

EVT

接地形計器用変圧器

GTR

接地用変圧器

〈役割とその選定〉

RISHOCAST EVTs (Earthed Voltage Transformers) and GTRs (Grounding Transformers) are many installed in high-voltage distribution systems in order to detect earth fault current surely.

RISHOCAST



▲接地形計器用変圧器



▲接地用変圧器 (5脚鉄心タイプ)

はじめに

国内の高圧配電系統は架空線によるものが多く、大地との距離が十分とれるため、中性点は非接地方式です。このため、地絡事故が起こっても地絡電流が小さく、これを検出しにくい傾向にあります。それでも1線地絡が生じた場合は健全相にも異常電圧が生じ、主回路機器の絶縁に影響を及ぼす恐れがあります。

このため、比較的小さい地絡エネルギーを検出して保護装置を動作させることができれば、主回路機器への絶縁破壊などの影響を抑えられるため、小さな電流で継電器を動作させることができる「接地形計器用変圧器」(EVT=Earthed Voltage Transformer)を介して接地しています。

EVTによる接地は、系統の中性点接地というよ

りも、むしろ計測のための高インピーダンス接地であり「仮想中性点」と言えます。

いっぽう地中ケーブルによる高圧配電の場合は、ケーブルと大地との間に生じる「対地静電容量」を考慮する必要があります。ケーブルの亘長が長いと対地静電容量の充電電流は1アンペア以上になり、地絡検出感度に影響が生じます。

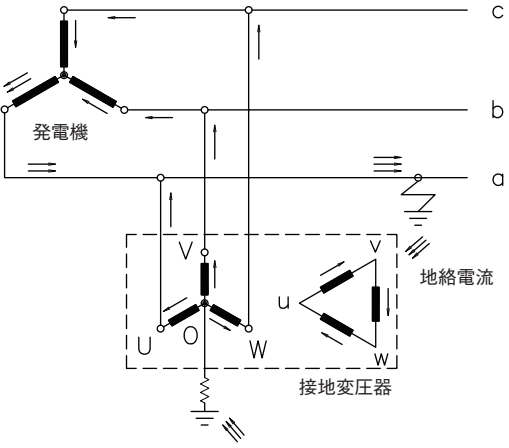
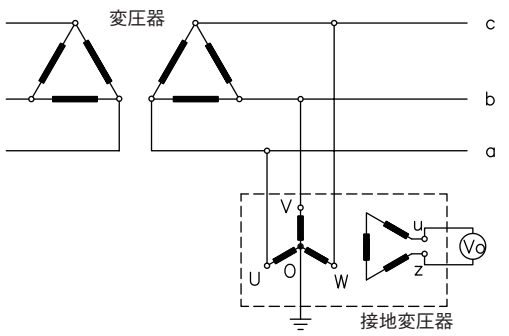
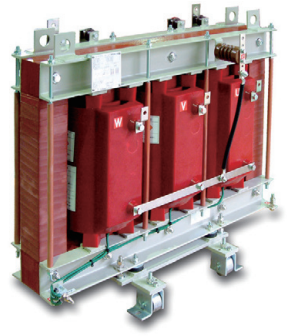
このような現象を抑制するため中性点の接地が行われます。中性点接地を行うには専用の「接地用変圧器」(GTR=Grounding Transformer)を設けるか、変圧器の中性点を接地する中性点接地方式があります。

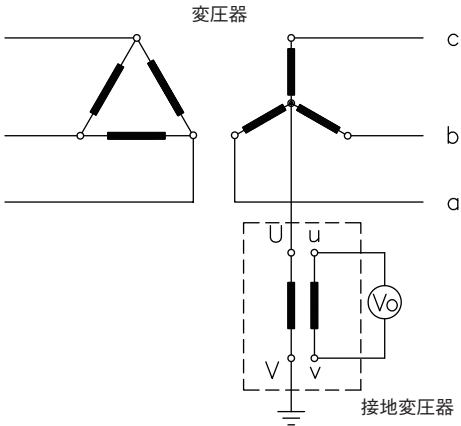
本稿では、EVTおよびGTRの役割と中性点接地を目的としたGTRの選定に対する注意点についてご案内いたします。

