

# 地方小电厂并网的变压器和线路保护 及安全自动装置配置方案探讨

王立新, 王彦良, 陈晓红

( 济宁供电公司, 山东 济宁 272123 )

**摘要:** 由于地方小电厂的接入, 系统 110 kV 终端变电站的主变中性点接地方式、主变后备保护、110 kV 备用电源自投、并网线路保护等都要作相应的改造和调整, 以确保电网及地方小电厂的安全稳定运行。济宁电网根据自己的实际运行需求, 针对地方小电厂并网的继电保护和自动装置的配置与定值整定, 依据相关规程, 作了深入研究, 采取了可行的措施。对带有地方小电厂的 110 kV 及以下变压器和线路的保护, 详细阐述了配置和定值整定方案; 对相关的备用电源自投、低频低压解列和高压切机等装置的配置及定值整定方案作了初步探讨。

**关键词:** 地方小电厂; 变压器保护; 线路保护; 安全自动装置

## Study on interconnection protection and safety automation device schemes of dispersed generators

WANG Li-xin, WANG Yan-liang, CHEN Xiao-hong

(Jining Power Supply Company, Jining 272123, China)

**Abstract:** With dispersed generators connected, it is necessary to reform and adjust the connected way to the earth of the 110kV terminal transformer, backup protection of transformer, reserve power sources automatic connection device, the protection of combined net circuit and so on in order to ensure the safety and stability of power system and dispersed generators. Aiming at interconnection protection and safety automation device schemes of dispersed generators, Jining Power Supply Company made a thorough research and took viable measures according to its actual requirements and some related processes. This paper analyzes the current status of interconnection protection and safety automation device schemes of dispersed generators. The protection configuration and relay setting principles of transformers and inter-ties are described in detail for dispersed generators interconnection. The configuration and setting principles of reserve power sources automatic connection device, under voltage/frequency based splitting relay and over voltage/frequency relay are also discussed.

**Key words:** dispersed generators; backup protection of transformer; protection of connected circuit; safety and automation device

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2007)21-0067-04

## 0 引言

济宁是煤炭资源十分丰富的地区, 近年来, 电网内不断有地方公用或企业自备小电厂建成投运。它们一般是由发电机出口的 10 kV(或 6 kV) 升压至 35 kV, 再通过 35 kV 联络线, 并入系统的 110 kV 终端降压变电站(典型接线如图 1 所示), 或由发电机出口直接经 10 kV(或 6 kV) 联络线并入系统内的 110 kV 终端降压变电站(典型接线如图 2 所示)。

地方小电厂的并网, 使得系统原有的 110 kV 终端降压变电站成为一定意义上的电厂升压站, 使该供电区域的电源结构发生变化。如果相关的继电保

护和安全自动装置的配置和定值不能适应这种变化, 就极有可能造成不正确动作, 以致于扩大事故, 甚至造成设备损坏。因此, 对小电厂并网后的系统 110 kV 终端站的主变中性点接地方式、主变后备保护、110 kV 备用电源自投、联络线保护等都要作相应改造和调整, 从而提高系统供电可靠性, 确保电网及小电厂的安全稳定运行。

目前, 针对地方小电厂并网的继电保护和自动装置的配置与定值整定, 还没有系统而明确的规程规定, 各地区电网都是根据自己的电网结构状况和实际运行需求, 参照相关规程而采取不同的措施, 各有所长, 模式不一。

本文就图 1 所示的典型接线作如下探讨。

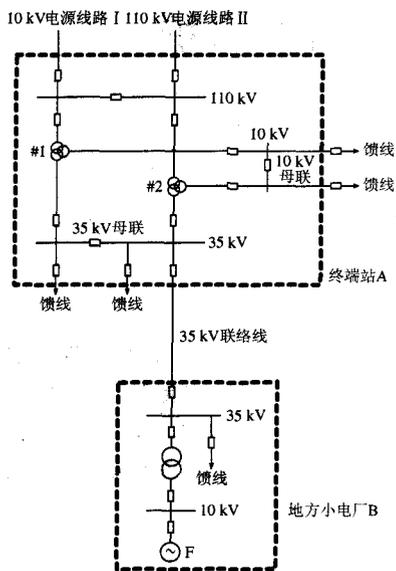


图 1 地方小电厂经 35 kV 联络线并网接线图  
Fig.1 Dispersed generators connected through 35 kV connected circuit

