次の文章は，誘導障害に関する記述である。

架空送電線と通信線路とが長距離にわたって接近交差していると，通信線路に対して電圧が誘導され，通信設備やその取扱者に危害を及ぼすなどの障害が生じる場合がある。この障害を誘導障害といい，次の 2 種類がある。

① 架空送電線路の電圧によって，架空送電線路と通信線路間の （ア） を介して通信線路に誘導電圧を発生させる （イ） 障害。
② 架空送電線路の電流によって，架空送電線路と通信線路間の （ウ） を介して通信線路に誘導電圧を発生させる （エ） 障害。

架空送電線路が十分にねん架されていれば，通常は，架空送電線路の電圧や電流によって通信線路に現れる誘導電圧はほぼ 0 V となるが，架空送電線路で地絡事故が発生すると，電圧及び電流は不平衡になり，通信線路に誘導電圧が生じ，誘導障害が生じる場合がある。
例えば，一線地絡事故に伴う （エ） 障害の場合，電源周波数を f ，地絡電流の大きさを I ，単位長さ当たりの架空送電線路と通信線路間の （ウ） を M ，架空送電線路と通信線路との並行区間長を L としたときに，通信線路に生じる誘導電圧の大きさは （オ） で与えられる。
誘導障害対策に当たっては，この誘導電圧の大きさを考慮して検討の要否を考える必要がある。

上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	キャパシタンス	静電誘導	相互インダクタンス	電磁誘導	$2\pi fMLI$
(2)	キャパシタンス	静電誘導	相互インダクタンス	電磁誘導	$\pi fMLI$
(3)	キャパシタンス	電磁誘導	相互インダクタンス	静電誘導	$\pi fMLI$
(4)	相互インダクタンス	電磁誘導	キャパシタンス	静電誘導	$2\pi fMLI$
(5)	相互インダクタンス	静電誘導	キャパシタンス	電磁誘導	$2\pi fMLI$

送電線から通信線へ影響を与える障害は静電誘導障害と電磁誘導障害になります。
この 2 つは重要な項目なので、しっかり覚えておきましょう。

解 説

(ア)　キャパシタンス

キャパシタンスとは静電容量のことです。

電線と通信線の静電容量(キャパシタンス)を介して通信線に誘導電圧が発生することを静電誘導障害と言います。

(イ)　静電誘導

誘導電圧によって引き起こされる誘導障害は、静電誘導障害 になります。

(ウ)　相互インダクタンス

電線と通信線との間の相互インダクタンスにより通信線に誘導起電力が発生することを電磁誘導障害と言います。

(エ)　電磁誘導

誘導電流によって引き起こされる誘導障害は、電磁誘導障害 になります。

(オ)　$2\pi fMLI$

電磁誘導障害は、電線と通信線との間の相互インダクタンスにより通信線に誘導起電力が発生することですが、通信線に起電力が生じると 通信線に誘導電圧が発生して誘導電流が流れます。このときの誘導電圧を求める式は、次のようになります。

公式

1 線地絡時の電磁誘導障害により発生する誘導電圧 E を求める式

$E = \omega MI \times L$　または　$E = 2\pi fMI \times L$

E [V]：誘導電圧

ω[rad/s]　：　角周波数(角速度)

f [Hz]：周波数

M [H]：相互インダクタンス

I [A]：1 線地絡電流

L [m]：電線と通信線の並行する区間の長さ

$\omega = 2\pi f$　の関係にあります

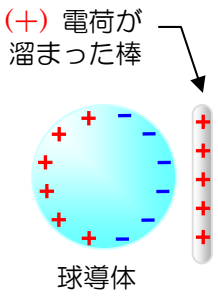
この式から誘導電圧の大きさは $2\pi fMLI$ ということがわかります

答　(1)

