

複導体送電方式の経済性

武 藤 三 郎

THE ECONOMICAL CHARACTERISTICS OF DOUBLE CONDUCTOR TRANSMISSION LINE

SABURO MUTŌ

Abstracts

- (i) General View about the economical characteristics of double conductor-transmission systems in ultra high voltage-power lines.
- (ii) Special problems about the cost of double conductor-transmission systems of heavy current and 70 kV lines.

1. 緒言

複導体送電方式は多くの点で単導体方式より優れているがその実用に至る迄に半世紀近くもの年月を要したのは複導体送電線の架線、保守、sticking、着雪等に関する研究が不十分であつた事とその経済的に有利な根拠がやや明白でなかつた為と考えられる。Whitehead, Peek 等米国のコロナ放電に関する研究者は1900年前後より主としてコロナ特性の面から複導体送電方式の将来性に着目していた様だが其の後 G. E. 等で引続き研究した結果中空導体等に比し余り経済的でないものとして実現をみなかつた。其の後約20年を経て漸く1948年スウェーデンに於いて其の経済的に有利なる事が明らかにされ、かかる送電方式の実現を見たのである。複導体送電方式の経済性という問題を単に送電線路のみに限つて論ずるのは無意味であつ

て送電系統全体よりみて広範囲に涉り比較検討しなければ簡単に結論は下し得ないのである。以下この問題に関して1930年頃より最近に涉る間に於いて欧米に於ける諸研究者の見界とそれ等の結果をまとめて本問題に対する準拠を得る事を目した。

2. 1930~1940年頃の各国に於ける複導体送電方式に関する見界

2-1 G. E. 社に於ける Lewis⁽¹⁾ 氏等の研究

米国に於いては1930年前後かなり真剣に複導体送電方式の諸問題が討論された。G. E. に於いても此の問題に相当の努力が払はれた如くであつてその結論としては1930年発表された Lewis 氏の見界に依り伺い得る。即ち送電容量凡そ 500 MW 亘長 300 mile 送電線に於いて 345kV, 230 kV 各電圧に就き、複導体と単導体と両方式を比較検討して第1表の結果を得た。

第1表 複導体単導体両方式の比較 (1930年 G. E. に於ける Lewis 氏等の研究)

電 圧	方 式	導 体	全送電容量	*設備費ドル/kW	年経費ドル/kW
345 kV	複導体1回線	768mm ² × 2	500 MW	48.40	7.90
"	単導体2回線	—	660 MW	49.00	7.60
230 kV	複導体2回線	—	470 MW	63.30	10.70
"	単導体4回線	—	600 MW	64.20	10.50

* 昇高圧変圧器変電所、同期調相機、開閉器等の設備費を含む。

第1表の結果より次の如く結論している。

(a) 345 kV 複導体一回線方式並びに単導体2回線(普通の方式)との1kW 当りの設備費、及び年経費

を比較すれば殆ど対等であるが後者は送電容量が26%大であると同時に2回線であるから送電線路の信頼度が大となる。

(b) 230 kV 複導体2回線と単導体4回線とは上と同様、設備年経費共に大差ないが前者で容量不足になる場合も後者ではかなり余裕がある。然し従来の送電方式の行きづまりを打開する為にはかかる方式の研究も望ましいと述べている。

2—2. H. B. Dwight 等の見界

既に述べた如く M. I. T に於ける Dwight⁽²⁾ 等の研究は超高圧を目標とせず主として導体そのものの rating が複導体に於いては温度上昇の面より表面積増大により 1kW 当り約 20% 増す事に重点をおいているが此の利益は複導体にする事に依る機械的な特性、雪着等の上からの不利と打消しになる場合が多いとしていた。従つて特に複導体採用に相当した他の条件が満たされる場合は望ましい方式となり得るが然し中空導体の製造技術が発達すれば複導体の利点の多くは中空導体に依つてとりさられると述べている。実際其の後の複導体方式に関する研究の20年近い空白は中空導体の発達に向けられた為と解せられる。此の様に主として Clark, Dwight and farmer, Crary, Poritsky 等に依る複導体送電方式に関する多くの研究は当時米国で結実するに至らずに終わった。

2—3 Siemens-Schuckert 会社を中心とするドイツの研究

1932年 Siemens-Schuckert の G. Markt⁽³⁾ と B. Mengele 等は超高圧送電の見地より複導体 400kV の送電を研究テーマにとりあげ本方式採用によつてコロナ開始電圧の上昇と送電能力の増大が期待し得る事を述べている。戦時中ドイツの R. W. E. 社ではスイスの電力を導入する為に Siemens 及び A. E. G. 等の協力で 400 kV. 750 km 送電線に於いて外径 420 mm の中空鋼線と 40cm 間隔、外径 2.1cm A. C. S. R. を 4 本正方形配置のものとを比較研究した結果一線接地時のコロナ損が前者で 80 MW、後者では 32.3 MW となり消弧線輪方式を採用する R. W. E. としては複導体方式に依らねば消弧線輪の満足な動作は得らずとして複導体の試験研究を開始した。ドイツに於ける 4 導体正方形配置複導体の研究⁽⁴⁾はその後オーストリアで長期試験が行はれ雪氷に対してもその適応性が実証された。

