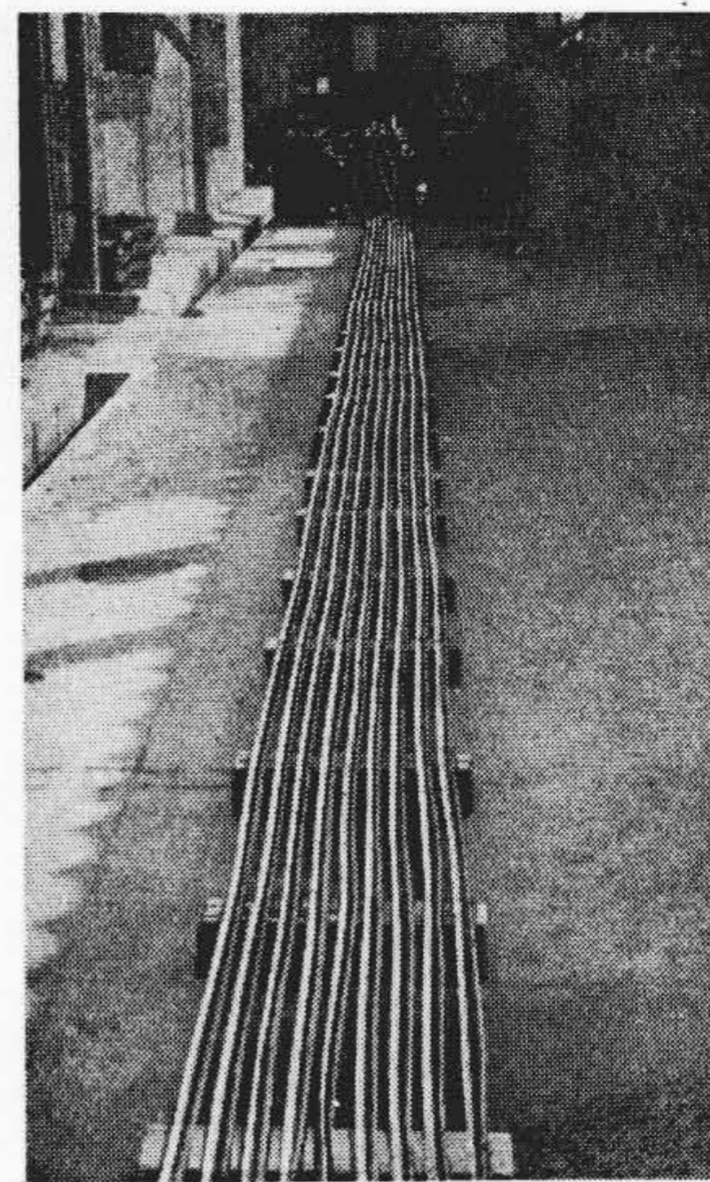
式中 P 及び Q は配列の形が定れば決定され、相似形な配列に於ては一定の値となる。模擬ケーブルに於ける抵抗は実ケーブルと異なり、又導体半径 r も異なるので、それ等のインピーダンスベクトルをまったく相似形にすることは不可能である。

(2) 試験方法及び測定結果

試験用電源は三相とし、電流容量 1,000 A の変圧器 3 台を使用し、その二次側を△結線として模擬ケーブルに接続した。ケーブルの末端は各ケーブル毎に変流器を接続し、その後ブスバーで短絡した。模擬ケーブルの布設状況を第4図A及びBに示す。測定に於ては変圧器側及



(A) 3 角形 3 群配列



(B) 一 列 配 列

第4図 模擬ケーブル布設状況

(A) Triangular Three Groups Arrangement (B) Single Layer Arrangement

Fig. 4. Views of Model Cables

第4表 電流配分測定結果 (200 mm²×9 模擬ケーブル)

Table 4. Results of the Measurements of Current Distribution (200 mm²×9 Model Cables)

