

地中送電線の絶縁設計

(発送配変電二次説明問題に備える)

- 1.基本的な考え方
 - 2.AC設計耐電圧
 - 3.インパルス設計耐電圧
 - 4.絶縁厚さの決定
 - 5.ボイド、異物、突起など
 - 6.地中送電線の耐雷設計
- 付録 .CVケーブルについて

参考資料

- 1.電気工学ハンドブック第6版
- 2.Tepco 電気・電力辞典
- 3.電線各社技術資料(プラスチック材料)

1. 基本的な考え方

地中送電線のうち最近使用頻度の高いCVケーブル(架橋ポリエチレン絶縁ケーブル)の絶縁設計の基本的考え方を示すと、**常規商用周波電圧**のほか、想定される**雷過電圧**、**開閉過電圧**、**商用周波過電圧**のそれぞれに対し**30年以上の使用に耐えるようにする**。インパルス過電圧については、CVケーブルでは、**雷過電圧**が最も厳しい条件になるので次の2条件に集約される。

・**AC設計**として、常規商用周波電圧に30年以上耐えること。

・**インパルス設計**として、雷インパルス耐電圧値(LIWV:Lightning Impulse Withstand Voltage)に耐えること。**避雷器**によりこれ以上のインパルスは侵入させないようにする(6 . 参照)。

2. AC設計耐電圧

商用周波所要耐電圧値 V_{ac} は次式で与えられる。

$$V_{ac} = (V_m / \sqrt{3}) \times K_1 \times K_2 \times K_3$$

V_m : ケーブル最高電圧、

K_1 : 劣化係数(寿命指数 $n = 15$ のとき 2.30)

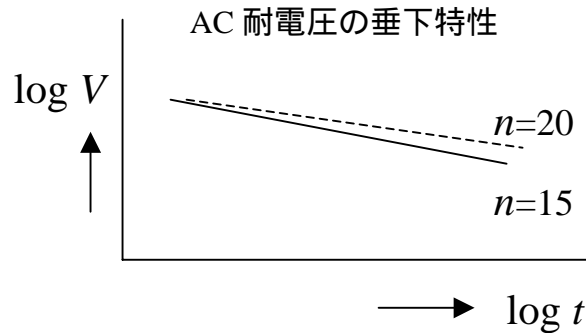
K_2 : 温度係数(=1.2)

K_3 : 裕度(=1.1)

商用周波では、破壊電圧が課電時間に対して垂下特性($V-t$ 特性)を持つことが考慮されている。

垂下特性: $V^n \cdot t = \text{一定}$ (n を寿命指数という)

K_1 は、1時間値と30年値の比 $(8766 \times 30)^{1/15} = 2.2978 \dots$



$$V^n \cdot t = C \rightarrow$$

$$\log V = -\frac{1}{n} \log t + C'$$

$$V_{1h}^n \times 1 = V_{30y}^n \times (8766 \times 30)$$

$$V_{1h} = V_{30y} \times (8766 \times 30)^{\frac{1}{n}}$$

商用周波所要耐電圧値

公称電圧V [kV]	66	77	110	154	220	275
最高使用電圧[kV] $V_m = V/11 \times 12$	72	84	120	168	240	300
$V_{ac}[kV] = V_m / \sqrt{3} \times K_1 \times K_2 \times K_3$	126	147	210	294	421	526
$V_{ac}[kV]$ 採用値	130	150	210	295	420	525

3. インパルス設計耐電圧

雷インパルス所要耐電圧値 V_{imp} は

$$V_{imp} = V_{LIWV} \times K_2' \times K_3'$$

V_{LIWV} : 雷インパルス耐電圧値 LIWV

K_2' : 温度係数(=1.25)

K_3' : 裕度(=1.1)

雷インパルス所要耐電圧値

公称電圧V [kV]	66	77	110	154	220	275
LIWV	350	400	550	750	900	1050
$V_{imp}[kV] = V_{LIWV} \times K_1' \times K_2'$	481	550	756	1031	1238	1444
$V_{imp}[kV]$ 採用値	485	550	760	1035	1240	1445

4.絶縁厚さの決定

2.3.から決まる V_{ac} 、 V_{imp} に対し、CVケーブルの絶縁材料である架橋ポリエチレンの「最低破壊電界強度 E_L 」を考慮して決められる。

$$t_{ac} = V_{ac} / E_{Lac}, t_{imp} = V_{imp} / E_{Limp}$$

$$t = \max(t_{ac}, t_{imp})$$

絶縁設計に採用されている E_L 値

電圧階級	E_{Lac} , AC	E_{Limp} , 雷
66~187kV	20~35kV/mm	50~70kV/mm
220~275kV	30~35kV/mm	60~75kV/mm

5.ボイド、異物、突起など

CVケーブルの絶縁性能は製造過程での押し出し絶縁体中の微小な欠陥(異物、ボイド、突起など)に依存する。そこで、電界の最も厳しい内部半導電層直上にあること想定し、ボイド内で放電が発生しないこと、異物、突起などの電界集中部からトリヤ(水トリヤなど)が発生しないことから算出される許容値以内に収める必要がある。

CVケーブルのボイド、異物、半導電層突起の許容値

電圧階級	ボイド(μm)	異物(μm)	半導電層突起(μm)
66~187kV	50~60	250	100~150
220~275kV	40	150~200	90~100

6.地中送電線の耐雷設計

通常、ケーブルのサージインピーダンスは、接続される架空線や、機器類に対し低い値である。このため、ケーブル内に侵入したサージは端部で正反射し、これが両端で起きるとサージ電圧は上昇を続ける。ケーブルが短いほどこの現象は顕著になる。なお、開閉インパルス耐電圧値はすべての電圧階級で雷インパルス耐電圧値を下回り(55%程度)、開閉サージに対する絶縁耐力は空気絶縁の場合のように特に低いということはないので、絶縁設計上は、雷過電圧を考えればこれに包含される。架空線と地中ケーブルが接続される系統では、次のような耐雷対策をとりケーブル内のサージを抑制する。

避雷器の設置、接続箇所、反射端に設置
架空線との絶縁協調、搭脚接地抵抗下げる
共通設置の採用、搭脚、架空線設置と
ケーブル終端架台、金属シースの共通設置
防食層保護装置の設置
防食層分担電圧の低下、絶縁接続部絶縁筒両端間の電圧を下げる
ケーブル並行地線の埋設
ケーブルに並行して地線を埋設し端末を架空線と接続する金属シースに接続する。

以上,出典は主として電気工学ハンドブック、解説上の必要から表現等は変更した。

付録 CVケーブルについて

架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル
 (Crosslinked polyethylene insulated PVC
 sheathed cable, CV)

PVC=polyvinyl chloride は塩化ビニル
 Crosslinked polyethylene はXLPEとも表示

特長
 ポリエチレンを架橋反応により立体網目状構造
 として、耐熱性を大幅に改善したもの。
 現在ではプラスチックケーブルの絶縁材料と
 して主流となっており、600Vから500kVの広い
 範囲の電圧で使用されている。

電気特性が優れており絶縁耐力、体積固有抵抗
 (10^{18} cm)が高く、誘電正接(0.02 ~ 0.05)及び誘
 電率(2.3)が非常に小さい。

許容電流が大きい。連続最高許容温度を90 と
 高くとれ、大きい送電容量を得ることができ、
 また短絡時許容温度も230 と大きく短絡電流も
 大きくとれる。

CVケーブルの断面図

