

長距離送電線における直列コンデンサの定態運転特性(第1報) : 挿入点が電力, 力率, コンデンサ容量等におよぼす影響と, 並列進相コンデンサの場合との比較

その他(別言語等)のタイトル	Steady Operation Characteristics of Series Capacitors in Long-distance Transmission Lines (Part 1) : Effects of Insertion Places for Powers, Currents, Power-factors and Capacitor Capacities, and Comparison with Parallel Capacitors.
著者	三浦 五郎
雑誌名	室蘭工業大学研究報告
巻	2
号	1
ページ	1-13
発行年	1955-12-20
URL	http://hdl.handle.net/10258/3053

長距離送電線における直列コンデンサ の定態運転特性 (第1報)

(挿入点が電力, 力率, コンデンサ容量等におよぼす影響と,
並列進相コンデンサの場合との比較)

三浦五郎

Steady Operation Characteristics of Series Capacitors in Long-distance Transmission Lines. (Part I)

(Effects of Insertion Places for Powers, Currents, Power-factors and
Capacitor Capacities, and Comparison with Parallel Capacitors.)

Goro Miura

Abstract

The research here is intended to quantitatively clarify the effects of insertion places of series capacitors for some steady-state operation characteristics of a high voltage transmission line, of which points have been kept indistinct so far. Investigations are made by numerical examples for watt and watt-less powers of sending and receiving ends, power-factors, line currents of both ends, capacitor currents, and so on.

As line resistances are neglected together with line leakage here to simplify their mathematical treatise, the formulae introducing numerical labors are rather of simple ones. Parallel capacitors are discussed also, mainly to compare their characteristics to that of series capacitor problems.

Author considers that physical interpretation are applicable to more complicated problems, such as containing salient-pole synchronous alternators.

I 緒 言

長距離高圧送電線に設置された直列コンデンサに関する研究は、大別して定常状態における系統の運転特性と、過渡状態における異常現象特性とに分れる。後者については筆者がすでに研究を開始している。^{1, 2, 3} 前者については山田、大森両氏⁴ 外各氏の研究結果が発表されて

1 三浦五郎：直列コンデンサ補償送電線における三相突流理論 (第1報), 電学誌, 73, 1345 (1952)

2 三浦五郎：同上 (第2報), 電学誌, 74, 930 (1953)

3 三浦五郎：凸極機による三相短絡時コンデンサ過渡尖頭電圧値について,
送電線直蓄専門委資料, 直 218 (昭30年1月)

4 山田太三郎, 大森武司：最近の直列コンデンサ, 電学誌, 72, 557 (1951)

いるし、また最近 Johnson 氏など⁵ が多くの数値計算により簡潔な定性結果を与えている。

本稿はこの定態運転特性についてさらに検討を加え、従来不明であつた直列コンデンサ挿入点の影響が、種々の電気的特性に及ぼす影響を、数量的に調べようとするものである。すなわち直列コンデンサを送電線の任意の点に挿入した場合の、送電定数の近似式を作りこれより主として挿入箇所と、送受電両端の有効並びに無効電力、力率、電流、コンデンサ電流との関係を明らかにした。なおこの中の一部はすでに中間発表を行つた⁶ が、ここに第1報として包括的にまとめ数学的解析の進展、近似式を使用する数値計算結果の検討について詳細に説明した。

さらに同一容量の並列コンデンサを使用して進相力率改善に資する場合につき考察し、同様に設置点を変化する場合の電気的特性を検討し、これらを直列コンデンサの場合の結果と比較できる様にした。

II 送電定数の表現

本稿ではすべて送電定数を、Povejsil 氏等⁷ の提唱する特性インピーダンス負荷 (kVA)、変圧器高圧側電圧 (kV) を基準量とする単位法によつて表現した。この時は送電線の特性インピーダンス Z_0 が基準インピーダンスとなり、したがつて定数中 B 、 C は不名数となり取扱いが甚だ容易である。

$$\text{特性インピーダンス} = \frac{(kV)^2}{Z_0} \times 10^3 (kW)$$

すなわち送電線 1km 当りの直列インピーダンスを $r+jx$ (Ω)、並列リアクタンス (リーカンスは無視) を $-jx'$ (Ω)、全線長を l (km) とする時は特性インピーダンス Z_0 は

$$Z_0 = \sqrt{(r+jx)(-jx')} = \sqrt{xx'} \cdot \varepsilon^{\xi}$$

$$Z_0 = \sqrt{xx'} \quad (1)$$

$$\xi = -\frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{r}{x} \quad (2)$$