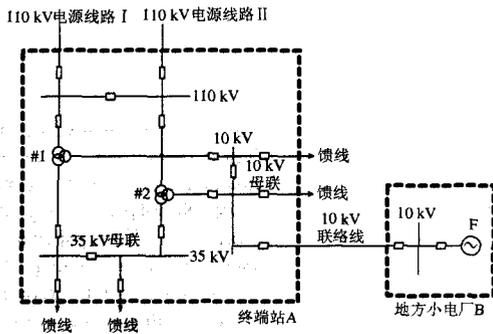


图 2 地方小电厂经 10 kV 联络线并网接线图  
Fig.2 Dispersed generators connected through 10 kV connected circuit

## 1 变压器保护

### 1.1 变压器主保护

如图 1 所示,系统终端站 A 的#1、2 主变为 110 kV 三卷变,其主保护配置应为瓦斯和差动保护。

根据继电器构成,差动保护可分为电磁型、整流型和微机型。对其要求,主要有以下几点:

- 差动保护应能躲过变压器励磁涌流。
- 差动保护应对各侧引线的各类故障有足够灵敏度 ( $k_m \geq 2$ )。
- 差动保护应对穿越性故障不会误动。

### 1.2 变压器相间后备保护

#### 1.2.1 保护配置

根据技术规程和山东电网保护规定,对于单侧电源的终端降压站变压器,三侧应装设过流保护或

带电压闭锁的过电流保护,并在中、低压侧装设限时速断保护,作为主变及相邻元件(中低压侧母线、馈线)的后备保护。通常情况下,不考虑主变高压侧母线及相邻元件的故障,不设方向闭锁元件。在图 1 所示的 A 站中,当中压侧并入小电厂后,后备保护的配置除满足上述要求外,高压侧和中压侧还应装设方向闭锁元件。

#### 1.2.2 低压侧限时速断保护的整定原则

- 按与本侧出线保护工段(或 II 段)配合。
- 按该侧母线故障有足够灵敏度计算。
- 按能躲过其它侧故障计算。
- 保护不经方向元件闭锁。
- 保护动作后掉本侧母联和开关。

#### 1.2.3 中压侧(有小电厂并网的一侧)限时速断保护的整定原则

- 按与本侧出线保护工段(或 II 段)配合。
- 按该侧母线故障有足够灵敏度计算。
- 按能躲过其它侧故障计算。
- 保护经方向元件闭锁,方向指向本侧母线。
- 保护动作后掉本侧母联和开关。

f. 当上级 110 kV 电源线路的对侧 II 段保护按躲 A 站中压侧母线故障整定有困难时,应考虑让#1、2 主变的中压侧限时速断保护与之相配合。

#### 1.2.4 各侧过流保护整定原则

a. 低压侧过流保护按躲该侧最大负荷电流计算,与本侧出线过流保护配合,同时对本侧母线故障有足够的灵敏度。保护不经方向元件闭锁,动作后短时限掉本侧母联,长时限掉本侧开关。

b. 中压侧(有小电厂并网的一侧)应配置两段过流保护。两段电流定值相同,按躲该侧最大负荷电流计算,与本侧出线过流保护配合,同时,对本侧母线故障有足够的灵敏度。另外,根据方式需要,还应尽量满足与低压侧过流配合。过流 I 段经方向元件闭锁,方向指向本侧母线。时间定值按与本侧出线过流保护配合,动作后短时限掉本侧母联,长时限掉本侧开关。过流 II 段不经方向元件闭锁,时间定值与高压侧取相同值,动作后掉主变各侧开关。

c. 高压侧应配置两段过流保护。电流定值按躲过变压器最大负荷电流计算,并与中、低压侧过流保护配合,还应对中、低压侧(至少对中压侧)母线故障有足够灵敏度。过流 I 段经方向元件闭锁,方向指向变压器。时间定值按与中压侧过流 I 段和低压侧过流保护相配合,动作后掉本侧开关。过流 II 段不经方向元件闭锁,时间定值比过流 I 段增加一个时间级差  $\Delta t$ ,同时要与各侧出线保护最长时间配合,动作后掉主变各侧开关。

d. 单纯过流保护定值应考虑事故过负荷因素, 事故过负荷量值按  $N-1$  原则考虑。当单纯过流保护灵敏度不能满足要求时, 一般要装设复合电压闭锁元件, 包括负序电压元件及线电压元件, 所接电压宜采用对侧电压或各侧电压元件并联使用。电流定值可按躲主变额定电流整定, 不必考虑事故过负荷因素, 电压定值应注意对各侧母线故障有足够灵敏度。

e. 当高压侧过流保护或复合电压闭锁过流保护遇有对低压侧母线故障灵敏度不足时, 应考虑在低压侧增设另一套过流保护, 动作掉三侧开关。

### 1.3 变压器接地后备保护

#### 1.3.1 变压器中性点接地设置

在 110 kV 及以上中性点直接接地系统中, 零序电流的大小及分布与系统中变压器中性点接地的数目和位置有关。为保证零序电流分布的相对稳定, 要求尽量保持变压器接地数目及位置不变。并且, 为尽可能地降低整个电力系统的短路电流水平, 要求中性点接地不宜过多。通常在单电源网络中, 终端降压变电站的变压器中性点一般不接地运行, 即使接地运行, 其中性点的零序电流保护也不必运行。为防止工频过电压的危害, 对不接地运行的变压器, 一般要装设零序过电压保护, 动作后跳变压器各侧开关<sup>[1]</sup>。

