

阿根廷“6.16”大停电事故分析及 对中国电网的启示

林伟芳, 易俊, 郭强, 王志文, 贾琦, 余芳芳

(中国电力科学研究院有限公司, 北京市 海淀区 100192)

Analysis on Blackout in Argentine Power Grid on June 16, 2019 and Its Enlightenment to Power Grid in China

LIN Weifang, YI Jun, GUO Qiang, WANG Zhiwen, JIA Qi, YU Fangfang

(China Electric Power Research Institute, Haidian District, Beijing 100192, China)

ABSTRACT: On June 16, 2019, a large-area blackout occurred in Argentine power grid. The accident caused blackouts across Argentina and Uruguay, and affected parts of Brazil, Paraguay and Chile, and about 48 million people were involved. The operation status of Argentine power grid before the accident and the cause, process and recovery of the blackout are introduced. It is pointed out that the immediate causes of the accident are the security control system strategy not updated in time, insufficient load cutting of under-frequency load shedding and the unqualified network-related performance of some generator units. Combined with the actual situation of power grid in China, some recommendations for ensuring the security and stability of power grid and preventing the occurrence of blackout are presented.

KEY WORDS: Argentine power grid; blackout; security and stability; safety control measures

摘要: 2019年6月16日, 阿根廷电网发生大规模停电事故。事故造成阿根廷与乌拉圭全国停电, 巴西、巴拉圭和智利部分地区也受到影响, 影响人数约4800万。该文介绍事故前阿根廷电网的运行状况及事故的起因、经过、恢复等情况, 指出安控系统策略未及时更新、低频减载切负荷不足及部分机组涉网性能不合格是造成事故的直接原因, 并结合中国电网实际, 提出保障电网安全稳定运行、防止大停电事故发生的启示。

关键词: 阿根廷电网; 大停电; 安全稳定; 安控措施

0 引言

能源安全是国家安全的重要基石之一。电网作

为能源系统中连接能源生产者与能源消费者的重要传输媒介, 其安全稳定运行一直受到各国政府及全社会的高度关注。电网一旦发生大面积停电, 将造成石化炼油厂停工、芯片晶圆报废等诸多恶性生产事故, 还可能将引起通信中断、地铁停运、照明短缺、医院停诊等事件, 甚至诱发社会动乱。近几年来, 国外陆续发生了若干起大范围停电事故^[1-11], 如印度停电、巴西大停电、澳大利亚大停电等, 对国民经济、社会生活等造成了严重影响。这些事故为我国电网安全稳定运行提供了研究样例。从国外停电事故中, 总结相关经验教训, 并结合我国电网实际情况, 排查安全隐患, 未雨绸缪, 有助于提升我国电网安全稳定水平, 降低大停电风险。

当地时间2019年6月16日07:06, 阿根廷与乌拉圭发生大规模停电事故。大停电起源于阿根廷电网东北部, 最终造成阿根廷(该国最南部的火地岛除外)与乌拉圭全国停电, 巴西、巴拉圭和智利部分地区也受到波及。

本次大停电中, 阿根廷电网几乎全部停电, 损失负荷约13200MW, 约有4800万人受到停电影响。停电发生后, 阿根廷国内地铁、城铁等交通暂时停运; 阿根廷国有石油公司位于拉普拉塔炼油厂的所有工厂停产; 居民正常生活受到影响; 部分计划举行省级选举的城市推迟了投票工作。首都布宜诺斯艾利斯市的两大机场在停电后启用了备用电机, 勉强保持运转。本次事故是阿根廷历史上规模最大、影响人口最多的停电事故。

本文旨在详细分析此次大停电事故的过程及

基金项目: 国家自然科学基金项目(51777195)。

Projects Supported by National Natural Science Foundation of China (51777195).

