

# 电网低电压解列装置及电网运行中的典型事故分析

陈代云 四川宜宾电业局 (644000)

近年来,大量的地方电网并入国家电网联网运行,电网容量增大,电网的网络结构相对复杂,对电网的安全运行带来一些不利因素。为确保整个电网的安全运行,其有效而重要的措施之一就是在电网的适当地点设置解列装置,在发生足以引起电网扰动的重大事故时,将一个集中的大电网分解成若干个独立的电网运行,避免造成事故扩大以致于导致大电网的瓦解。

本文通过对我局电网运行中的典型事故分析,说明我局采用的低电压解列装置在运行中发挥的作用及其改进完善的过程。

## 1 电网解列装置理论概述

按照电网运行的理论:为防止系统事故扩大,应提供在大电网中设置适当解列点的可能性,在系统振荡及发生其他重大事故时实现自动解列。自动解列点一般设在:

- (1)传输容量占系统容量比重不大的两系统间的弱联线路;
- (2)终端变电所接有地区电厂,部分或大部分负荷由系统供电时,在终端变电所或地区内部的其他适当地点;
- (3)城市中的中小型电厂到主网的联络变电所;
- (4)系统事故时专带厂用电和其他重要负荷的机组;
- (5)高低压电磁环网的低压侧。

解列装置的设置应满足解列后地区供需基本平衡(可考虑与低频减载相配合),解列后的系统应不再振荡的原则要求。

## 2 我局解列装置的配备情况

网络结构:我局 110kV 主网网络结构见图 1。

图 1 中 A 电厂为主力发电厂,它和 B、C、D 三个 110kV 变电站组成 110kV 环网,在 B 站经 9<sup>#</sup> 开关联络至省电网,在 C 站经过两台主变 35kV 侧,由 35kV I、II 段母线上分别联结有 L、S、M 三个县的地方电网,见图 2。

B、C、D 三站主变容量如下:

B 站:40000kVA 110/38.5/10.5kV 主变 2 台

C 站:15000kVA 110/38.5/10.5kV 主变 1 台

20000kVA 110/38.5/10.5kV 主变 1 台

D 站:10000kVA 110/38.5/10.5kV 主变 2 台

主要运行方式为:9<sup>#</sup> 开关一般处于热备用状态断开运行。省电网经 10<sup>#</sup> 开关与 A 电厂并列运行。省电网及 A 电厂可视为一个等效电源向我局 110kV 环网供电,其中 C 站在 110kV 环网中处于距主电源远端位置,BC 线及 CD 线的传输容量不大,一般情况下  $P \leq 30\text{MW}$   $Q \leq 18\text{MVAR}$

