

三巻線変圧器と二巻線変圧器の並列運転

栗田 健太郎*

Parallel Operation of Three Winding Transformer and Two Winding Transformer

By Kentarō Kurita
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

For the sake of commercial convenience to be secured in the operation of transmission or distribution system, it has come an usual practice to take three winding transformers into parallel operation with two winding transformers.

However, the three winding transformer, because of its complicated impedance characteristic, cannot be handle dreadily on the basis of the general theory consistent in two winding transformer, and this gives rise to several problems in operation. For instance, when the three winding transformer is in parallel operation with the two winding transformer, the load distribution of each windings change with the load condition, and overload is after caused in either side of transformers.

The writer, explaining the above, discussed the general method of solution for the above on several examples of calculations.

〔I〕 緒 言

送配電系統の運営上種々の目的のために三巻線変圧器が使用されるが、三巻線変圧器はそのインピーダンス特性が複雑なために従来の二巻線変圧器の理論をそのまま適用出来ないいろいろの問題が起る。その一例として、二巻線変圧器と三巻線変圧器の並列運転を行う場合、負荷の状況に依つて各変圧器の負荷分配は著しい影響を受け、一方の巻線が過負荷となることが屢々起る。本稿はこの問題を論じたものである。

〔II〕 三巻線変圧器と二巻線変圧器の並列運転

三巻線変圧器は各巻線を通れる電流の大きさ、位相により第1図、第2図(次頁参照)に示すようにアンペアターンの分布が変化し磁界の様子も変つてくるので、インピーダンス特性は複雑になつてくる。しかし第3図(次頁参照)に示した三巻線変圧器の漏洩インピーダンスを各巻線に独立したインピーダンスにおきかえると第4図(次頁参照)に示す星形等価回路が得られ⁽¹⁾⁽²⁾、等価回路のインピーダンスは次の関係によつて定められる。

$$\dot{Z}_A = \frac{\dot{Z}_{AB} + \dot{Z}_{CA} - \dot{Z}_{BC}}{2} \dots\dots\dots(1)$$

$$\dot{Z}_B = \frac{\dot{Z}_{AB} + \dot{Z}_{BC} - \dot{Z}_{CA}}{2} \dots\dots\dots(2)$$

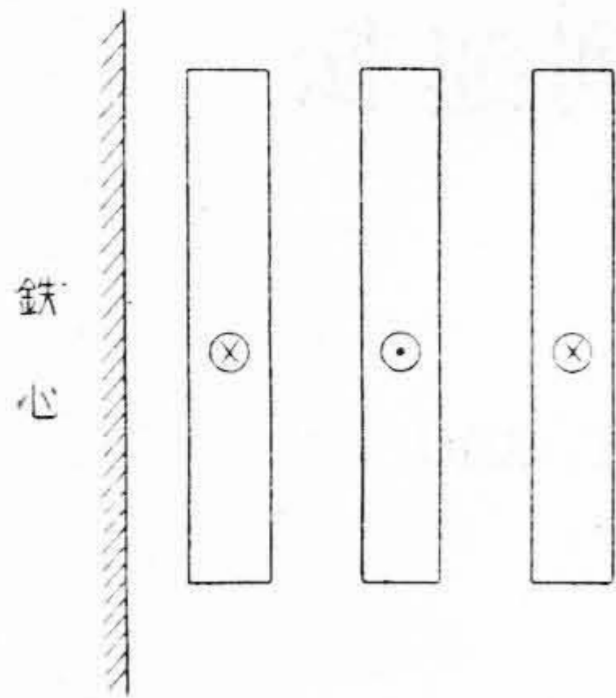
$$\dot{Z}_C = \frac{\dot{Z}_{BC} + \dot{Z}_{CA} - \dot{Z}_{AB}}{2} \dots\dots\dots(3)$$

但し Z_{AB} = 巻線 A, B 間の漏洩インピーダンス
 Z_{BC} = 巻線 B, C 間の漏洩インピーダンス
 Z_{CA} = 巻線 C, A 間の漏洩インピーダンス

尙この関係でインピーダンスをパーセントインピーダンスであらわすときは、各漏洩インピーダンスは同一基準容量に対するものをとらなければならない。

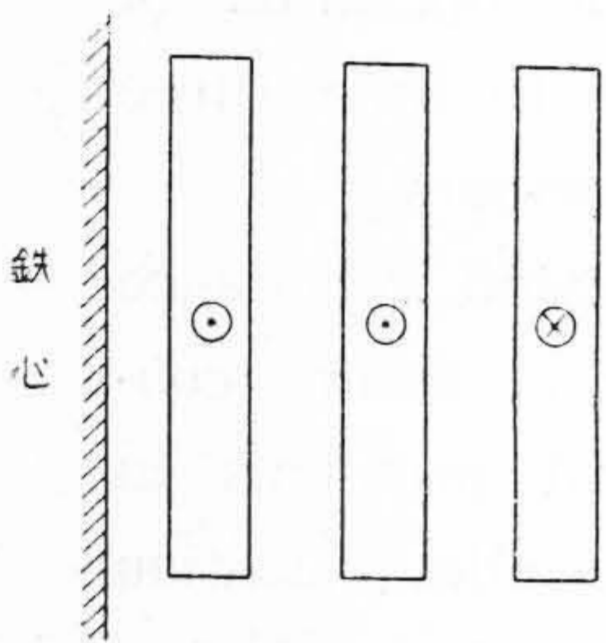
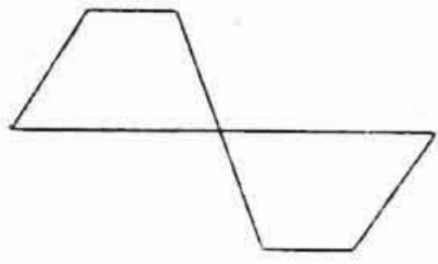
この星形等価回路を用いると三巻線変圧器と二巻線変圧器の並列運転の等価回路は第5図(次頁参照)に示すものが得られる。この回路によつて各巻線内の負荷が如何に分流するか簡単に考察を加えると、第6図(次頁参照)に矢印にて示すように負荷(I)に流れる系統と負荷(II)に流れる系統とからなり、負荷(II)に対しては $(\dot{Z}_D + \dot{Z}_B)$ と \dot{Z}_C が並列となつており、負荷(I)に対しては $(\dot{Z}_C + \dot{Z}_B)$ と \dot{Z}_D が並列となつていて、 \dot{Z}_C , \dot{Z}_D の部分では各々の負荷の系統の流れの方向は同じであるのに対し、 \dot{Z}_B の部分ではその方向が反対となつている。

* 日立製作所日立工場



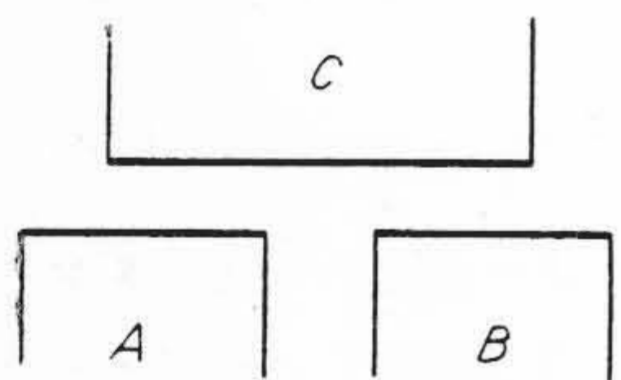
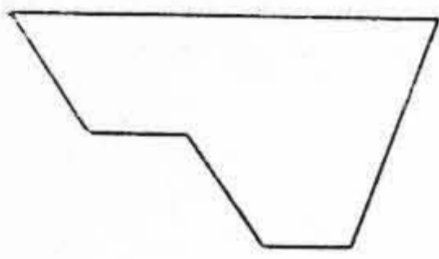
第 1 図
三巻線変圧器のアンペア
ターン分布 (I)

Fig. 1.
Distribution of Ampere-
turns of Three Winding
Transformer (I)