原因,并从中总结经验教训。具体地,首先介绍阿根廷电网的概况;然后梳理此次阿根廷大停电事故的发展过程,并分析导致此次事故直接原因及间接原因;最后结合我国电网实际总结经验和教训,提出保障电网持续安全稳定运行、防止大规模停电事故的建议。

1 电网概况

1.1 阿根廷互联系统

阿根廷电网被称为“阿根廷互联系统”(Sistema Argentino de Interconexión, SADI)，负责向阿根廷与乌拉圭供电，并与智利、巴西电网相连。

截止到 2019 年初, 阿根廷互联系统总装机 38922MW。其中, 火电占比 63.09%, 水电占比 27.72%, 其余电源(光伏、核电等)占比约 9%, 各类电源装机比例见图 1。

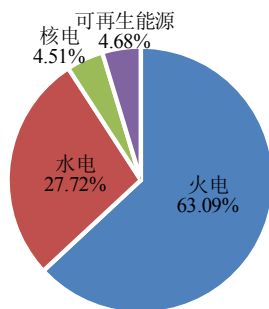


图 1 阿根廷互联系统装机比例(2019 年)

Fig. 1 Installation ratio of Argentine interconnected system (2019)

阿根廷互联系统的最大负荷记录发生在 2018 年 8 月 2 日 15:35, 负荷水平为 26320MW。

阿根廷互联系统主要有 500、330、220、132kV 等若干电压等级。其中,主网架由 500kV 线路构成,全长 13200km,详细的地理接线图如图 2 所示。另外,330kV 线路全长 1100km;220kV 线路全长 2800km;132kV 线路全长 29200km。

该系统 500kV 主网架的主要输电通道传输限额如图 3 所示, 输电通道的传输容量十分紧张, 其传输的电力往往逼近其极限。

阿根廷互联系统的 500kV 主网架由电网公司 Transener 负责运营,另有若干电力分销商负责配电销售。

1.2 与大停电强相关的设施

本次大停电事故起源于阿根廷互联系统东北部, 主要与雅克利塔大坝(Yacyretá Dam)水电站、萨尔托大坝(Salto Grande Dam)水电站, 以及自动切机



图 2 阿根廷互联系统地理接线图(2017 年)

Fig. 2 Geographical wiring map of the Argentine interconnected system (2017)

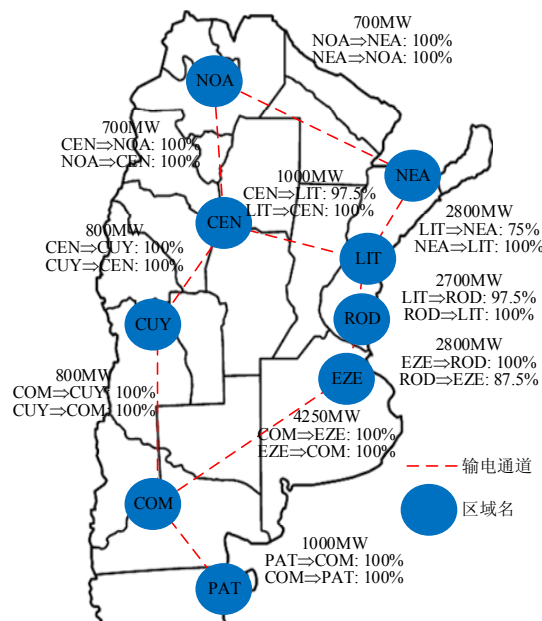


图3 阿根廷互联系统主要输电通道的容量(2017年)

Fig. 3 Capacity of main transmission channels in Argentine interconnected system (2017)

系统(Desconexión Automática de Generación, DAG)有关。2 座水电站的地理接线图如图 4 所示。

1.2.1 雅克利塔大坝水电站

雅克利塔大坝水电站位于阿根廷和巴拉圭边



图4 东北部电网两座水电站的地理接线图

Fig. 4 Geographical connection map of two hydropower stations in northeast power grid

境上。水电站拥有 20 台水轮发电机, 总装机容量为 3200MW, 年最高发电量记录为 20.091TW·h。水电站 95% 的电力送往阿根廷东北部电网, 5% 送往巴拉圭。

该水电站近区有一项加拉比(Garabi)直流工程, 电压等级 $\pm 70\text{kV}$, 含有 4 个区块(block), 每个区块额定容量为 550MW, 合计 2200MW。该直流主要负责从巴西进口电力, 并传输到阿根廷互联系统的东北部电网。

1.2.2 萨尔托大坝水电站

萨尔托大坝水电站位于阿根廷与乌拉圭边境的乌拉圭河上, 属于两国共享。水电站大坝的建造始于 1974 年, 并于 1979 年完工。萨尔托大坝水电站包含 7 台发电机组, 总装机容量达到 1890MW。该水电站近区网架呈“口”字形(如图 4 所示), 由 4 座变电站和总计 1300 公里的 500kV 架空线组成。4 座变电站总计拥有 8 台主变压器, 每台变压器的功率为 300MVA。电力主要输送到阿根廷东北部电网和乌拉圭。