3. 1945年以後の複導体方式に関する各国の動向

3—1 スウェーデン

1948年万国送電網会議に於いてスウェーデン電力局の W. Borgquist⁽⁵⁾ および A. Vrethem 両氏は 380 kV 複導体に依る送電計画を明にした。それによると 380 kV に於ける 1000 km 200万 kW 送電に於

いて第2表の如き計算結果を発表した。これは後述の Holm⁽⁵⁾ の計算と大体一致している。又スウェーデンの計算に依ると送電線の亘長が増す程 380 kV 複導体方式に依る年経費の低下割合が大になるという結果を得た。第3表に其の例を示す。

第2表 両方式に於ける投下資本年経費比較

	単 導 体	2 導 体
1kW当り系統全体の投下資本	100%	8.5%低下
1kW当り年経費	100%	3.3%低下

第3表 380 kV 複導体方式と単導体方式の年経費比較

(単導体のそれを100%とする)

亘長 mile	複導体 380 kV 全系統の年経費/kWh の低下割合
115	5.1%低下
300	9.2%低下
600	11.9%低下

此の様な計算結果はスウェーデンの電力事業が国営である為に資本に対する利子等が他の国のそれと異なる為此の様な傾向が生じたものと考えられると Holm は述べている。送電線路のみについては単導体に比して 1 mile 当り 19.8% の平均投下資本増加を来す。220 kV の送電線についてスウェーデン電力局の Rusk⁽⁷⁾, Rathsmann 両氏の計算例を第4表に掲げた。スウェーデンに於ける複導体方式について1954年度 C. I. G. R. E. に於ける Jancke and Smedsfelt 両氏の報告⁽⁸⁾に依れば 380 kV, 線路亘長 500 km の場合複導体送電線路のコストは 13.3×10^4 クラウン/km であつて将来の負荷増加対策としてこれを正三角形配置の 3 導体とする場合は 17.0×10^4 クラウン/km であると述べている。これ等の複導体 ($N=2, 3,$) 並びに単導体について単位長当りの送電線路コストと 1 回線 1 相の導体数 N との関係をグラフに示せば第1図の如く N が増加すれば直線的に線路建設費は増加する事となる。この様に送電線路のみの建設費は N の大なる程増加するが送電系統全体からみれば送電容量増加、調相機容量の減少等より 1 kW 当りの投下資本はかえつて低下を来す様になる。

3—2 フランスに於ける研究

フランスに於いても戦後複導体送電方式に対する関心はかなり高いものがあるが 1948年 F. Cahen⁽⁸⁾ に依つて Chevilly に於ける研究結果が報告された。

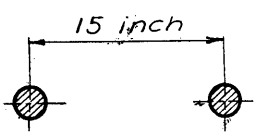
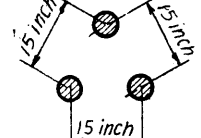
第4表 220 kV 単導体と複導体の経費比較
(単導体 A. C. S. R. の経費を 100% とする)
(AKE. Rusck, Bo. G. Bathsmán; E. E. Vo. 1. 69. 53
(1950))

導体断面 Circular Mils	1, 170, 000	2×650, 000
鉄 塔	22.1	28.9
導 線	25.5	29.7
地 線	3.7	3.7
碍 子	7.1	7.9
架線碍子取付工事費	4.2	4.8
基 礎	19.9	24.9
耐侵蝕施工費	7.0	8.8
諸 材 料	2.5	3.3
工事管理, 体制に関する費用	8.0	9.3
計	100%	121.3%

