

发电厂励磁限制与发变组保护配合探究

程文泽

甘肃电投武威热电有限责任公司 甘肃武威 733000

摘 要：发变组保护与励磁系统是发电厂继电保护中重要的一部分，同时也是继电保护整定计算的重点、难点所在。发变组保护与励磁系统限制的合理配合、整定，关系到机组、电网的安全稳定，同时也是网源协调参数核查中的重要部分。通过对本厂继电保护的整定计算，分析阐述了发电机失磁保护与励磁系统低励限制、发电机转子过负荷保护与励磁系统强励限制、发变组过激磁保护与励磁系统伏赫兹限制、发电机定子绕组过负荷保护与励磁系统定子过电流限制的配合关系，对其它发电企业的网源协调参数核查、励磁和发变组保护装置的整定计算、配合、校核有着较好的参考意义。

关键词：励磁系统；发变组；配合

引言

目前，绝大多数发电设施广泛采用了微机化保护技术，这对于发电机与变压器的保护至关重要。在自动化控制系统中，励磁系统与发变组保护是两个核心环节，它们的良好运行对确保整个系统的稳定性和可靠性非常关键。一旦这两个系统的协调出现问题，不仅可能导致发电机组的重大损坏，还可能威胁到整个电网的稳定供电。因此，对发电厂中励磁系统的限制与发变组保护的配合进行深入研究，可以显著降低事故发生的风险，并有效保障电网的稳定供电。此类研究不仅有助于提升发电设施的安全性，还有助于优化电网运行的整体效率。

一、励磁限制的概念

在发电机组运行过程中，可能会因励磁系统的异常（如故障、转子回路短路、灭磁开关错误动作等）导致励磁电流突然下降。这种下降会使得发电机的感应电势 E_d 减少，电磁转矩低于原动机转矩，从而导致转子速度增加和功角增大。当功角超过静稳极限功角时，发电机将进入不稳定状态，甚至可能异步运行。在这种情况下，失磁保护将根据机端的测量阻抗进行响应，测量阻抗的轨迹会从等有功阻抗圆超过静稳边界阻抗圆，并最终达到异步阻抗圆。为了防止这种情况，励磁系统的低励限制功能非常关键，它通过设定阈值限制励磁电流的下降，或者在必要时提高励磁电流，以确保发电机组在各种操作条件下都不会超越静稳极限，从而维持发电机的稳定运行。通过这种方式，不仅保护了发电机组免受严重损

害，还保障了整个电力系统的稳定性和可靠性。这种探究对于优化发电设施的运行安全与效率具有重要意义。

二、励磁限制的作用

在发电厂的自动化控制系统中，励磁限制的作用至关重要，它确保发电机组在各种操作状态下保持稳定运行。励磁系统的主要任务是控制发电机的励磁电流，以维持适当的感应电势和电磁转矩。当发电机遇到诸如励磁故障、转子短路或其他系统异常时，励磁电流可能会突然下降，导致电机进入不稳定状态，甚至异步运行。励磁限制通过动态监测并调节励磁电流，防止电流下降到危险水平，从而避免功角过大导致的失稳。具体来说，励磁限制能够在电流异常下降时自动介入，通过提升或维持励磁电流在安全范围内，保证发电机的电磁转矩足以对抗任何可能的动力不平衡，维护系统的稳定性。这一机制不仅增强了发电机组的抗干扰能力，还显著提升了整个电网的可靠性和安全性，是现代发电厂关键的保护措施之一。

三、励磁限制和发变组保护的配合研究

1. 励磁系统低励磁限制与发变组失磁保护配合

在现代发电厂的运行过程中，励磁系统的低励限制与发变组的失磁保护策略发挥着至关重要的协同作用。这种协同主要是为了防止在诸如转子回路短路、励磁系统故障或误操作灭磁开关等异常事件发生时，发电机组因励磁电流的急剧下降而导致的不稳定运行。在这些情况下，发电机的感应电势 E_d 将因励磁电流减少而下降，电磁转矩变小，从而导致转子加速和功角 δ 的增大。如

