

UPFC 在南京西环网中的应用需求分析

王莹¹, 甄宏宁¹, 常宝立², 许文超¹, 姜崇学²

(1. 江苏省电力设计院, 江苏 南京 211102; 2. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102)

摘要:随着负荷的发展, 南京西环网存在输电能力不足、潮流分布不均匀, 输电通道“卡脖子”的问题, 研究了南京西环网现状及远景所面临的供电能力不足的问题, 并进行多种可采取措施的对比分析, 得出在南京西环网加装统一潮流控制器(UPFC)的必要性。同时, 通过相关电气计算, 得到了 UPFC 对电网的影响及作用。

关键词:统一潮流控制器; 南京西环网; 输电能力

中图分类号: TM761

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2016)01-0053-04

随着负荷的发展, 南京市西环网 220 kV 电网存在输电能力不足、输电通道“卡脖子”的问题, 为了解决电网存在的问题, 选择合适的地点, 加装统一潮流控制器(UPFC)。文中对 UPFC 在南京城市电网中的应用需求进行计算分析, 论证了在南京西环网加装 UPFC 装置的必要性^[1]。

1 UPFC 应用现状

目前, 世界上有 3 个 UPFC 工程已投入运行, 1998 年美国电力公司(AEP)在 INEZ 138 kV 变电站安装了世界上第一套 UPFC 装置, 由美国西屋公司研制^[2]。2003 年韩国康津变电站安装了 1 套 UPFC 装置, 由韩国晓星公司和西门子公司提供技术支持。2002 年美国纽约 Marcy 变电站安装了 1 套转换静止补偿器(CSC), 兼具 UPFC、静止同步串联补偿器(SSSC)和线间潮流控制器(IPFC)功能, 由西门子公司研制^[3]。

国内 UPFC 的研究工作主要集中在实验室, 进行建模仿真以及研制小容量装置, 并无工业化产品。

2 近期南京西环网供电能力分析

南京市 220 kV 电网呈双环网结构(如图 1 所示)。南京西环网系指南京主城 220 kV 环网西部, 为龙王山变以西至秦淮变以北部分, 主要供电范围为鼓楼区、建邺区、下关区以及栖霞新港地区、雨花经济开发区, 是南京城网的主要负荷中心。

目前, 该区域供电电源主要由 500 kV 东善桥变、龙王山变从南北两端共同供电, 区域内还有华润板桥电厂、华能南京电厂。由于南京市电网结构及电源、负荷分布特点, 为西环网供电的主要输电通道存在较严重的潮流分布不均情况, 其中 500 kV 龙王山变向西环网的 220 kV 输电通道潮流偏重, 尤其是西环网内 220 kV 晓庄变南送下关变、中央门变断面潮流过重情况尤为突出, 而 500 kV 东善桥变向西环网的 220 kV

输电通道潮流较轻, 从而最终影响了西环网的整体供电能力和安全可靠水平。

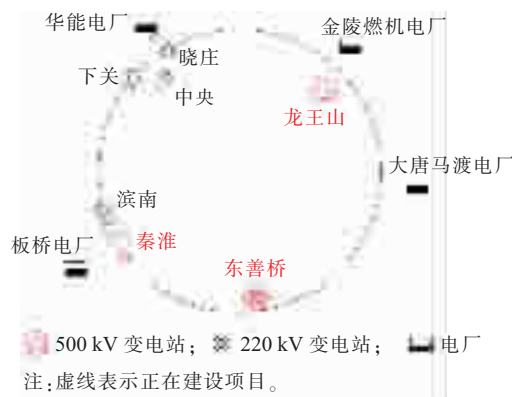


图 1 南京西环网系统接线示意

随着西环网负荷的增长, 南京城网由东向西的潮流将进一步加重, 输电通道出现“卡脖子”问题, 晓庄—下关/晓庄—中央断面潮流过重。晓庄—下关、晓庄—中央均属于老线路, 截面 $2 \times 400 \text{ mm}^2$, 输送能力有限(极限输送容量 $520 \text{ MV} \cdot \text{A}$), 同时, 晓庄变、下关变和中央变均处于老城区, 周边房屋较多, 居民较密集, 线路较容易发生故障。另外, 2016 年将建成投运 500 kV 秦淮变, 但是其配套 220 kV 秦淮—滨南二通道建设难度较大, 无法如期投运, 原秦淮—滨南双回线路输送能力有限, 将成为南京西环网另一输电瓶颈。

3 供电能力研究

3.1 常规技术对比

南京西环网地区至 2016 年左右 2 个断面存在潮流问题, 分别是晓庄断面和秦淮—滨南断面。解决潮流问题, 可采用如下两类方案:

第一类, 保持现有网络结构, 采取电网加强方案; 第二类, 调整南京市电网的分区结构, 将西环网开断运行。对于第一类方案, 解决晓庄断面潮流问题, 提出以下 4 个电网加强方案, 各方案的经济技术比较详见表 1。