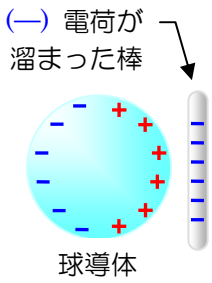
まず静電誘導障害について説明します。

静電誘導

静電誘導障害を説明する前に、**静電誘導**について見てみましょう。



絶縁した球導体に(＋)の電荷が溜まった棒を近づけると、
棒を近づけた側には(－)の電荷が集まります。
これは、
棒に溜まった(＋)電荷に(－)電荷が引き寄せられるためです。



絶縁した球導体に(－)の電荷が溜まった棒を近づけると、
棒を近づけた側には(＋)の電荷が集まります。
これは、
棒に溜まった(－)電荷に(＋)電荷が引き寄せられるためです。

このように、導体に電荷の溜まった物体を近づけると 反対の電荷が引き寄せられる現象を、**静電誘導**と言います。

静電誘導による誘導障害

電線(電力線) と 通信線 が近接している場合、電線が通信線に影響を与え **静電誘導障害**が起こります。
送電線には電気が流れているため、(＋)の電荷と(－)の電荷が存在します。
そして電線の ある部分では(＋)の電荷が多く、また ある部分では(－)の電荷が多い状態になっています。
この送電線の電荷によって、通信線に**静電誘導**が起こり誘導障害の原因になります。
事故やその他の原因により三相不平衡の状態になると、電線に電荷の偏りが発生し、通信線に誘導障害を引き起こします。