1.2.3 DAG 安控系统

阿根廷互联系统东北部区域发电机组较多, 而网架较为薄弱, 配置了 DAG 安控系统。该系统主要目的是在线路故障后 200ms 内, 切除部分发电机, 保持电网暂态稳定。

2 事故过程及原因分析

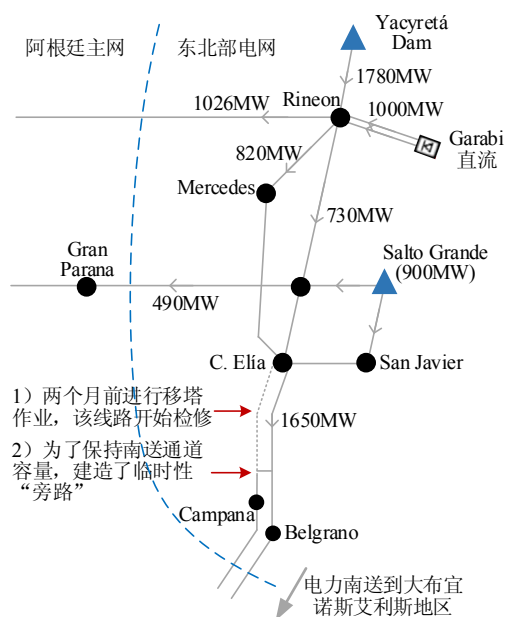
依据阿根廷能源部的事故调查报告, 本文对该

次大停电事故过程进行梳理, 属于推测的内容均予以说明。

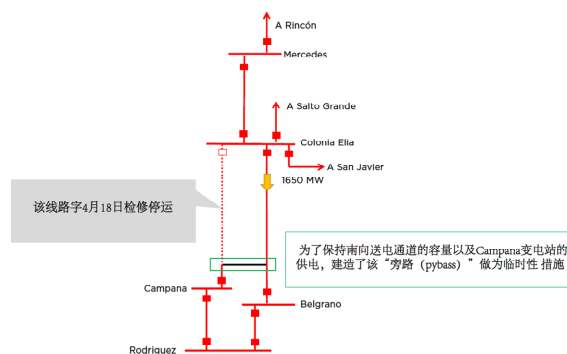
2.1 事故过程

2.1.1 事故前电网情况

事故发生前, 东北部 2 座水电站及加拉比直流的电力通过 500kV 线路输向南部大布宜诺斯艾利斯地区。系统的网络拓扑与潮流分布如图 5(a)所示。



(a) 事故发生前东北部电网的地理接线图



(b) “旁路”的详细接线图

图5 事故发生前的潮流分布及含“旁路”的拓扑

Fig. 5 Power flow distribution before accident and topology with "bypass"

在发电侧, 阿根廷电网东北部的雅克利塔大坝水电站出力为 1780MW。萨尔托大坝水电站出力 900MW。与此同时, 阿根廷东北部电网还通过加拉比直流从巴西电网受入约 1000MW 电力。

在负荷侧, 由于事发时间是周日早上 7 点, 因此, 全网负荷较低, 约为 13200MW, 是前一日最大负荷水平的 69%(13200MW/19000MW), 是历史最高负荷水平的 50%(13200MW/26320MW)。

在电网侧,萨尔托大坝水电站“口”字型环网的西南角 C. Elia 变电站原本有 2 条 500kV 的南向输电线路。然而,其中 1 条 500kV 线路 C. Elia—Campana 从 4 月份起因检修停运。为了保持南送通道容量及 Campana 变电站的供电,电网公司 Transener 建造了 1 条“旁路”做为临时性措施,其具体位置如图 5(b)所示。在该检修方式下, C. Elia 变电站的南向输电通道仅剩 1 条线路 C. Elia—Belgrano, 其潮流为 1650MW。

在安控系统方面,线路检修导致了网络拓扑发生变化,电网公司 Transener 应该按照规定对 DAG 安控系统进行策略更新,以使其适应检修方式。然而,该公司经过评估,认为全接线方式下的 DAG 安控策略可以适应检修方式下含“旁路”的电网拓扑,因此没有对 DAG 安控系统进行策略更新。事后调查证明,这次事前评估是错误的。但官方事故报告并没有指出是何种因素(运行方式考虑不够、故障类型考虑不全、计算错误等)导致了评估错误。