收稿日期:1995 01 17

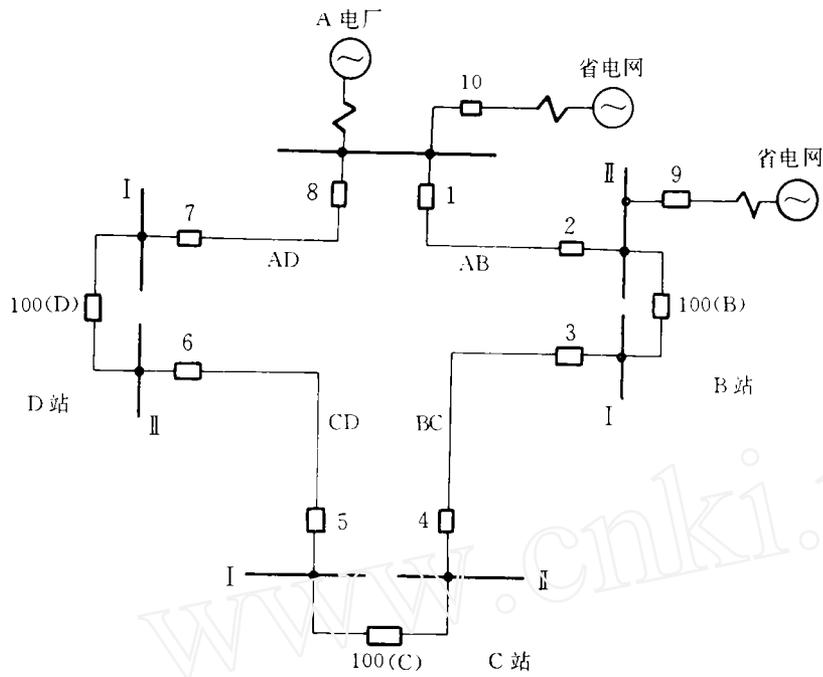


图 1 110kV 主网主接线图

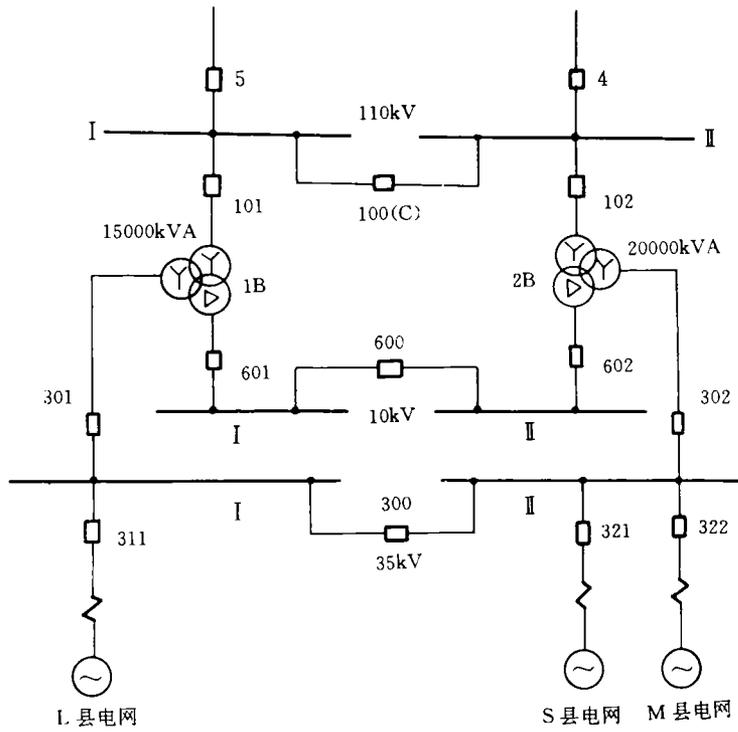


图 2 110kV C 站主接线图

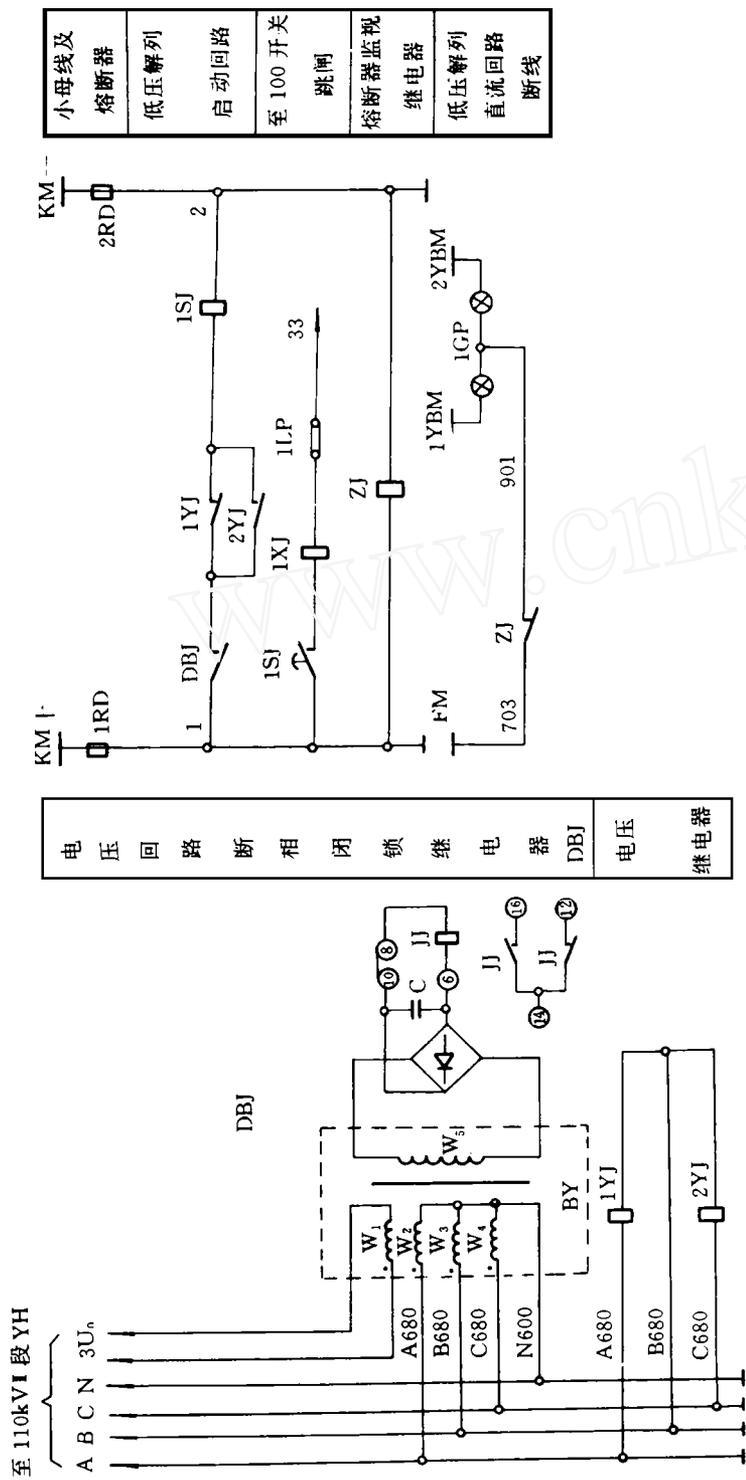


图 3 C 站 110kV 低压解列装置回路图

以主变容量计算：C 站为 35MVA

该 110kV 环网主变容量总计为：

$$2 \times 40 + (15 + 20) + 2 \times 10 = 135 \text{MVA}$$

C 站所占容量比为：

$$n\% = \frac{35}{135} \times 100\% \approx 26\%$$

因而一般情况下，无论 BC 线及 CD 线在运行中的传输容量都不超过该环网总容量的 26%。符合传输容量占系统容量比重不大的两系统（国家电网，地方电网）间的弱联线路的条件。

从网络结构看：C 站经主变 35kV 侧联接 L、S、M 三县地方电网，既可视作接有地区电厂，部分或大部分负荷由系统供电的终端变电所，亦可视为城市中的中小型电厂到主网的联络变电所。

综上所述，该环网的解列点及相应的自动装置配备如下：