であつて、この Z_0 を単位インピーダンスにとる時は送電定数は次のごとく表示される。

$$\left. \begin{aligned} A &= \cosh \left[L \sqrt{-1 + j \frac{r}{x}} \right] \\ B &= \sinh \left[L \sqrt{-1 + j \frac{r}{x}} \right] \cdot \varepsilon^{\xi} \\ C &= \sinh \left[L \sqrt{-1 + j \frac{r}{x}} \right] \cdot \varepsilon^{-\xi} \\ D &= A \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

5 A. A. Johnson, J. E. Barkle & D. J. Povejsil : E. E. 70, 526 (1951)

6 三浦五郎 : 直列コンデンサ挿入点の定態運転特性に及ぼす影響, 送電線直蓄専門委資料, 直 219 (昭30年1月)

7 D. J. Povejsil & A. A. Johnson : E. E. 70, 194 (1951)

$$\text{ただし } L = l \sqrt{\frac{x}{x'}} \quad (\text{radian}) \quad (4)$$

Povejsil 氏は $\sqrt{\frac{x}{x'}}$ は一定値で、60~, 哩当り 2.06×10^{-3} であると発表した。いまこれを、50~, km当りに換算する時は

$$L = (2.06 \times 10^{-3})l \times \frac{50}{60} \times \frac{1}{1.609} = (1.067 \times 10^{-3})l \quad (5)$$

となる。

この L の意味を考えるに、(1), (4) 両式より明らかに

$$L = \frac{x_l}{Z_0}$$

の関係を満足するから、 L は送電線全長の直列インピーダンスを、単位法で表わしたものである。したがっていま直列コンデンサ x_0 (単位法) をおく場合の補償度 α は

$$\alpha = \frac{x_0}{L} \quad (6)$$

のごとく表わされる。なお $L=1.0$ に相当する線長は $l=940$ (km) のごとく算出されるから、一般につねに

$$L < 1.0 < \frac{\pi}{2}$$

の条件が成立する。

さて(2)~(5)各式から r と x とがわかれば、その場合の送電4定数の厳密値が求まるのであるが、その計算は若干煩雑な故、近似式を求めておくことと便利である。普通 r/x は0.2程度で多くても0.4を越えないから、 r/x の3次以上の冪は省略する。また ξ は負号で不便なため

$$\theta = -\xi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{r}{x} \quad (7)$$

を用いる。

$$\theta \doteq \frac{r}{2x} \quad \xi^j \doteq 1 - \frac{\theta^2}{2} - j\theta$$

$$\cos \theta \doteq 1 - \frac{\theta^2}{2} \quad \xi^{-j} \doteq 1 - \frac{\theta^2}{2} + j\theta$$

$$\sin \theta \doteq \theta$$

したがって

$$\sqrt{-1+j} \frac{r}{x} = \sqrt[4]{1+\left(\frac{r}{x}\right)^2} / \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{r}{x}$$

$$\begin{aligned} & \doteq (1+\theta^2)(\sin\theta+j\cos\theta) \\ & \doteq \theta+j\left(1+\frac{\theta^2}{2}\right) \end{aligned}$$

これらの近似を(3)式に代入する。なおその際既に述べたごとく、 $L < 1$ であり普通の高圧送電線においては $L \leq 0.5$ の場合 ($l \leq 470\text{km}$) が多いから、 θL については近似を θ より一段下げ2次以上の冪を省略する。

$$\sinh(\theta L) \doteq \theta L$$

$$\cosh(\theta L) \doteq 1$$

$$\theta^2 L^2 \doteq 0$$

また $\theta^2 L^2/2$ と云う項も多数出てくるが、これも $-\frac{\theta^2 L^2}{2} = \theta L \left(-\frac{\theta L}{2} \right)$ で、 $\theta^2 L^2$ と同様の取扱いをなし得る。

かくして計算を行えば、4定数の近似は次のごとくなる。

$$\left. \begin{aligned} \dot{A} &= \cos L + j\theta L \sin L = \dot{D} \\ \dot{B} &= \theta [L \cos L + \sin L] + j[\sin L - \theta^2 L \cos L] \\ \dot{C} &= \theta [L \cos L - \sin L] + j[\sin L + \theta^2 L \cos L] \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

この近似式の精度は $r/x \leq 0.4$ に対し誤差は2%以内に納まる。

さらに $r=0$ とする時は上式は極めて簡単となり

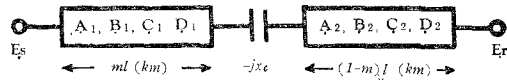
$$\left. \begin{aligned} \dot{A} &= \dot{D} = \cos L \\ \dot{B} &= \dot{C} = j \sin L \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

