

[电网电流]

电网短路电流水平控制措施

文/广东电网公司电网规划研究中心 程 苒 李 峰
广东电网公司电力调度控制中心 黎 可

寻找合理的短路电流水平控制措施成为了现阶段电力系统的一个重要课题。在对短路电流影响因素和特点进行介绍的基础上，引出短路电流控制的关键点和行业标准，并分别从运行、规划两个层面对各类短路电流控制措施进行了详细的分析和论述。

随着我国电网的不断发展，发电规模的扩大、电源容量的快速增长和主网结构的日益复杂也伴随着短路电流的逐年攀升。短路电流指电力系统在规定的运行方式下，关注点发生短路时的电流，是电力系统设计中的一个重要参数值。短路电流的上升标志着电力系统互相联系紧密程度和稳定性的提高，但短路电流水平超标会对电网造成严重危害，如增加系统运行管理难度，系统发生故障时造成连锁反应，引发大面积停电等。因此，如何经济、有效地控制短路电流，已成为电网系统规划发展和运行面临的重要问题。

短路电流影响因素及特点

电网短路电流的影响因素主要包括：①电源布局及其地理位置，尤其是大容量发电厂与负荷中心的电气距离；②发电厂规模、单机容量、接入系统电压等级及主接线方式；③电网结构紧密程度及电磁环网构成情况；④变电站变电容量及中性点接地方式；⑤电力系统运行方式。

根据经验，当变电站有超过三台主变压器时，易出现短路电流超标，短路电流超标常首先出现在500 kV站220 kV侧，一般单相短路值高于三相短路值。

短路电流控制措施

短路电流控制的关键点是提高故障点的系统等值阻抗，即增加电气距离。现阶段短路电流水平的控制标准主要以断路器遮断电流为准：一般情况下500 kV断路器为63 kA，220 kV断路器为50 kA，并留出2 kA裕度。限制短路电流的措施可分为运行和规划两个层面。

1. 运行措施

(1) 线路、主变压器备用

在系统可靠性不受严重影响的情况下，调整电网运行方式，如将一些线路、主变压器停备，可以增大电网电气距离，即增加提高故障点的系统等值阻抗，从而在一定程度上使短路电流水平得到有效控制。该措施虽然操作便捷，但是却会在一定程度上削弱系统间的电气联系，降低电网运行的灵活性和可靠性。因此，在实际运用中，应经过详细的理论分析和电气计算后再行判断。

(2) 母线分裂运行

母线分裂是现阶段较为常用的限流措施。断开母联断路器，将母线分裂运行，可以增加系统阻抗，从而有效降低短路电流。该措施实施方便，效果较为显著，但是有些情况下，母线分裂会使电网结构薄弱，增加系统运行风险，并在某些方面对线路运行和故障处理的灵活性造成限

制,故需要进行统筹考虑。目前,在实际生产中该措施应用较为普遍。

(3) 线路出串运行

在电网原有结构的基础上,通过断路器的分合,使某些线路出串运行。这种方式可以在一定程度上改变电网结构,当该措施使用合理时,能够在减小短路电流的同时,兼顾潮流运行的可靠性,故而在限制500 kV电网的短路电流超标问题中得到了广泛应用。

(4) 电磁环网解环

不同电压等级线路、站点连接所构成的电磁环网不仅会造成系统潮流分布不易控制、继电保护配置困难以及故障发生后容易造成事故扩大,也是短路电流增大的一个重要原因。对于环形电网,可以合理设置解环点,将电网解环运行,对低压电网的短路电流进行控制。此时需要根据一次电网解环情况,合理设置二次系统中的继电保护装置和安稳装置,保证电网运行的稳定性。

(5) 分层分区运行

在电力系统主网联系加强后,将次级电网解环,使电网分层分区运行,是控制短路电流水平的一种直接且有效的方法。现阶段,多采用在500 kV主网联系加强后解环220 kV电网形成分区运行,以控制220 kV电网短路电流;按照电网不断提升电压等级、对低压电网进行合理分区的发展思路,可以预见下一阶段特高压电网坚强网架形成后,分层分区供电、网架结构优化也将成为500 kV电网控制短路电流水平的有效手段。同时,分层分区可以提高输电效率,使线路输送容量得到充分发挥,也使系统具有网络层次清晰、便于调度操作和事故处理的优点。

2. 技改基建

(1) 合理规划电网结构

电力系统短路电流水平与电网结构密切相关,可以说电力系统一旦建成,其可以承受的短路电流基本固定,若想提高该水平,则只能通过投入巨大资金、牺牲经济效益或调整电网运行方式来实现。合理规划电网网架结构,因为可以从源头上对短路电流水平进行控制,而被认为是控制短路电流最根本、最有效的方法。将短路电流控制纳入电网规划,通过对电网的全盘把握和系统的分析计算,对电网结构进行科学合理的规划,在一定程度上有利于将短路电流水平控制在合理范围内。

