

铁路单回路电力贯通线路短时并列运行及保护配合

王玉国

(济南铁路局,山东 济南 250001)

摘要: 从理论上论证了铁路两相邻自动闭塞配电所在一定条件下对自动闭塞高压线路实现短时并网运行的可行性及保护配合,从而解决了自动闭塞线路由于倒闸作业的停电问题,既保证了运输,又解决了电力设备的检修。

关键词: 铁路; 电力线路; 短时并网; 保护

中图分类号: TM72 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2002)09-0065-03

1 问题的提出

铁路自动闭塞行车信号的用电为一级负荷。由于信号装置的特殊要求,停电时间不得大于 0.15 s,否则,有可能发生行车事故或打乱运输秩序。为此,铁路沿线均架设 10 kV 自动闭塞电力线路或贯通线,并通过信号变压器向各信号点或车站信号楼、行车室供电。为保证供电的可靠性,铁路沿线平均每 50 km 左右设置一处变配电所,即自动闭塞变配电所。两个相邻变配电所的自动闭塞电力线路互为备用,以保证一级负荷的供电,如图 1 所示。



图 1 铁路自动闭塞供电系统示意图

Fig. 1 Sketch of the railway automatic block system of the power supply

目前,对于单回路自动闭塞高压线路或电力贯通线,存在的主要问题是怎样保证两相邻变配电所切换供电方式时区间用电负荷的电源不间断供电。

由于铁路自动闭塞信号负荷的特殊性,铁路供电部门任何情况下不允许自动闭塞电力线路或贯通线全部停电。但在正常情况下,自闭(贯通)电力线路的维修、故障处理以及电源的切换等原因,都不可避免地要拉、合高压线路隔离开关或变配电所内的断路器进行倒闸作业。而每一操作过程都超过了信号部门提出的时间要求。

既要不间断供电,又要可靠地切换电源,这是目前的矛盾所在。对此,如采用两相邻自动闭塞配电所对自闭(贯通)高压线路短时并网的方法是可以解决的。

并网,对于 10 kV 电力系统来说首先应当满足

三个基本条件:(1)两电源的电压有效值相等;(2)两电源的频率相同;(3)两电源的相位差接近。否则,将在并网的线路中产生环流,造成继电保护的误动作,使两个自动闭塞变配电所的自闭(贯通)回路均掉闸,扩大了停电范围。但是,某些具备并网运行条件的变配电所,由于继电保护定值的限制,无法实现并网。如果采用某种手段使并网时的环流既不影响系统的供电质量,又不致于造成自闭(贯通)回路的停电,这样就可以解决本文所提出的问题。铁路自动闭塞变配电所的一次主接线图如图 2 所示。

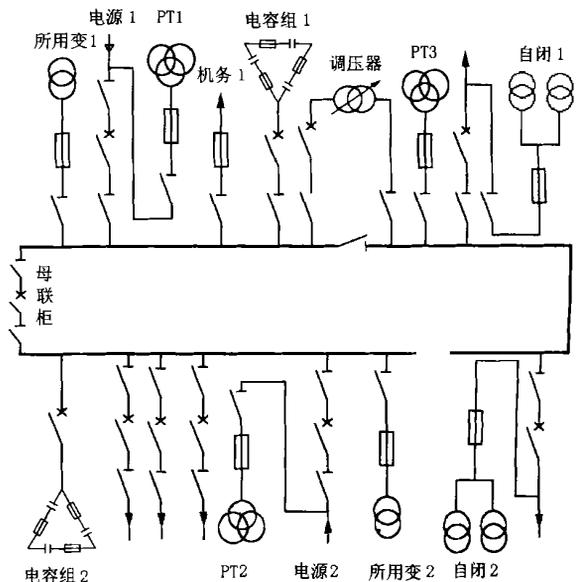


图 2 铁路自动闭塞变配电所主接线图

Fig. 2 The main wiring diagram of the distributing substation of the railway automatic block