2.1.2 事故发展过程

事故的关键阶段及事件时序图如图 6、7 所示。其中,图 7 来源于阿根廷能源部的事故调查报告,具体介绍如下。

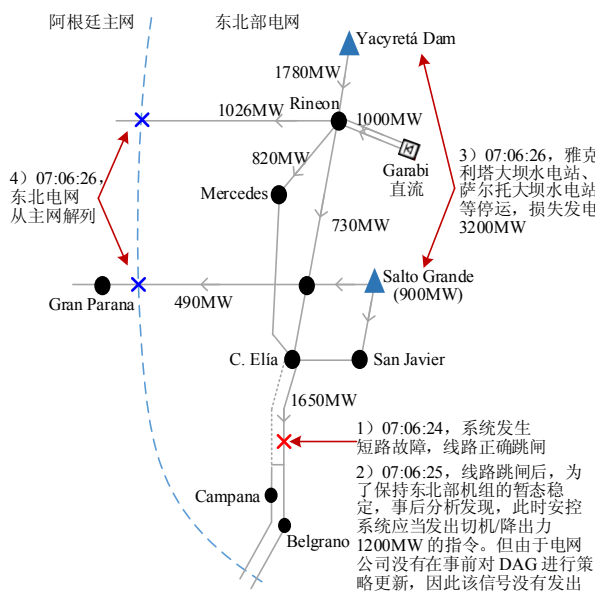


图 6 事故过程的关键阶段

Fig. 6 Critical stage of accident process

第 1 阶段, 时间 07:06:24, 交流线路发生 N-1 故障。500kV 线路 C. Elia—Belgrano 因单相短路故障跳闸。该线路的跳闸以及先前检修线路的停运使得 C. Elia 变电站与其南部 Campana 变电站、Belgrano 变电站的两条输电线路均中断。

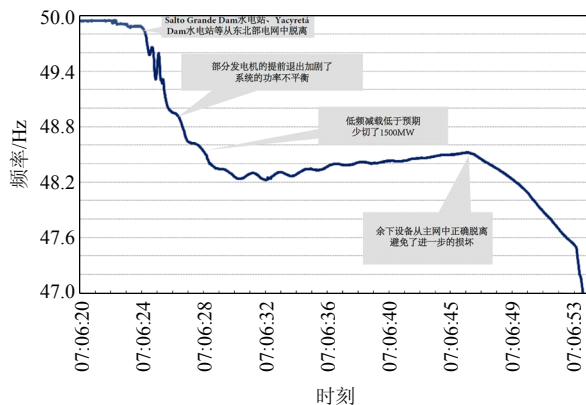


图 7 事故过程的事件时序与频率变化

Fig. 7 Time series and frequency variations of accidents

第 2 阶段, 时间 07:06:25, DAG 安控系统未发出切机/降出力信号。线路跳闸导致东北部电网失去南送功率 1650MW, 潮流通过东北部电网与阿根廷主网的联络线向西转移。事后分析发现, 为了保持东北部机组的暂态稳定, DAG 系统应当向东北部萨尔托大坝水电站、雅克利塔大坝水电站、加拉比直流发出减少 1200MW 的切机/降出力的信号。然而, 由于电网公司 Transener 错误的事前评估, 没有对 DAG 安控系统进行策略更新以使其与当前检修方式相匹配, DAG 没发出切机/降出力信号。

第 3 阶段, 时间 07:06:26, 东北部机组退出, 损失发电 3200MW, 东北部电网解列。由于 DAG 安控系统未发出切机信号, 萨尔托大坝水电站、雅克利塔大坝水电站等从东北部电网中脱离。东北部电网与主网解列, 主网损失了主要的功率来源。系统功率缺额比例为 24%(3200MW/13200MW), 频率大幅下降。需要注意的是, 取自官方事故调查报告的图 7 的文字标注显示萨尔托大坝水电站、雅克利塔大坝水电站等在 07:20:24 从东北部电网脱离; 而该事故调查报告的文本叙述是这些发电机在 07:20:26 退出, 二者存在差异。但这并不影响读者理解本次停电事故中若干关键事件的先后发展顺序, 也不影响本次事故的分析结论。

第 4 阶段, 时间 07:06:26—07:06:36, 部分发电机提前退出。在东北部机组被切除后, 系统仍然有 105 台发电机联网。然而, 部分火电厂与核电厂提前脱网, 导致损失发电 1500MW。