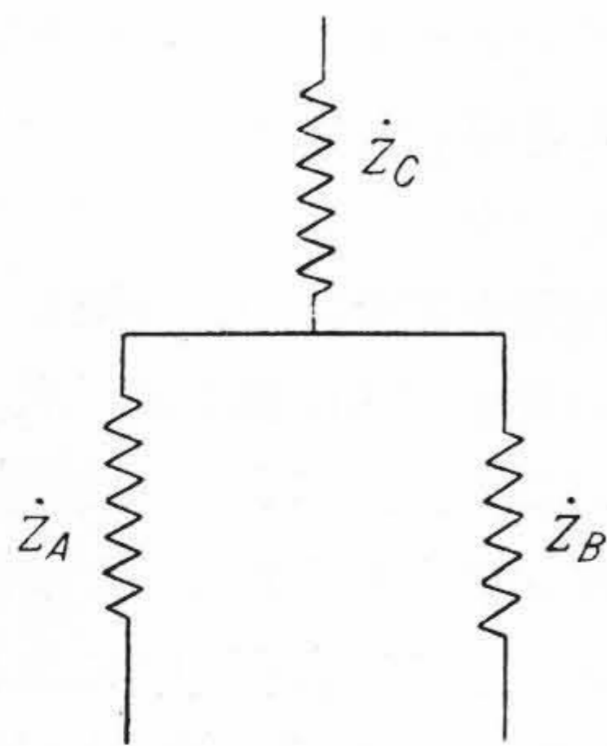


第 2 図
三巻線変圧器のアンペア
ターン分布 (II)

Fig. 2.
Distribution of Ampere-
turns of Three Winding
Transformer (II)

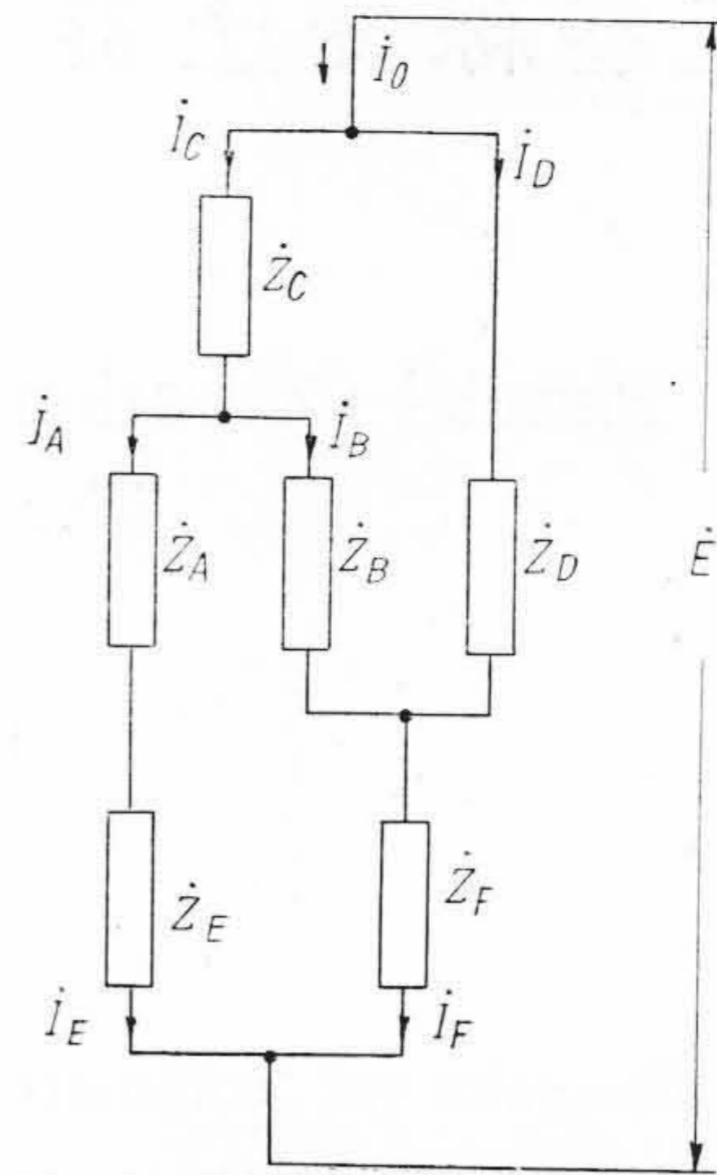


第 3 図
三巻線変圧器巻線配置
Fig. 3.
Arrangement of Wind-
ing of Three Winding
Transformer



第 4 図
三巻線変圧器星形等価回路

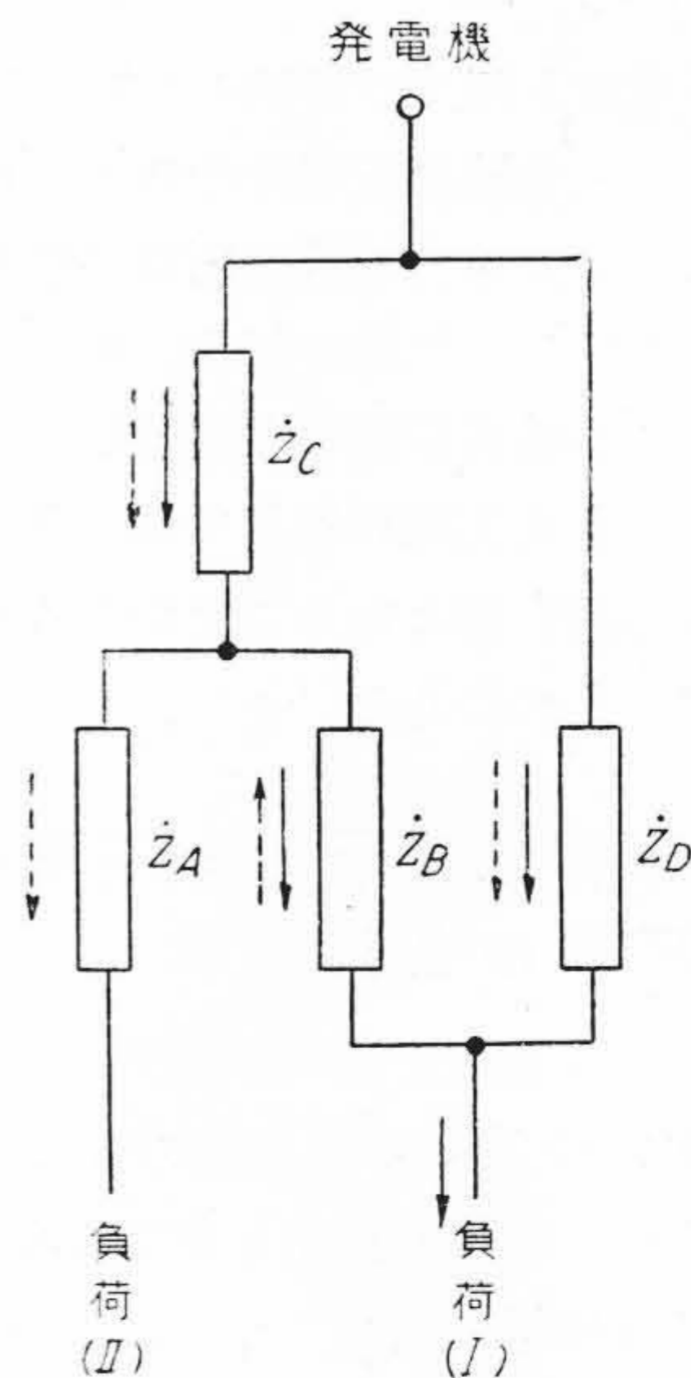
Fig. 4.
Equivalent Star Circuit of
Three Winding Transformer



Z_A, Z_B, Z_C = 三巻線変圧器 A, B, C 各巻線の
等価インピーダンス
 Z_D = 二巻線変圧器の等価インピーダンス
 Z_E = 三巻線変圧器 A 巻線の負荷インピ
ーダンス
 Z_F = 三巻線変圧器 B 巻線及び二巻線変
圧器の共通負荷インピーダンス

