

大型发电机组同期回路的设计 及防止非同期、误上电事故的应用分析

孙浩波

(汕尾发电厂, 广东 汕尾 516623)

摘要: 研究了发电机非同期并网的问题。引起发电机非同期的原因一般有同期回路的设计不当、同期回路调试方法不正确、同期装置参数设置错误。通过以上几个方面的分析, 提出几个避免发电机并网过程中容易引起非同期事故等值得高度重视的几个问题及解决处理方案, 并对发电机非同期及误上电并网后相关保护配置进行了探讨, 达到有效地减少发电机组的非同期事故的发生及减少对发电机的损害的目的。

关键词: 自动准同期; 发电机组; 非同期并列; 误上电; 同期闭锁继电器; 冲击

Technical analysis of non-synchronous tie and inadvertent energization of large generator and design of synchronous circuit

SUN Hao-bo

(Shanwei Power Plant, Shanwei 516623, China)

Abstract: This paper studies the issue about non-synchronous tie of the large generator. The reasons caused non-synchronous tie of generators generally include poorly designed circuit, incorrect circuit debug method and incorrect parameter's setting of synchronizing device. Through the above analysis of several aspects, the paper puts forward several important problems that cause non-synchronous accident during the course of the synchronism. And it works out a practical scheme to reduce the non-synchronous accident of the generator efficaciously. At last, the relay protection configuration of the non-synchronous tie and inadvertent energization is discussed to decrease the damage of the generator.

Key words: automatic quasi-synchronization; generator; non-synchronous tie; inadvertent energization; synchronism check relay; concussion

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)07-0109-03

0 引言

发电机并网无疑是发电厂的一项事关重大的操作, 它直接涉及到系统运行的稳定及发电机组的安全。

发电机并网方式分为准同期并列和自同期并列。准同期并列是指发电机在并列合闸前已投入励磁, 当发电机电压的频率、相位、大小分别和并列点处的系统侧电压的频率、相位、大小接近相同时, 将发电机断路器合闸。自同期是先将未励磁、接近同步转速的发电机投入系统, 然后给发电机加上励磁, 利用原动机转矩、同步转矩把发电机拖入同步。自同期并列过程短, 操作简单, 但是由于自同期并列时, 发电机未经励磁, 需要从系统中吸收很大的

无功电流而导致系统电压降低, 同时合闸时的冲击电流较大, 所以自同期方式仅在系统中的小容量发电机上采用。对大中容量的发电机的同期均采用准同期并列。准同期又分为手动准同期、自动准同期, 手动准同期指发电机的频率调整、电压调整、并列合闸操作由运行人员手动进行, 只是在控制回路中装设了非同期合闸的闭锁装置(同期闭锁继电器), 用以防止由于运行人员误发合闸脉冲造成的非同期合闸。自动准同期指由同期装置自动进行发电机的频率调整、电压调整、并列合闸。

《火力发电厂、变电站二次接线设计规程》中规定发电厂的单元控制室每台机组宜设一套自动准同期装置; 同时, 也可设一套带有闭锁的手动同步装置。

手动同步时，没有自动选择时机的功能，当频差很大时由 TJJ 闭锁继电器触点提供的合闸回路的接通时间非常短，合闸时机很难把握，所以对操作人员的要求较高，经常出现操作人员多次合闸不成功的事件。因此，闭锁继电器必须有一定的角度（一般设 $\pm 20^\circ$ 的角差）保证手动合闸有一定的时间。同时合闸时机随意性大。当频差很小时，只要操作人员合闸瞬间在同期闭锁装置的允许范围之内，断路器就能合闸。但断路器由于有机械和电气传动延时和断路器的固有合闸时间，很可能断路器在合闸时实际上已经不在并列操作的允许范围之内，从而造成非同期合闸，对断路器、发电机以及电力系统造成冲击。因此，对大容量机组一般设计只选用自动准同期。

1 非同期并网的原因分析及预防

自动准同期装置的采用，极大地提高了发电机并网时的自动化水平和并网的质量，但如果设计不合理或设备选型不当，很有可能引发发电机非同期事故，而发电机的非同期并网不仅会引起发电机定子、转子过电流损坏发电机定子和转子，而且会造成发电机组轴系产生扭曲事故，现在的自动准同期装置本身早已采用微机化，在调压、调频功能和频差、压差、相角差的判断已实现的非常准确，而且应用的已非常成熟。下面就如何优化同期回路的设计以有效防止非同期事故的发生进行一些分析，以供设计及运行维护单位借鉴。