となる。以下(9)式より送電線の中にコンデンサをおいた場合について4定数を誘導してみる。

Ⅲ 直列または並列コンデンサを挿入する場合の定数

a). 直列コンデンサの場合

第1図に示すごとく送電線より ml (km) の位置 ($0 \leq m \leq 1$) に、 $-jx_c$ (単位法で表現) なる直列コンデンサを設置した場合について考える。



第1図 直列コンデンサ補償

補償点 m によつて区分された各線の送電定数を図の如くし、かつ $x_c=0$ 、すなわち無補償時の全長 l に対する定数を A, B, C, D とすれば、補償時の4定数は次のごとくなる。

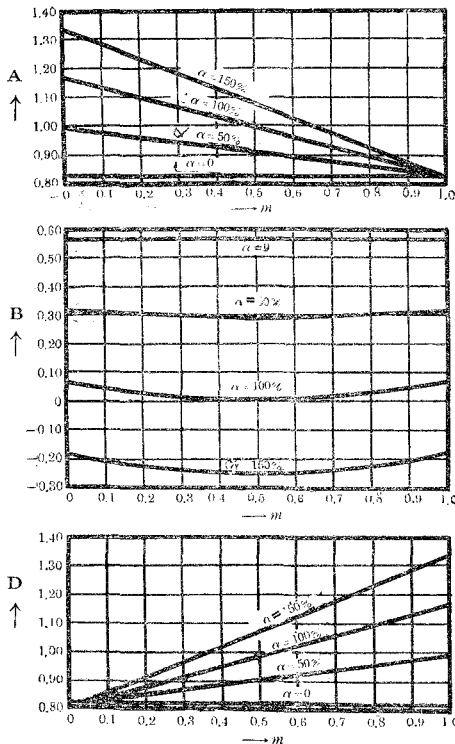
$$(4)$$

$$\left. \begin{aligned} \dot{A}' &= \dot{A} - jx_c \dot{A}_1 C_2 \\ \dot{B}' &= \dot{B} - jx_c \dot{A}_1 D_2 \\ \dot{C}' &= \dot{C} - jx_c \dot{C}_1 C_2 \\ \dot{D}' &= \dot{D} - jx_c \dot{C}_1 D_2 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

以下補償時定数の近似値を求めるため、上式に(9)式の関係を代入する。すなわち回路抵抗分を零と仮定する時は

$$\left. \begin{aligned} \dot{A}' &= \cos L + \frac{x_c}{2} \left\{ \sin L - \sin(2m-1)L \right\} \\ \dot{B}' &= j \left[\sin L - \frac{x_c}{2} \left\{ \cos L + \cos(2m-1)L \right\} \right] \\ \dot{C}' &= j \left[\sin L + \frac{x_c}{2} \left\{ -\cos L + \cos(2m-1)L \right\} \right] \\ \dot{D}' &= \cos L + \frac{x_c}{2} \left\{ \sin L + \sin(2m-1)L \right\} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

定数は補償点 m によつて相当に変化するが、いま一例として線長 563km の場合について、補償度 α をパラメーターとする各定数と m との関係調べれば、第2図のごとくなる。



第2図 $l=563\text{km}$ に相当する送電定数

一般的にいつて A は送電端において、 D は受電端において最高値を示し、また B 及び C は線路中央の補償によつて、それぞれ最少および最大値を示す。これより無負荷時及び短絡時の電圧、充電及び短絡電流の定性的性質が得られるが、これは末章においてのべる。

コンデンサを通る電流 I_c' 、送電端および受電端の電流は I_s' 、 I_r' 次のごとくなる。

$$I_c' = \frac{D_2 E_s - A_1 E_r}{B'} \quad (12)$$

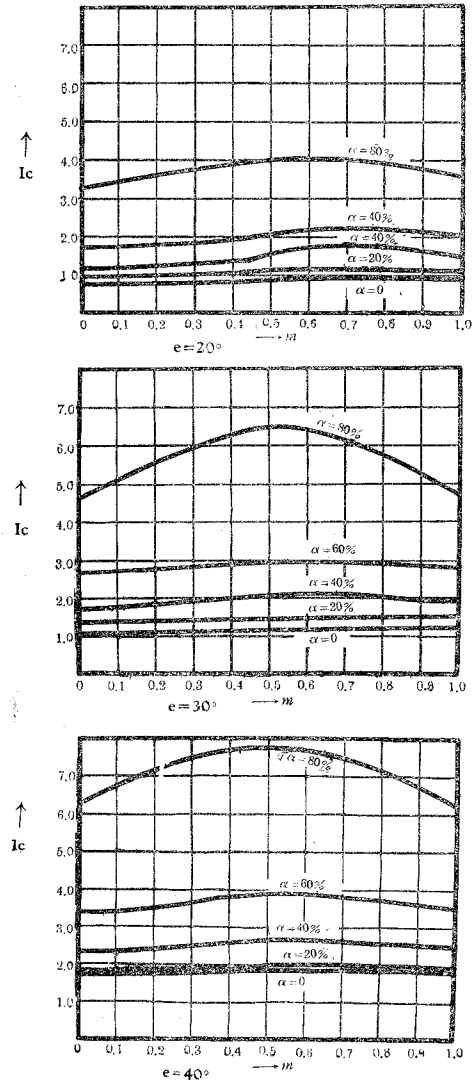
$$I_s' = \frac{D' E_s - E_r}{B'} \quad , \quad I_r' = \frac{E_s - A' E_r}{B'} \quad (13)$$