(1) 环网的解列点设在 C 站 100 开关，事故情况下，100 开关跳闸，使环网解列成为两边以 100kV 干线为主的辐射式网络。解列方式采用低电压解列装置，见图 3。低电压解列的动作值为  $0.8U_H$  ( $U_H = 110\text{kV}$ )， $0.1\text{s}$ 。

(2) 在 L、S、M 县的县网侧设置低电压解列装置，在系统事故时自动跳闸，见图 4。低电压解列装置的动作值为  $0.8U_H$  ( $U_H = 35\text{kV}$ )， $0.4\text{s}$ 。在系统瞬间故障时，若县网侧已解列，以检无压自动重合闸的方式将电源送至县网变电所端口处。

(3) 在 C 站配备低频减载装置，在事故解列情况下，切除部分次要负荷，以维持供需基本平衡。

### 3 110kV 环网典型事故分析

我局 110kV 环网的结构如前所述，环网中有关的保护装置配备情况如下：

各 110kV 线路两侧开关配备有距离保护 I、II、III 段，零序保护 I、II、III 段。

作为与地方电网联网的联络变电所 C，其两台主变的保护配备为：差动保护、瓦斯保护、零序过流、零序过压、110kV 中性点间隙保护、110kV 及 35kV 侧复合电压闭锁过流保护，10kV 侧过流保护。