1.1 同期电压的选择

两侧同期电压选用线电压以防止并网时电压差引起的并网冲击。发电机中性点一般都采用中性点不接地系统，因此在发电机侧的同期电压应选用线电压，因为相电压与三相的绝缘及对地电容量有很大的关系，正常时发电机三相对地电容量相差不大，中性点电压为零，发电机三相相电压相等，如某一相绝缘低时，发电机的中性点电压会发生漂移，三相相电压不同，但线电压保持不变。如果在发电机侧采用相电压作为同期电压，在发电机同期时会引起很大的冲击。

1.2 防止同期装置两侧电压接错相引起的非同期合闸

一般自动准同期合闸回路典型设计（如图 1：不正确的同期回路），同期装置的电压取自并列开关两侧的 PT 的二次电压回路，如果在检修中误将二次电压接错，必然引起二次系统与一次系统相差一定的角度，从而引起发电机非同期事故。为此，在合闸回路中应串入同期闭锁继电器，并且将该继电器的电压与同期装置的电压选用不同的 PT（如图 2：优化后的

同期回路），这样任一个电压回路接错线，同期装置与闭锁继电器出现不同步，发电机就不能并网，就可以避免由于电压回路接线错误引起的非同期合闸。

1.3 及时进行同期回路核相试验

同期回路在机组投产时或电压回路有变化时，应及时进行同期回路的核相工作，以防止非同期事故的发生。核相的原理是在同期的两个 PT 一次侧加相同的电压，确定同期 PT 二次电压进入同期装置和同期闭锁继电器的相位关系正确性。

1.4 发电机同期并列点的选择

如果发电机出口有断路器并且变压器高压侧也有断路器，发电机的同期并列点最好选在变压器高压侧，这样，即使发生了非同期，非同期电流为两侧电压差与发电机、变压器、系统阻抗三者之和的比值，短路电流小很多，对发电机和变压器的冲击、损坏程度相应的也轻微。如同期点选择在发电机出口断路器处，发生非同期时，对发电机的冲击电流为两侧电压差与发电机阻抗的比值，对变压器的冲击电流为两侧电压差与变压器、系统阻抗二者之和的比值。

大型机组升压站一般以 3/2 接线为主的机组，如果同期电压选择在主变高压侧，在发电机未并网前，同期开关在合环时，可以很方便地检查发电机同期开关两侧二次电压回路接线的正确性。而同期点在发电机出口断路器时，由于并网前两侧的一次电压相角差本身随着两侧的频差而脉动变化，难以对两侧二次电压回路进行核相。同期点在发电机出口断路器处时，如需核相，有两种方法：断开主变高压侧刀闸，发电机带主变进行零起升压或解开发电机出口与封闭母线的软连接，合上发电机出口断路器，由系统对主变和发电机出口断路器进行反送电以进行核相。而这两种核相操作都比较复杂。

1.5 其他防止非同期事故的措施

为防止跳闸位置继电器线圈短路后引起开关非同期合闸，开关合闸回路中的跳闸位置继电器应予以取消。为了避免在机组检修时发生误上电事故，在合闸回路中串入一合闸压板，该合闸压板在同期装置检修时退出，防止误合开关。为了防止开关非同期合闸，应将开关的同期合闸回路与 DCS、ECS、就在合闸回路分开，在这些回路中应串有合闸压板，在同期合闸过程中，为防止非同期事故发生，应退出这些回路中合闸压板只投入同期合闸压板。