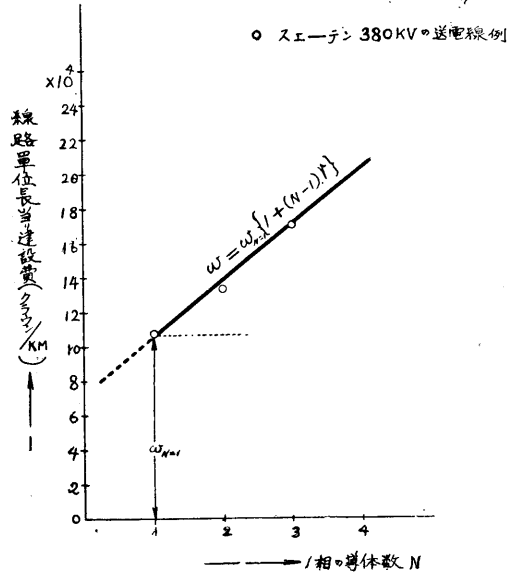
Chevilly に於ける 実験の目的は主としてコロナ損, Sticking 等を対照として複導体と expanded cable とを比較しているが経済的問題には余りふれていない。フランスでは銅をなるべく使用したくない状態にあるので複導体か, expanded cable かの何れかにて 400kV 送電網の建設を行う為, たまたま Chivelly にある 230kV 252 mile で 2 回線, 0.638 inch² 送電線を若し 400 kV に上昇するとして expanded Single Cable を使用するには従来の電線を撤去しなければならぬが複導体方式を採用するとすれば 2 回線全数 6 本の導体を 2 本宛まとめて 1 回線複導体に配列しかえれば足りる事となる。そこで Chivelly 附近の one span でこれ等の比較実験を行ったものである。その結果は複導体水平配置に改造すれば 400kV 送電に充分使用し得る事が確められた。この例はむしろ一般的でなく丁度複導体方式に改修し易い状態にあつた為に此の計画が進められた特殊例とみるべきである。

3-3 米国に於ける Holm 氏等の見界

第5表 比較計算に用いた導体寸法

送電方式	単 導 体	複 導 体	
		2 導 体	3 導 体
導 体	直径 1.75 inch A. C. S. R.	直径=1.19 inch 0.68×2.75 A. C. S. R.	直径=0.93 inch 0.53×1.75 A. C. S. R.
配 列	—		

第1図 導体数/相 — 線路建設費/KM.



G. E. の Temoshok⁽⁹⁾ は超高压送電線の多導体方式について表面電位傾度が導体間隔各相導体数等によって変化する傾向を計算した。又 A. G. E. C.⁽¹⁰⁾ では Ohio 州 Tidd 発電所の構内に 500kV 実験送電線を建設し 1947年 10月より研究を開始した。次に 1951年 A. I. E. E. 誌に発表した Holm⁽⁶⁾ (G. E.) の計算をあげる事にする。Holm は電圧 345kV 亘長 100, 300, 500 mile 各々の場合単導体及び複導体(相当りの導体数を 2, 3 本とした 2 導体及び 3 導体方式)について投下資本及び年経費等の比較計算を行つている。此の場合比較の条件として第5表の如く複導体の全銅断面積(又は等価銅断面積)は単導体のそれと同一にする様に 2 種の H. H. type 及び 2 種の同一等価断面を有する A. C. S. R. を比較した。又直列コンデンサーを有せず受電端に同期調相機を置き送電容量の限度は Steady State Stability にて抑えるものとした。

500 mile の場合は中間に reactor を設け物価は 1949年上四半期で計算している。第5表の如き各送電方式に依つて送電線の定格送電容量は第6表の如くである。

第6表 各方式に依る定格容量の比較

方式	単導体 (N=1)	2導体 (N=2)	3導体 (N=3)
定格容量 (%)	100%	21% 増	37% 増

これを Sweden の計算例並びに玉貫氏の計算と比較図示したものが第2図である。送電線路のみについて云えば 1 mile 当り投下資本は単導体より増加する事は Sweden の結果と同様で第7表に示す如くであった。

第7表 送電線路のみの投下資本比較

	単導体	2 導 体
Holm の計算 投下資本/mile	100%	12.2%増 (15.1%増の場合もある)
Swedenの計算 投下資本/km	100%	19.8%増

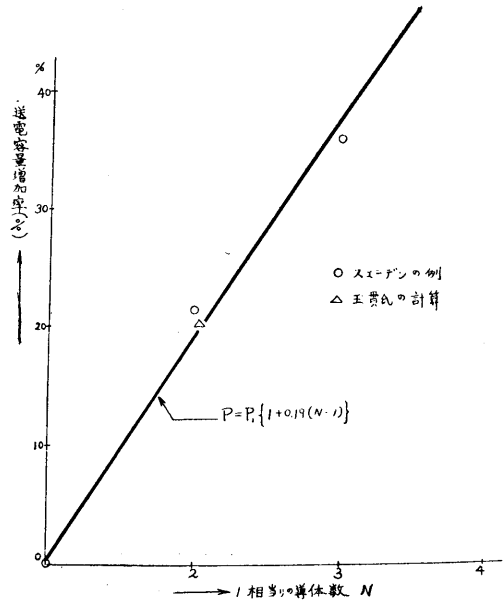
Holm は更に運転時に於いて 345 kV 送電系統全部の投下資本並びに年経費を比較して第8, 第9表の如き結果を得た。これは送電路一式, 両端の変電所, 受電端調相機等をすべて含むものである。