平衡状態

下の図は、三相が**平衡**状態の電荷の分布を表したものです。

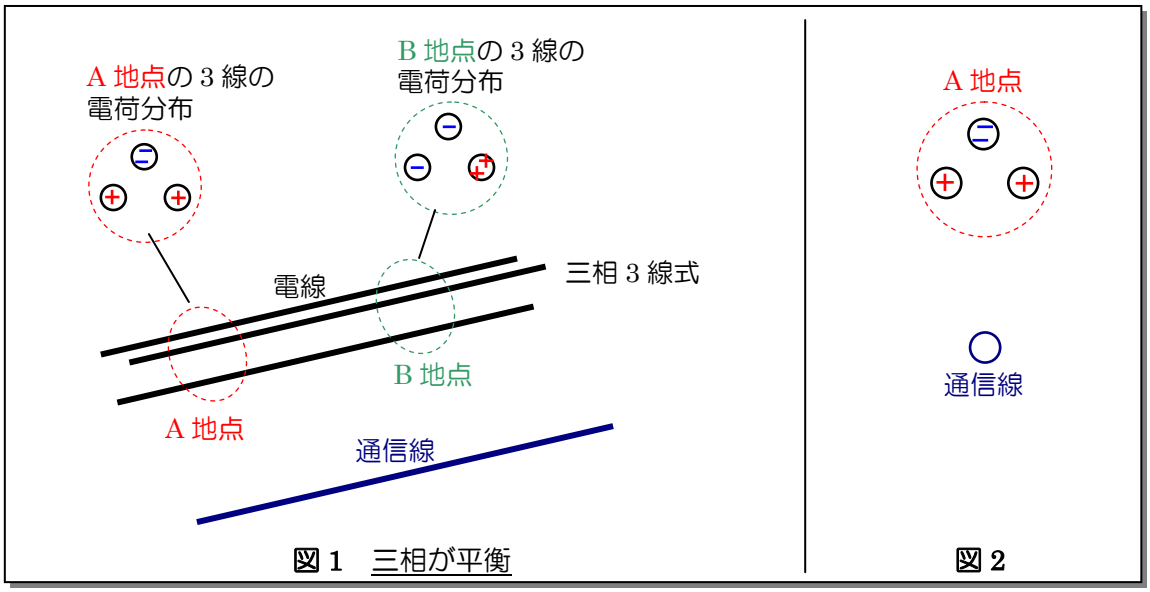


図 1　三相が平衡　　図 2

図 1 で見ると、A 地点における電荷分布は、＋が 2 個 と ―が 2 個で、＋ と ― の数は同数になります。

同様に B 地点においても、＋ と ― の数は 2 個ずつで同数になります。

このように平衡状態のときは、三線一括で見ると (＋)の電荷 と (―)の電荷 の数は同量になるため、通信線に静電誘導は起こりません。

不平衡状態

今度は三相が**不平衡**になった場合について見てみましょう。

三相が**不平衡**になった場合、静電誘導は起こります。

三相電線に一相地絡が起こった場合、不平衡は大きくなり**誘導障害**が起こります。

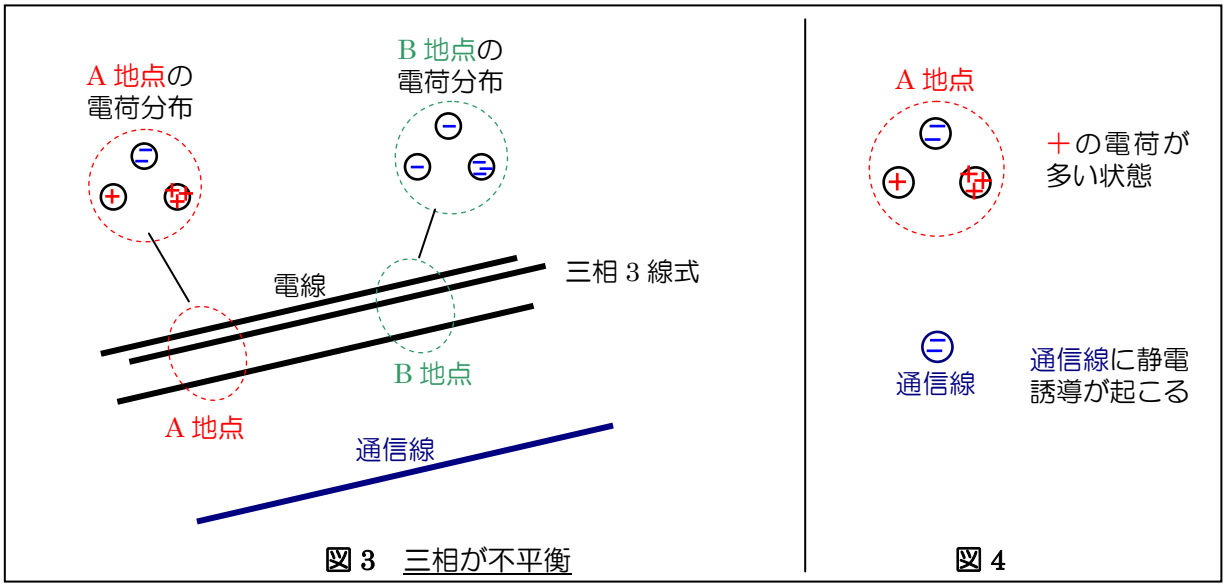


図 3　三相が不平衡　　図 4

例えば 一相地絡などが起こり、不平衡になった場合、A 地点における電荷分布は ＋が 4 個 と ―が 2 個で＋のほうが多く、3 線一括で見ると電線は(＋)の電荷を帯びている状態になります。

誘導電圧

通信線上に、(＋) と (—)の電荷が平均して分布しているときは、電圧(電位差)はない状態ですが、(＋) と (—)の電荷が不均一に存在する場合、部分的に電圧(電位差)が発生しています。

電圧とは電位差のことで、同じ通信線上に電荷が多く溜まっている部分 と 電荷が溜まっていない部分 では電位差があるので電圧が発生している状態と言えます。

静電誘導により 通信線の電荷が部分的に増えると 通信線に電位差が発生、

電位差により電圧が発生した状態となり、この電圧を**誘導電圧**と言います。

静電誘導障害の対策

1、電線と通信線の離隔距離を大きくする。(距離を離す)