数値例として $l=450\text{km}$ の送電線について、 I_c' 、 I_s' 、 I_r' の値を第3, 4, 5の各図に示す。

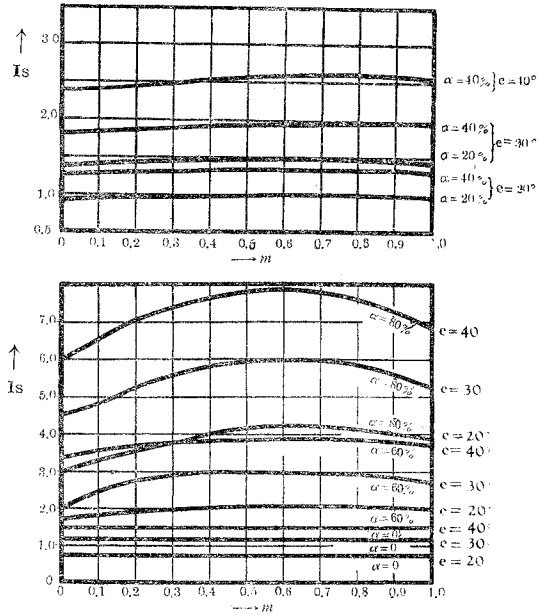
(12), (13) 両式より $B'=0$ であれば $I_c' = I_s' = I_r' = \infty$ となり、共振条件となる。これより共振を惹起する x_c は

$$x_c = \frac{2\sin L}{\cos L + \cos(2m-1)L} \tag{14}$$

である。



第3図 直列コンデンサ補償時コンデンサ電流



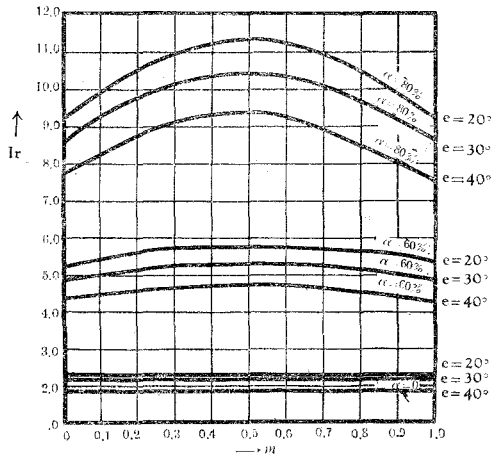
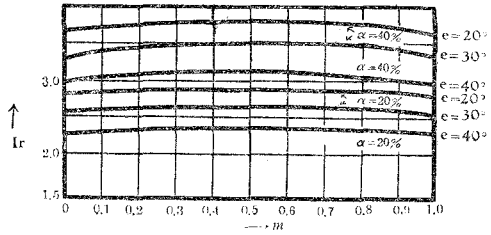
第4図 直列コンデンサ補償送電端電流

b). 並列コンデンサの場合

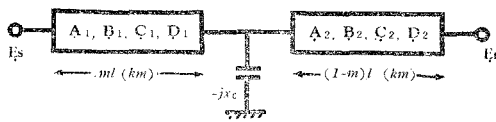
次に直列コンデンサのかわりに並列コンデンサを挿入する場合、同様に $r=0$ の仮定において、4定数 A'' , B'' , C'' , D'' およびコンデンサを流れる電流 I_c'' は、次のごとく算出される。この場合挿入点 m の変化を調べる目的で、低圧進相コンデンサを用いるための、遅降変圧器などの影響は無視するものとする。

$$\left. \begin{aligned} A'' &= \cos L - \frac{1}{2x_c} \left\{ \sin L + \sin(2m-1)L \right\} \\ B'' &= j \left[\sin L - \frac{1}{2x_c} \left\{ -\cos L + \cos(2m-1)L \right\} \right] \end{aligned} \right\} \tag{15}$$

$$\begin{aligned} C'' &= j \left[\sin L + \frac{1}{2x_c} \{ \cos L + \cos(2m-1)L \} \right] \\ D'' &= \cos L - \frac{1}{2x_c} \{ \sin L - \sin(2m-1)L \} \end{aligned}$$