2 非同期合闸和误启动后的保护配置

为了防止发电机非同期合闸或误启动对机组的损坏，应配置有完善的发电机突加电压保护和断路器断口闪络保护，以尽快切除故障，将对发电机组

的伤害降到最小。

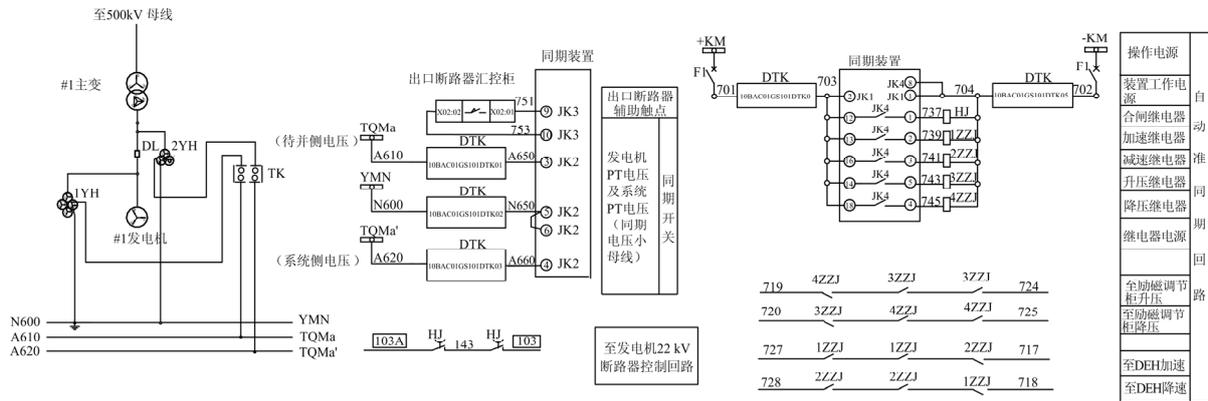


图 1 不正确的同期回路

Fig.1 Inappropriate design of synchronous circuit

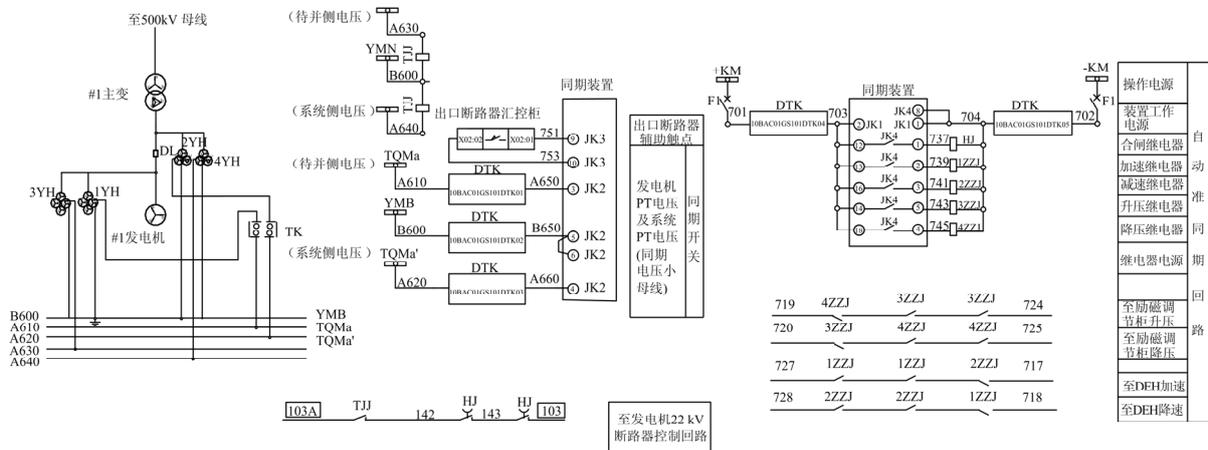


图 2 优化后的同期回路

Fig.2 Optimized design of synchronous circuit

2.1 发电机的突加电压保护

发电机突加电压分以下两种情况。

(1) 发电机在盘车、转子静止或在启动过程中，突然并入电网的突加电压。

发电机在盘车或转子静止过程中，由于出口断路器误合闸，突然加上三相电压，其电抗 x_d'' 在启动过程中基本不变。计及升压变压器的电抗 x_l 和系统联接电抗 x_s ，并且在 x_s 较小时，流过发电机定子绕组的电流可达 3~4 倍额定值。定子电流所建立的旋转磁场，将在转子中产生差频电流（频率在变），如果不及时切除电源，流过电流的持续时间过长，则在转子上产生的热效应将超过允许值，引起转子过热而遭到损坏。此外，突然加速还可能因润滑油压低而使轴瓦遭受损坏。

发电机在启动过程中，有了一定的转速或在额定转速下升压过程中，由于出口断路器误合闸，突

然加上三相电压，此时流过发电机定子绕组的电流会相应的减小。

以上情况的发电机突加电压特点是发电机未给电压或电压低，采用电流型突加电压保护。为了提高保护的灵敏度，增加一个低电压判据，低电压值取 80% 额定电压，当发电机升压至 80% 额定电压时，可认为发电机即将并网，此时电流型突加电压保护退出，而自动投入阻抗型突加电压保护。