第 5 図 二巻線変圧器と三巻線変圧器の並
列運転時の等価回路

Fig. 5. Equivalent Circuit of Parallel Operation
of Three Winding Transformer with Two
Winding Transformer



第 6 図 二巻線変圧器と三巻線変圧器の並
列運転時の負荷分流図

Fig. 6. Load Distribution at Parallel Operation
of Three Winding Transformer with Two
Winding Transformer

このことから Z_B 部分即ち三巻線変圧器の B 巻線内の電流は A 巻線の負荷によつては、それが無い場合よりも減少することが起る。今負荷 (I), (II) の容量をそれぞれ $(kVA)_1, (kVA)_2$ とすると

$$(kVA)_2 \text{ の中 } Z_D \text{ 枝路の分担容量} \\ = \frac{Z_C}{Z_C + Z_B + Z_D} (kVA)_2 \dots\dots(4)$$

$$(kVA)_2 \text{ の中 } Z_C \text{ 枝路の分担容量} \\ = \frac{Z_B + Z_D}{Z_C + Z_B + Z_D} (kVA)_2 \dots\dots(5)$$

$$(kVA)_1 \text{ の中 } Z_C \text{ 枝路の分担容量} \\ = \frac{Z_D}{Z_B + Z_C + Z_D} (kVA)_1 \dots\dots(6)$$

$$(kVA)_1 \text{ の中 } Z_D \text{ 枝路の分担容量} \\ = \frac{Z_B + Z_C}{Z_B + Z_C + Z_D} (kVA)_1 \dots\dots(7)$$

となり、負荷 $(kVA)_1$ 又は $(kVA)_2$ が変つたときに B 巻線と D 巻線を通れる負荷容量はその比率が変化してくるので、三巻線変圧器と二巻線変圧器とが並列運転をしている場合に如何なる負荷にもそれを理想的に分担させることは殆ど不可能であることが推察される。若し $Z_C=0$ ならば Z_A, Z_B の枝路に対して Z_C 枝路の電圧降下の影響が無くなり、普通の二巻線変圧器の並列運転のように理想的な負荷分担を行わせることも出来るが、これは(3)式より

$$Z_{BC} + Z_{CA} = Z_{AB} \dots\dots(8)$$

なる関係が成立する場合のみ可能で、 C 巻線が B 巻線と A 巻線の間に入り且つ巻線の幅が無限に小さくなつたときに得られる関係で実現させることは出来ない。又これに近い状態が得られたとしても、電源側と負荷側との関係が逆になると B 巻線から負荷を供給することになり、 Z_B の電圧降下があるので負荷の分配は負荷によつて変つて来る。このように二巻線変圧器と三巻線変圧器との並列運転は如何なる場合にも理想的負荷分配を行うことは難しいが実際に各巻線に負荷が如何に分配されているかを知ることは運転、保守の上からも重要な問題であるので、これに就いて更に考察を加えてみる。第5図の等価回路に示すように

- 三巻線変圧器の A 巻線を通れる電流 I_A
- 三巻線変圧器の B 巻線を通れる電流 I_B
- 三巻線変圧器の C 巻線を通れる電流 I_C
- 二巻線変圧器を通れる電流 I_D
- 三巻線変圧器の A 巻線の負荷電流 I_E
- 三巻線変圧器と二巻線変圧器の合成負荷電流 I_F
- 三巻線変圧器と二巻線変圧器に入る全入力 I_0

とすると次の関係が得られる。

$$I_A = \frac{-\dot{E}[Z_F(Z_B + Z_C + Z_D) + Z_B Z_D]}{\Delta} \dots\dots(9)$$

$$I_B = \frac{-\dot{E}[-Z_F Z_C + (Z_A + Z_E)Z_D]}{\Delta} \dots\dots(10)$$

$$I_C = I_A + I_B \\ = \frac{-\dot{E}[Z_F(Z_B + Z_D) + Z_D(Z_A + Z_B) + Z_E Z_D]}{\Delta} \dots\dots(11)$$

$$I_D = \frac{-\dot{E}[Z_F Z_C + (Z_A + Z_E)(Z_B + Z_C) + Z_B Z_C]}{\Delta} \dots\dots(12)$$

$$I_E = I_A \dots\dots(13)$$

$$I_F = I_B + I_D \\ = \frac{-\dot{E}[(Z_E + Z_A)(Z_B + Z_C + Z_D) + Z_B Z_C]}{\Delta} \dots\dots(14)$$

$$I_0 = I_C + I_D \\ = \{-\dot{E}[(Z_F + Z_E)(Z_B + Z_C + Z_D) + Z_B Z_C + Z_A(Z_B + Z_C) + Z_D(Z_A + Z_B)]\} / \Delta \dots\dots(15)$$

$$\Delta = -[Z_F\{Z_C(Z_B + Z_D) + (Z_A + Z_E) \times (Z_B + Z_C + Z_D)\} + (Z_A + Z_E) \times (Z_B + Z_C)Z_D + Z_C Z_B Z_D] \dots\dots(16)$$

但し \dot{E} = 入力側端子電圧

これらの関係式にインピーダンスの値を入れて計算を行えば各巻線を通れる電流の値を知ることが出来る。しかるに一般の電力用変圧器に於ては抵抗降下はインダクタンス降下の数%程度のものであるから巻線のインピーダンスとしては抵抗を無視してインダクタンスのみからなるとして

$$\left. \begin{aligned} Z_A &= jX_A \\ Z_B &= jX_B \\ Z_C &= jX_C \\ Z_D &= jX_D \end{aligned} \right\} \dots\dots(17)$$

但し X_A, X_B, X_C, X_D = A, B, C, D 巻線のインダクタンスとしても大きな誤差は生じない。

〔III〕 計算例

以上述べたように三巻線変圧器と二巻線変圧器の並列運転の場合の各巻線を通れる電流は(9)~(17)式によつて求めることが出来るが、これらの式は相当複雑である。箇々の場合に就いて与えられる巻線インピーダンスの値を代入して、円線図を用うれば簡単に電流分配を求めることが出来る。例として次に示す三巻線変圧器1台と二巻線変圧器1台が並列運転を行つてゐるとき、三次巻線の進相負荷を変えていつたときの各巻線の負荷が如何に変るかを考えてみる。

三巻線変圧器 1 台

一次巻線 (第 5 図にて C 巻線に相当) の容量
40 MVA

二次巻線 (第 5 図にて B 巻線に相当) の容量
50 MVA

三次巻線 (第 5 図にて A 巻線に相当) の容量
30 MVA

一次二次間漏洩インピーダンス

$$\dot{Z}_{BC} = 0.2 + j6.7 (\%) \quad [30 \text{ MVA 基準}]$$

一次三次間漏洩インピーダンス

$$\dot{Z}_{CA} = 0.46 + j12.5 (\%) \quad [30 \text{ MVA 基準}]$$

二次三次間漏洩インピーダンス

$$\dot{Z}_{AB} = 0.09 + j5.3 (\%) \quad [30 \text{ MVA 基準}]$$

二巻線変圧器 1 台

容 量 30 MVA

漏洩インピーダンス $\dot{Z}_D = 0.2 + j7.5 (\%)$

然るに並列運転を行つている三巻線変圧器の等価星形回路のインピーダンス $\dot{Z}_A, \dot{Z}_B, \dot{Z}_C$ は (1)~(3) 式により次のようになる。

$$\dot{Z}_A = \frac{1}{2}(\dot{Z}_{AB} + \dot{Z}_{CA} - \dot{Z}_{BC}) = 0.175 + j5.55$$

$$\dot{Z}_B = \frac{1}{2}(\dot{Z}_{BC} + \dot{Z}_{AB} - \dot{Z}_{CA}) = -0.085 - j0.25$$

$$\dot{Z}_C = \frac{1}{2}(\dot{Z}_{CA} + \dot{Z}_{BC} - \dot{Z}_{AB}) = 0.285 + j6.95$$