第 5 阶段, 时间 07:06:28—07:06:30, 低频减载量不足, 仅为预期的 75%。当频率低于 49.1Hz 时, 电力分销商应当按照规定切除负荷。然而 74 家电力分销商中, 69 家的低频减载量低于预期, 总共少

切了 1500MW 负荷。这导致系统功率缺额再次加大, 频率下降到 48.2Hz。

第 6 阶段, 时间 07:06:45, 各类设备脱网, 系统崩溃。阿根廷系统规定的设备耐异常运行时间是 20s。在故障发生后的 20s 左右, 由于频率没有恢复正常, 各类设备从主网中正确脱离以避免遭受进一步损坏。阿根廷电网失去全部负荷约 13200MW, 完全崩溃。

第 7 阶段, 系统开始恢复。事故发生后约 2h, 阿根廷首都布宜诺斯艾利斯以及周边地区开始恢复供电; 10:30 时, 乌拉圭南部沿海和首都地区开始恢复供电; 19:00 时, 约 77% 的负荷得到恢复; 21:00 时, 约 90% 的负荷得到恢复。整个电网的恢复耗时约 1 天。详细的负荷恢复速度及容量如图 8 所示。

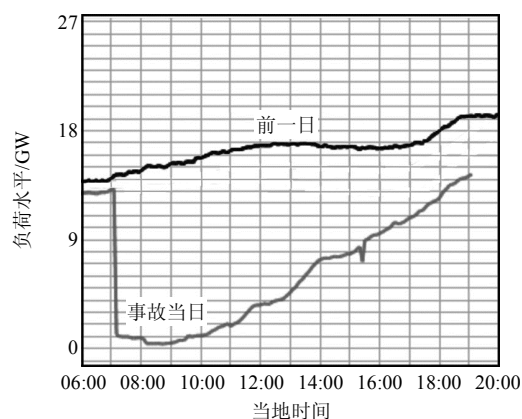


图 8 事故中阿根廷电网的总负荷曲线

Fig. 8 Total load curve of Argentine power grid in accident

以上是本次大停电事故的全部过程。

2.2 原因分析

通常而言, 对于一个坚强的电网, 单一的线路短路故障至多造成故障临近区域极小部分负荷停电(大多数情况下任何负荷都不会损失), 不会造成全网的大面积停电事故。在本次阿根廷停电事故中, 电网结构、运行方式以及安控策略管理等多个因素的共同作用最终导致了事故的发生。

1) 电网网架结构不够坚强。

阿根廷电网的网架结构比较薄弱。东北部为水电富集区, 其电力送往南部负荷中心的线路仅有两条; 而事故前, 其中 1 条 500kV 线路 C. Elia—Campana 因检修停运, C. Elia 变电站仅剩 1 条 500kV 南向输电通道。在此种情况下, 电网的网架强度被大幅削弱, 稳定裕度水平不高, 电网抵御短

路故障的能力不足。

2) 检修运行方式系统不满足 $N-1$ 约束。

在线路 C. Elia—Campana 检修后, 电网公司安排了大量水电从东北部送往南部, 仅剩的南向输电通道潮流过大。当故障发生时, 必须依靠安控措施才能保持系统稳定, 该方式不满足 $N-1$ 稳定约束。一旦安控误动/拒动, 系统将出现稳定破坏事故。这种运行方式本身存在较大的风险隐患。

3) 安控系统未及时更新策略。

在线路因检修停运后, 电网公司 Transener 经过错误的事前评估, 认为全接线方式下的安控策略可以应对检修方式下的交流 $N-1$ 故障, 没有对 DAG 安控系统策略进行更新。这暴露出该公司存在事前评估不细致、安控策略管理水平不足的漏洞。故障发生后, DAG 安控系统没有发出切机/降出力信号, 直接导致了东北部机组失稳。

4) 发电机涉网性能不足。

在本次事故系统经历低频期间, 部分发电机提前脱网, 不仅未能及时阻止频率进一步下降, 还加剧了系统的功率缺额, 进一步恶化了系统的运行状态。

5) 低频减载不足。

各电力分销商没有完全遵照规定配置足量的低频减载容量。在东北部电网损失大量发电机导致系统频率大幅下降后, 低频减载装置未能及时切除足量的负荷, 未能使得系统频率在 20s 内恢复正常。电网安全防御体系最后一道防线的失守最终导致了剩余设备全部脱网, 系统完全崩溃。

