

对35千伏电网方向过电流保护接线方式的意见

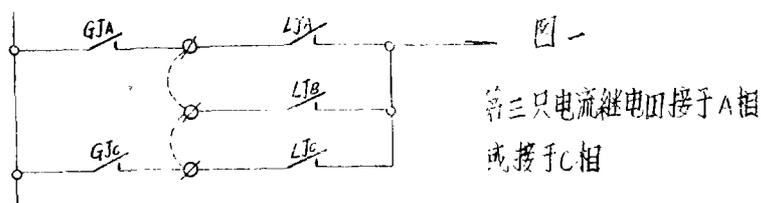
江西省电力设计院 程光政

一、前 言

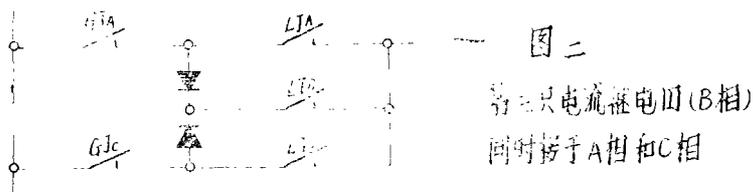
35千伏电网方向过电流保护由于下列两个原因，通常都采用二相三继电器接线方式：①在不同地点两相接地时，有三分之二机会只切除一点故障，以减少停电范围；②作相邻变压器远后备。本文将对带方向的二相三继电器式过电流保护接线方式，提出一点粗浅的看法，供讨论选择。

方向过电流保护二相三继电器式接线中的第三只电流继电器（B相）交流线圈接于 $\dot{I}_A + \dot{I}_C$ 回路，而直流回路的接法主要有下列三种方案可供选择：

1. B相电流继电器接点以跨线端子实现和A相或C相灵活连接，如图一所示。这种接线方式过去使用得较多。



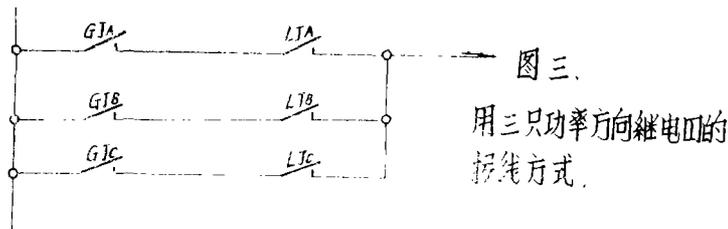
2. B相电流继电器接点以两只二极管同时接A相和C相，如图二所示。这种接线方式最早出现在东北电力设计院典型设计中，后来使用得十分广泛。



3. 使用三只方向元件，B相功率方向元件的电流线圈同B相电流继电器电流线圈一样，接于负的（ $\dot{I}_A + \dot{I}_C$ ）回路，直流回路采用按相启动方式，如图三所示。这种接线到目前为止，在35千伏系统中尚未见到使用。

本文将分析这三种方案的优缺点，并推荐一种方案。

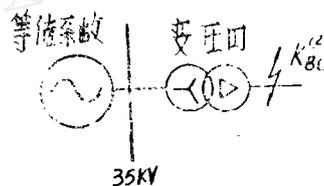
因为过电流保护中第三只电流继电器设置的唯一目的，是作本线路相邻变压器的



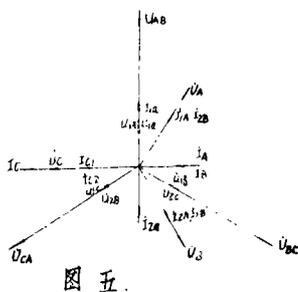
远后备，以提高变压器另一侧某两相短路的动作灵敏度。因而，分析这一保护段的接线方式，必须首先搞清楚Y/△接线组别变压器一侧两相短路，另一侧方向过电流保护的动作为。然后再根据电网的实际需要，确定一个较为合理的方案。

二、Y/△接线组别变压器△侧两相短路的情况

由分析可知，在△侧两相短路时，Y侧电压相位的变化随着系统阻抗与变压器阻抗的比值不同而不同，而电流相位的变化仅与短路阻抗角有关。图四示出了这种故障的示意图。图五和图六示出了两种特殊情况下的向量图。图五是当系统为无穷大的情况（假定变压器变比为1，以下同），图六是有限系统，而变压器为理想变压器，即无漏抗和超导体的情况。在实际系统将不存在这两种情况，但均在这两者之间。



图四 变压器侧两相短路示意图



图中各符号意义：

$\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ —A侧电压

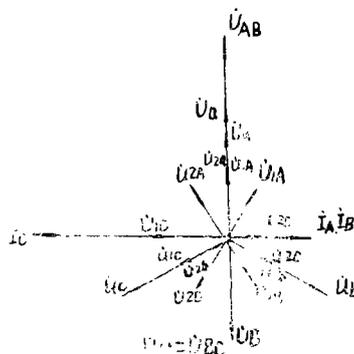
$\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ —Y侧电压