これらのインピーダンスの中で抵抗を省略しても大きな誤差は入つて来ないので $\dot{Z}_A, \dot{Z}_B, \dot{Z}_C$ としては次の値を用いる。

$$\dot{Z}_A = j5.55 \dots\dots\dots(18)$$

$$\dot{Z}_B = -j0.25 \dots\dots\dots(19)$$

$$\dot{Z}_C = j6.95 \dots\dots\dots(20)$$

三次巻線は進相負荷をとるので負荷インピーダンス \dot{Z}_E, \dot{Z}_F を次の如くあらわし

$$\dot{Z}_E = -jX_E \dots\dots\dots(21)$$

$$\dot{Z}_F = R + jX \dots\dots\dots(22)$$

更に電源電圧 \dot{E} を単位法であらわして $\dot{E} = 1$ とすると (9)~(10) 式より

$$\dot{I}_A = \frac{-[-j1420(R+jX)]}{\Delta_0} \dots\dots\dots(23)$$

$$\dot{I}_B = \frac{[j694(R+jX) - 750X_E + 20.8]}{\Delta_0} \dots\dots\dots(24)$$

$$\dot{I}_C = \frac{-[j724(R+jX) + 750X_E - 54.4]}{\Delta_0} \dots\dots\dots(25)$$

$$\dot{I}_D = \frac{-[j694(R+jX) + 670X_E - 35.1]}{\Delta_0} \dots\dots\dots(26)$$

$$\dot{I}_F = \frac{-[-j1420X_E - 77.1]}{\Delta_0} \dots\dots\dots(27)$$

$$\dot{I}_0 = \frac{[j1420(R+jX) - 1420X_E - 78.8]}{\Delta_0} \dots\dots\dots(28)$$

$$\Delta_0 = -[(1420X_E - 129)(R+jX) + 50.4X_E - 2.8] \dots\dots\dots(29)$$

(23)~(29) 式を更に簡略するためには \dot{Z}_E, \dot{Z}_F が如何なる大いさのものであるかを知る必要があるが、巻線内を流れる負荷電流はその巻線容量を超えることは出来ないという条件から次の関係が成立する。

$$|\dot{Z}| > \frac{\text{基準容量}}{\text{回路容量}} \dots\dots\dots(30)$$

但し 回路容量 = その負荷系統に属する巻線容量の和

$$|\dot{Z}| = \text{負荷インピーダンスの絶対値}$$

然るに (30) 式より本例に於ては

$$\left. \begin{aligned} |\dot{Z}_E| &> \frac{30 \text{ MVA}}{30 \text{ MVA}} = 1 \\ |\dot{Z}_F| &> \frac{30 \text{ MVA}}{50 \text{ MVA} + 30 \text{ MVA}} = 0.375 \end{aligned} \right\} \dots\dots(31)$$

なる関係が得られ、これを考慮して (23)~(29) 式を整理すると

$$\dot{I}_A = j \frac{1}{X_E} \dots\dots\dots(32)$$

$$\dot{I}_B = -j \frac{0.49}{X_E} + \frac{0.528}{R+jX} \dots\dots\dots(33)$$

$$\dot{I}_C = j \frac{0.51}{X_E} + \frac{0.528}{R+jX} \dots\dots\dots(34)$$

$$\dot{I}_D = j \frac{0.49}{X_E} + \frac{0.47}{R+jX} \dots\dots\dots(35)$$

$$\dot{I}_F = \frac{1}{R+jX} \dots\dots\dots(36)$$

$$\dot{I}_0 = j \frac{1}{X_E} + \frac{1}{R+jX} \dots\dots\dots(37)$$

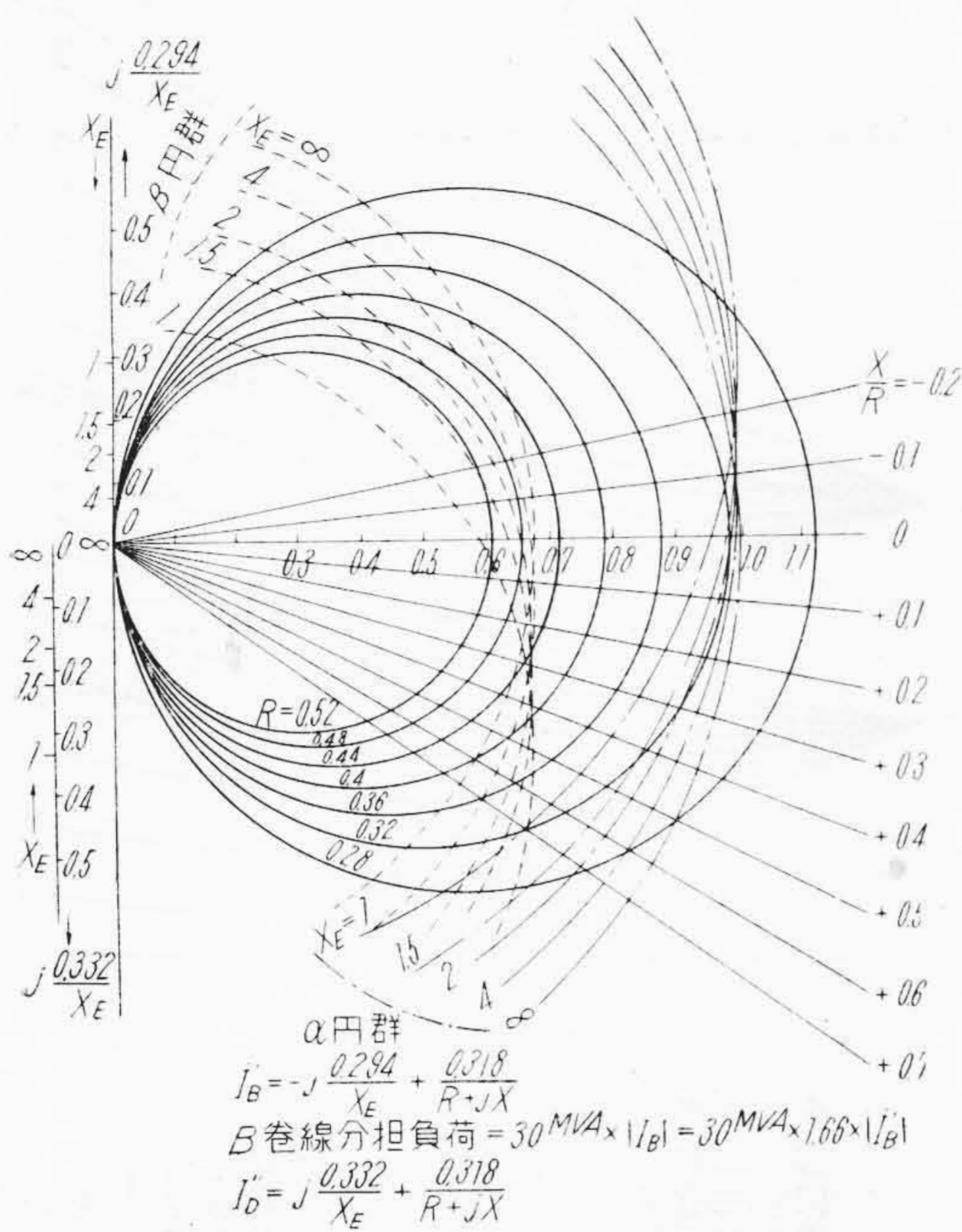
となり X_E をパラメータとして円線図をえがけば各枝路の電流を求めることが出来る。然るに並列運転の必要条件として、並列運転を行つている変圧器の何れの巻線も自己の巻線容量を超えてはならないということから、各巻線電流を基準容量に対するそれぞれの巻線容量の倍数で除して単位法で円線図をえがくと更に便利となる。即ちこの円線図の電流の絶対値が 1 より小さな時は巻線は過負荷になつておらず、そのまま安全に並列運転を行うことが出来ることを示すものである。本例に於ては

$$\left. \begin{aligned} \frac{A \text{ 巻線の巻線容量}}{\text{基準容量}} &= \frac{30 \text{ MVA}}{30 \text{ MVA}} = 1 \\ \frac{B \text{ 巻線の巻線容量}}{\text{基準容量}} &= \frac{50 \text{ MVA}}{30 \text{ MVA}} = 1.66 \\ \frac{C \text{ 巻線の巻線容量}}{\text{基準容量}} &= \frac{40 \text{ MVA}}{30 \text{ MVA}} = 1.33 \\ \frac{D \text{ 巻線の巻線容量}}{\text{基準容量}} &= \frac{30 \text{ MVA}}{30 \text{ MVA}} = 1 \end{aligned} \right\} (38)$$