以上 5 个原因共同导致了本次阿根廷历史上最严重的停电事故。

3 对我国电网的启示

我国电网历经了多年建设, 已经成为世界上规模最大、电压等级最高、运行控制最复杂的电网, 也是近 20 多年全球唯一没有发生大面积停电的特大型电网。近年来, 随着新能源与特高压直流的快速发展, 我们电网也面临着新的挑战。以本次阿根廷大停电为鉴, 从中总结经验教训, 未雨绸缪, 有助于提升我国电网安全水平。

3.1 加强电网的网架结构

电网时时刻刻都在遭受外部各类扰动冲击。为了保证电网在单一扰动冲击下的安全可靠, 运行方式必须满足 $N-1$ 校验。在不降低输电能力的前提下, 提升电网满足 $N-1$ 校验能力的根本措施在于加

强网架建设。对于我国电网,部分特高压直流工程满送时,其换相失败/单极闭锁/双极闭锁导致的故障冲击强度可能使得系统出现稳定破坏事故^[12-13]。为了加强电网抵御包括直流故障在内的各类扰动冲击的能力,需要适当加强电网的网架结构建设。

3.2 加强对安控系统隐患的排查

近年来国内外发生的多次大面积停电事故大多与安控策略错误或者安控装置误动/拒动有关。本次事故中,由于电网公司 Transener 的错误评估,安控系统未发出指令,直接诱发了后续连锁事件。随着跨区特高压直流输电工程的建设发展,我国电网的安控装置数量越来越多,设备和定值维护量巨大^[14-15]。以某重点直流输电工程为例,其送端安控系统涉及 5000 余个定值、上百个厂站,措施量超过 200 万 kW;受端安控系统涉及 3 万余个定值、近 10 座抽蓄及 2 千用户。安控系统一旦出现逻辑错误而误动或者拒动,电网安全面临极大的威胁。需要切实加强对安控系统隐患的排查,杜绝安控策略制定错误、定值维护不当等现象。

3.3 确保发电机涉网保护达标

在系统经历低频期间,发电机提前脱网会导致系统频率进一步恶化。官方报告的整改措施里面明确指出对于那些提前脱网的发电机需要调整保护阈值。对于我国电网而言,也应加强管理和核查,确保发电机涉网保护达标,防止事故期间因发电机提前脱网而导致事故进一步扩大。

3.4 加强对低频减载配置的管理

低频减载是电网“三道防线”的核心组成部分,是保障电网安全的最后一道防线^[16]。在本次大停电中,电力分销商未能严格执行低频减载策略,导致局势恶化。因此必须严格管理低频减载配置,确保低频减载合理配置及正确动作,保证电网在遭受严重故障时不发生全网崩溃。

4 结语

2019 年 6 月 16 日 07:00,阿根廷电网发生大规模停电事故。该事故造成阿根廷与乌拉圭全国电网停电,巴西部分地区、巴拉圭和智利也受到波及。事故直接起因是检修方式下 DAG 安控系统未及时更新安控策略,未能正确处置短路故障。在事故发展过程中,部分发电机涉网性能不达标致及低频减载未切除足量负荷使事故进一步扩大。以上 3 个原因共同导致了本次大停电。

本文对阿根廷“6·16”大停电事故情况进行了详细描述与原因分析,并结合我国电网实际总结了相关启示。此次事故中阿根廷电网暴露出的问题值得认真研究,总结的经验教训值得借鉴。