第9表 各方式 1kW 当り年経費比較

送電方式	線路巨長 Mile	平均 %		最高 %	
		経費低減/kW	最高 % 経費低減/kW	経費低減/kW	最高 % 経費低減/kW
2 導 体	100	3.5	8.0	2.4	6.2
	300	3.3	6.3	1.7	4.1
	500	3.0	6.2	1.4	4.0
3 導 体	100	7.9	12.5	6.0	10.0
	300	7.1	9.7	3.8	6.3
	500	6.0	10.1	2.3	5.8
		A/kW として		33.3A/kWとして	

第8, 第9表の結果と Sweden に於ける計算結果とをグラフは示すと第2~第6図の如くなる。第3図と第4図は1相当りの導体数 N の変化に対する 1kW 当りの投下資本及び年経費を示す。又第5第6図は送電線の巨長 l に対するその変化状態を示すものであ

第2図 1相当り導体数と送電容量増加



第8表 各方式に於ける 1kW 当りの投下資本 (単導体方式のそれを100%としている)

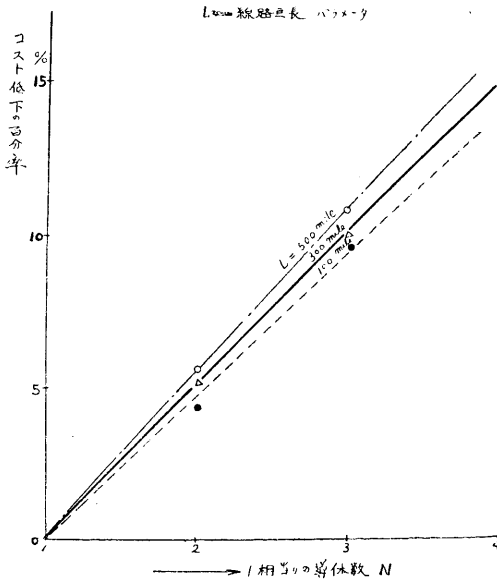
送電方式	線路巨長 mile	平均投下資本 低下率 (1kW 当り)	最大投下資本 低下率 (1kW 当り)
2導体方式	100	4.4	9.0
	300	5.3	8.8
	500	5.7	8.3
3導体方式	100	9.8	14.8
	300	10.1	14.8
	500	10.9	14.1

る。

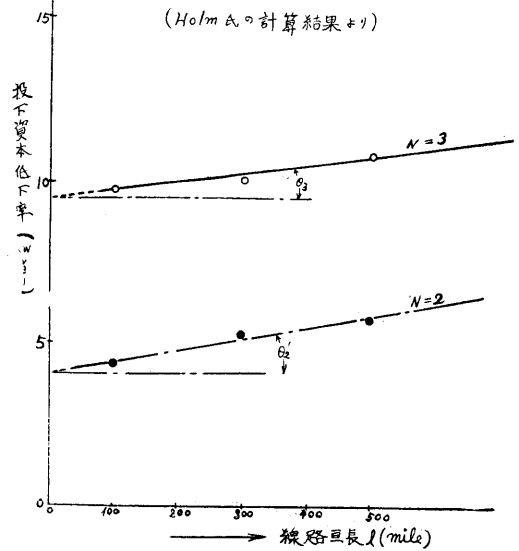
3-4 ドイツ, 伊太利, 英国に於ける現況

先に述べた如く大戦中ドイツに於いて建設された超高圧4導体試験用送電線はその後再び研究が開始され Dossenwald⁽⁴⁾ に於いては 1952年5月 400kV 4導体