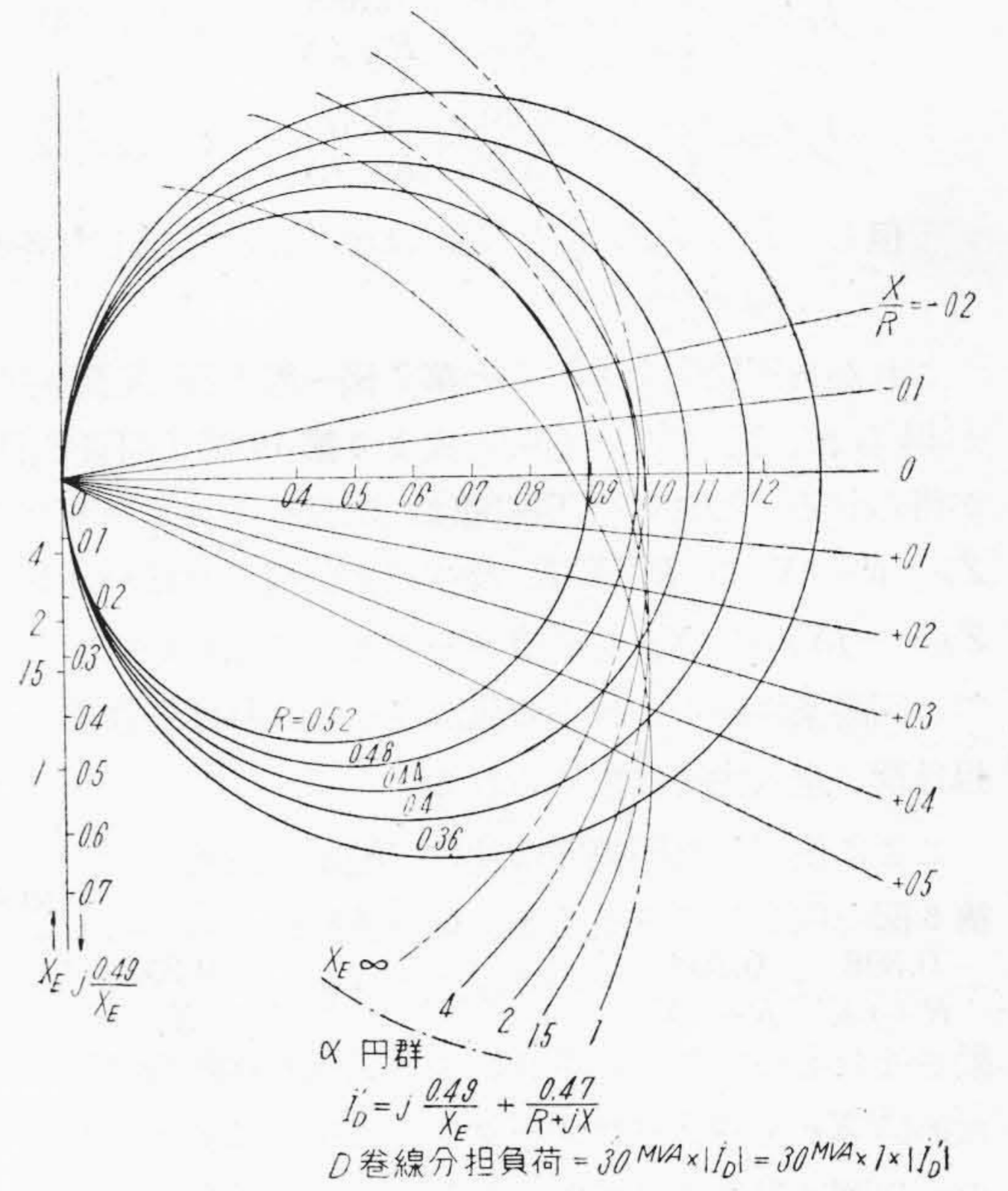
となるので各巻線の電流を単位法で示すと (33)~(37) 式から次のようにあらわせる。

$$\dot{I}_A' = \frac{\dot{I}_A}{1} = j \frac{1}{X_E} \dots\dots\dots(39)$$

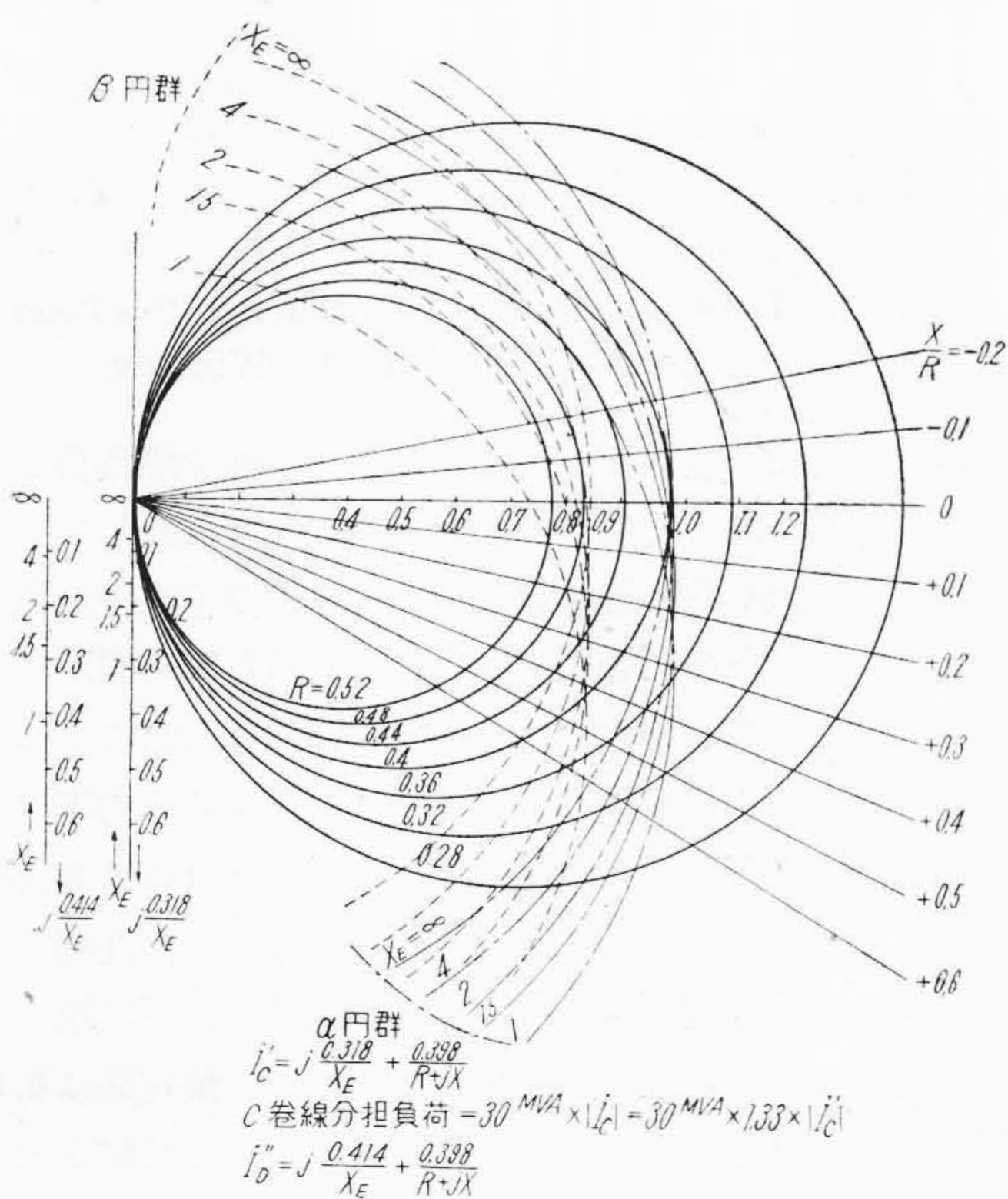
$$\dot{I}_B' = \frac{\dot{I}_B}{1.66} = -j \frac{0.294}{X_E} + \frac{0.318}{R+jX} \dots\dots\dots(40)$$