距離を離すと静電力は小さくなるため、静電誘導による誘導障害は少なくなる。

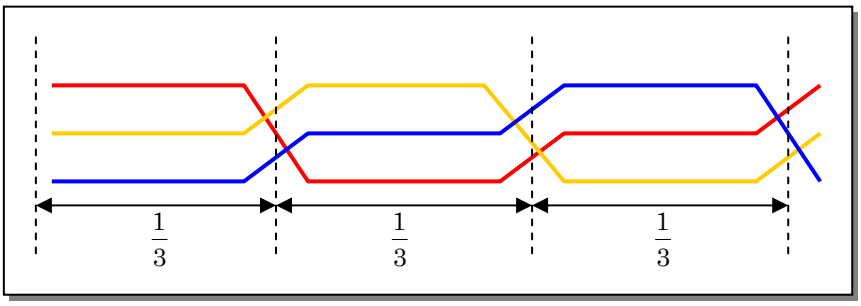
2、電線と通信線の間に遮蔽線を設ける。(遮蔽柵、遮蔽網を設ける)

導電率の高い地線 などを設けると良い。(地線とはアース線のこと)

電線と通信線の間に 電気をよく通すアース線を遮蔽線として設置すると、通信線の代わりに遮蔽線に静電誘導が起こり、さらに遮蔽線に溜まった電荷は大地へと流れます。(遮蔽線の代わりに遮蔽柵、遮蔽網を設けても良い)

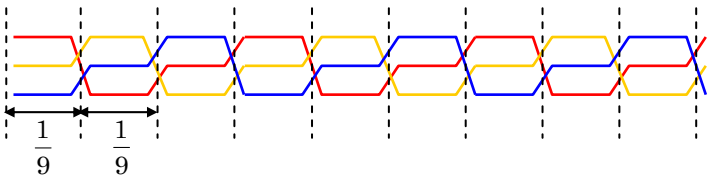
3、電線のねん架を行う。

電線の全長を 3 等分し (もしくは 9 等分、18 等分など 3 の倍数等分(とうぶん)し)、電線の位置を等しく入れ替えることを**ねん架**と言い、三相不平衡を軽減することができます。



ねん架

電線の全長を3 等分し、電線の位置を入れ替える



ねん架 (9 等分)