对于中压侧有小电源的 A 站 110 kV#1、2 主变, 其中性点接地方式及保护方式可采用以下方案:

a. 一台变直接接地运行, 另一台不接地。对于中性点接地的变压器, 采用中性点的零序过电流保护, 动作短时限解列小电厂联络线, 长时限掉主变各侧开关。对于中性点不接地的变压器, 采用零序过电压保护, 动作后, 短时限解列小电源联络线, 长时限掉主变各侧开关。一般不采用以接地变压器的零序过流保护联跳不接地变压器的模式。

b. 两台变均经放电间隙接地运行, 采用间隙零序过电压和零序过电流保护, 保护动作短时限解列小电厂联络线, 长时限掉主变三侧。该方案即能保证系统安全又能减少系统接地故障时的短路电流。

#### 1.3.2 零序保护定值的整定

##### 1.3.2.1 零序过流保护

中性点直接接地变压器的零序过电流保护, 主要为切除母线故障, 同时, 在相邻线路上发生接地故障和变压器内部发生故障时, 尽可能起后备保护作用。其电流定值和动作时限可与 110 kV 电源进线开关的零序电流 III 段 (或 IV 段) 配合。保护不经方向元件闭锁。

##### 1.3.2.2 间隙保护

根据规程规定, 110 kV 间隙保护零序电压可取值为 150~180 V (二次值)<sup>[1]</sup>, 间隙零序电流可取值为 40~100 A (一次值)。时限可取为 0.25 s 解列 35 kV 联络线, 0.5 s 跳主变三侧。

## 2 110 kV、35 kV 并网线路保护及重合闸

### 2.1 线路保护配置

A 站的 110 kV 电源线路 I、II 和 35 kV 联络线, 均为小电厂并网线, 两侧均应配置阻抗保护或带方向闭锁的电流保护。两侧保护方向均指向线路。对于短线路, 还应配置具有全线速动的纵联保护。

### 2.2 线路重合闸配置

110 kV 和 35 kV 并网线宜选用解列重合闸方式, 即当线路发生故障时, 在地方小电厂解列后, 系统侧采用检无压重合闸, 小电厂侧不重合。对于 110 kV 并网线路亦可设置为系统侧检无压, 小电厂侧检同期重合<sup>[1]</sup>。

若并网线路系统侧不能实现检无压, 只能实现无检定的三相一次重合闸, 则当小电厂并网时, 要停用线路两侧的重合闸。

## 3 110 kV 备用电源自投装置

### 3.1 地方小电厂对 110 kV 进线备自投装置的影响

常规的备自投装置多以检母线电压降低同时进线开关无电流为启动判据。当 A 站 110 kV 电源线路 I (或 II) 因故障掉闸后, A 站 110 kV 母线失压, 备自投装置经一定延时启动, 先跳电源进线 I (或 II) 开关, 检查电源进线 I (或 II) 开关在分位后, 发出合闸脉冲, 合上进线 II (或 I) 开关, 恢复供电。但是当 A 站中压侧母线并入小电厂后, 备用电源自投装置的动作可能会受到一定的影响。

(1) 当 110 kV 电源进线发生各种短路故障时, 小电厂能够提供一定量的短路电流, 若小电厂侧保护和解列装置未能迅速可靠动作使之与系统解列, 则备自投装置可能因电流闭锁而拒动。

(2) 由于发电机均装有强行励磁装置, 当系统发生短路故障时造成母线电压降低, 通常在低于额定值的 80%~85% 时, 强励装置动作, 迅速提高母线电压。此时母线电压有可能高于备投装置启动电压, 而使备投装置拒动。

### 3.2 关于备自投装置的改造

(1) 为尽快消除并网小电厂对备自投装置的不良影响, 首先要求并网小电厂装设可靠的保护和解列装置。同时, 还可利用 110 kV 电源进线开关的保护装置来联切小电厂。即当 110 kV 电源线路发生故障时, A 站进线开关保护动作, 跳开本侧开关, 同时