中性点接地方式の種類と特長

接地方式	回路図	特長
非接地方式 (6.6kV系統)		①電圧が低く、かつ亘長が短い場合に採用される。 ②変圧器の結線をΔ結線にすることができる。 ③特定の高調波成分を系統に出さない。 ④1線地絡の場合、間欠アーク地絡を起こしやすい。
直接接地方式 (187kV以上の系統)		①系統電位の動揺、擾乱が起きにくい。 ②故障時の地絡電流が大きく、継電器の動作が鋭敏となる反面、事故点の破壊が進みやすい。 ③通信線への電磁誘導障害が起きやすい。 ④地絡があっても高速遮断する必要がある。
抵抗接地方式 (22kV～154kVの系統)		①数百Ωの抵抗で中性点を接地し、地絡電流を100～200A程度になるようにしている。 ②低抵抗接地方式、高抵抗接地方式の2通りの方式がある。
消弧リアクトル 接地方式 (66kV～110kVの系統)		①1線地絡の際、地絡点のアーク電流を自動的に消滅させる。 ②線路形態が一定、系統の規模が伸びないところに有効。

EVTおよびGTRの役割

変圧器結線	種類と回路図	役割
Y-Δ		主にGTRを使用 【GTRの役割・特長】 ①1線地絡時には、左図のように零相電流が流れるのでこれを検出する。 ②零相磁束は重畳しない。 ③中性点は線路の$1/\sqrt{3}$の絶縁が必要。  GTR例：三相接地用変圧器
Y-開放Δ	  GTR例：三相接地用変圧器 (5脚鉄心)  EVT例：接地形計器用変圧器	GTRまたはEVTを使用 【GTRの役割・特長】 ①一次側をYとして中性点を直接接地し、二次側をΔとして一角を開けば零相電圧V_0が得られる。 ②三相平衡電圧が加わっている場合は零相電圧は現れないが、1線地絡が生じた場合、uz間に直接接地式送電線では、一次電圧に対応する二次電圧が発生し、非接地式か高抵抗接地式においては、二次相電圧の3倍の電圧となる。 ③零相磁束が重畳するので、5脚鉄心変圧器または単相変圧器3台にする必要がある。 ④中性点は絶縁を要しない。 【EVTの役割と特長】 ①EVTに継電器を繋いで地絡事故を検出できる。 ②EVTを介して接地するため電力系統的には、高インピーダンス接地となる。 ③三次側のオープンデルタに電流制限抵抗を接続することで、鉄共振などの異常現象を防ぎ、零相電流有効分を流すことができる。 ④電流制限抵抗の両端に零相電圧(V_0)が現れる。

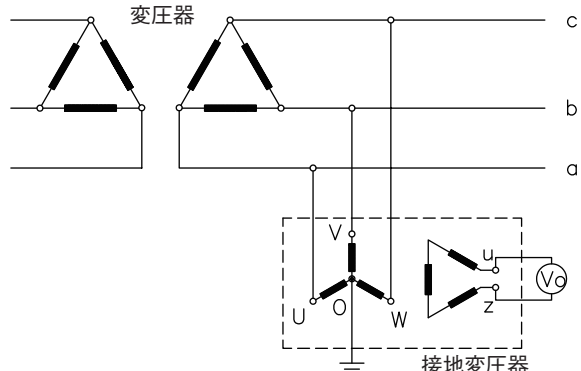
変圧器結線	種類と回路図	特長
単相		主にGTRを使用 【GTRの役割・特長】 ①変圧器や発電機の中性点と大地との間に単相接地変圧器を接続すれば、中性点の大地に対する零相電圧が得られる。 ②1線地絡の際、中性点電位が高くなり、接地変圧器の二次側に一次電圧に対応する電圧が発生する。  GTR例：単相接地用変圧器