電線の長さにより、全長を 9 等分、18 等分など 3 の倍数等分して入れ替える

4、通信線に金属被覆を施す。

通信線を金属被覆で覆うと、金属被覆が遮蔽線と同様な働きをします。

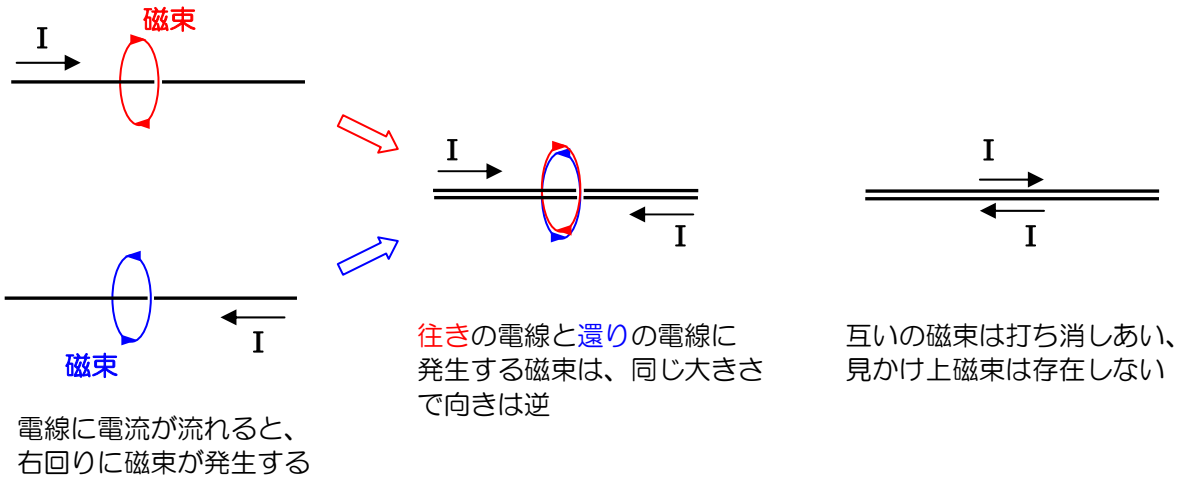
5、通信線を光ファイバーケーブルにする。

光ファイバーケーブルは、電気的な影響を受けません。

では次に、電磁誘導障害について見てみましょう。

アンペア右ねじの法則

コイルや電線に電流を流すと、コイルや電線の周囲には磁束が右回りに発生します。
コイルや電線に電流を流して磁束が右回りに発生することを アンペア右ねじの法則 と言います。
電線に電流が流れている場合、電線の周りには磁束が発生しますが、三相が平衡状態の三相 3 線式において、3 線が近接して配置されている場合には、電線の周りには 見かけ上磁束は発生しません。このことについて、単相の電線で説明します。



電線に電流が流れると、電線の周りに 右回りに磁束が発生しますが、往きの電線 と 還りの電線 に流れる電流は逆向きのため、それぞれに発生する磁束も逆向きとなります。
往きの電線 と 還りの電線 が近接して配置されている場合、互いの磁束は打ち消しあって、見かけ上磁束は存在しなくなります。

電磁誘導による誘導障害

送電線は通常 三相 3 線式 です。三相が平衡状態で電路に異常が無い場合、3 線一括で見ると、往きの電流値の総和 と 還りの電流値の総和 は 同じ値になります。(図 1)

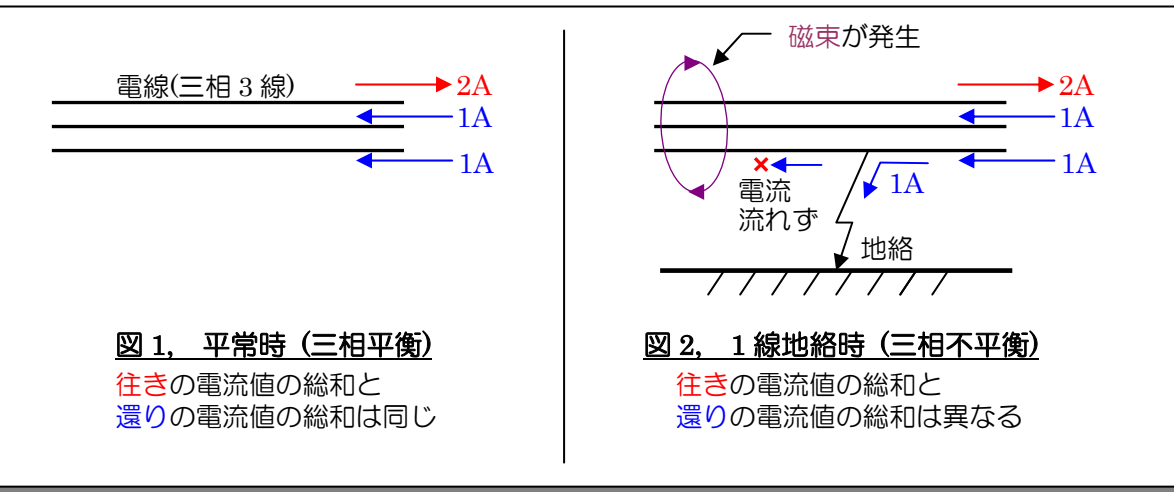


図 1, 平常時（三相平衡）
往きの電流値の総和と
還りの電流値の総和は同じ

図 2, 1 線地絡時（三相不平衡）
往きの電流値の総和と
還りの電流値の総和は異なる

図 1 の平常時(三相平衡時)は 往き と 還り の電流値の総和は等しくなるため、電線の周囲に磁束は発生しません。(＊1)