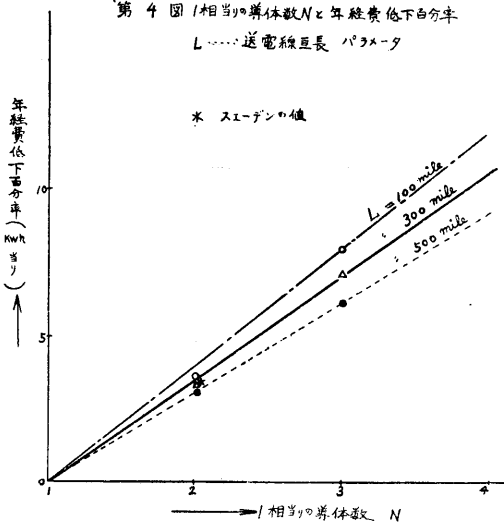
第3回 導体数/相 — 投下資本/K/M



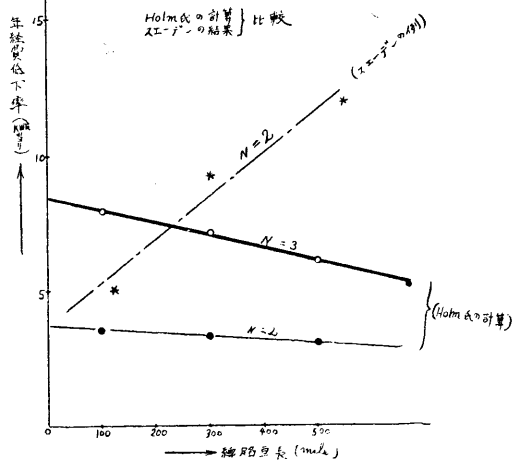
第5回 線路長と投下資本低下
1相当りの導体数 N パラメータ



第4回 1相当りの導体数 N と年経費低下百分率
L 送電線長 パラメータ



第6回 線路長と年経費低下率



の試験線が運転に入った。戦前より複導体の研究家として有名な Siemens の G. Markt は米国の Holm の同様な計算を4導体に迄及ぼして比較研究している。これを第10表に示した。此の結果は Sweden 並びに米国に於けるものと相違している点が多い。これはむしろドイツに於ける変則的経済状態によるものと考えられる。伊太利に於いては1953年⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾ 北部 Alpine 地区と中部 Appenine 地区を結ぶ場合も各導体の外径は 2.25cm の複導体 220kV 送電線が Terni 会社

に依り建設された。これは第11表の複導体方式採用に依り工事費は増加したが送電線リアクタンスの減少等より全体で固有送電容量が増加する結果となつたと報じている。

4. 複導体諸経費算定式

4-1 複導体送電線路建設費算定式

単導体送電線路に比し複導体方式にすれば線路建設に要する費用は単位長当り嵩む事は既に述べた。第1

第 10 表 230 kV 及び 400 kV 3 相 2 回線単導体及び複導体の比較

方 式	単 導 体	2 導 体	3 導 体	4 導 体
諸 量				
最高回路電圧 kV	230	230	400	400
導体数及び直径	1×29.3	2×23.1	3×23.1	4×23.1
材料構成 鋼/Al	1/4.5	1/4.3	1/4.3	1/4.3
1 本当 Al 断面積 (mm ²)	415.6	256.6	256.6	256.6
1本の全断面積 (mm ²)	508.9	316.5	316.5	316.5
標準径間 (m)	350	350	350	350
相間隔の幾何学的平均 (cm)	840	840	1050	900
1 相 1km 当り抵抗 (Ω/km) (20°C)	7.1×10 ⁻²	5.8×10 ⁻²	3.9×10 ⁻²	2.9×10 ⁻²
相発りインダクタンス (H/km)	13.14×10 ⁻⁴	9.8×10 ⁻⁴	9.08×10 ⁻⁴	7.95×10 ⁻⁴
相当り作用容量 (F/km)	9.2×10 ⁻⁹	12.1×10 ⁻⁹	13.1×10 ⁻⁹	15.0×10 ⁻⁹
波動抵抗 $Z = \sqrt{L/C}$ (Ω)	378	284	263	230
2 回線固有送電能力 (MW)	256	340	1220	1390
1 杆当り鉄塔重量 %	100	131	118	144
1 杆当りアルミニウム重量 %	100	117	187	250
1 km の建設費 % (1MW 固有送電能力当り)	100	101	33	36

第 11 表 伊太利に於ける複導体送電線

電 圧	方 式	亘 長 (km)	導 体		平均径間 (m)	スペーサー間隔 (m)	工 事 費
			太 さ	間 隔			
220	複 導 体	400	径 2.25cm×2	38cm	350	80m	単導体に比し 13%増

図に示した直線を一つの式に書きかえれば次の(1)の如く示される。

$$W = W_{N=1} \{1 + (N-1)\gamma\} \dots\dots\dots(1)$$

ここに w … 送電線路 1km 当りの建設費
 $W_{N=1}$ … 単導体送電線路 1km 当りの建設費
 N … 一相当りの導体数
 $\gamma = 0.23 \sim 0.21$ … スウェーデン 380 kV 線の場合
 $= 0.13$ … イタリア 220kV 線の場合

4-2 複導体全系統の諸経費算定式

複導体送電方式の投下資本は系統全体かみれば第 3 図及び第 5 図の如き関係にある。従つてこれを式で示せば次の如く表わし得る。

$$W_1 = W_{N=1} \{1 - (N-1)(f_0 + \alpha L)\} \dots\dots\dots(2)$$

ここに W_1 … 系統全投下資本
 $W_{N=1}$ … 同上、単導体としての投下資本
 N … 相当り導体数
 L … 線路亘長 (mile)