多年来，该环网运行情况正常，在事故情况下各保护装置能正确动作，及时切除故障。

1985 年 8 月 9 日一次环网事故，最终发展为大面积停电事故，对此次事故的情况介绍如下。

3.1 运行方式：图 1 中“9 开关断开处于热备用状态，环网中各开关全部投入合环运行，省电网经“10 开关与 A 电厂并列向环网供电。110kV C 站“1、2 主变均投入运行，“1 主变 601 开关断开，101、301、开关投入，“2 主变 102、302、602 开关均投入，600 开关投入，300 开关断开。即“1 主变向 35kV I 段供电，“2 主变向 35kV II 段及 10kV I、II 段供电。“1 主变 110kV 侧中性点接地运行，“2 主变 110kV 侧中性点不接地运行。

3.2 8 月 9 日 14:54，BC 线中部 A 相单相接地故障，“3 开关零序 I 段动作跳闸，C 站 110kV 解列装置动作跳开 100 开关，C 站“2 主变 110kV 及 35kV 侧复合电压闭锁过流动作跳开 102、302、602 开关，随后“3 开关自动重合闸动作成功，C 站 110kV II 段空母线复电。S、M 两县的发电机保护动作跳闸。因而此次事故导致 C 站“2 主变及 S、M 两县全部停电。

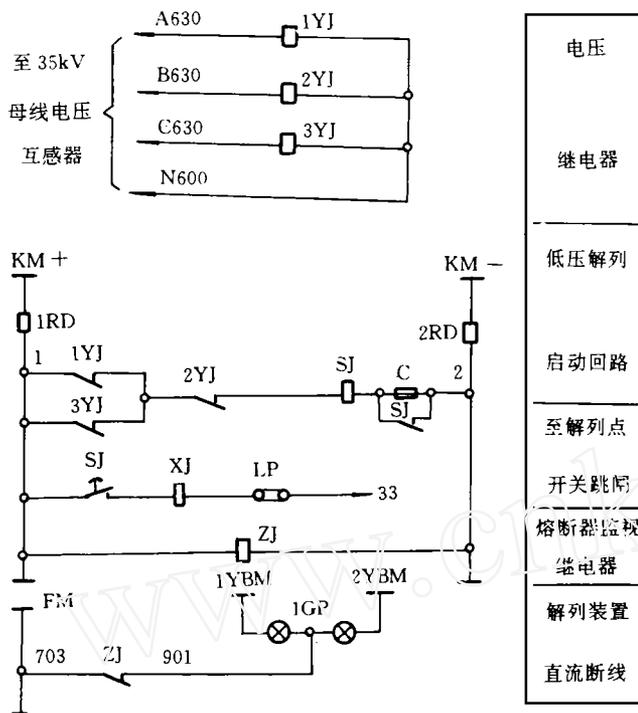


图4 县电网低电压解列装置回路图

### 3.3 事故调查主要情况

(1) S县及M县两县县网侧的低电压解列装置都未投入运行,以至在环网事故时,该两县电网未及时与环网解列,并在事故时经C站#2主变向110kV BC线供出短路电流,该两县发电机容量为20MW,供出的短路电流水平足以使#2主变110kV及35kV侧复合电压闭锁过流保护动作。

(2) 对C站#2主变保护检查时发现:110kV及35kV侧复合电压闭锁过流保护(见图5)的时间继电器2SJ,其第一时限(滑动触点)2.5s跳302开关,第二时限(终止触点)3s跳#2主变三侧开关。而2SJ滑动触点接触不良,故在此次事故时,本应为302开关跳闸后将S、M两县送出的短路电流切断,并与两县电网解开,实际为经第二时限跳开#2主变三侧开关,最终导致了此次大面积停电事故。

(3) S、M两县县电网侧的保护装置存在一些问题,以至形成直接由发电机保护动作跳闸,从电网的整体安全出发,国家电网有必要协助地方电网对其存在问题进行改进,在本文中不作详细分析。

3.4 结论:S、M两县县网侧低电压解列装置未投入是构成此次大面积停电事故的主要原因,同时主网侧C站#2主变110kV及35kV侧复合电压闭锁过流保护的时间继电器2SJ滑动触点接触不良,也是导致此次事故的直接原因之一。

此次事故的教训提示我们,在各县电网侧设置的分散的多套低电压解列装置 不便于集中管理,往往由于县网侧不投入该装置而导致系统事故扩大,故我们对C站110kV低电压解列装置进行了改造,改造后的接线见图6。图6的主要改进点是:

(1) 在环网事故情况下,当110kV母线电压降至 $0.8U_H$ 时,经0.1s,除C站100开关跳闸

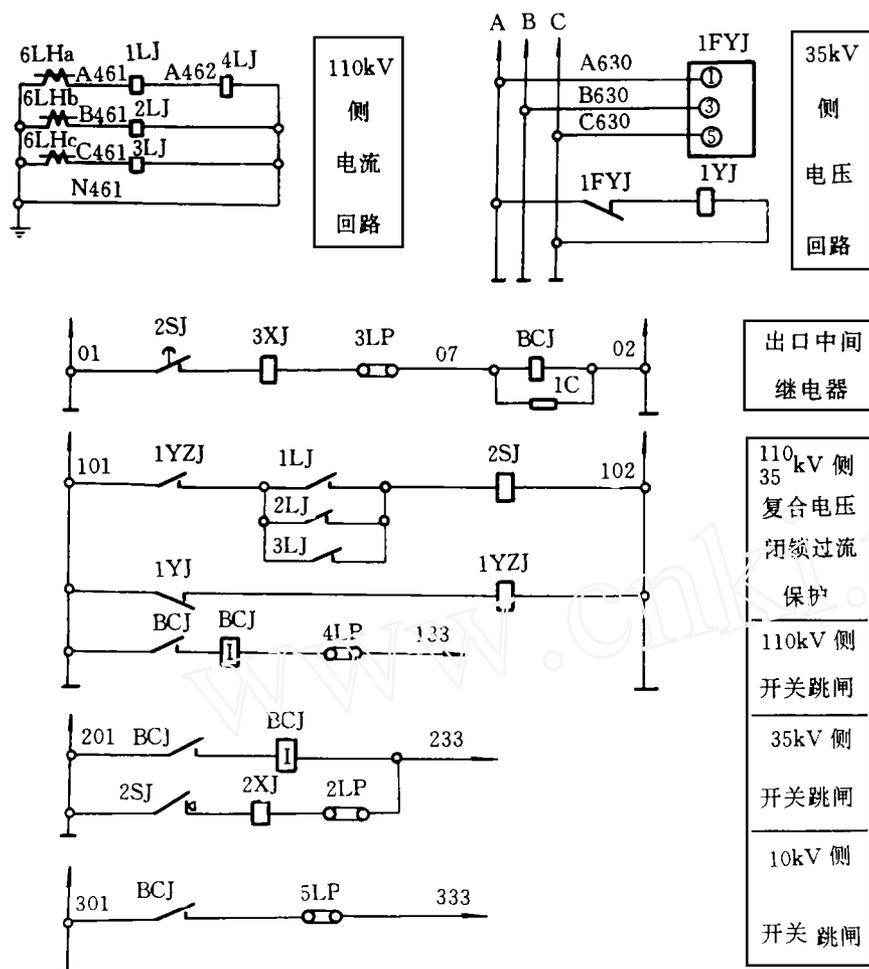


图5 C站#2主变复合电压闭锁过流保护图

解列外,同时跳开 311、321、322 开关,将 L、S、M 三县电网解开,系统瞬间故障时,以检无压自动重合闸的方式加以补救,将电源送至县网侧变电所端口。

(2)C 站 110kV 低电压解列装置系检测 110kV II 段母线电压,为防止 110kV II 段母线停电时,解列装置的高精度时间继电器 1SJ 因长期带电而损坏(以往曾多次发生此种情况,导致大面积停电事故),增加了 2SJ、2ZJ 回路,当 1SJ 经 0.1s 完成解列任务后,若 110kV II 段母线电压经 2.5s 仍未恢复到  $0.8U_N$  以上,则在 2.5s 时 2SJ 触点闭合,启动 2ZJ,由 2ZJ 动断触点将 1SJ 线圈“+”电源断开。待 110kV II 段电压恢复正常后,1YJ、2YJ 触点断开,2SJ、2ZJ 相继失电,2ZJ 动断触点闭合,电路恢复到原始状态。