第5図 直列コンデンサ補償受電端電流



第6図 並列コンデンサ補償

IV コンデンサ挿入位置の力率に与える影響

a). 概説

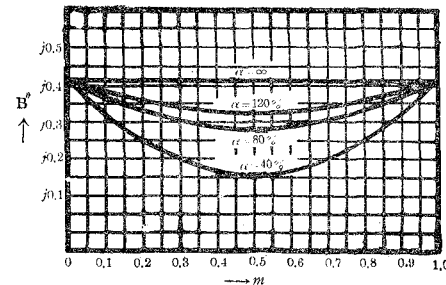
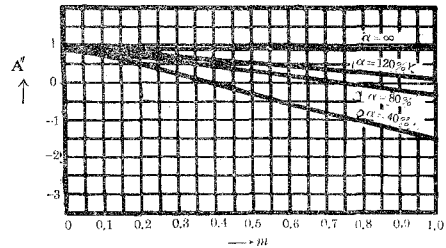
進相電力を正にとる時は、送受電各端における電力は

$$I_c'' = \frac{B_1 E_r + B_2 E_s}{-j x_c B''} \quad (16)$$

並列の場合も直列コンデンサと同形の曲線となるが、 x_c 従つて補償度は前と逆数の関係になる。共振条件の x_c は

$$x_c = \frac{\cos(2m-1)L - \cos L}{2 \sin L} \quad (17)$$

第7図は線長 400km に相当する場合の、定数 A'' , B'' について求めたものである。



第7図 $l=450\text{km}$ に相当する送電定数

$$\left. \begin{aligned}
 P_r &= -\frac{A}{B} E_r^2 \cos(\alpha - \beta) + \frac{1}{B} E_s E_r \cos(e - \beta) \\
 P_s &= \frac{D}{B} E_s^2 \cos(\delta - \beta) - \frac{1}{B} E_s E_r \cos(e + \beta) \\
 Q_r &= -\frac{A}{B} E_r^2 \sin(\alpha - \beta) + \frac{1}{B} E_s E_r \sin(e - \beta) \\
 Q_s &= \frac{D}{B} E_s^2 \sin(\delta - \beta) + \frac{1}{B} E_s E_r \sin(e + \beta)
 \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

となる。ただし α, β, δ は A, B, D の微角で、 e は送受電端電圧間の位相角である。したがって各端の力率角 ϕ_s および ϕ_r は

$$\left. \begin{aligned}
 \phi_s &= \tan^{-1} \frac{DE_s \sin(\delta - \beta) + E_r \sin(e + \beta)}{DE_s \cos(\delta - \beta) - E_r \cos(e + \beta)} \\
 \phi_r &= \tan^{-1} \frac{-AE_r \sin(\alpha - \beta) + E_s \sin(e - \beta)}{-AE_r \cos(\alpha - \beta) + E_s \cos(e - \beta)}
 \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

ϕ_s, ϕ_r の状況を調べるには、近似的に抵抗 $r=0$ として充分で、この際の各電力、力率角は

$$\left. \begin{aligned}
 P_s &= P_r = -\frac{1}{B} E_s E_r \sin e \\
 Q_r &= \frac{E_r}{B} (AE_r - E_s \cos e) \\
 Q_s &= \frac{E_s}{B} (-DE_s + E_r \cos e)
 \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \phi_s &= \tan^{-1} \frac{-DE_s + E_r \cos e}{E_r \sin e} \\
 \phi_r &= \tan^{-1} \frac{AE_r - E_s \cos e}{E_s \sin e}
 \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

となり、 ϕ_s, ϕ_r が正か負かに従つて、送電端および受電端の力率が進みまたは遅れとなる。

b). 直列コンデンサを入れる場合

4定数に A', B', C', D' を用いる。

(i) 送電端力率

$$E_r \cos e \cong D' E_s = E_s \left[\cos L + \frac{x_c}{2} \left\{ \sin L + \sin(2m-1)L \right\} \right] \begin{matrix} \text{進相} \\ \text{遅相} \end{matrix} \quad (22)$$

例えばコンデンサを送電端に挿入すれば $m=0$ であるから

$$E_r \cos e \cong E_s \cos L$$

であり、受電端におけば $m=1$ で

$$E_r \cos \phi_r \cong E_s [\cos L + x_c \sin L]$$

また中央点に挿入する時は $m=0.5$ であるから

$$E_r \cos \phi_r \cong E_s [\cos L + 0.5 x_c \sin L]$$

(ii) 受電端力率

(21) 式より同様に $\phi_r \cong 0$ の条件は

$$A'E_r = E_r [\cos L + 0.5 x_c \{\sin L - \sin(2m-1)L\}] \cong E_s \cos \phi_s \begin{cases} \text{進相} \\ \text{遅相} \end{cases} \quad (23)$$