しかし、**図 2** のように、一番下の電線に完全 1 線地絡 が起きた場合、

地絡点以降(地絡点より左側) は 一番下の電線には電流が流れなくなるため、**三相不平衡**になり、**三相不平衡**になると電線の周囲に磁束が発生します。

三相不平衡の場合、電線の周囲に磁束が発生するため、電線に近接した位置に通信線があると磁束の影響を受けます。

この磁束により通信線に電磁誘導が起こり、これが誘導障害の原因になります。

(通信線に電磁誘導が起こると、通信線に誘導電流が流れる)

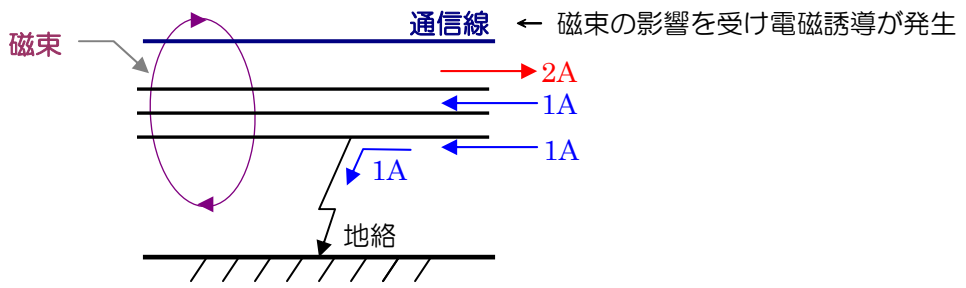


図 3, 1 線地絡時 (三相不平衡)

1 線地絡の場合は大きな電磁誘導障害が発生しますが、

平常時でも 3 線間には距離があるため 軽微な電磁誘導障害は発生します。

三相で送電する場合、3 線間の距離が近く密着していれば、電線の周りに発生した磁束は全て打ち消されて自己誘導や相互誘導は起きないが、

架空送電線は裸電線のため、互いの距離を近接させることは出来ません。

3 線間には離隔距離があるため、電線には誘導作用(自己誘導,相互誘導)が起こります。

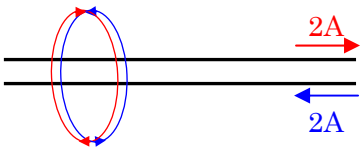
注釈

(＊1)

実際には、電線 1 本 1 本に磁束は発生しているのですが、

それぞれの電線に発生する磁束の大きさと向きが平衡しているので

磁束は互いに打ち消しあい、見かけ上 磁束は発生していない状態です。



逆向きに同じ大きさの電流が流れる 2 本の電線がある場合

発生する磁束の大きさは同じで、向きが逆であるため、

互いの磁束は打ち消しあって 見かけ上 磁束は発生していない状態になります。

電磁誘導による誘導障害の対策

電磁誘導障害の対策には、次のようなものがあります。

1、電線と通信線の離隔距離を大きくする （距離を離す）

2、電線と通信線の間に遮蔽線を設ける （遮蔽柵、遮蔽網を設ける）

導電率の高い遮蔽線を設けることにより 遮蔽線に電磁誘導を発生させ、通信線に電磁誘導が発生することを防ぎます。
もう少し詳しく言うと
導電率の高い遮蔽線を設けることにより、遮蔽線に電磁誘導が発生し、遮蔽線に誘導電流が流れる。
この誘導電流によって遮蔽線に発生する磁束は、電線に発生する磁束を打ち消す働きをします。

3、電線のねん架を行う

電線の全長を 3 等分し、電線の位置を入れ替える

4、通信線に金属被覆を施す

通信線が金属被覆でおおわれていると、金属被覆が遮蔽線と同様な働きをします。

5、通信線を光ファイバーケーブルにする

光ファイバーケーブルは、電気的な影響 や 磁束による影響 を受けません。

6、地絡などの故障が発生した場合、故障箇所を速やかに遮断し、切り離す

7、中性点の接地抵抗を大きくして、地絡電流を抑制する

静電誘導障害の対策 と 電磁誘導障害の対策 は、似たようなものになります。