(2) 优化电源接入方式

合理的电源接入方式也可以对系统短路电流水平控制起到积极作用。电源在接入电网时,接入点的选择应充分考虑接入后对系统短路电流的影响,并为今后电网发展留有一定裕度,使未来电网发展过程中将受短路电流因素的限制降到最小。对于优化电源接入方式,现阶段的规划关键点主要包括发电厂以单元形式接入电网、大电厂之间不设置连线或尽量减少联络线数量以及大电厂不直接接入主环网等。在电网发展初期,应提高大型机组接入电网的电压等级;但实践证明,当主网短路电流水平达到一定程度后,大型机组继续接入电压更高一级电网将会不利于短路电流控制,此时应考虑将电源均衡、分散接入电网。

(3) 采用直流或直流“背靠背”

直流输电系统由直流输电线路、换流器和换流变压器等组成。高压直流输电技术可以替代交流线路连接发电机而不会增加故障电流,而直流“背靠背”的连接方式则可以隔断直流所连接两侧交流系统的短路电流,从而降低系统短路电流水平,同时保持系统的灵活性。但由于建设投资过大,从而现阶段应用并不普遍。

(4) 加装限流电抗器

限流电抗器可以增加系统的等值阻抗,在不影响系统稳定的前提下,可以在一些线路上加装限流电抗器,以控制短路电流,现阶段常用的有母线电抗器、出线电抗器等。加装限流电抗器可以满足系统短路电流控制的阶段性需求,但也会存在增加系统网损、增加对无功的需求和降低系统稳定性的弊端。

(5) 采用高阻抗发电机、变压器

就变电站而言,提高变压器阻抗可以有效抑制低压侧的短路电流;此外,采用高阻抗发电机和适当提高电厂升压变压器阻抗,也可以减少向系统提供的短路电流,从源头上限制短路电流。采用高阻抗设备可以在一定程度上抑制短路电流,但是也会增加系统的损耗,减少电厂可以提供的动态无功支撑,在一定程度上造成系统静态稳定问题,因此高阻抗设备的阻抗不宜过高。

(6) 变压器中性点经小电阻或小电抗接地

针对某些500 kV变电站220 kV侧单相短路电流过大,而三相短路电流较小的情况,可以通过在变压器中性点串接小电抗对零序电流加以限制。接地电抗的大小主要由变压器中性点的绝缘

水平决定。然而，该措施仅能改善变压器低压侧单相短路电流水平，而对三相短路电流控制几乎无效。

(7) 应用新型短路电流限制技术

近年来，国内外积极研究新型短路电流限制技术——故障电流限制器，包括磁元件故障电流限制器、超导故障电流限制器、热敏电阻（Positive Temperature Coefficient, PTC）故障电流限制器和应用电力电子技术的固态故障电流限制器等，这些限制器具备正常方式下呈现零阻抗或低阻抗，而故障发生后在极短时间内呈高阻抗的特性，可对短路电流进行有效抑制。

结束语

随着电力系统的快速发展，电网结构不断完善和发展，短路电流水平的升高给电网带来的影响也日趋严重。本文对现阶段电网短路电流的控制方法进行了梳理。然而，短路电流控制是一项系统性工程，需要规划、运行、设备制造和安装等各单位、各部门的共同努力。同时，可以预见，随着针对电网短路水平超标问题新技术的研究，短路电流控制措施也必将更为多样，更加安全、可靠和灵活。EA

（收稿日期：2019.04.30）

（编辑：朱金凤）

优化产业布局 提升运营效率——舍弗勒太仓新基地正式奠基



2019年10月23日，在2019太仓金秋经贸月活动开幕日当天，舍弗勒新基地在太仓高新区正式奠基。

舍弗勒太仓新基地位于太仓高新区，占地面积约9万m²，未来将从事汽车发动机零部件、新能源汽车零部件生产制造以及航空轴承服务业务。新基地将集合特种设备制造等项目，逐步形成业务规模效

应，提高生产运营效率。此外，舍弗勒将把舍弗勒太仓朝阳路工厂搬迁至新制造基地，为太仓城市规划的可持续发展和产业布局提供全新空间。预计新基地将于2022年竣工投产。

作为舍弗勒大中华区主要生产基地，目前太仓基地包括2个园区、4座工厂、1个双元制培训中心和1个综合服务中心。新基地建成之后，舍弗勒太仓基地将超过23万m²，为舍弗勒在太仓的布局和发展提供新动能。未来，舍弗勒太仓基地将不断融入绿色节能环保技术、可持续发展运营理念，运用数字化工程和自动化技术等前沿科技，践行绿色发展理念。

舍弗勒大中华区首席执行官张艺林博士表示：“在充满挑战的市场环境下，太仓新基地的建设进一步体现了舍弗勒深耕中国市场的决心与信心。秉持‘本土资源服务本土市场’的理念，舍弗勒将不断加大本土生产投入，扩大本土市场规模，致力于更好地为客户提供高品质产品与近距离服务，为实体经济高质量发展积极贡献力量。”

