

Analysis of the Neutral Point Grounding Mode in Grid-Connected Photovoltaic Power Station

Kai Wang

Xinjiang Wind Power Engineering Design & Consultation Co., Ltd., Urumqi Xinjiang
Email: wangkai0991@163.com

Received: Dec. 5th, 2015; accepted: Dec. 28th, 2015; published: Dec. 31st, 2015

Copyright © 2015 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Solar energy is a kind of inexhaustible clean energy. It has sufficient cleanliness, adequacy and potential economic security of absolute and relative breadth, really long life and maintenance-free property, resources etc., and plays an important role in the long-term energy strategy. In this paper, the comparison of different neutral point grounding modes of power network is summarized to select the appropriate neutral point grounding for the photovoltaic power station. Taking a photovoltaic power station as an example, neutral grounding resistor is calculated to offer the values for reference value in the future.

Keywords

Grid Connected Photovoltaic Power Station, Power System, Neutral Point Grounding Mode

并网型光伏电站中性点接地方式分析

王 凯

新疆风电工程设计咨询有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐
Email: wangkai0991@163.com

收稿日期: 2015年12月5日; 录用日期: 2015年12月28日; 发布日期: 2015年12月31日

摘要

太阳能是人类取之不尽用之不竭的可再生能源，具有充分的清洁性、绝对的安全性、相对的广泛性、确实的长寿命和免维护性、资源的充足性及潜在的经济性等优点，在长期的能源战略中具有重要地位。本文综述电网中性点不同接地方式的比较，为光伏电站中性点选择合适的接地方式，并以某光伏电站为实例，计算中性点接地电阻值，以供以后的工程参考。

关键词

并网光伏电站，电力系统，中性点接地方式

1. 引言

开发利用新能源和可再生能源是解决中国能源和环境问题的重要措施之一，光伏是可再生能源的重要组成部分。我国太阳能资源丰富，全国大部分地区年日照小时数在 2000 h 以上，年辐照量约为 5900 MJ/m²，太阳能利用条件良好。太阳能利用的主要方式是太阳能光伏发电，即利用太阳能光伏电池的光伏效应将太阳能转换为电能[1]。

随着光伏组件价格的降低，国家对发展清洁能源的重视，并网型光伏电站的建设取得了快速的发展，装机规模也越来越大，由最初的 1 MWp、10 MWp 级别发展到现阶段的 20 MWp、30 MWp、50 MWp、100 MWp 级别。随着装机规模的扩大，电网对光伏电站中性点接地方式也提出了新的要求。

本文对比了电网常用的中性点不同接地方式的，提出了大规模并网型光伏电站的中性点接地方式，以某光伏电站为实例，计算中性点接地电阻值，以期为今后大型并网光伏电站接地电阻计算提供一定的参考。

2. 并网光伏发电系统

光伏发电系统将太阳能转换为电能。根据光伏系统与电网的关系，可以分为独立系统和并网系统。独立于电网的光伏系统，常用在远离电网的偏远地区。并网光伏电站及其接入系统运行特性的研究正逐渐成为光伏发电产业和电力领域共同关心的重要课题之一。在并网系统中，光伏发电系统代替电网给用户提供电力，也把功率馈送回电网。系统通要加入蓄电池，以保证光照不足时能持续提供电能。由于系统受外界因素影响较大，为获得持续的额定功率输出，通常要加上控制器来调节、控制和保护系统。所以，光伏发电系统基本包括光伏电池、变换器、蓄电池、控制器四大部分，如图 1 所示。变换器将系统所发直流电逆变成正弦交流电，并经过连接装置并入电网，控制器控制系统最大功率点、逆变器输出的电压波形和功率等。控制器一般是由单片机或数字信号处理芯片作为核心器件构成[2]-[4]，光伏并网发电系统基本结构示意图如下图：

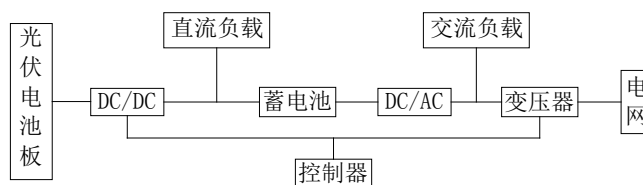


Figure 1. The basic constitute figure of grid connected photovoltaic power station