参考文献

- [1] 印永华,郭剑波,赵建军,等.美加“8·14”大停电事故初步分析及应吸取的教训[J].电网技术,2003,27(10): 8-11.
Yin Yonghua, Guo Jianbo, Zhao Jianjun, et al. Preliminary analysis of large scale blackout in interconnected North America power grid on August 14 and lessons to be drawn[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 8-11(in Chinese).
- [2] 薛禹胜.综合防御由偶然故障演化为电力灾难:北美“8·14”大停电的警示[J].电力系统自动化,2003,27(18): 1-5.
Xue Yusheng. The way from a simple contingency to system-wide disaster: lessons from the Eastern interconnection blackout in 2003[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(18): 1-5(in Chinese).
- [3] 何大愚.一年以后对美加“8·14”大停电事故的反思[J].电网技术,2004,28(21): 1-5.
He Dayu. Rethinking over “8·14” US-Canada blackout after one year[J]. Power System Technology, 2004, 28(21): 1-5(in Chinese).
- [4] 唐斯庆,张弥,李建设,等.海南电网“9·26”大面积停电事故的分析与总结[J].电力系统自动化,2006,30(1): 1-7.
Tang Siqing, Zhang Mi, Li Jianshe, et al. Review of blackout in Hainan on September 26: causes and recommendations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(1): 1-7(in Chinese).
- [5] 高翔,庄侃沁,孙勇.西欧电网“11·4”大停电事故的启示[J].电网技术,2007,31(1): 25-31.
Gao Xiang, Zhuang Kanqin, Sun Yong. Lessons and enlightenment from blackout occurred in UCTE grid on November 4, 2006[J]. Power System Technology, 2007, 31(1): 25-31(in Chinese).
- [6] 李春艳,陈洲,肖孟金,等.西欧“11·4”大停电分析及对华中电网的启示[J].高电压技术,2008,34(1): 163-167.
Li Chunyan, Chen Zhou, Xiao Mengjin, et al. Analysis of large scale blackout in Western Europe Power Grid on November 4 and relevant suggestion to Central China Power Grid[J]. High Voltage Engineering, 2008, 34(1): 163-167(in Chinese).
- [7] 林伟芳,汤涌,孙华东,等.巴西“2·4”大停电事故及对电网安全稳定运行的启示[J].电力系统自动化,2011,35(9): 1-5.

- Lin Weifang, Tang Yong, Sun Huadong, et al. Blackout in Brazil power grid on February 4, 2011 and inspirations for stable operation of power grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(9): 1-5(in Chinese).
- [8] 曾鸣, 李红林, 薛松, 等. 系统安全背景下未来智能电网建设关键技术发展方向——印度大停电事故深层次原因分析及对中国电力工业的启示[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(25): 175-181.
- Zeng Ming, Li Honglin, Xue Song, et al. Key technologies of future smart grid construction based on power system security: a view of blackout in India and experience and enlightenment to power industry in China[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(25): 175-181(in Chinese).
- [9] 汤涌, 卜广全, 易俊. 印度“7.30”、“7.31”大停电事故分析及启示[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(25): 167-174.
- Tang Yong, Bu Guangquan, Yi Jun. Analysis and lessons of the blackout in Indian power grid on July 30 and 31, 2012[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(5): 167-174(in Chinese).
- [10] 曾辉, 孙峰, 李铁, 等. 澳大利亚“9·28”大停电事故分析及对中国启示[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(13): 1-6.
- Zeng Hui, Sun Feng, Li Tie, et al. Analysis of “9·28” blackout in south Australia and its enlightenment to China[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(13): 1-6(in Chinese).
- [11] 易俊, 卜广全, 郭强, 等. 巴西“3·21”大停电事故分析及对中国电网的启示[J]. 电力系统自动化, 2019, 43(02): 1-6.
- Yi Jun, Bu Guangquan, Guo Qiang, et al. Analysis on blackout in Brazilian power grid on March 21, 2018 and its enlightenment to power grid in China[J]. Automation of Electric Power Systems, 2019, 43(02): 1-6(in Chinese).
- [12] 李明节. 大规模特高压交直流混联电网特性分析与运行控制[J]. 电网技术, 2016, 40(4): 985-991.
- Li Mingjie. Characteristic analysis and operational control of large-scale hybrid UHV AC/DC power grids[J]. Power System Technology, 2016, 40(4): 985-991(in Chinese).
- [13] 陈国平, 李明节, 许涛, 等. 我国电网支撑可再生能源发展的实践与挑战[J]. 电网技术, 2017, 41(10): 3095-3103.
- Chen Guoping, Li Mingjie, Xu Tao, et al. Practice and challenge of renewable energy development based on interconnected power grids[J]. Power System Technology, 2017, 41(10): 3095-3103(in Chinese).
- [14] 赵燕, 张文朝, 李轶群, 等. 电力系统通用安控策略整定方法的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(4): 102-107.
- Zhao Yan, Zhang Wenchao, Li Yiqun, et al. Research on the general control strategy of power system tuning method[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(4): 102-107(in Chinese).
- [15] 张恺. 交直流混联电网大扰动稳定特性分析与控制策略研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2014.
- Zhang Kai. Research on the stability and control of AC/DC power system subjected to a severe disturbance[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2014(in Chinese).
- [16] 赵强, 刘肇旭, 张丽, 等. 对中国低频减载方案制定中若干问题的探讨[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(11): 48-53.
- Zhao Qiang, Liu Zhaoxu, Zhang Li, et al. Discussions on the several problems of under-frequency load shedding scheme in China[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(11): 48-53(in Chinese).