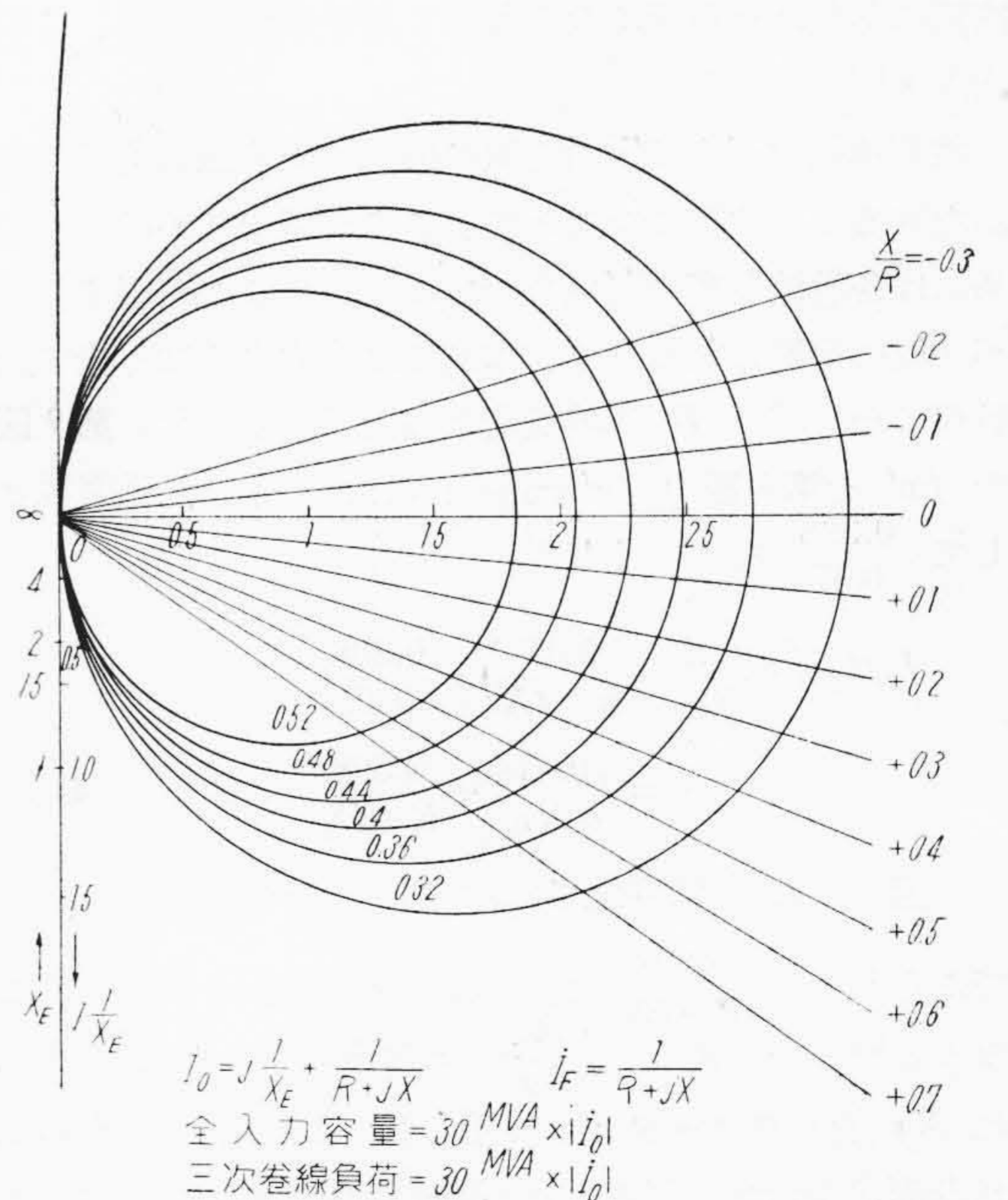
第7図 I_B' 円線図
Fig. 7. Circle Diagram of I_B'



第9図 I_D' 円線図
Fig. 9. Circle Diagram of I_D'



第8図 I_C' 円線図
Fig. 8. Circle Diagram of I_C'



第10図 I_0, I_F 円線図
Fig. 10. Circle Diagram of I_0 and I_F

$$i_{C'} = \frac{i_C}{1.33} = j \frac{0.318}{X_E} + \frac{0.398}{R+jX} \dots\dots\dots(41)$$

$$i_{D'} = \frac{i_D}{1} = j \frac{0.49}{X_E} + \frac{0.47}{R+jX} \dots\dots\dots(42)$$

但し $i_{A'}, i_{B'}, i_{C'}, i_{D'}$ は単位法にて示した各巻線の電流

これから円線図を求めると第 7 図~第 9 図(前頁参照)が得られ、又 (36), (37) 式より第 10 図(前頁参照)が得られる。これらの円線図は二次負荷インピーダンス $Z_F = R + jX$ の $R, X/R$ 及び三次負荷インピーダンス $Z_E = -jX_E$ の X_E をパラメータとしてえがいてあるので、回路条件からこれらの値が与えられれば各巻線の分担負荷、全入力等は求められる。

ここに使用した円線図に就いて簡単に説明を行うため第 8 図を例として考えると、C 巻線負荷 $i_{C'} = j \frac{0.318}{X_E} + \frac{0.398}{R+jX}$ は $\frac{0.398}{R+jX}$ なる円の原点を j 軸上 $\frac{0.318}{X_E}$ だけ移動させたものであらわされ、この原点の移動量は簡単のために X_E をパラメータとして縦軸に表示した。この円線図は単位法にてあらわしたので巻線負荷は次のように示される。

$$C \text{ 巻線負荷} = \text{基準容量} \times \frac{\text{巻線容量}}{\text{基準容量}} \times |i_{C'}| \dots(43)$$