配列方法	ケーブル電流 / 平均電流									U _{max} (%)			U _{max} の 最大値
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃	A	B	C	
A	1.010	0.973	1.020	0.865	1.015	1.125	1.070	0.980	0.940	+ 2.0 - 2.7	+12.5 -13.5	+ 7.0 - 6.0	+12.5
B	1.010	0.950	1.040	0.880	1.120	1.000	1.135	0.908	0.957	+ 4.0 - 5.0	+12.0 -12.0	+13.5 - 9.2	+13.5
C	1.020	0.991	0.991	0.975	1.080	1.960	1.040	0.930	1.030	+ 2.0 - 0.9	+ 8.0 - 4.0	+ 4.0 - 7.0	+ 8.0
D	1.005	1.045	0.952	0.982	0.965	1.052	1.045	0.981	0.974	+ 4.5 - 4.8	+ 5.2 - 3.5	+ 4.5 - 2.6	+ 5.2
E	0.822	1.073	1.105	1.042	0.973	0.985	1.055	1.040	0.905	+10.5 -17.8	+ 4.2 - 2.7	+ 5.5 - 9.5	+10.5
F	0.921	0.911	1.180	1.230	0.796	0.990	1.410	0.837	0.776	+18.0 - 8.9	+23.0 -20.4	+41.0 -22.4	+41.0
G	1.058	0.905	1.034	1.035	0.935	1.025	1.027	0.969	1.004	+ 5.8 - 9.5	+ 3.5 - 6.5	+ 2.7 - 3.1	+ 5.8
H	0.945	1.068	0.990	0.937	1.021	1.048	0.983	0.948	1.065	+ 6.8 - 5.5	+ 4.8 - 6.3	+ 6.5 - 5.2	+ 6.8

びケーブル端末に於ける接続方法が問題になると考えられたが、端末に於ける電圧降下はケーブル全長の電圧降下の4%程度であり、実際的には殆ど影響しない事が確認された。

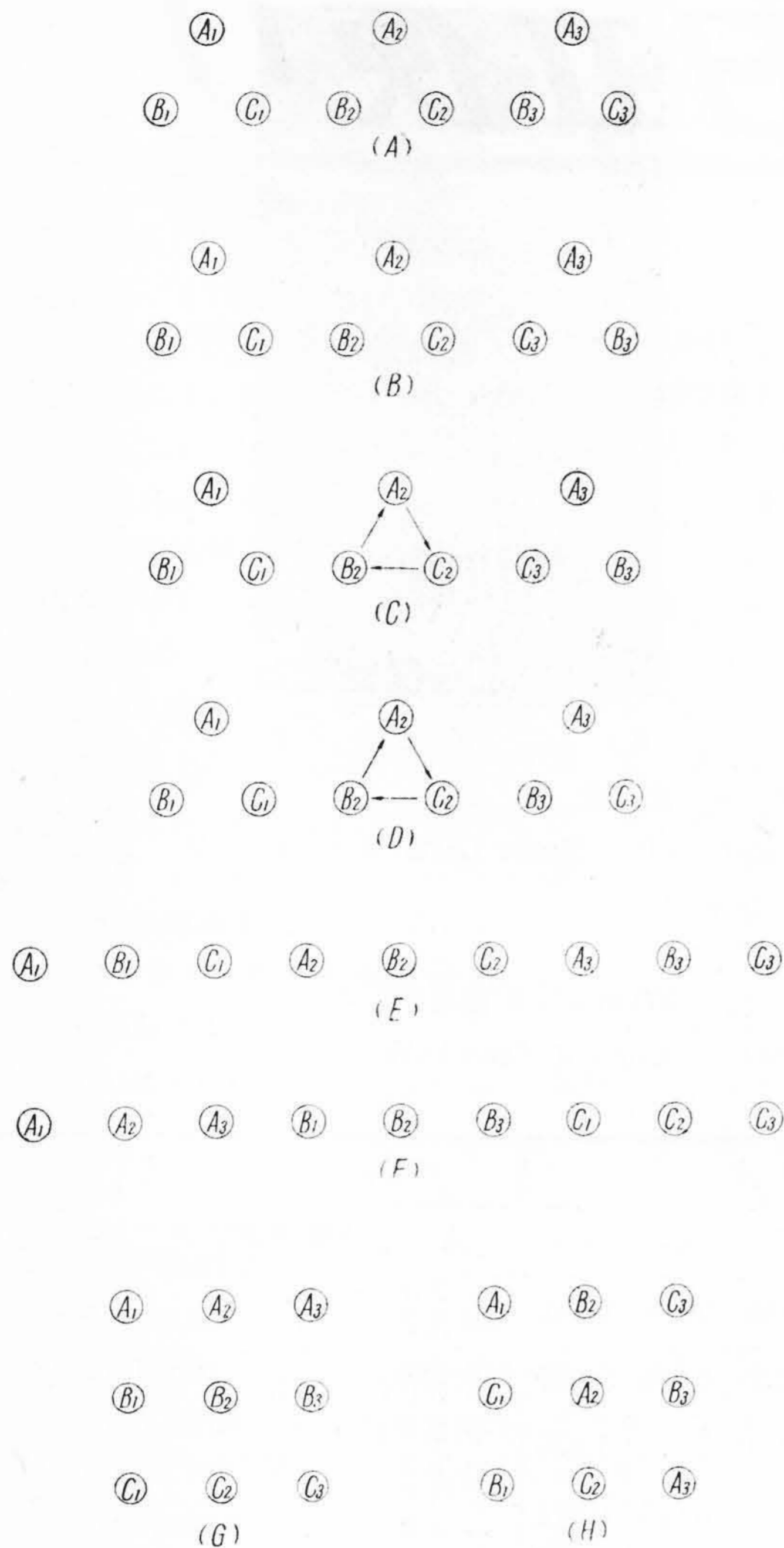
測定の対象とされた配列方法は第5図(次頁参照)(A)~(H)である。図中の矢印は120° 2回撚架を意味する。電流配分測定結果は第4表に示す。