又複導体方式に依り投下資本の低減を送電線の亘長に比例する項 αL と亘長に無関係な f_0 との和として ($f_0 + \alpha L$) にて示した。Holm の結果を参照すれば f_0 , α の値として

$$f_0 \doteq \frac{4}{100} \sim \frac{5}{100}$$

$$\alpha \doteq 0.26 \times 10^{-4}$$

を得るがこの値は Sweden にて計算した結果と一致している。次に送電系統の 1kW 当り年経費については(3)式の如き方程式で表わす事が出来る。

$$A = A_{(N=1)} \{1 - (N-1)(P_0 + \beta L)\} \dots\dots\dots(3)$$

ここに $A \dots$ 送電系統全体の年経費 (loss 資本
利子電力損失でも加算)

$A_{(N=1)} \dots$ 単導体方式とした時の年経費 N, L
は (1) 式と同じ。

($P_0 + \beta L$) については (2) 式と同様年経費減少率が巨
長 L に比例する項 βL と一定値 P_0 との和とした。此
の場合は Holm の計算に対しては $P_0 = 4 \times 10^{-2}$,
 $\beta = 0.46 \times 10^{-4}$ であるが, スウェーデンの結果では
 P_0 の値は殆ど上と同一であるが β は正となり次の如
き $\beta = 1.5 \times 10^{-4}$ 値となつている。

5. 複導体方式と直列コンデンサー

5-1 緒言

複導体方式と並んで送電容量増加の目的で最近直列
コンデンサーの使用が目立っている。スウェーデン,
米国等では 400kV 級の超高压送電線に迄直列コンデ
ンサーの使用を拡張しその経済的なる事を実証しつ
つある。特に 1954年度⁽¹²⁾ 万国送電網会議第15回 (C. I.
G. R. E) に於いてスウェーデンの 380kV 系統に於ける
直列コンデンサー補償による送電容量増大の計画は
複導体送電方式と直列コンデンサーの使用が如何にし
て行われ又どの程度有効であるかを示すものとして意
義深いものである。

5-2 直列コンデンサーと送電容量

元来直列コンデンサーの目的は送電線のインダク
タンスを補償して安定度を増し容量増加を計るにある。
従つて複導体使用の目的ともその点で一致している。
今 X_L を線路自身のリアクタンス又 X_C を直列コン
デンサーのリアクタンスとすれば $K = \frac{X_C}{X_L}$ = 補償度に
て補償度は完義される。

今直列コンデンサーを挿入した事に依り送電容量の
増加と同じ割合で送電端電力並びに負荷が増大したと
仮定すれば最初の送電容量 P はコンデンサー補償に
依り増加して次の如くなる。

$$P_L = \frac{X_L}{X_L - X_C} P = \frac{2}{1-K} P \quad (\text{M. W}) \dots \dots (4)$$

従つて送電容量増加は

$$P_L = \frac{K}{1-K} P \quad (\text{M. W}) \dots \dots (5)$$

従たて若し 50% 補償とすれば送電容量は (5) 式より 2
倍に上昇し得る事となる。

5-3 複導体送電線の直列コンデンサー補償

複導体送電方式は一相当りのインダクタンスを減じ
キャパタンスを増加するがこれに直列コンデンサー
を併用すればその送電容量は両者の積として増々効果
を発揮する事は当然である。スウェーデンの 380kV 送

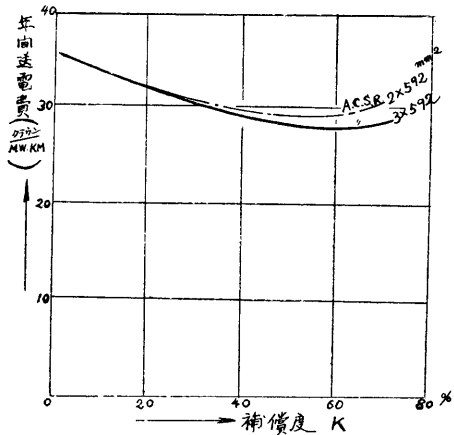
電線⁽¹²⁾ の例について補償度と送電容量の關係を示せ
ば第12表の如くである。第12表の線路当りの送電容量
は 380 kV 系統が 4, 200 MW の電力を供給するもの
として交流計算盤にて求め得た送電容量である。

第12表 各種複導体送電線の送電容量と直列
コンデンサー補償度の關係

補償度 K	0	20	40	50	60%
方式					MW
複導体	375	450	565	650	760
3導体	440	525	660	750	885

年間送電費と補償度の關係は第7図に示す如く2導体
方式と3導体方式とで最小年送電費を与える補償度に
相違がありそれは前者では40%後者では60%補償の位
置である。

第7図 スウェーデン 380kV 送電線の年経費と補償度



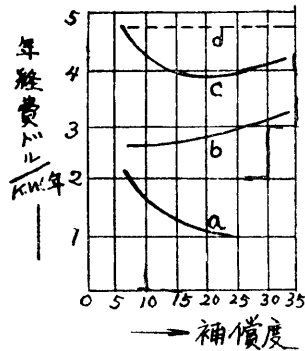
尙此の様に年間送電費が或る補償度に於いて最小値を
与える理由は第8図の如くして得られるものである。