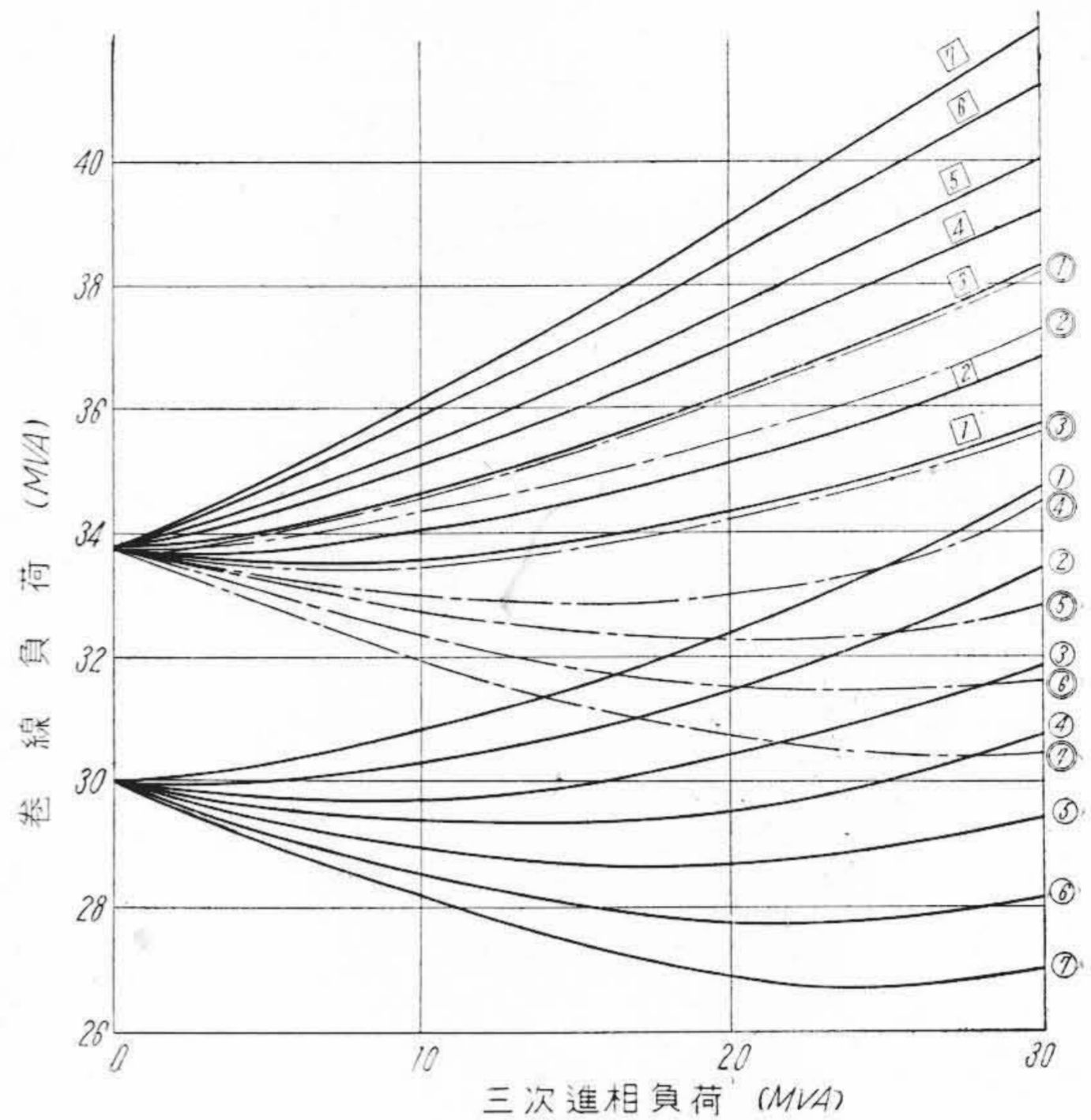
又並列運転に際して各巻線が自己容量を超えると過負荷になるので、その限界を示すために原点より半径 1 の円を原点を決める X_E をパラメータとしてえがき、その内側にあれば過負荷にならないことを示すもので、この円を α 円群とした。

並列運転を行う変圧器巻線の何れが先ず過負荷になるかを知ることは重要なことで、この関係を明かにするためには各巻線負荷の関係を一緒にえがくことが望ましいが一般に複雑となるので、本例では後述する如く先ず過負荷になり易い D 巻線負荷との関係を示した。第 9 図の $i_{D'}$ を第 8 図の $i_{C'}$ 円線図に移すとき、変換常数として $\frac{0.398}{0.47}$ を用いると

$$i_{D''} = \left(j \frac{0.49}{X_E} + \frac{0.47}{R+jX} \right) \cdot \frac{0.398}{0.47} = j \frac{0.414}{X_E} + \frac{0.398}{R+jX} \dots\dots\dots(44)$$

但し $i_{D''}$ は写像された $i_{D'}$ を示す。

であらわされ $\frac{0.398}{R+jX}$ なる円は $i_{C'}$ の円と同じものとなり、原点の移動は $j \frac{0.414}{X_E}$ となるのでこれを β 軸上に X_E をパラメータとして示した。この場合 $i_{D'}$ の過負荷限界を示す α 円群は β 円群に写像され、これより並列運転中回路条件によつて C, D 巻線の何れが先に過負荷になるかを容易に知ることが出来る。 $i_{B'}, I_0$ 等についても以上のようにして円線図を求めることが出来る。



1. 本図面中
 - 二巻線変圧器巻線 (D巻線)
 - 三巻線変圧器二次巻線 (B巻線)
 - ◎ 三巻線変圧器一次巻線 (C巻線)
 を示す
2. 上記特性は下記状態に於けるものである

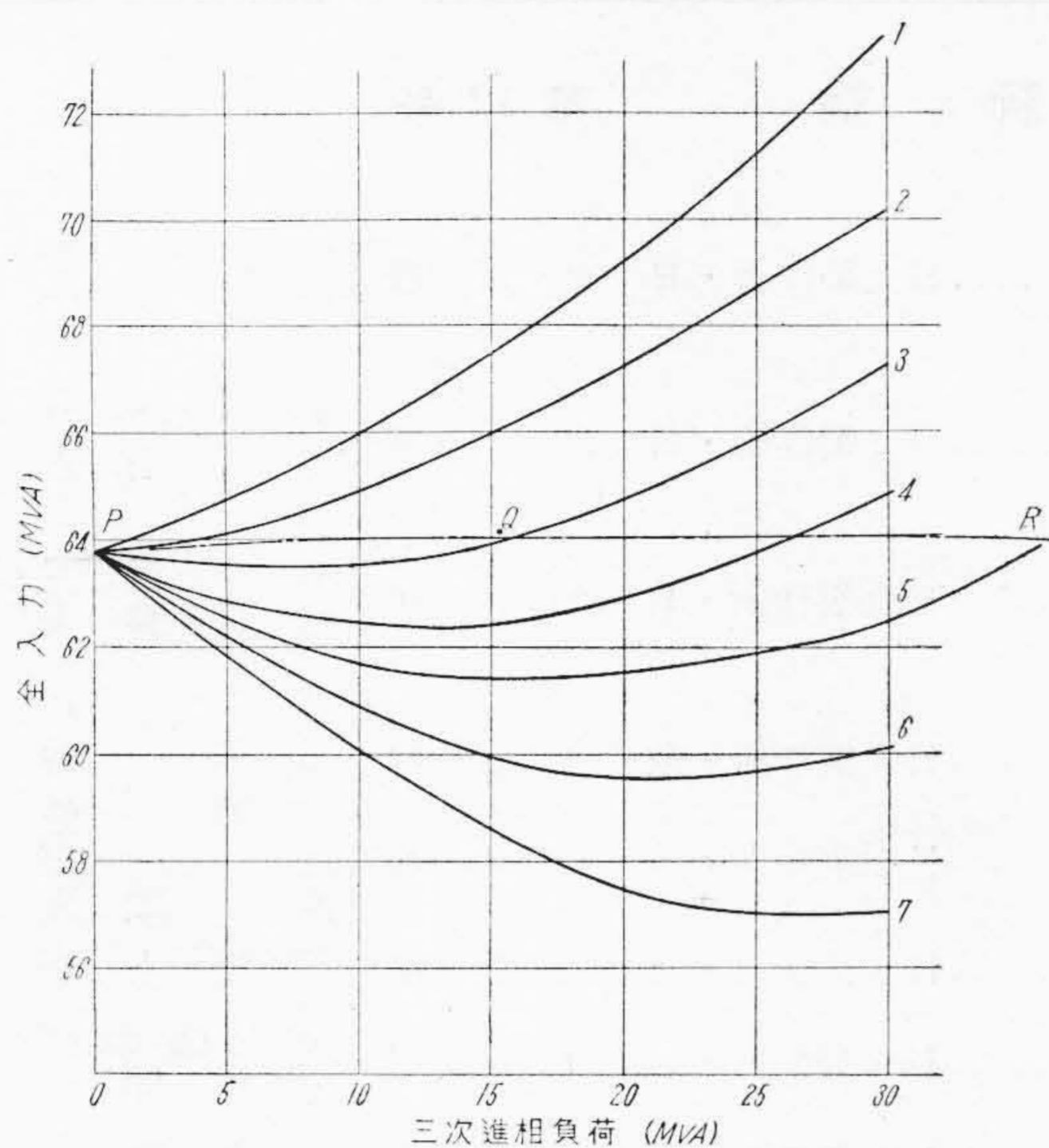
記号	X/R	R
1	-0.1	0.47
2	0	0.47
3	0.1	0.47
4	0.2	0.46
5	0.3	0.45
6	0.4	0.43
7	0.5	0.42