となる。したがって $m=0$, $m=1$ および $m=0.5$ の場合には, それぞれ

$$E_r [\cos L + x_c \sin L] \cong E_s \cos \phi_s$$

$$E_r \cos L \cong E_s \cos \phi_s$$

$$E_s [\cos L + 0.5 x_c \sin L] \cong E_s \cos \phi_s$$

のごとくなる。これより中央点設置の場合において, 送電端電力進相の時は, つねに受電端電力は遅相であるが, この逆はかならずしも成立しない。同様に受電端進相の時は, かならず送電端遅相であるが, この逆は何時も成立しない。但し $E_s \geq E_r$ の場合である。

(iii) 受電端力率 100% の条件

これは等号の成立する場合であるから

$$A'E_r = E_s \cos \phi_s$$

より力率を 1 ならしめるに必要な x_c の値は

$$x_c = \frac{2 \left\{ \frac{E_s}{E_r} \cos \phi_s - \cos L \right\}}{\sin L - \sin(2m-1)L} \quad (24)$$

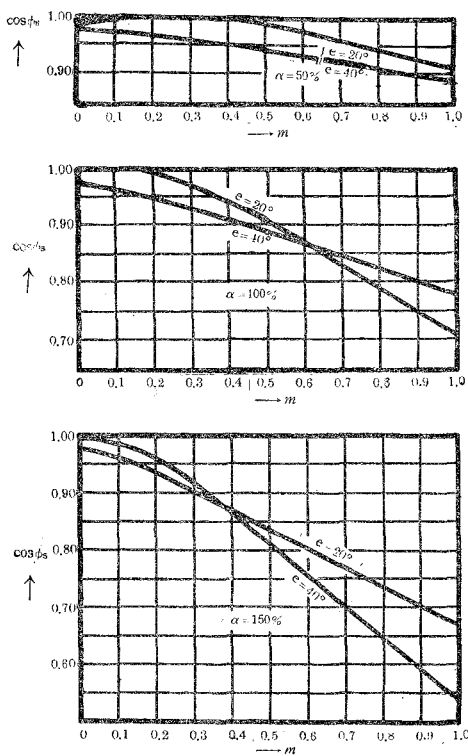
でこれより大きい値の x_c では進相となり, 小さい x_c では遅相となる。

第 8 ~ 11 図は, $l=563\text{km}$, $E_s=1.10$, $E_r=1.00$ に対する場合の送受電端力率 $\cos \phi_s$, $\cos \phi_r$ 及び無効電力 Q_s , Q_r を求めたものである。

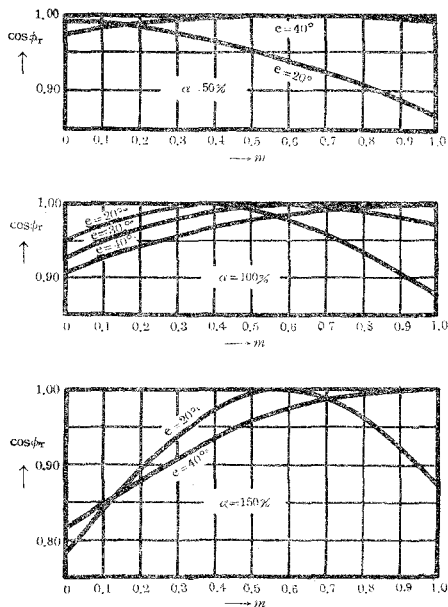
c). 並列コンデンサを入れる場合

(21) 式に 4 定数 A'' , B'' , C'' , D'' を用いるだけで, 他は前同様に扱う。即ち送電端力率は

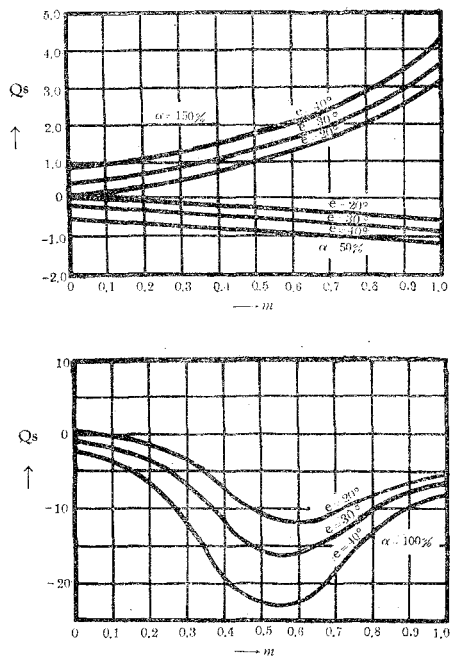
$$E_r \cos \phi_r \cong D'' E_s = E_s \left[\cos L - \frac{1}{2x_c} \{\sin L - \sin(2m-1)L\} \right] \begin{cases} \text{進相} \\ \text{遅相} \end{cases} \quad (25)$$