$\dot{I}_a, \dot{I}_b, \dot{I}_c$ —△侧电流

$\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ —Y侧电流

“1” —正序，“2” —负序

Y侧为无限大系统，短路阻抗角为 0° 时，△侧两相(B、C)短路电流电压向量图

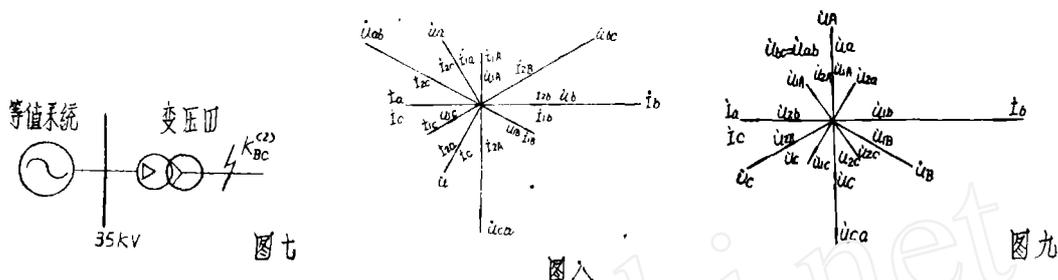


图六 Y侧为有限系统，变压器是理想变压器，短路阻抗角为 0° 时，△侧两相(B、C)短路电流、电压向量图

上述两图中全电流是对应于阻抗角为 0° 的位置，当阻抗角由 0° 变化到 90° 时，只将各电流沿顺时针旋转 90° 即可得到各相应阻抗角下的全电流的位置，而电压相位不变。

三、 Δ/Y 接线组别变压器 Y 侧两相短路的情况

图七是这种故障类型的示意图。两种极限情况下的向量图示于图八和图九，符号同图五。



图七 变压器 Y 侧两相短路示意图

图八 Δ 侧为无限大系统，短路阻抗角为 0° 时，Y 侧两相短路 (B、C) 电压、电流向量图

图九 Δ 侧为有限系统，变压器是理想变压器，短路阻抗角为 0° 时，Y 侧两相 (B、C) 短路，电流电压向量图

当阻抗角由 0° 变化到 90° 时，同样将各电流沿顺时针方向旋转 90° 时，即可得到各相应阻抗角下的全电流位置，而电压相位不变。在实际系统中对应于具体的阻抗参数，各电压相位介于图八和图九之间。

四、 Y/Δ 接线组别变压器任一侧两相短路，另一侧功率方向元件动作行为及最灵敏电流相别

在工程实际中用于保护相间短路的功率方向继电器一般按 90° 接线，内角采用 45° ，因此它的动作方程为：

$$M = K U_P I_P C \cos(\varphi_P + 45^\circ)$$

其中 φ_P 为引入继电器的电压 \dot{U}_P 和电流 \dot{I}_P 的相位差角。由上式可知，这种功率方向继电器动作的必要条件是 φ_P 大于 -135° 而小于 45° 。因而根据图五、图六、图八、图九可以得到这种接线的功率方向继电器在 Y/Δ 接线组别变压器一侧两相短路另一侧动作行为。

下表列出了按 90° 接线内角为 45° 的功率方向元件在 Y/Δ 绕组变压器任一侧两相短路，短路阻抗角由 0° 到 90° 时的动作行为及最灵敏电流相别 (其中 AB 相和 CA 相短路可直接由 BC 相短路推得)，表中符号：--。↑表示短路阻抗角为 $0^\circ \sim 15^\circ$ 时，功率方向继电器正向 (短路功率由母线流向线路) 拒绝动作，反向 (短路功率由线路流向母线) 误动，大于 15° 后，功率方向继电器灵敏度逐渐上升。↘表示短路阻抗角由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 时，功率方向继电器正向均能可靠动作，而反向不会误动，短路阻抗角为 45° 时最灵敏。↘。--。

表示短路阻抗角由 0° 到小于 75° 时, 功率方向继电器灵敏度由大到小逐渐降低到零, $75^\circ \sim 90^\circ$ 功率方向继电器正向拒动, 反向误动。

短路类型	Y/Δ 组别 Δ 侧短路时		Δ/Y 组别 Y 侧短路时			
	最灵敏相别	功率方向继电器动作情况	最灵敏相别	功率方向继电器动作情况		
$K_{AB}^{(2)}$	I_B	M_A		I_C	M_C	
		M_B			M_B	
		M_C			M_C	
$K_{BC}^{(2)}$	I_C	M_A		I_B	M_A	
		M_B			M_B	
		M_C			M_C	
$K_{CA}^{(2)}$	I_A	M_A		I_C	M_A	
		M_B			M_B	
		M_C			M_C	

