

# 普光气田 220 kV 变电站 35 kV 系统接地设计

刘永寿

(四川省电力设计院, 四川 成都 610072)

**摘要:**对具有四川电网内“两个第一”的普光气田 220 kV 变电站的 35 kV 配网接地方式进行了研究及总结。该站为四川电网内第一个主变压器 35 kV 线圈采用三角形接线的变电站,为此两台主变压器共节省设备投资约 360 万元。该站为四川电网内第一个 35 kV 中性点经中电阻接地、单相接地故障直接跳闸的配网系统,对今后类似工程的设计将起到较好的借鉴作用。

**关键词:**主变压器;全星形接线;三角形接线;中电阻接地

**Abstract:** The grounding mode of 35 kV distribution network in 220 kV substation of Puguang gas field which has "Two Firsts" in Sichuan power grid is analyzed and summarized. Puguang 220 kV substation is the first substation that uses delta connection at 35 kV side of main transformer in Sichuan power grid, therefore two main transformers have saved the investment of the equipment about 3.6 million yuan. Also, it first uses medium resistance for 35 kV neutral point grounding of distribution network in Sichuan power grid, and the protection equipment can trip as long as the single-phase ground fault happens. The design experiences can provide the reference for the design of subsequent project.

**Key words:** main transformer; totally star connection; delta connection; medium resistance grounding

**中图分类号:** TM934.3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)03-0081-03

## 0 概述

普光气田位于四川省达州市宣汉县普光镇境内,属于国家“十一五”重点工程,由中国石油化工股份有限公司开发建设。根据气田开发方案,普光气田全部建成后将达到年产净化气 120 亿方(混合气 150 亿方)的生产能力。

为了解决普光气田开发建设的用电需求,在普光净化厂附近建设 220 kV 变电站,作为普光气田专用变电站,根据气田开发工艺要求和负荷性质特点,普光气田专用变电站采用 220 kV 电压等级接入系统,按一级负荷供电,220 kV 独立进线电源两回。

## 1 变电站概况

普光气田 220 kV 变电站由于站址场地狭窄,故采用 GIS 全户内布置方案设计。两回 220 kV 线路从西南侧架空进线,35 kV 线路全部采用电缆通过电缆隧道引出站外。

### 1.1 主变压器容量

最终为 2×90 MVA 三相双线圈有载调压变压

器,本期一次建成。主变压器采用中山 ABB 的 SFZ10-90000/220 型自然油循环风冷变压器,电压比为  $220 \pm 8 \times 1.5\% / 36$  kV,阻抗电压  $U_d = 13.8\%$ ,接线组别为 YNd11,配德国 MR 有载调压开关。

### 1.2 220 kV 配电装置

220 kV 配电装置为单母线分段接线,采用上海西门子高压开关有限公司 8DN9-II 型六氟化硫气体绝缘金属封闭开关设备,分相式结构(主母线为三相共箱)。220 kV 出线最终 2 回,本期一次建成,分别至宣汉 220 kV 变电站及通川北 220 kV 变电站。

### 1.3 35 kV 配电装置

35 kV 配电装置为单母线分段接线,采用西门子中压开关技术(无锡)有限公司 8DA10-40.5 型 SF<sub>6</sub> 气体绝缘金属封闭开关柜,内装 3AH4 型真空断路器,配弹簧操作机构。35 kV 出线最终 22 回,本期出线 18 回(其中备用 2 回),预留 4 回。

### 1.4 变电站监控保护系统

普光气田 220 kV 变电站按无人值班、少人值守方式进行设计,采用分层、分布式微机综合自动化系统,变电站内设交流不停电电源(UPS)系统、图像监视及安全警卫系统、火灾探测报警系统、SF<sub>6</sub> 配电室环境智能监控系统以及硫化氢监测报警系统。全站

微机监控系统、220 kV 母线保护装置、主保护 B 柜及 220 kV 线路光纤电流差动保护柜采用南京南瑞继保电气有限公司产品,主保护 A 柜及 220 kV 线路光纤距离保护柜采用国电南京自动化股份有限公司产品,35 kV 测控保护装置采用西门子电力自动化有限公司产品。220 kV 及主测控、保护、计量装置等在主控室集中屏布置,35 kV 测控、保护及计量装置分散布置于各间隔开关柜上。