跳开 35 kV 联络线开关, 使小电厂尽快与系统解列。

(2) 另外, 当 110 kV 电源线路故障掉闸时, 为防止在小电厂未能与系统解列的情况下, 备自投装置动作投入备用电源而造成小电厂与系统的非同期并列, 应在备自投装置上增加联切小电厂 35 kV 联络线回路, 要求备自投装置动作后在跳开 110 kV 主供电源进线开关的同时, 跳开 35 kV 联络线开关。

## 4 低频、低压解列装置

### 4.1 解列点的选择

正常情况下, 系统和小电厂同时向终端站 A 供电, 站内功率保持平衡, 频率和电压运行在额定值附近。但当 110 kV 电源线路或 35 kV 联络线发生故障时, 小电厂与系统联络中断。小电厂会带部分负荷孤岛运行, 将出现功率缺额。在有功功率缺乏时, 表现为频率下降; 在无功功率缺乏时, 表现为电压下降。因此, 要选择功率平衡点装设低频低压解列装置, 以保证小电厂的安全运行, 并消除小电厂对系统各方面的不良影响。

一般地, 地方公用电厂根据自己的运行需要, 大多希望与系统解列后, 能自保厂用电; 企业自备厂, 有的希望与系统解列后, 除保厂用电外, 还能自供部分企业重要负荷。针对上述两种需求, 解列点选择在 35 kV 联络线的小电厂侧较合适。

同时, 由于电网管理部门对小电厂的运行存在许多不可控的因素, 因此, 为确保在 A 站 110 kV 系统发生故障时, 小电厂能可靠解列, 必要时, 可在 35 kV 联络线的系统侧 (A 站) 装设低频、低压解列装置, 其动作频率定值和动作时限与小电厂侧取相同值。

### 4.2 低频定值的整定

一方面, 为尽快消除小电厂的消极影响, 同时为防止 110 kV 电源线路故障, 两侧开关跳开后, 小电厂带终端站运行时, 引起 A 站馈电线路的低频减载装置动作, 应保证低频解列装置先于负荷线路的低频减载装置而动作。频率定值应尽量灵敏。另一方面, 应能躲过主系统频率波动, 频率定值不能太灵敏。

综上所述, 根据电网运行经验, 建议定值整定为 48.5~49.0 Hz。为防止暂态误动作, 动作时限取 0.3~1.0 s。

### 4.3 低压定值的整定

按动力负荷的允许临界, 电压取 65%~75% $U_0$ , 也可根据小电源系统无功平衡情况取 70%~80% $U_0$ 。动作时限应与电压动作范围内故障时的快速保护相配合。为确保 A 站其它 35 kV 或 10 kV 线路故障引

起系统电压降低时, 不会造成低压解列装置误动作, 解列时限可按与 A 站其它 35 kV 或 10 kV 线路对全线有灵敏度的保护段 (一般为 II 段) 的时限相配合, 增加一个时间级差  $\Delta t$ , 一般不大于 2 s。

## 5 高频、高压切机装置

### 5.1 装置的配置

在有高压高频出现可能的局部电网内, 地方小电厂应装高频和高压切机装置。装置动作后, 一般跳开发电机出口开关, 有极个别的小电厂根据自己的运行需求, 要求切机装置动作后, 跳开 35 kV 联络线开关。

### 5.2 高频定值的整定

一般地, 地方小电厂的高频切机装置定值可设一段, 其整定值为 51.3~51.6 Hz, 动作时限为 0.2~0.3 s。

为了防止故障情况下或电压回路不正常时误动作, 应设有过电压闭锁, 其整定值为 82~85 V<sup>[2]</sup>。

### 5.3 高压定值的整定

高压切机定值一般按如下整定:

①电压元件: 按躲过正常最高运行电压整定, 即

$$U_{dz} = (1.15 \sim 1.25) U_0^{[2]}$$

②时间元件: 按躲过暂态过电压影响整定, 即

$$T_{dz} = 0.1 \sim 0.15 \text{ s}^{[2]}$$

## 6 结束语

实践证明, 济宁电网在采用上述保护与安全自动装置的配置和定值整定方案后, 较好地消除了地方小电厂并网带来的不利影响, 在发生电网和设备故障时, 从未出现过保护和自动装置误动或拒动而引起事故扩大的情况, 对电网的安全稳定运行发挥了重要作用。

## 参考文献

- [1] DL/T584-1995, 3~110 kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].
- [2] 崔家佩, 孟庆炎, 等. 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算[J].

收稿日期: 2006-12-17; 修回日期: 2007-09-11

作者简介:

王立新 (1967-), 男, 高级工程师, 主要从事电网生产和运行管理工作; E-mail: chenxiaohong719@sohu.com

王彦良 (1967-), 男, 高级工程师, 主要从事电网生产和技术管理工作;

陈晓红 (1968-), 女, 高级工程师, 主要从事电网生产和技术管理工作。