(3) 考 察

第4表の結果によると、(D)の配列方法がもつとも不平衡率少く、この程度ならば実際的には問題になる程の不平衡ではないと考えられる。(C)及び(D)の配列方法

に於ては中央群を120° 2回撚架しているのだから中央群から両側のケーブルに対する影響は殆ど消去されるが、両側のケーブル群から中央群に対する影響は消去されない。更に(C)の配列では両側のケーブル群から中央群に対する影響は左右相加わつた形となり、(D)の配列では各相平衡して打消される。この事はリアクタンスベクトル図によつて簡単に理解される。

本測定の結果によると、今日迄しばしば考えられてきた水平配列の場合には相当大きな不平衡となり、3段配列の場合には予想外に少い値となつている。次に(D)配列に就いて実測値と計算結果を比較して示すと第5表と



第5図 9条布設に於ける種々の配列方法
Fig. 5. The Various Methods of Nine Cable Arrangement

なる。この結果からみると、計算値と実測値とはかなり的一致を示し、第II項に説明した計算方法は実用上差支えない程度で正しいと考えられる。

〔IV〕 結 言

200 mm² 模擬ケーブル群による電流配分測定結果及び理論的計算結果によると、

- (1) 9条布設の場合は3角形、3群、中央群120° 2回撚架、両側群非対称配列がもつとも不平衡率が少い。又、配列方法によつては非常に大きな不平衡率となる事が判明した。
- (2) 実測値と理論的な近似計算結果とは大体に於て一

第5表 電流配分計算結果及び実測結果
(200 mm²×9 モデルケーブル3角形3群)
(中央群120° 2回撚架両側非対称配列)

Table 5. The Calculating Results and the Measurement Data of Current Distribution

(200 mm²×9 Model Cables, Triangular Three Groups Arrangement—Central Group is Double Transposed, Both Side are Unsymmetry.)

相		群	1	2	3	U _{max}
A	第一次の計算		1.040	1.034	0.925	+4.5 -6.5
	第二次の計算		1.050	1.040	0.910	+5.0 -9.0
	実測値		1.005	1.045	0.952	+4.5 -5.2
B	第一次の計算		0.910	1.005	1.085	+8.5 -9.0
	第二次の計算		0.985	0.985	1.030	+3.0 -1.5
	実測値		0.982	0.965	1.052	+5.2 -3.5
C	第一次の計算		1.055	0.963	0.983	+5.5 -3.7
	第二次の計算		1.069	0.980	0.950	+6.9 -5.0
	実測値		1.045	0.984	0.972	+4.5 -2.8

致し、第二次の計算を行う事により、殆ど実際の値に達する事が出来る。

以上の結果は、ケーブルが直線状に布設された場合であつて、屈曲部に於ては各ケーブルの間には長さの不同を生ずるが、このような部分に於けるインピーダンスはその都度計算され、全長に亘つて求められたインピーダンスによつて電流の配分が決定される。なお実際の配列方法の撰定には以上の電流配分状況の外に、配列方法によつて異なる熱放散についても考慮する必要があるが、この問題に対しては後の機会に報告したいと考えている。

終りに、本研究に対して種々御指導を仰いだ、東北大学、鳥山教授、日立製作所日立工場の後藤部長、日立研究所橋本主任研究員に厚く御礼申し上げますと共に、終始御指導御鞭撻を賜つた日立製作所日立電線工場内藤部長、久本課長、及び大和課長に深謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) C. F. Wagner, H. N. Muller: Elect. Journal 35, 10. 390 (1938)
- (2) 高橋: 電気三学会第27回東京支部連合大会 6. 27. (昭 27. 10)
- (3) L. Meyerhoff, G.S. Eager: TAIEE 68 (II) 816 (1949)
- (4) F. H. Buller: AIEE, 72, 35 (1953)