## 2 主变压器接线组别选择

普光气田 220 kV 变电站为普光气田专用的总降压变电站,出于供电可靠性的要求,该变电站以 220 kV 电压等级接入系统取得电源,降压为 35 kV 后供给普光气田净化厂、集输系统、输气首站及生产指挥中心等负荷,故本站仅有 220 kV 及 35 kV 两个电压等级,可以选用双绕组变压器,但在中国 35 kV 电网为星形接线的小电流接地系统,按照常规应选用 YNyn<sup>0</sup> 全星形接线的变压器,但是对于如此电压等级及容量的中型变压器,考虑三次谐波电流及磁通的影响,不能选用全星形接法的变压器,如必须选用,则应增加三角形接线的稳定绕组,实际上就变为了 YNyn<sup>0</sup>+d11 接线的三绕组变压器,如此则会增加变压器的投资。考虑到普光气田 220 kV 变电站为普光气田专用降压站,其 35 kV 电网为独立系统,不与外界联网,经与业主多次协商研究,最终确定主变压器采用 YNd11 接线的双绕组变压器,其 35 kV 侧线圈采用三角形接线,较 35 kV 侧线圈采用星形接线另加稳定绕组的常规三绕组变压器,仅两台主变压器即节省投资约 360 万元。

## 3 变电站 35 kV 系统接地方式选择及设计

三相交流电网中性点与大地间电气连接的方式,称为电网中性点接地方式。由于中性点接地方式直接影响到系统设备绝缘水平、系统过电压水平、过电压保护元件的选择、继电保护方式、系统的运行可靠性及通讯干扰等,因此电网中性点接地方式选择是一个综合性的、系统性的问题,既涉及到电网运行的安全可靠,也涉及到电网建设的经济性。

### 3.1 电网中性点接地方式选择

中国的 110 kV 及以上电压等级的电网一般都采

用中性点直接接地方式,在中性点直接接地系统中,由于中性点电位固定为地电位,发生单相接地故障时,非故障相的工频电压升高不会超过 1.4 倍运行相电压,暂态过电压水平也相对较低,继电保护装置能迅速断开故障线路,设备承受过电压的时间很短,这样就可以使电网中设备的绝缘水平降低,从而使电网的造价降低。

中国 6~35 kV 配电网中性点的接地方式主要分为不接地、经消弧线圈接地及经电阻接地三种方式。接地方式的选择与电网发生单相接地故障时流经故障点的电容电流有关,不同接地方式下发生单相间歇性电弧接地故障时,最大过电压一般不超过下列数值。

不接地	3.5 p u
消弧线圈接地	3.2 p u
电阻接地	2.5 p u

电网中性点接地方式的选择主要取决于在电网中出现单相接地故障时,故障线路是否立即跳闸。对于不接地及消弧线圈接地的电网,线路发生单相接地故障时,不瞬间跳闸,一般允许 2 h 持续运行,以便寻找和处理故障,其供电可靠性较高,但也带来工频过电压高、操作过电压水平高、易产生谐振过电压、要求电气设备绝缘水平高及氧化锌避雷器事故率高等缺点。

中性点不接地系统适用于单相接地故障电容电流较小(3~6 kV 电网  $I_c \leq 30$  A、10 kV 电网  $I_c \leq 20$  A、35 kV 电网  $I_c \leq 10$  A)、以架空线路为主的配电网,此类型电网瞬时性单相接地故障占故障总数的 60%~70%,希望瞬时性单相接地故障时不马上跳闸。

消弧线圈接地方式适用于单相接地故障电容电流较大且瞬时性单相接地故障多的以架空线为主构成的电网,接地故障时可带故障运行 2 h。

在电气设备的绝缘水平较低或较弱、瞬时性单相接地故障少而永久性单相接地故障多的以电缆为主构成的电网的场合,宜采用单相接地故障瞬时跳闸的接地方式,如中、低电阻接地。

### 3.2 系统接地方式设计

普光变电站 35 kV 系统为独立系统,不与外界联网,其两台主变压器 35 kV 侧均采用三角形接线,35 kV 配电装置为单母线分段接线,采用 SF<sub>6</sub> 气体绝缘金属封闭开关柜户内双列三通道布置,35 kV 出线最终 22 回,本期出线 18 回。由于 35 kV 出线较多且多为电缆出线(本期电缆线路总长度约 18.53 km,架空线路长度约 109.7 km),经计算其单相接地电容电流