图 1. 光伏并网发电系统基本组成框图

3. 光伏电站中性点接地方式选择原则

3.1. 中性点接地方式介绍

在电网系统中性点即为变压器、发电机形成的星形绕组公共点，中性点接地方式即为中性点和大地之间的连接方式。中性点运行方式一般可分为有效接地和非有效接地两大类。有效接地方式是指中性点直接接地和经低电阻接地；中性点非有效接地主要分为两种：不接地、经消弧线圈接地。

3.2. 中性点不同接地方式的比较

① 中性点不接地

若三相电源电压呈现为对称，则电源中性点的电位表现为零，但由于架空线路三相排列呈现为不对称，并且各相对地电容也表现为不相等，因此电网中性点表现出位移电压，该值通常不会超出电源电压3%~5%，这给运行带来了较大的影响。

在中性点不接地电网出现单相接地故障的情况下，非故障相对地电压会随之提升到线电压，单相接地电流表现为正常情况时，其为相对低电容电流的3倍左右。

35 kV 配电网单相接地电流超过规定的10 A，就非常容易导致出现不稳定的间歇性接地电弧，致使幅值较高的弧光接地过电压出现。

② 中性点经消弧线圈接地

这种接地方式在出现单相接地故障时，消弧线圈的电感电流可能导致系统对地电容电流进行相应的补偿，使通过故障点的电流变得更小或者接近于零。除此之外，消弧线圈还会导致故障相的恢复电压上升速度减缓。

中性点经消弧线圈接地电网出现故障时，仍然能够继续持续一段时间，有利于提高供电可靠性。中性点经消弧线圈接地电网单相接地电流非常小，其对邻近的信号系统以及通信电路造成的影响较小。通常情况下，中性点经消弧线圈接地系统应当运用补偿方式，脱谐度应当控制在5%~10%之间。

若线路的不对称弧度并不大，尤其是出现断路器非全相动作或者出现线路两相、单相断线的情况时，在特定条件下非常容易导致串联谐振，需要进行防止。

③ 中性点直接接地

中性点直接接地的系统属于较大电流接地系统，一般通过接地点的电流较大，可能会烧坏电气设备。发生故障后，继电保护会立即动作，使开关跳闸，消除故障。目前我国110 kV以上系统大都采用中性点直接接地。

④ 中性点经电阻接地

中性点经由电阻接地，就是经由系统中性点接入相应的电阻，并与这个电阻形成并联回路。

中性点经由电阻接地，可将其简化为继电保护，其在检测接地故障线路中非常方便，通常依靠零序电流保护将单相接地故障迅速切除，过电压较低有利于降低绝缘水平及投资。但较大的电流流经故障点，将使接触电压和跨步电压显著升高，对人身及设备造成威胁。因此，为保证供电可靠及安全，需装设自动重合闸，为瞬时性故障立即恢复供电[5]。

3.3. 光伏电站中性点接地方式选择原则

① 电气设备和绝缘水平

和配电网中性点接地方式一样，光伏电站交流系统(指光伏电站10 kV, 35 kV交流系统)中性点接地方式的选择是一项重大的技术决策，它不仅涉及到系统本身的安全可靠性、过电压绝缘水平的选择，而

且对通讯干扰、人身安全有重要影响。

光伏电站交流系统中电力设备和配电网差异不大，主要为电缆、负载，变压器等。确定中性点接地方式应主要限制系统中可能产生的过电压，尤其是工频过电压，以防止发生绝缘击穿或由单相接地发展成多相短路的现象。

对于 6~10 kV 的架空线路电网，运用中性点直接接地方式可使绝缘水平得到有效降低，但经济意义并不明显；对于电缆网络，若运用中性点有效接地方式，其电缆绝缘水平会出现明显下降，工程造价也会有较为显著的改变[6]。

② 继电保护工作的可靠性

中性点不接地或者经消弧线圈接地等方式接地保护较为困难。而在中性点有效接地电网中，实现接地保护相对更为容易。

为充分接受太阳能资源，光伏电站内汇集系统多采用直埋电缆方式，造成光伏电站交流系统中的电力设备耐热能力相对较低，因此应限制单相接地时的故障电流幅值，以防止发生烧损；同时，对发生不可恢复性故障的设备应尽快将其退出运行，防止设备损坏或故障扩大。

根据光伏电站设计规范(GB50797-2012)，场内电缆汇集线发生单相接地后，如不快速切除，容易演变为三相短路，加剧事故程度，导致并网点电压大幅跌落，使光伏电站低电压穿越失败，进而脱网。根据西北电监办[2011]165号《西北区域并网光伏电站管理暂行规定》要求：“光伏电站 10 kV~35 kV 馈线发生单相接地故障时，须可靠、快速切除故障”。