#### 4 在 C 站加装备用电源自动投入装置

低电压解列装置在电网运行中,在系统事故时由于及时解列避免事故扩大发挥了重要作用,但在某些情况下,又导致了一些致命弱点,例如在 110kV 环网 AB(或 AD)线故障时,除跳开#1(或#8)开关外,由于 110kV 解列装置的作用,C 站 100 开关 0.1s 跳闸解列(往往抢先于#2 或#7)开关距离 I 段或零序 I 段的动作时间),其结果导致 B 站(或 D 站)全站失电,及 C 站 110kV II 段(或 I 段)单侧失电。B 站经#9 开关联接省电网,D 站 35kV I 段母线上联接 E 电厂(图中未绘出),故 B、D 两站全站停电的问题,均可由第二电源的方式予以补救,在此文中不详

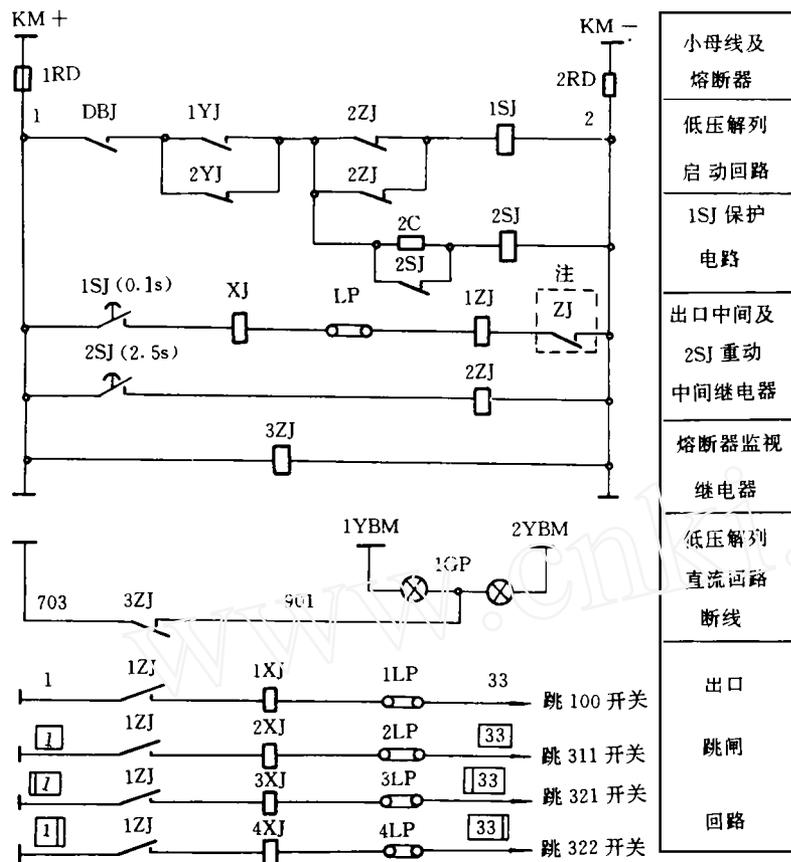


图6 C站110kV低电压解列装置直流回路图(改进后)

(注:该ZJ触点在备用电源自动投入装置中)

细论述。C站承担向一类用户煤矿等供电的任务,因而C站单侧失电,将导致其中一台主变压器停电,往往造成重大损失,补救的办法是在C站加装备用电源自动投入装置,当C站110kV I段(或II段)失电时,经3.5s自动先行跳开“5(或“4)开关,随后自动投入100开关,使110kV I段(或II段)恢复供电,即110kV I、II段母线电源互为备用。备用电源自动投入装置见图7。

运行经验证明,在以后的多次环网事故中,由于备用电源自动投入装置的作用,避免了C站110kV I段(或II段)母线失电,减小了事故停电范围。

## 5 地方电网的解列装置与系统侧解列装置的配合

系统侧的解列装置主要从系统安全出发,因而在系统事故时,无论地方电网侧是否发生事故,都先行将地方电网与系统解开,在系统瞬间故障时,再以检无压自动重合闸的方式加以补救,这就带有“牺牲小网、保全大网”的含义。但在可能的情况下,能否以不影响大网的安全为前提,兼顾地方电网运行的安全可靠,回答是可能的,这就是我们在此段论述中要解决的问题。

以S县电网为例,S县县网侧S变电站,其主接线见图8。

S县县电网的解列点原为331开关,在系统事故时,CS线C站侧321开关0.1s先行解列,若S县电网的的供需基本平衡,S县电网作为一个独立电网自动恢复正常运行,331开关