直列コンデンサーは周知の如く比較的少い経費で送
電容量増加の目的を達し得る点に於いては複導体方式
に勝るものと考えられるが直列コンデンサー補償にも
自から限度がありこれは送電容量増加の手段としては
むしろ最終的方法である。

しかし長距離送電線の送電容量は我国の例をみても
年月を経るに従つて電源並の負荷の増大の為建設当時
より大なる送電容量の要求を生ずる傾向は動き得ない
のである。

従つて長距離送電線としては単導体方式を複導体方

第8図 補償度と年間経費



- a. 直列コンデンサー装置のコスト
- b. line 損失のコスト
- c. 全コスト (a+b)
- d. 新line建設に要するコスト

式に進めて投下資本の低減を計り更に直列コンデンサーをこれに併用して送電容量に或程度の柔軟性を持たしめる事が最も望ましいものと考えられるのである。又故障時に於いて直列コンデンサーは短絡されても複導体に依つて過渡的安定度を或程度確保し得る事も一つの利点である。

6. 複導体送電線の温度上昇よりみた安全電流増加とその経済性について

6-1 一般

以上述べたものは超高压送電としてコロナ損、線路常数、安定度等の面より複導体送電方式を眺めてその経済性を論じた。しかし乍らこれと全く異つた、温度上昇よりみた安全電流増加の面より一相一回線当りの送電容量の増大を目して本方式が問題となる事を指摘した Dwight and (13) Farmer 等の見界に対して更に検討してみることにした。

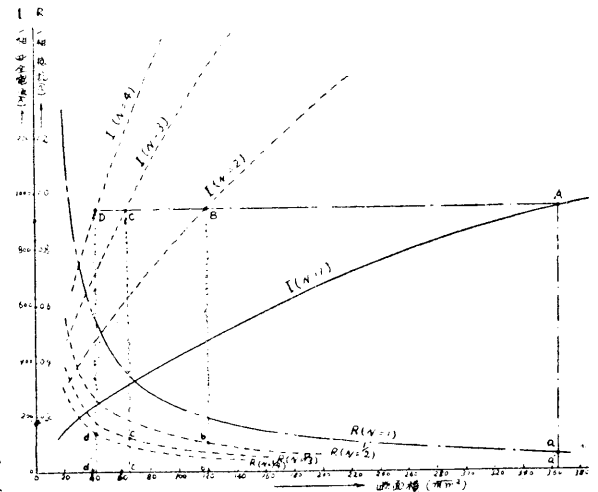
最近の火力発電所等に於いては発電機一合の出力が10万kW 以上にも及ぶ場合が多くなつて来たが元来我国の火力発電所は海外線に多く、若しこれ等の電力を70kV 及び140kV 等にて変電所迄送電する場合は A. C. S. R. を使用する事は腐蝕の点より好ましくないので硬銅線又は特殊の電線を使用するとして例えば70kV 1回線 100MW 送電するとすれば H. D. C. C. 撚線としての所要断面積は約 360mm² にも達しここに複導体送電方式採用の可能性を生じて来る。以下かかる場合の経済的考え方について述べてみる。

6-2 一相当りの導体数と送電容量

架空送電線の温度上昇を与えて安全電流を算定する公式は G. E. Luke 氏の式によつて与えられている。今現用の硬銅撚線とその安全電流とを図示してみると温度上昇 50° として第9図の 1(N=1) に示す曲線と与えられる。

今此の曲線を簡単な函数で置き換えてみると次の如

第9図 多導体一相当りの断面積—安全電流
多導体一相当りの断面積—抵抗/km
(最高許容温度 90° 周囲温度 40° とした)



き式で近似出来る (14)。

$$I = 24.2 \times A^{0.62} \dots\dots\dots(6)$$

ここに A ... 導体の断面積 (mm²)

I ... 安全電流 (最高許容温度 90°C 周囲温度 40°C とした場合 A)

試みに第9図の 1(N=1) の曲線と (6) 式の計算結果を比較してみると次の第13表に明らかなの如くその誤差は大体 2% 以内である。今 (6) 式を用いて一回線一相当りの断面積 $\overline{Amm^2}$ なる導体を N 本に分けて使用するものとすれば一本は $\frac{A}{N}mm^2$ なる断面となりその場合の一相当りの安全電流を 1* とすれば次式の如く与えられる。

$$1_* = 24.2 \times N \times \left(\frac{A}{N}\right)^{0.62} \dots\dots\dots(7)$$