因此，为提高光伏电站运行水平，快速且故障回来，减少电量损失，光伏电站内汇集线单相接地故障时应具备快速切除的能力，光伏电站汇集线系统多采用接地电阻接地。

4. 实例计算分析

4.1. 光伏发电站建设方案

1) 光伏电站建设方案

某光伏电站计划安装容量为 100 MWp，全部采用 305 Wp 多晶硅电池组件，电站共设 100 个 1 MWp 的子方阵。每 500 kWp 太阳能电池经一台一体化 500 kW 逆变器构成一个光伏发电单元，每个光伏发电单元经 500 kW 逆变器将直流电转换为低压交流电(0.315 kV)，一体化逆变器两个光伏发电单元经 1 台 1000 kVA 双分裂绕组升压变压器将逆变器输出交流电压升至 35 kV。每 10 台双分裂箱式变在高压侧并联为并联为一个联合进线单元，共计 10 回电源汇集线，分别经电缆接入 110 kV 升压站 35 kV 母线侧。然后再通过 1 回 110 kV 线路接入公用电网。

2) 站内电缆线路

逆变器与 35 kV 箱式变低压连接采用 1 kV 电力电缆连接，每台逆变器采用 3 根 YJV-3 × 185 mm² 的低压电缆并联后与箱式变连接。

35 kV 集电线路采用直埋电缆敷设，每 10 回并联为 1 回，共计 10 回汇集线路，引入 35 kV 配电室，集电线路采用 ZR-YJV22-3 × 70 mm²、R-YJV22-3 × 95 mm²、ZR-YJV22-3 × 120 mm² 等型号 35kV 直埋电缆。

箱变至 35 kV 配电室之间的汇集电缆总长约 23.2 km。

4.2. 中性点经小电阻接地计算

1) 单相接地电容电流

本工程电缆线路单相接地电容电流为：

$$I_C = 0.1U_e \times l = 81.2 \text{ A}$$

按经验值，升压站增加的接地电容电流在 35 kV 电压等级约为 13%，即：

$$I_{C\Sigma} = I_C \times (1+13\%) = 91.7 \text{ A}$$

2) 中性点小电阻计算

在选择中性点接地电阻 R_n 时，要保证每条线路的零序保护都有足够的灵敏系数。线路的零序保护动作电流是按躲过本线路的对地电容电流进行整定的。即：零序电流保护动作电流：

$$I_{dz} = K_k \cdot I_C$$

其中 K_k 为可靠系数，它的大小与保护的動作时间有关，为保护为瞬时动作，则为防止接地电容电流的暂态分量使保护误动作，一般取为 4~5。

为了保证发生单相接地故障时，零序保护能可靠动作，快速切除故障，建议流经接地电阻最小接地电流取为 370 A。

接地电阻阻值为：

$$R_n = U_e \times 10^3 / (\sqrt{3}I_{dz}) = 54.6 \Omega$$

因此，本光伏电站 110 kV 升压站的 35 kV 侧采用经小电阻接地方式，即主变 35 kV 侧母线规划装设一组接地电阻，经测算，接地电阻选择为 55 Ω ，接地变容量选择为 750 kVA，若选择与所用变一体的接地变压器，还需加上所用电负荷容量。

5. 结论

本文对比了电网中性点不同接地方式，根据光伏电站的特点，提出了光伏并网发电系统中性点接地方式的选择原则，并以某 100 MWp 光伏电站为实例计算中性点小电阻值，并对选择的小电阻值和接地变压器容量进行了分析。光伏电站升压变压器中性点采用小电阻接地系统，能够保证发生单相接地故障时迅速切除故障，避免故障范围化，保障光伏电站及电力系统稳定、安全运行。

参考文献 (References)

- [1] 曹志怀. 并网型太阳能光伏发电系统研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2012.
- [2] 赵杰. 光伏发电并网系统的相关技术研究[D]. 天津: 天津大学, 2012.
- [3] 赵为. 太阳能光伏并网发电系统的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2003.
- [4] 姜茜. 太阳能发电的发展与展望[J]. 东方电机, 2002(2).
- [5] 王涛. 变电站 10 kV 接地方式的选择[J]. 自动化应用, 2015(2).
- [6] 马春兰. 大型并网光伏发电系统方案设计探讨[J]. 水电与新能源, 2015(1).