林伟芳

在线出版日期: 2020-03-26。

收稿日期: 2019-08-30。

作者简介:

林伟芳(1983), 女, 硕士, 教授级高级工程师, 研究方向为电力系统稳定运行及控制等, 86257922@qq.com;

易俊(1980), 男, 博士, 教授级高级工程师, 研究方向为电力系统稳定运行及控制等。

(责任编辑 李泽荣)

Analysis on Blackout in Argentine Power Grid on June 16, 2019 and Its Enlightenment to Power Grid in China

LIN Weifang, YI Jun, GUO Qiang, WANG Zhiwen, JIA Qi, YU Fangfang
(China Electric Power Research Institute)

KEY WORDS: Argentine power grids; blackout; security and stability; safety control measures

On June 16, 2019, Argentine power grid suffered a massive blackout. The accident caused blackouts across Argentina and Uruguay, even parts of Brazil, Paraguay and Chile, affecting about 48 million people. This paper introduces the operation status of Argentine power grid before the accident and the cause, process and recovery of the blackout. And with the consideration of China power grids, this paper proposes some recommendations for ensuring the security and stability of power grid and preventing the occurrence of blackout.

In the process of the accident, the immediate causes of the accident are the security control system strategy not updated in time, insufficient load cutting of under-frequency load shedding and the unqualified network-related performance of some generator units. The Time series and frequency variations of accidents as shown in Fig.1.

After the accident, the DAG safety control system did not send out the cutting/reducing output signal, and

the Salto Grande Dam and Yacyretá Dam were separated from the northeast power grid. The northeast power grid was disconnected from the main network. After the northeast unit was cut off, however, some thermal and nuclear power plants were off the grid ahead of schedule. And the power distributors did not fully comply with the provisions of the allocation of adequate low frequency load reduction capacity. The low-frequency load shedding device failed to remove enough load in time to make the system frequency return to normal within 20s. All types of equipment were properly detached from the main network to avoid further damage. The Argentine power grid lost all its loads and collapsed completely.

The Argentine power grid blackout is a typical case study, reflecting the strength of grid structure, maintenance and operation mode, security control system, generator network-related performance, low frequency load reduction device, etc. The problems and experience are worth paying attention to.

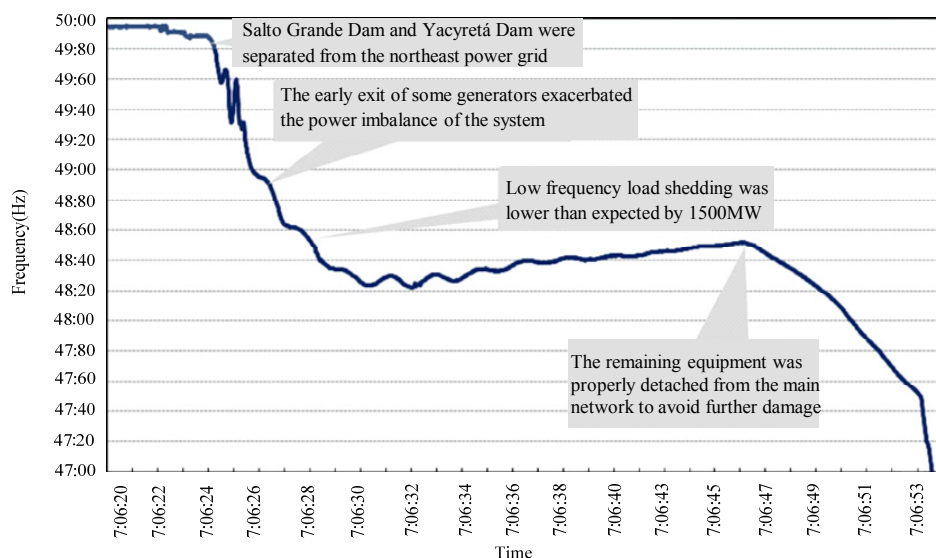


Fig.1 Time series and frequency variations of accidents