今(6)と(7)式の比を求めてみると(8)式を得る。

$$1_*/I = N^{0.38} \dots\dots\dots(8)$$

今上式を使用して N を 2, 3, 4, 等とした場合の $1_*/I$ の値と第9図の曲線より図式的に求めた値とを比較してみると第14表の如くである。

第 13 表

断面積 mm ²	安全電流 A		誤差
	(6)式による 計算値	第9図 $I(N=1)$ 曲線上の値	
365	935	935	0
250	746	760	1.95
200	640	660	1.85
150	540	550	1.85
100	420	430	2.4
80	364	360	1.1
22	163	160	1.8

第 14 表

一相当りの 導体数(N)	$1_*/I$	
	(8)式の値	第9図より求めた値
2	1.32	1.25~1.32
3	1.55	1.46~1.63
4	1.75	1.60~1.65

これらの結果よりみて複導体送電方式 ($N=2$ の場合) は安全電流を 25~32% 増大せしめ得る事を示すと同時に(8)式の如き取扱いが余り大きな誤差を生じない事を知るのである。

6-3 経済的考察

送配電線の経済的設計としては送電線建設費に或る係数を乗じた利子償却、維持、運転費等の経費 M_1 と損失電力に相当する金額 M_2 との和 M を最小ならしめる事を考える必要がある。今上昇の如き温度上昇より送電線の電流容量が支配される複導体送電線について論ずる事にすればそれは低圧大容量母線又は比較的

近距離送電線の如き場合に相当するから M_1, M_2 は次の如く一相当りの導体数 N の函数として書きあらわす事が出来る。

$$M_1 = a + QN^{-\alpha} \dots\dots\dots(7)$$

$$M_2 = PN^\beta \dots\dots\dots(8)$$

$$M = M_1 + M_2 = a + QN^{-\alpha} + PN^\beta \dots\dots\dots(9)$$

今(9)式の左辺を N について微分して 0 とおけば次式を得る。

$$\frac{\partial M}{\partial N} = Q(-\alpha)N^{-(\alpha+1)} + P\beta N^{\beta-1} = 0$$

$$N^{\beta+\alpha} = \frac{Q\alpha}{P\beta}$$

$$N = \sqrt[\beta+\alpha]{\frac{Q\alpha}{P\beta}} \dots\dots\dots(10)$$

(10)式より最も経済的な一相当りの導体数を求める事が出来るが勿論 N は整数でなければならない。

1. 結 言

以上各国に於いて研究又は既に実用段階に入っている複導体送電方式を戦前と戦後に分けて主として経済的な比較的について述べた。それ等の関係が大体(1)(2)(3)式等の算定式の線にそつている事を示した。又複導体方式と直列コンデンサーの併用についても述べた。更に特殊な場合であるが温度上昇よりみた安全電流増加の面よりみた複導体送電方式の経済性についてもふれた。複導体送電方式の経済性について以上の如く種々の場合につき述べたが、これ等を通して知り得る事は欧州に於ける複導体方式に対する積極的態度であつて此の事は日本の送電方式の将来にも次第に影響を及ぼしてくるものと信ずる次第である。

文 献

- (1) W. W. Lewis ; A. I. E. E. Trans. 51 822 (1932)
- (2) H. B. Dwight & E. B. Farmer; A. I. E. E. Trans 51 803 (1932)
- (3) G. Markt & B. Mengele ; Elektrotech u.

註 * 本節の如き温度上昇より見た安全電流の上昇によつて送電容量が左右される様な近距離送電線に於いては断面積の巨大な H. D. C. C の単導体を架線する事が非常に困難な場合であつても、これを数本に分割した複導体送電線として架線する事は技術的に容易となる。従つて(7)式の如く M_1 を N に無関係な a と $N^{-\alpha}$ に比例する項との和と置いてみたのであつて 4.1 の(1)式とは意味が異なるものである。

** (8)式より 1 相を N 本に分ければ安全電流が $N^{0.38}$ に比例するから電力損失は $N^{0.76}$ に比例して行く。今これを一般的 N^β とおいた。

- Masch Bb 50. 20 (1932) Bb 53. 35 (1932)
- (4) G. Markt ; E.T.Z. A 73 658 (1952)
- (5) W. Borgquist, A. Vrethem; C.I.G.R. E. report 412 (1948)
- (6) Holm ; A.I.E.E.
- (7) AKE. Rusck & BoG. Rathman ; E.E. 68 1025 (1949) E.E. 69 53 (1950)
- (8) F. Cahen ; A.I.E.E. Trans 67 1118 (1948)
- (9) M. Temoshok ; A.I.E.E. Tech 48 285 (1948)
- (10) 例えば田中 ; 電学誌 74 1107 (1954)
- (11) OHM ; 41. 328 (昭29.3) 海外ニュース
- (12) G. Janche & K. S. S. medsfelt ; C.I.G. R.E. 322 (1954)
- (13) H.B. Dwight & E. B. Farmer E. E. 701. Oct (1932)
- (14) 武藤 ; 電力 38. 12. p 57 (昭29.12)