(2) 发电机在并网前或解列后，此时断路器在分闸状态，励磁开关在合闸状态，机端电压超过 80% 额定电压值，由于某种原因非同期合闸的突加电压。这种情况采用阻抗型突加电压保护，阻抗元件按在正常同期并网瞬间躲过 30% 额定负荷对应的阻抗整定。因此，误上电保护的逻辑如图 3。

(下转第 131 页 continued on page 131)

的厂家, 均没有检测中性线断路的功能。

通过这次事故, 用户和母线差动保护设备生产厂家, 必须充分认识到中性线断线的潜在危害性, 加强母差保护的生产、运行维护的技术工作, 制定相应措施并严格落实, 以防范类似事故的发生, 保证动作的灵敏性、可靠性, 提高电力系统的稳定性。

4 防范措施

(1) 举一反三, 全面检查母差保护各电流回路的接线是否存在类似问题, 以消除事故隐患。

(2) 众所周知, 母差保护投入运行很难停下来检修, 加强对母差保护二次回路定期检查, 不但要查看显示的数据是否正常, 还有重点检查二次线是否有开路、虚接的现象, 在运行时进行细致的检测,

必要时停运母差保护装置进行检修。

(3) 母差保护比其他保护具有更高的安全性, 建议生产厂家研发检测技术, 在中性线断路时能够及时报警, 提醒维护人员马上处理, 杜绝区外故障引发母线差动保护误动作。

收稿日期: 2009-12-14; 修回日期: 2010-02-09

作者简介:

杨卫东 (1960-), 男, 本科, 工程师, 从事电力企业管理工作;

金东海 (1964-), 男, 本科, 工程师, 从事电力企业管理工作;

王新究 (1967-), 男, 本科, 工程师, 从事电力系统继电保护工作。E-mail: 13832759530@139.com

(上接第 111 页 continued from page 111)

误上电保护在发电机并网后自动退出运行, 解列后自动投入运行。但为了防止保护在并网后可能的误动, 在并网后退出该保护压板, 在解列前投入该压板。

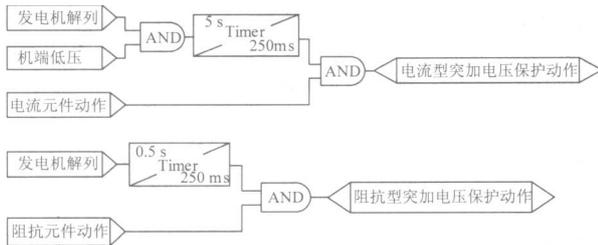


图 3 误上电保护的逻辑

Fig.3 Protection logic of inadvertent energization

2.2 发电机断路器的断口闪络保护

接在 220 kV 及以上电压系统中的大型发电机—变压器组, 在进行并列过程中, 断路器合闸之前, 作用于断口上的电压, 随待并发电机与系统待效电源电动势之间角度差的变化而不断变化, 当角度差为 180° 时, 其值最大, 为两者电动势之和。当两电动势相等时, 则有两倍的运行电压作用于断口上, 有时要造成断口闪络事故。发电机刚退出运行之后也可能发生此事故。

断口闪络给断路器本身造成损坏, 并且可能由此引起事故扩大, 破坏系统的稳定运行, 此外, 闪

络一般是一相或两相闪络, 一是要产生冲击转矩作用于发电机上, 二是要产生负序电流, 在转子上引起附加损耗, 威胁发电机的安全。为尽快排除断口闪络故障, 在大机组上可装设断口闪络保护。

为了防止非同期合闸后开关发生多次重合闸, 同期合闸继电器应采用快速返回的继电器, 确保合闸脉冲只能合闸一次, 同时在同期开关合闸回路必须具备开关防跳跃功能。

3 结束语

同期装置是发电厂的重要自动装置, 其直接影响着发电机的安全与寿命, 这种冲击的累积将会给发电机造成致命的伤害。因此必须重视发电机同期回路的设计、试验, 确保不发生非同期事故。同时必须重视发电机非同期保护, 以将损失降到最小。

参考文献

- [1] DL/T 5136—2001, 火力发电厂、变电站二次接线设计规程[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [2] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.

收稿日期: 2009-05-11; 修回日期: 2009-07-22

作者简介:

孙浩波 (1970-), 男, 工程硕士, 高级工程师, 从事继电保护工作。E-mail: ydsw_shb@163.com