果功角超过了静态稳定极限角，发电机与系统的同步将被打破。为了避免这种不稳定状态，励磁系统的低励限制功能被设计用来干预，限制励磁电流的下降或在需要时增加励磁电流，确保电磁转矩能够维持在足以对抗任何动力失衡的水平。此外，这一限制措施还可以调节无功功率，防止因深度进相运行而引起的系统不稳定。具体来说，当无功功率低于有功功率和电压水平相对应的无功限制值时，系统将延迟低励限制的激活，发出减磁禁止信号，并调整无功功率，使其与设定的无功限制值相匹配。此外，励磁系统的低励限制在其动作机制上与发变组失磁保护高度一致，都是基于测量的阻抗特性来判断和响应。在整定计算时，失磁保护的定值必须设定在励磁限制之上，并留有适当的安全裕度，以避免误动作的发生。这种高度一致的配合确保了在励磁系统不能阻止问题进一步恶化时，失磁保护能及时介入并导致机组停机，从而保护系统安全。实际操作中，低励限制的参数设定通常基于进相试验和临界进相深度的测量数据。通过详细记录发电机在试验中的进相深度、有功功率和机端电压，可以精确计算额定电压下的临界进相深度曲线。这条曲线将作为低励限制的整定基准，预留出适当的裕度，以确保系统的静态稳定性。低励限制曲线的下限通常设定在发电机标称无功状态的约10%，同时静态系统的裕度被控制在10%至20%之间，误差值控制在5%至10%以内，确保系统在极端条件下仍能维持稳定。通过这种精细的设定和配合，励磁系统的低励限制与发变组失磁保护能够有效地协同工作，确保发电机即使在极端条件下也能保持稳定，保障整个电力系统的稳定性和可靠性。这种配合的重要性在于它不仅提高了设备的可靠性，还有助于防止因设备失稳引发的更广泛的电网问题。

2. 励磁系统过励磁限制与发变组转子过负荷保护配合

在发电厂的自动化系统中，励磁系统的过励磁限制与发变组转子过负荷保护的协调是确保设备安全与效率的关键。这种协调工作确保在发电机组遭遇故障，如转子绕组过电流等情况下，能及时有效地响应。励磁系统的过励磁限制在此过程中起着至关重要的作用，当发现电流超过规定时间限制时，它能够迅速介入，通过增加励磁限制，将励磁电流强制降至额定值以下，从而预防因过电流导致的转子过热或其他潜在损害。如果励磁系统的调节功能未能足够抑制故障状态的发展，那么发变组的转子过负荷保护将介入，根据具体的机组容量，这

可能触发警告信号或直接进行断路操作。对于大容量机组，特别是那些超过300MW的，保护措施通常采用定时限和反时限的结合来实施。定时限保护设置在励磁系统的最大强励倍数（通常是2到2.2倍）之间，如果励磁电流达到这一阈值并持续超过预设的时间，则触发断路操作以停机保护。反时限保护则是根据发电机转子过电流的特性来设定，其启动值一般比励磁系统的强励反时限稍高，确保在励磁系统反应之前有足够的响应时间来保护设备。此外，《隐形同步发电机技术要求》中明确规定了转子磁场绕组的过电流能力应在10至120秒之间，同时转子绕组的温度必须能够承受超过额定负载的高温。这意味着设计和保护措施必须考虑到转子绕组可能经历的过电流次数在一年内不超过两次。为实现这一目标，励磁系统的过励磁限制和发变组保护的协调非常关键。它们不仅需要在整定值和动作原理上保持一致，还要通过实时监测转子的温度和电流状态来动态调整响应策略。例如，使用南瑞电控NES-5100励磁调节器和NCR-985GRCS-985G的转子过载保护关系，可以通过励磁系统的强励激励限制来实现这种动态协调，其中包括设置励磁电流的起始值和持续时间，以及热容计算，这些都是确保发电机安全运行不可或缺的措施。这种精细的协调策略不仅有助于避免重大故障，还有助于维持发电机组的高效率和长期稳定性，是现代发电厂在面临复杂电网条件和变化多端的运行环境时不可或缺的一部分。通过这种技术和管理上的创新，可以显著提高电力系统的整体安全性和可靠性。

3. 励磁系统定子过电流限制与发变组定子过负荷保护的配合

在发电机组中，励磁系统定子过电流限制与发变组定子过负荷保护的配合是至关重要的，主要目的在于有效管理和控制发电机定子绕组的电流，以防过度发热和潜在的损害。这种管理不仅有助于防止因电流过大而导致的设备损坏，也确保了发电机的运行效率和稳定性。首先，设定定子过电流限制是为了防止定子绕组由于电流过高而过热。这种措施通过限制电流的最大值，确保绕组不会达到损伤的温度。其次，合理设定的电流限制还可以使发电机转子绕组的过负荷能力得到充分利用，这是因为过负荷能力可以在不影响机组安全的前提下，最大化发电机的输出性能。在具体的操作中，当发电机的有功输出增加，定子电流自然会随之增加。在有功率率稳定的情况下，发电机无论是滞相无功还是进相无功