不跳闸。若地方电网不能维持供需平衡,例如在高峰负荷时,用电量接近 10000kW,而供电能力仅为:

$$3 \times 1200 + 2 \times 500 = 4600 \text{ kW}$$

则县电网的频率及电压将严重下降,当 S 站 35kV 母线电压降至  $0.8U_H$  时,解列装置动作,在 0.4s 时 331 开关跳闸,尽管系统瞬间故障时,由于系统侧 321 开关检无压自动重合闸动作,合上 321 开关,将电源送至 S 变电站端口,仍需 S 站进行人工操作降低负荷(该站未配备低频减载装置),使县电网的电压和频率恢复正常后,方能使用 331 开关与系统并列运行。在此过程中,由于 G、P、Q 三个电厂的发电机严重过负荷,对县电网的安全已构成重大威胁,很可能导致 S 县县电网全部停电。

G 电厂为 S 县主方发电厂,当 SG 线发生故障时,331 开关低电压解列装置动作,0.4s 与系统解列,G 电厂侧开关及 332 开关保护动作跳闸,P、Q 电厂承担不了 S 站向全县供出的全部负荷,最终也将导致 S 县全县停电。

以上分析说明,S 县电网选择 331 开关作为解列点不合理,宜在 S 站 35kV 母线上设置一套公用的低电压解列装置,在事故情况下,当 35kV 母线电压下降至  $0.8U_H$  时,经 0.4s 将 332、641、645 三个电源点开关解列。解列装置的接线图见图 9。

注意到系统侧解列时间为 0.1s,县网侧解列时间为 0.4s。系统侧故障时,321 开关 0.1s 解列后,若 S 县电网能维持供需平衡,则 S 站 35kV 母线电压恢复正常,332、641、645 开关不再解列。若县网侧处于高峰负荷时,供需不能平衡,县网解列装置在 0.4s 时动作,将 332、641、645 开关解列,331 开关处于投入状态,系统侧瞬间故障切除后 321 开关检无压自动重合闸动作,合上 321 开关,恢复 S 县电网供电。这种顺序解列的方法首先保证了大电网的安全,其次也兼顾到小电网供电的安全、可靠性,因而对整个电网供电的安全和可靠性都极为有利。

当 SG 线路发生故障时,G 电厂侧开关自动跳闸,S 站的解列装置动作跳开 332、641、645 开关,则系统则仍经过 321、CS 线路及 331 开关向 S 县全县供电。