2 现状分析

(1) 为了保证自动闭塞高压线路的供电质量,

自动闭塞的供电电源是通过调压隔离变压器供到自闭母线上的,电压的高低靠调压变压器进行调节,因此,这一点可以满足并网的第一个条件。

(2) 各供电电源取之统一电网,因此,对于频率的要求亦能满足并网的第二个条件。

(3) 自动闭塞变配电所点多线长,各配电所电源都来自不同的地区降压站,由于各电源初相位的不同,高压线路参数的变化等原因,导致了自闭(贯通)高压线路各电源相位角的不同,这是影响自闭(贯通)高压线路并网的主要因素。但是,并非只要有相位差均不能并网,这就提出一个多大的相位差为界限,这些相位差所产生的环流对供电质量及保护系统有无影响,产生的影响如何解决的问题。

3 两电源相位差所产生的环流与短路电流、保护定值的比较

两电源波形如图 3 所示。

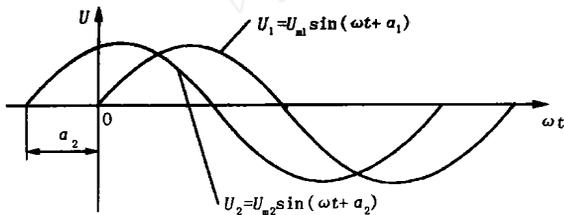


图 3 两电源的波形图

Fig.3 Waveform of two power supply

(1) 两电源相位差所产生的环流计算

设:甲变配电所电压瞬时值为

$$U_1 = U_{m1} \sin(\omega t + \alpha_1)$$

乙变配电所电压瞬时值为

$$U_2 = U_{m2} \sin(\omega t + \alpha_2)$$

则电压差为 $U = U_1 - U_2 =$

$$U_{m1} \sin(\omega t + \alpha_1) - U_{m2} \sin(\omega t + \alpha_2) \quad (1)$$

因为电压最大值 U_m 相同,所以 $U = U_m \cdot$

$$[\sin(\omega t + \alpha_1) - \sin(\omega t + \alpha_2)].$$

对 U 求导数,求出 U 最大时的相位角。令一阶导数 $\frac{d(U)}{d(t)} = \frac{U_m d[\sin(\omega t + \alpha_1) - \sin(\omega t + \alpha_2)]}{d(t)} = 0$

$$\text{即 } U_m [\cos \omega t - \cos(\omega t + \alpha_2 - \alpha_1)] = 0$$

因为 $\cos \omega t - \cos(\omega t + \alpha_2 - \alpha_1) = 2 \sin(\omega t + \alpha_2/2) \sin \alpha_2/2$

所以只要 $\omega t + \alpha_2/2 = 0$,即 $\omega t = k\pi - \alpha_2/2$ ($k=0, 1, 2, \dots, n$) 时, U 为最大。

设 $k=0$,并代入式(1)得

$$U = U_m [\sin(-\alpha_2/2) - \sin(-\alpha_2/2 + \alpha_2)] =$$

$$2 U_m \sin \alpha_2/2$$

$$\text{其有效值 } U = 2 U_m / \sqrt{2} \quad (2)$$

根据式(2),当 α_2 为不同角度时,两电源的相位差所造成的电压差如表 1 所示。

表 1 相位变化引起的电压差

Tab.1 voltage difference caused by phase change

相位差	2.5°	5°	7.5°	10°	15°	20°	25°	30°
电压差 V	264	503	793	1057	1576	2105	2624	3138

不同电压差下产生不同的环流,这个环流按下列经验公式计算

$$I_h = \frac{U}{\sqrt{R_i^2 + (x_i + 2x_t)^2}}$$

式中: U 为电压差; I_h 为电压差下的环流; R_i 为 1 km 的线路电阻; x_i 为 1 km 长的线路电抗; x_t 为调压变压器电抗。

自动闭塞高压供电线路导线,采用 LG-35 钢芯铝绞线。其 $R_i = 0.8$, $x_i = 0.38$,调压变压器短路阻抗 $U_d \% = 4$ 。

$$x_t = \frac{10U_d \% U_{ni}^2}{S_e} = \frac{10 \times 4 \times 10.5^2}{180} = 24.5$$

式中: S_e 为变压器容量。

通过计算,不同供电距离在不同角差下所形成的环流如表 2 所示。

自动闭塞高压馈出回路继电保护过流理论整定值为

$$I_{dj} = K_R K_{jx} \frac{M_{gh}}{K_f K_i} I_{fmax} =$$

$$1.2 \times 0.87 \times \frac{2}{0.85 \times 1} \times 2 = 5 \text{ A}$$

式中: K_R 为可靠系数; K_{jx} 为接线系数; K_f 为返回系数; K_i 为电流互感器变比; M_{gh} 为最大负荷倍数; I_{fmax} 为最大负荷电流。