第 11 図 三次巻線の進相負荷を変化した場合の各巻線負荷分担特性

Fig. 11. Load Distribution Character to the Leading Load of the Tertiary Winding

本例に於て三巻線変圧器がその三次巻線が無負荷として二巻線変圧器とその群の最大出力で並列運転している状態で、三次巻線が進相負荷をとるときの各巻線の負荷の変化をこれらの円線図から求めてみると第 11 図が得られ、これより二次負荷インピーダンス即ち出力*によつて変化の様子も相当異つてくる。二次負荷が進み力率のときは二巻線変圧器は三次進相負荷が増すと直ちに過負荷状態となり、二次負荷が遅れ力率のときは三次進相負荷が増すと二巻線変圧器負荷は反対に減少し、更に増すと再び増加してある値で過負荷状態になる。第 12 図は第 11 図の場合と同じ条件のもとに三次進相負荷を変化させた時の並列運転している群全体の入力の変化を示したもので、二次負荷が遅れ力率の時は三次進相負荷を増すこと

(*) 出力 = $\frac{1}{R+jX} = \frac{1}{Z_F}$ (36) 式参照



[註] 上記曲線に附記した数字は第11図の数字に対応する

第12図 三次巻線の進相負荷を変化した場合の全入力特性

Fig. 12. Input Character of Transformers in Parallel Operation to the Leading Load in the Tertiary Winding

により入力が増加することを示している。又この並列群の最大出力は第7図、第8図より

$$\frac{-\pi}{2} < \tan^{-1} \frac{X}{R} < \tan^{-1} 0.7 \dots \dots \dots (45)$$

の関係が充つ負荷インピーダンスの範囲ではD巻線即ち二巻線変圧器が先づ過負荷状態になることで定まり、この時の二次負荷インピーダンス及び三次負荷容量に対す

る全入力を考えてみる。第11図に於て三次進相負荷を変化して行くとき、いろいろの二次負荷インピーダンスに対してD巻線の負荷が自己容量 30 MVA に達する点を求め、その点に相当する入力を求めると第12図の P-Q-Rで示した略々直線に近い曲線が得られる。これは三次進相容量を変化せしめてもその群の許容入力負荷インピーダンスに無関係に略々一定で、その値は三巻線変圧器の三次巻線を開放した時の群の許容入力に略々等しいことが分る。この関係は (35), (37) 式より

$$\begin{aligned} I_D &= j \frac{0.49}{X_E} + \frac{0.47}{R+jX} \approx 0.49 \left(j \frac{1}{X_E} + \frac{1}{R+jX} \right) \\ &= 0.49 I_0 \dots \dots \dots (46) \end{aligned}$$

が成立するので $|I_D|$ 一定とすれば $|I_0|$ も略々一定となり、上述の関係が成立することを示している。

[IV] 結 言

以上三巻線変圧器と二巻線変圧器の並列運転は、二巻線変圧器だけの並列運転の場合と著しく異なる負荷分配をなすことを示し、その負荷分配を推定する一般解法に就いて論じ、例を示してこの負荷分配が三次巻線負荷に依り如何に変化するかを示した。尙一般に並列運転を行う場合に各変圧器の相回転及び角変位は相等しく且つ電圧比も等しいことは必要条件で本稿に於ても、これらの条件は充されているものとしてインピーダンスの影響のみを論じたものである。

参 考 文 献

- (1) L.F. Blume, A. Boyajian: Transformer Engineering (1951)
- (2) A. Boyajian: Theory of Three Circuit Transformer A.I.E.E. Trans Vol. 43 p. 508 (1924)

Vol. 14 日立造船技報 No. 3

◇目 次◇

かりほるにあ丸の船体引伸工事	日立造船株式会社・桜島工場	中井	村成	勝
ディーゼル機関のピストンリングとシリンダライナの材質的考察 (第1報)	日立造船株式会社・技術研究所		野文	雄
双胴船の造波抵抗について	日立造船株式会社・技術研究所	岡田	田正	次郎
檣支索用鋼索の引張試験成績	日立造船株式会社		西牧	興
船体防熱材におよぼす含水量の影響について	日立造船株式会社・向島工場	大野	東条	桂二
硬質クロムメッキの応用について	日立造船株式会社・神奈川工場		塩谷	道夫
本誌につきましての御照会	日立造船株式会社	奥藤	村太	門
			沢勇	二郎

発行所 日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町 60

第 35 卷 日 立 評 論 第 12 号

- ◎ 関西電力株式会社納丸山発電所用
70,000 kW 水 車 に 就 い て.....日立製作所・日 立 工 場 {小 森 谷 亨 一
深 栖 俊
- ◎ 関西電力株式会社納丸山発電所用
72,500 kVA 交 流 発 電 機 に 就 い て.....日立製作所・日 立 工 場 {菊 地 弥 十 郎
高 橋 昭 吉
- ◎ 東京電力株式会社納白根発電所用
12,000 kW 豎 軸 ペ ル ト ン 水 車.....日立製作所・日 立 工 場 {田 中 重 三 夫
紛 沢 秀
- ◎ 東北電力株式会社納沼沢沼揚水発電所用
ポンプの 実 物 試 験 に 就 い て.....日立製作所・亀 有 工 場 寺 前 博
附 修 郎
◎ 分 塊 剪 断 機 用 電 気 品.....日立製作所・日 立 工 場 {田 西 一 政 隆
西 政 隆
- ◎ 油入遮断器の電弧による油の分解に就いて.....日立製作所・日立国分分工場 藪 野 亥 石
- ◎ スチールグリッド抵抗器.....日立製作所・日 立 工 場 {豊 田 隆 太 郎
竹 村 伸 一
- ◎ 最近の日立エレベータの運転方式.....日立製作所・日立国分分工場 酒 井 真 平
- ◎ 複式発条型刷子保持器の特性改善に就いて.....日立製作所・日立 研 究 所 {武 政 隆 一 郎
桑 原 繁 太 郎
- ◎ 電話用ダイヤルの速度変化に就いて (第2報).....日立製作所・戸 塚 工 場 {北 条 政 徳 雄
軽 部 政
- ◎ 弾性変形を利用した
ウルトラマイクロトームの微細送り機構.....日立製作所・多 賀 工 場 黒 羽 逸 平
◎ 高電圧ケーブル用油浸紙の含有水分量と電氣的性質.....日立製作所 日立電線工場 {内 藤 正 之 枝
日立研究所 佐 藤 春 史 朗
島 史 朗
- ◎ 漶波 (10,000 Mc) による誘電率、損失角の測定.....日立製作所・中 央 研 究 所 {河 合 麟 次 郎
佐 藤 玄 樹

東京都千代田区丸の内 1ノ4
(新丸の内ビルディング内)

日 立 評 論 社

誌代 { 1冊分 ¥ 100 千12
6冊分 ¥ 490 (送料共)
12冊分 ¥ 840 (送料共)

「日立評論」綴込みカバー発売

(上製綴込み紐付) 特價 1 組 ¥100 (郵送料共)

「日立評論」の綴込み用として写真に示すような堅牢美麗な綴込みカバーを発売致しております。

御希望の方には特に実費にてお預ち致しておりますから、直接下記に御申込下さい。

日 立 評 論 社

東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番地
(新丸の内ビルディング 7 階)
振 替 口 座 東 京 7 1 8 2 4