五、方向过流保护三种接线方案动作情况

前言部分叙述的方向过流三种接线方案(即图一、二、三), 在经过 Y/Δ 接线组别变压器另一侧两相短路时, 其动作情况是各不相同的。

由前面所列的表格可知, 无论是 Y/Δ 组别 Δ 侧两相短路, 还是 Δ/Y 组别 Y 侧两相短路, 当最灵敏电流相别为 A 相或 C 相时, 对应的 A 相或 C 相的功率方向继电器在任何情况下均能正确动作, 因为它们对于前述的三种方案却有相同的动作效果。而当最灵敏电流相别为 B 相时, 虽然 B 相功率方向继电器能正确动作, 但是由于三种方案对 B 相功率方向继电器采取了不同的处理方法, 因为此时当 A 相和 C 相电流继电器因灵敏度不够而拒动时, 这三种接线方案动作情况则各不相同:

对于方案 1, 当跨线接于 A 相, 短路阻抗在 $0^\circ \sim 15^\circ$ 时, 正向保护拒动, 而反向误动; 当跨线接于 C 相时, 短路阻抗角在 $75^\circ \sim 90^\circ$ 时, 正向保护拒动, 而反向误动。

对于方案 2, 当短路阻抗角为 $0^\circ \sim 15^\circ$ 及 $75^\circ \sim 90^\circ$ 时, 保护完全失去方向性而非选择动作。

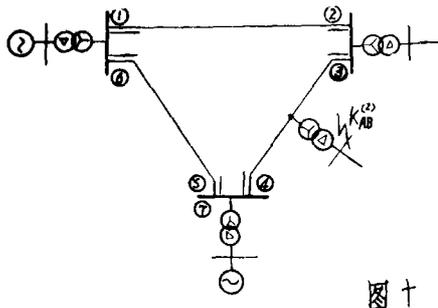
对于方案 3, 由于采用了完全式的按相启动接线方式, 在任何两相短路时均可正确动作。

六、方向过电流保护不同接线方式在实际系统中的不同效果

35 千伏网络常见的接线方式有下列几种:

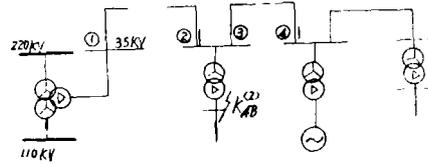
1. 常见于农村电网的 35 千伏小系统, 为图十所示。

2. 小系统35千伏与大系统联网，为图十一所示。



图十

35千伏小系统接线示意图



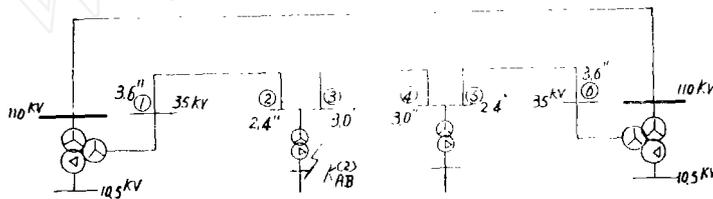
图十一

35千伏小系统与大系统联网示意图

3. 不同电压等级为环网，为图十二所示。

4. 同一电压等级的环网。

上述四种接线中，第4种接线方式为了简化保护和利于配合，通常采取正常开环运行，或正常闭环，短路瞬时解环的方法，而避免使用方向保护。



图十二

35千伏与110千伏环网接线示意图

对于第1种接线，在图中所示的故障方式下，若方向电流保护采用方案1接线，则可能出现②和⑤误动作，④拒动，而⑦因电流定值达不到而不动作，结果不仅产生非选择性动作，而且出现长期切除不了故障的可能；若方向电流保护采用方案2，则②、③、④、⑤均可能动作而完全失去了方向元件的作用；若采用方案3，可能只有③和④动作，正确切除故障。

对于第2种接线，在图中所示的故障方式下，若方向电流保护采用方案1，①和②均可能动作，④可能拒动，而③因定值较大而不动，因此小系统侧切除不了故障；此时若采用方案2，①、②、③均可能动作；而采用第三方案，则可能只有①和④动作，正确切除故障。

对于第3种接线，在图中所示的故障方式下，方向过流保护若采用方案1，可能跳②和⑤而非选择性动作；若采用方案2，亦可能跳②和⑤而非选择性动作，若采用方案3，则可能只跳①和④而正确切除故障。

七、讨 论

1. 过电流保护作为 Y/Δ 接线组别的相邻变压器远后备, 当不使用第三只电流继电器, 在变压器另一侧任何两相短路能保证灵敏度时, 则不应使用第三只电流继电器, 以减少产生误动作, 造成非选择切除故障的机会;

2. 过电流保护作为 Y/Δ 接线组别的相邻变压器远后备, 当不使用第三只电流继电器, 在变压器另一侧任何两相短路不能保证灵敏度时, 则一定要装设第三只电流继电器;

3. 在需要采用第三只电流继电器的过电流保护段, 当需要用方向元件闭锁时, 应当采用三只功率方向继电器的两相三继电器或接线即上述方案三为最佳, 不应当省去一个功率方向继电器, 以最大限度减少变压器另一侧两根短路而产生的误动作机会。同时, 这种接线方案还可以避免相邻线路反方向两相短路时, 由于负荷电流的影响而产生误动的可能。

由于水平的限制, 本文的分析是很粗糙的, 目的在于“抛砖引玉”, 希望通过讨论, 得出一个完善的结论, 以解决典型设计中存在的这一问题。