的增加都会导致定子电流的增加。在滞相区,定子电流限制一旦启动,励磁电流就会减小,而在进相区,定子电流限制启动后,励磁电流则会相应增加。为避免在无功输出接近零的情况下的振荡问题,需要通过设置无功死区并适时通知中控室或DCS系统来减少有功负荷,从而稳定电网和机组运行。定子电流限制器在发电机输出功率超过额定值时发挥关键作用。一旦超出这一限制,发电机的主要约束因素便是定子电流。在参数设定时,必须确保定子过电流限制不会妨碍发电机的强励功能正常工作,同时也不能限制机组在动态条件下的过负荷能力。尤其需要关注的是,在高功率因素运行时定子过电流限制的动作稳定性,以防止在进相和滞相状态下发电机无功输出的振荡。因此,确立励磁系统定子过电流限制与发变组定子过负荷保护的优先级和序列至关重要。励磁系统的定子过电流限制应优先启动,以尽早防止电流异常引起的问题。当励磁系统的限制措施无法有效控制异常时,发变组的定子过负荷保护应随后介入,以保护设备免受进一步损害。这种层次分明的保护策略是确保发电机组长期稳定运行的关键,对于维护整个电力系统的可靠性和安全性具有重要意义。

4. 励磁系统V/F限制与发变组过激磁保护的配合

在发电厂中,励磁系统的V/F限制与发变组过激磁保护的协调是至关重要的,这种协调确保了发电机和主变压器在过激磁状态下的安全运行。V/F限制主要是通过设定电压与频率的比值来防止设备过激磁,其设定值通常需要低于发变组的过激磁保护阈值,以确保在激磁过强时先行介入,预防损害的发生。为了实现这一点,V/F限制通常采用多点折线或函数形式来表达,以便能够精确地匹配发电机和变压器的过激磁特性,同时与相应的继电保护逻辑曲线正确配合。这种方法的设计允许V/F限制灵活应对不同的操作条件,确保在各种负荷和系统频率变动下的设备保护。在励磁系统的V/F限制功能出现故障时,与发变组过激磁保护的配合变得尤为关键。首先,必须确保调节器的主通道在识别到故障并进行通道切换之前,有足够的时间进行限制控制。其次,备用通道也需要有足够的调节时间裕度,以确保在主通道失效时能够迅速接管,继续提供保护功能。此外,设计这

一保护逻辑时需要综合考虑发电机的运行控制特性和发变组保护的逻辑定值。这包括对低过激磁和高过激磁段的时间延时做出合理的调整,确保在不同的操作场景下都能够提供充分的保护。特别是在高过激磁段,延时时间可能非常短,这要求系统的响应速度必须足够快,以避免过激磁对设备造成实际损害。综上所述,励磁系统的V/F限制与发变组过激磁保护之间的紧密配合不仅关系到设备的即时保护,也关系到整个发电系统的稳定运行。这种配合通过精确的参数设定和灵活的控制策略,确保了在面对不同电网条件和内部故障时,能够有效地保护发电机和变压器不受过激磁的影响。此外,这种系统的设计也需要兼顾操作的实用性和故障时的可靠性,确保电厂在各种情况下都能安全有效地运行。

结束语

通过详尽的分析,我们认识到励磁系统与发变组之间的相互作用极为重要。在进行整定计算时,必须细致地考虑到励磁系统的限制功能与发变组保护之间的层次配合。遵循“励磁系统优先行动,发变组保护随后介入”的原则至关重要,这样可以确保在系统发生故障时,励磁系统的限制措施能够首先发挥作用,防止因发变组过早介入而导致的保护跳闸,从而避免对电力系统造成不必要的冲击,保障电力系统的安全与稳定运行。这种策略的实施,对于提升系统的整体安全性和稳定性具有重要意义。

参考文献

- [1] 马建胜,赵新定.发变组保护与励磁系统限制及保护功能配合[J].智能电网,2014,2(4):54-56.
- [2] 乔丽鹏.励磁系统限制器与发变组保护定值的配合问题研究[J].企业技术开发,2012,31(20):126-127.
- [3] 高春如.大型发电机组继电保护整定计算与运行技术[M].北京:中国电力出版社,2009.
- [4] 姚子麟.发电机进相运行对失磁保护的影响[J].浙江电力,2008,17(6):41-43.
- [5] 许正亚.电力系统安全自动装置[M].北京:中国水利水电出版社,2009.