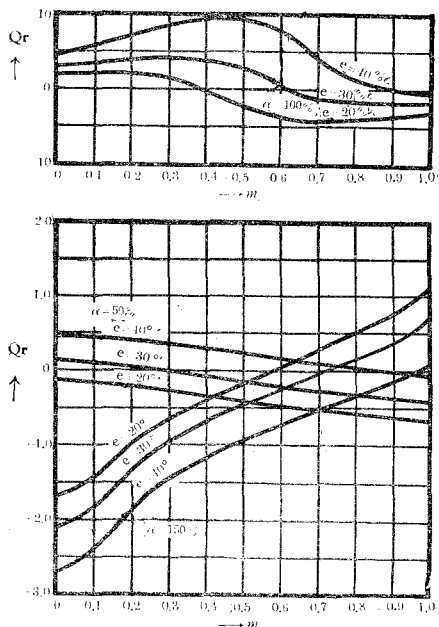
第 8 図 送電端力率の変化



第 9 図 受電端力率の変化



第 10 図 送電端無効電力の変化



第 11 図 受電端無効電力の変化

また受電端力率については

$$A''E_r = E_r \left[\cos L - \frac{1}{2x_c} \left\{ \sin L + \sin(2m-1)L \right\} \right] \cong E_s \cos \epsilon \begin{cases} \text{進相} \\ \text{遅相} \end{cases} \quad (26)$$

が成立する。なお $m=0.5$ の場合、直列コンデンサについていえたときと全く同様なことが成立する。また受電端力率が 100% の条件は

$$x_c = \frac{\sin L + \sin(2m-1)L}{2 \left\{ -\frac{E_s}{E_r} \cos \epsilon + \cos L \right\}} \quad (27)$$

であり、これより小さい値では遅相電力を与える。

V コンデンサの最大補償について

(20) 式より近似的に、抵抗分を省略した場合の有効輸送電力は、定数 B の大きさに反比例するから、 B 最小の時が最大補償になる。いま x_1 を一定にして挿入点 m を変化した場合の、 B 最小条件を求めると $\frac{\partial B}{\partial m} = 0$ より直列、並列何れの場合も $m=0.5$ であり、これより B_{\min} は次のごく算出される。(この時の x_c を特に x_c' または x_c'' と記す)

$$\left. \begin{array}{l} \text{直列コンデンサ} \quad B'_{\min} = \sin L - \frac{x_c'}{2} (1 + \cos L) \\ \text{並列コンデンサ} \quad B''_{\min} = \sin L - \frac{1}{2x_c''} (1 - \cos L) \end{array} \right\} \quad (28)$$

ただし直列の場合 $x_c' > \frac{2 \sin L}{1 + \cos L}$ の x_c' では、 B'_{\min} が負 (過補償) となるので $m=0.5$ は、リアクタンスの大きさから云えば最大点となることに注意を要する。

$m=0.5$ 以外のコンデンサ設置に対して、この最大補償時と等しい補償を行い、その輸送電力を同一とするにはそれぞれ

$$B' = B'_{\min}, \quad B'' = B''_{\min}$$

の関係を満足するコンデンサ容量を用いればよく、これを解けば

$$\left. \begin{array}{l} \text{直列コンデンサ} \quad x_c = \frac{\cos L + 1}{\cos L + \cos(2m-1)L} x_c' \\ \text{並列コンデンサ} \quad x_c = \frac{\cos(2m-1)L - \cos L}{1 - \cos L} x_c'' \end{array} \right\} \quad (29)$$

のごとくなる。これより直列では中央点でオーム当りの補償が最大、線路端でキャパシタンス当りの補償最大であるが、並列では中央点でオーム当りの補償が最小、即ちキャパシタンス当りの補償が最大であることがわかる。

次に B' と B'' について単にその大きさを比較することによつて、直列補償と並列補償の

特性を比べてみることにする。いま最大補償点 $m=0.5$ で、 $x_c'=x_c''=x_c$ のとき同一静電容量を有するコンデンサ x_c を施設したとすれば (28) 式より

$$B'\min - B''\min = \frac{1}{2x_c} \left\{ (1-x_c^2) - (1+x_c^2) \right\}$$

$$\text{故に } \frac{1-x_c^2}{1+x_c^2} \geq \cos L \text{ にしたがって } B'\min \geq B''\min$$