约为 118.134 A, 远远超过 10 安的标准。由于单相接地电容电流较大, 加装消弧线圈可能产生谐振过电压, 同时考虑本变电站 35 kV 主要为电缆出线, 其单相接地故障多为永久性故障, 带故障运行将会使其进一步发展为相间短路故障进而引发更大事故。为了确保供电安全, 故普光变电站 35 kV 系统采用中电阻接地方式, 单相接地短路保护直接跳闸。本变电站重要负荷的供电回路皆为双回路供电, 单一回路跳闸不影响其供电的连续性, 电缆线路单相接地多为永久性故障, 单相接地跳闸可有效防止故障进一步扩大, 对于架空线路采用重合闸以提高供电的可靠性。之所以选择中电阻接地, 主要是考虑在满足零序保护动作灵敏度的前提下降低单相接地短路电流以尽量减轻对电缆屏蔽层、金属外皮等的影响。

### 3.3 系统接地装置设计

普光变电站 35 kV 系统采用中电阻接地方式, 由于其两台主变压器 35 kV 侧均采用三角形接线, 无接地所用的中性点, 为此需设置接地以引出中性点, 结合站用电源本期工程一次建成两段 35 kV 母线的接地兼站用 (1 000/250 kVA, ZN<sub>yn11</sub>接线) 及接地电阻器装置 (230Ω, 90A)。

#### 3.3.1 接地电阻选择

每段 35 kV 母线接地电容电流约为  $118.134 \div 2 = 59.07(A)$

接地电阻值选择如下。

① 阻性电流: 取  $R = (1.1 \sim 1.5)$

$$I_c = 1.5 \times 59.07 = 88.61(A)$$

② 电阻阻值: 取运行电压 36 kV

$$36 \sqrt{3} / 88.61 = 234.56(\Omega)$$

③ 电阻功率:  $I^2 R = 88.61^2 \times 234.56 = 1 841.7 (kW)$

④ 工作时间: 最大 10 s

⑤ 电阻热容量:  $I^2 R t = 1 841.7 \times 10 = 18 417 (kJ)$

⑥ 电阻材质: 碳素非金属

⑦ 电阻片数选择: 每片 5 Ω, 先 2 瓶 92 串, 共 184 片。

阻值为  $92 \times 5 / 2 = 230(\Omega)$

满足要求

⑧ 电阻热容量校核: 每片允许热容量 200 (kJ)

允许热容量总合  $184(片) \times 200 = 36 800 (kJ)$

允许热容量 (36 800 kJ) > 实际发热量 (18 417 kJ),

满足要求。

#### 3.3.2 接地变压器选择

根据前述计算, 接地变压器通过功率为 1 841.7 kW, 考虑到在 10 s 工作时间内, 干式变压器有 3 倍以上的过负荷能力, 故其容量选择为:  $1 841.7 / 3 + 250$  (站用连续负荷) = 863.9 (kVA)。选择接地变容量为 1 000 kVA, 接地变压器型式为干式, 高压侧绕组为 Z 型接地。

## 4 结 语

普光气田属于国家“十一五”重点工程, 出于政治、经济、生产工艺及安全等要求, 对其供电的普光气田 220 kV 变电站要求具有非常高的供电可靠性。

普光气田 220 kV 变电站主变压器是四川电网内第一个采用 YN、d11 接线的 220/35 kV 双绕组变压器, 为此两台主变压器共节约设备投资约 360 万元; 普光气田 220 kV 变电站是四川电网内第一个采用 35 kV 中性点经中电阻接地、单相接地故障直接跳闸的配网系统, 该接线降低了单相接地故障时的过电压, 解决了该站以电缆出线为主的 35 kV 配网系统接地电容电流过大的问题, 电缆线路单相接地多为永久性故障, 单相接地跳闸有效防止了故障进一步扩大发展为相间短路故障进而引发更大事故的可能, 变电站重要负荷采用分别取自两段母线的双回路供电方式, 单一回路跳闸不影响其供电的连续性, 确保了供电的安全及可靠。

普光气田 220 kV 变电站于 2008 年 9 月 28 日通过了四川省电力公司组织的验收并投入运行, 该站自投运以来的安全可靠运行对普光气田的顺利投产、对“川气东送”工程的顺利实施发挥了重要的作用, 该变电站在四川电网内的“两个第一”也将对今后类似工程的设计起到较好的借鉴作用。

### 参考文献

- [1] 电力工程电气设计手册 [Z]. 北京: 水利电力出版社, 1989.
- [2] 电力系统设计手册 [Z]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- [3] DL/T 620—1997. 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合.

### 作者简介:

刘永寿 (1963—), 男, 电气高级工程师, 长期从事输变电工程项目的设计及技术管理工作。

(收稿日期: 2010—01—15)