从以上可以看出,过流保护的整定值小于两电源相位角度差为 5° 时形成的环流。如果相位差超过 5° 的两电源并网时,当然要引起继电保护的误动作。

根据短路电流的计算理论,由于三相短路电流比两相短路电流大,所以在校验短路热效应时,只考虑三相短路电流。但在校验短路的继电保护装置的灵敏度时,就需要按较小的两相短路电流考虑。按非周期分量衰减完毕的电流计算,高压自动闭塞线路的最小短路电流远远超过了前面所述的继电保护的过流整定值,同时也大于自动闭塞高压线路两电源相角差

为 30° 时所产生的环流,因此,继电保护整定值的选择能够满足电力贯通线路短时并列运行的要求。

表 2 不同供电距离在不同角差下形成的环流

Tab. 2 Circle current in different power supply distance and different angle differences

供电距离 /km	线路阻抗 /	环流/A							
		角差 2.5°	角差 5°	角差 7.5°	角差 10°	角差 15°	角差 20°	角差 25°	角差 30°
35	68.30	3.86	7.36	11.60	15.47	23.07	30.81	38.41	45.90
40	71.73	3.68	7.01	11.05	14.73	21.97	29.34	36.58	43.74
45	75.30	3.50	6.67	10.53	14.03	20.92	27.95	34.84	41.67
50	78.89	3.34	6.37	10.05	13.39	19.97	26.68	33.26	39.77
55	82.59	3.19	6.09	9.60	12.79	19.08	25.48	31.77	37.99
60	86.37	3.05	5.82	9.18	12.23	18.24	24.37	30.38	36.33
65	90.19	2.92	5.57	8.79	11.71	17.47	23.33	29.09	34.79
70	94.08	2.80	5.34	8.42	11.23	16.75	22.37	27.89	33.35
75	98.01	2.69	5.13	8.09	10.78	16.07	21.47	26.77	32.01
80	102	2.58	4.93	7.77	10.36	15.45	20.63	25.72	30.76

注:阻抗值包括两台调压变压器的阻抗

4 结论

通过理论计算,目前最大供电距离的最小短路电流已超过了两电源相角差为 30° 时最大供电距离的最大环流值。而继电保护的过流理论整定值又小于两电源相角差为 5° 时的环流值。所以,建议将过电流保护理论整定值提高一倍,即由 5 A 改为 10 A。通过相位仪观察两电源相角差,对于相角差小于 5° 的可以直接并网,对于两电源相角差 5~10° 范围内的可以通过暂时解除过流保护保留速段保护方式,并网结束后,恢复正常的保护运行。对于两电源相角差较大的回路,可以通过改变调压变压器接线组别的方式以缩小两电源的相角差实现并网。

根据规程规定:GW-10 型户外隔离开关可以拉合 10 kV 及以下 70 A 以内的环路均衡电流和 15 A 以下的负荷电流。所以,凡具备并网条件的自闭高

压线路,检修后直接合闸线路隔离开关实行并网,然后让备用所退出运行的方式是可以的。

综上所述,自动闭塞高压线路的并网不但可以解决高压线路维修、故障处理后合口所造成的间断供电问题,同时解决了申请要点等繁琐手续和对行车的干扰,从而提高了效率,保证可靠供电与列车安全正点运行。

参考文献:

- [1] 华玉兴. 变配电所的运行和维护[M]. 北京:中国铁道出版社,1989,6.

收稿日期: 2002-01-15

作者简介:

王玉国(1959-),男,工程师,从事铁路电力运行管理工作。

Short time merged operation and protection cooperation of railway single circuit electric power line

WANG Yu-guo

(Jinan Railway Administration, Jinan 250001, China)

Abstract: The possibility and protection cooperation that the two adjacent railway distributing substation completes the short time merged operation to the high-tension line of the automatic block system under given conditions were proved in theory. Thus the automatic block power cut because of the back switch operation can be resolved, The transport security can be protected and the problem of the power equipment recondition also can be resolved.

Key words: railway; electric-power line; short term merge protection