■完全地絡時に発生するEVTの電圧 (≒零相電圧(V_0))

完全地絡時は、配電線経路に何らかの地絡事故が発生し、インピーダンス0Ωで大地に接続された状態となります。非接地系統では、地絡事故相に『0電位』が移動し、他はすべてこれより電位が高くなります。

EVTのY結線の中性点は高抵抗接地に等しい接地であるため、1線の完全地絡により系統の中性点電位は大地よりも上昇することとなり、これが V_0 として発生します。

次のEVTのベクトル法により1線が完全地絡した時の零相電圧 (V_0) を示します。

状態	EVT一次電圧 (高圧側)	EVT三次電圧 (オープンデルタ電圧)
結線		

状態	EVT一次電圧 (高圧側)	EVT三次電圧 (オープンデルタ電圧)
結線		
地絡前		
b相 完全地絡	$3V_0 = \sqrt{3} \times 6600$ $= 11430 \text{ V}$ $V_0 = 6600 / \sqrt{3}$ $= 3810 \text{ V}$	$3V_0 = \sqrt{3} \times 110 \text{ V}$ $= 190 \text{ V}$ (オープンデルタ電圧)
5%地絡	$3V_0 = 190 \text{ V}$	$3V_0 = 9.5 \text{ V}$

■ 中性点接地を目的としたGTRの選定

1) 定格事項と解説

定格事項	解 説
定格電圧	最大使用電圧の実効値。
定格中性点電流	指定時間に中性点に流し得る電流。
定格電流	定格中性点電流の1/3をいう。
定格容量	定格電圧及び定格電流から算出した容量で、キロボルトアンペア (kVA) またはメガボルトアンペア (MVA) で表わす。
定格連続容量	負荷を二次巻線に接続する場合に指定され、銘板に記載された皮相電力で、定格二次電圧、定格周波数及び定格力率において指定された温度上昇限度を越えることなく、連続に二次端子間に得られる値。
定格連続電流	巻線の定格連続容量と定格電圧から算出される線路電流実効値。
時間定格	指定された温度上昇限度を越えることなく定格電流を流し得る時間。
零相インピーダンス電圧	接地用変圧器の一次巻線の線路端子を一括し、これと中性点端子との間に定格周波数の電圧を加え、定格中性点電流を流した場合の印加電圧をいい、特に指定されない限り相電圧に対する百分率で表わす。零相インピーダンス電圧は、指定された基準巻線温度に補正した値で表す。

2) GTRの仕様決定にあたっての注意点

定格事項	注 意 点				
定格電圧	定格電圧は、系統の運転条件から高い電圧を選ぶ必要のない限り、系統の公称電圧とする。				
定格中性点電流	定格中性点電流は一般に定格電圧で励磁されている場合、1線地絡時に中性点に流れる電流とするが、時間定格に応じてこの定格中性点電流は数種あってもよい。				
時間定格	特に指定されない場合、接地変圧器の時間定格は10秒とする。				
零相インピーダンス	零相インピーダンスは、使用される送電系統構成、保護方式などによって定められ、一律に規格として定められるものでないが、注文者の指定がない場合、接地用変圧器製作上の経済性から推奨される値は下表による。				
	時間定格(分) 系統の公称電圧	1	5	15	30
	22 kV	12%	7.5%	6%	5%
	33 kV	13%	8%	6.5%	5.5%
	※6.6kV～11kVについては特に推奨値はないが、上記値に近いものが適用される。				

■ おわりに

急速に進展する高度情報化など現代社会における電力の信頼度は、これまで以上に重要です。

高圧配電系統における地絡事故などを他に波及させない今後の設備作りに際し、本稿で取り上げたEVTとGTRの役割およびその選定が役立つことを期待しております。

<参考資料>

- 1) JEC-2210(2003) リアクトル
- 2) JEC-2200(2014) 変圧器
- 3) IEC 60076-6(2007) Reactors
- 4) 6kV高圧受電設備の保護協調Q&A
エネルギーフォーラム発行