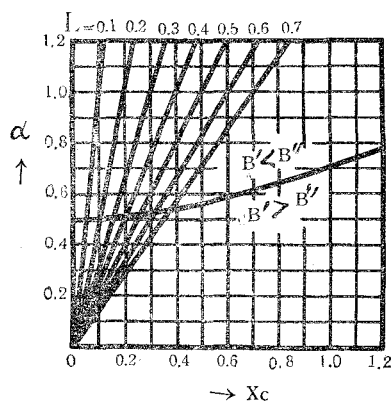
上に (6) 式の α を入れさらに普通 $L \leq 0.5$ として

$$\cos L \doteq 1 - 0.5L^2$$

の近似を行う時は

$$\alpha \geq 0.5\sqrt{1+x_c^2} \text{ にしたがって } B'\min \geq B''\min \quad (30)$$

のごとくなる。すなわち補償度がこれ以上でないと、同一キヤパシタンスのコンデンサでは直列の方が電力輸送が小となる。この関係を第12図に示してある。勿論これはコンデンサの静電容量、すなわちオーム数からのみ眺めたことであるから、耐圧 $x_c I_c$ 、電力容量 $x_c I_c^2$ 、価格、ひいては系統の安定度から全般的比較がされねばならない。



第12図 補償度と B との関係

VI 直列コンデンサ時の送電定数の解釈

いま無負荷時 ($I_r=0$) では、受電端電圧は A' に反比例し、送電端電流は C'/A' に比例する。受電端3相短絡時 ($E_r=0$) では送電端電流は D'/B' に、受電端故障電流は $1/B'$ にそれぞれ比例する。したがって (11) 式の送電4定数より容易に次のごとき定性的解釈を得る。

a). 直列コンデンサを送電端に挿入する場合 ($m=0$)

受電端無負荷時の受電端子電圧および送電端無負荷 (充電) 電流は、他のいずれの位置 (任意の m) にコンデンサを入れる場合よりも最小である。受電端短絡時の、受電端および送電端電流は最小である。

b). 受電端挿入場合 ($m=1$)

無負荷時の受電端電圧および送電端電流は、最大で一定値である。一定というのはコンデンサ x_c の値に無関係である意をいう。受電端短絡時の受電端故障電流は最小 ($m=0$ の時と同一値) であり、また送電端電流はコンデンサによつて定まるある値となる。

c). 中央点設置の場合 ($m=0.5$)

受電端短絡時の受電端電流は最大値になる。(両端で同一最小値)

d). 受電端短絡時の送電端電流が最大となるごとき、コンデンサの挿入点は次のごとき値の m 点である。

$$m = 1 - \frac{1}{L} \tan^{-1} \frac{x_c}{2} \quad (31)$$

または近似的に

$$m \doteq 1 - 0.5\alpha^2 \quad (32)$$

e). 並列コンデンサについても、直列コンデンサにおいて示される上の諸項は、大体において悉く同一である。但し d) 項に相当する m 点は

$$m \doteq 1 - 2\alpha \quad (\text{ただし } 2x_c < L) \quad (33)$$

となる。

Ⅶ 結 言

以上述べたことにより明らかなごとく、直列コンデンサ補償送電線の定状的動作を、回路抵抗分を省畧することによつて純理論的に数学的取り扱いを試みたまでである。Johnson 氏等も述べているごとくこの抵抗分の影響は、實際上施行し得る α の限界、輸送電力の限度、および送電能率に重要な関係を有しているから、本稿はその意味から考えれば大体の定量的目安を与えたものであるといえる。勿論 (3) または (8) 式より厳密な4定数を計算して、以下同様に数値計算を行うことはできるから、個々の場合では正確な数値を得ることができる。この点については今後の研究に数多くまたねばならぬ処である。

また発変電所の凸極機械の影響を考慮する際は、解析は著しく複雑となつてくる。この場合筆者が発表した方法^{8,9}によつて、逐次数値計算を行うより方法がないが、この場合も本文のごとき簡潔な数式結果の応用より、その定性的意義を掴むことは比較的容易であろうと考えられる。

終りに当り本稿の数値計算の一部は大田紘君の勞に負うものであることを附記して、謝意を表す次第である。なお色々御批判下さつた北大小申教授ならびに本学電気工学科の諸教官に深謝する。

(昭和30年5月27日受付)

8 三浦五郎：長距離単一送電線に接続された凸極機動作の静止対称軸上における表示 (第1報) 支部連大 P. 264 (昭28—10月)

9 三浦五郎：同上 (第2報) 支部連大 P. 311 (昭29—10月)