这样改进的结果是:不影响系统安全,增加了 S 县电网供电的安全、可靠性,运行经验证明,经这一改进后,S 县全县停电的概率大为降低,运行效果良好。

## 结束语

电网的解列装置在电网的安全运行中起着极为重要的作用。解列方式采用低电压解列是

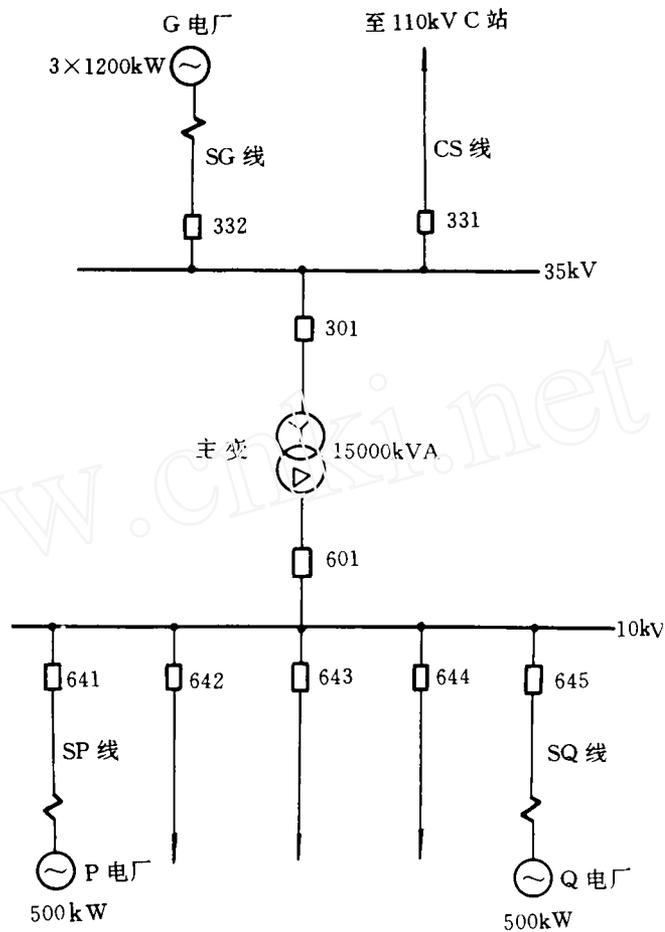


图 8 35kV S 变电站主接线图

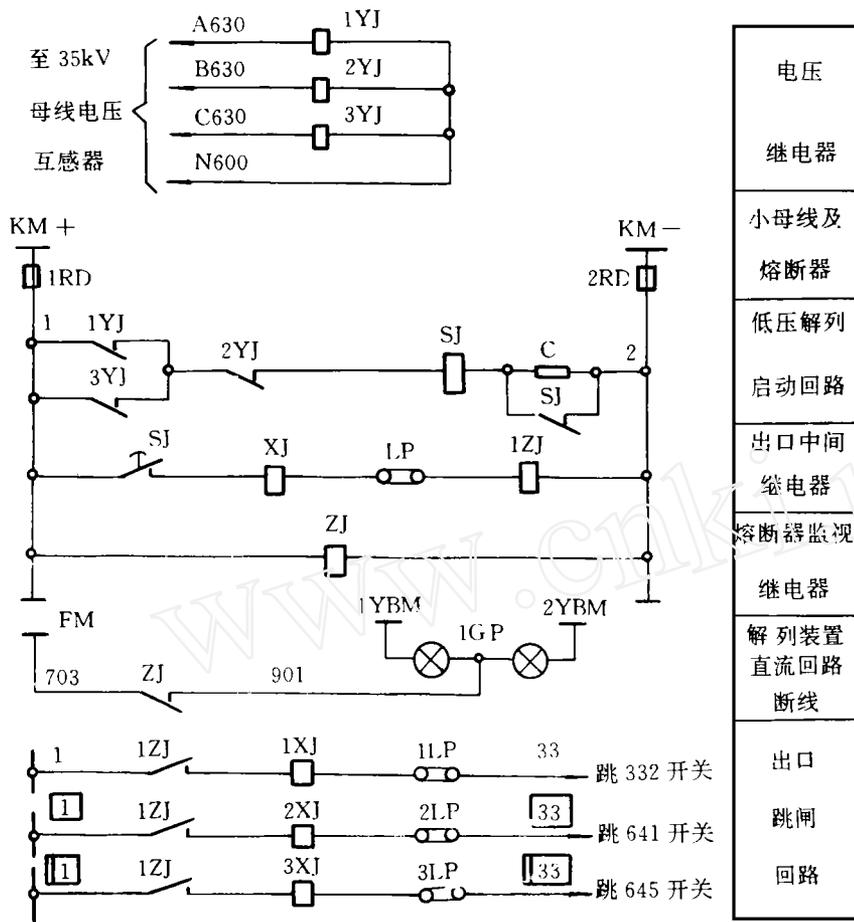


图9 S县电网低电压解列装置回路图(改进后)

最简单易行的方式之一。解列装置与低频减载装置、备用电源自动投入装置相配合,对整个电网的安全运行有着重要意义。在平时应作好解列装置的年度检验、日常维护和运行管理工作,根据运行方式的变化,保证解列装置的正确投入或停用。解列装置本身应保持完好及动作可靠。作好以上工作对整个电网的安全运行有着极其重要的意义。

(上接 29 页)

0.7Z<sub>L</sub> 范围动作,并且有一定的保护范围(至少是 50%,可见方案)。Ⅱ段有 1.5 倍灵敏度,只要相邻线路有一套高频投用(这是新规程规定),Ⅱ段可与相邻线路保护配合。Ⅲ段定值也符合规程要求。

我们认为,这种对“多互感接地距离保护计算方法”研究的思路和方法,是电网有多条线路平行或同杆架设,零序互感较为复杂的情况下,解决继电保护整定计算困难的一种可行办法。