表 1 方案综合比较

项目	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
措施	建设热晓线 开环码头 线路工程	在部分线路 安装串联电 抗器	晓庄—中央 / 晓庄—下 关线路更换 倍容量导线	加装潮流控 制器(UPFC)
投资及 工程量	投资最多建设 约 2×9 km 高压电缆线 路,难度大	投资最少 铁北开关站 加装串抗,但 占地面积较 方案 4 小	需将老线路 更换为倍容 量导线,但实 施难度大	投资较少 铁北开关站 加装 UPFC 装置,占用部 分站址资源
对潮流 分布 影响	仅可解决晓庄 断面的潮流越 限问题	同方案 1	同方案 1	可解决晓庄 断面及秦 淮—滨南断 面的潮流越 限问题
远景 适应性	较差,无法适 应从晓庄断面 向西环网多吸 纳功率的需求; 华能南京 关停后该线路 利用率低	较差,无法适 应从晓庄断 面向西环网 多吸纳功率 的需求	较差,无法适 应从晓庄断 面向西环网 多吸纳功率 的需求	较好,能适应 远景各种方 式下的潮流 调整需求
运行 管理	运行管理 简单	可借鉴 500 kV 串抗运行 管理经验	同方案 1	国内暂无运 行管理经验

由表 1 可以得出:

(1) 方案 1 需建设 2×9 km 左右的 220 kV 电缆线路,总投资最多;方案 2 需建设串抗设备,占用铁北开关站部分场地资源,投资最小;方案 3 需将晓庄—下关 / 晓庄—中央所有老线路更换成倍容量导线,根据现场勘察,实施难度大,基本无法实现;方案 4 需要建设 UPFC 装置,占用铁北开关站的部分场地资源,投资较少。

(2) 方案 4 可解决晓庄断面及秦淮—滨南断面的潮流问题,且远景适应性较好,可解决远景各种运行方式下的潮流问题。

(3) 方案 1、方案 2、方案 3 仅可解决投产年左右晓庄断面的潮流问题,远景适应性较差。

(4) 方案 4 采用新型设备,国内暂无运行管理经验,但近年来电力电子设备在电网中运用越来越多,可借鉴同类电力电子设备的相关经验及国外同类装置的经验;方案 1 和方案 3 为常规线路建设,运行管理经验较丰富;方案 2、国内暂无 220 kV 串抗的运行管理经验,但可借鉴国内现有 500 kV 串抗的经验。

对于第二类方案,进行调整南京电网的分区结构,将西环网开断运行。为了避免严重影响西环网的可靠性,西环网的开断点宜选择在 220 kV 晓庄变或下关变,并建议采用母线分排以尽量维持电网结构的完整。经计算,无论西环网的开断点选择在晓庄变还是下关变,电网部分 $N-1$ 方式存在线路潮流越限的问题,可能造成南京中心城区部分负荷因故停电,造成较大的社会影响。可见,调整分区结构(即西环网解环)的措施

存在较大安全风险隐患,不推荐采用。

综上,通过各方面的比较,建议加装 UPFC 解决南京西环网的潮流问题。

3.2 规划适应性分析

2017 至 2020 年间,西环网将规划 500 kV 秋藤变以及配套送出(绿博园—莫愁线路,以下简称绿莫线)工程,同时华能南京电厂将可能关停,针对上述电网规划过程中影响西环网供电能力的关键变化因素以及可能出现的情况组合,进行了 2017 至 2020 年 6 种可能方式下西环网供电能力分析。远景年南京西环网如图 2 所示。

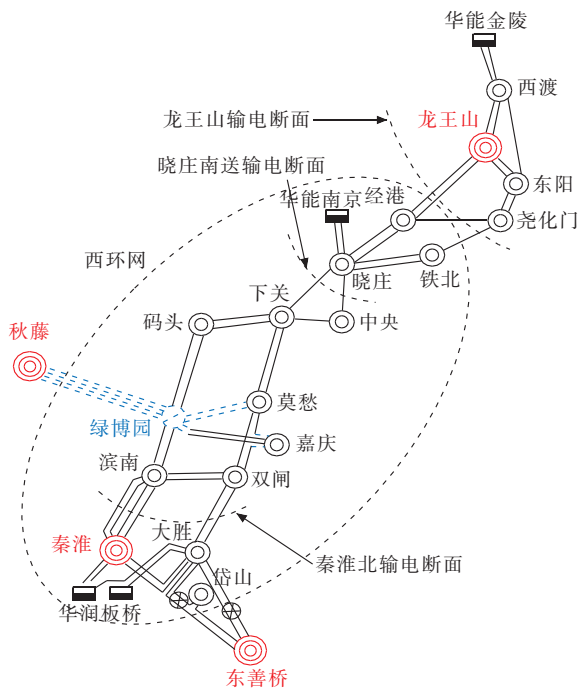


图 2 远景年南京西环网

2019 至 2020 年、2025 年南京西环网在各种方式下的供电能力见表 2。由表 2 可得,无论华能南京是否关停,2019 至 2020 年均需建设 500 kV 秋藤(南)变;若华能南京不关停,绿莫线通道(8 km、8 亿元,难度极大)可推迟到 2025 年,否则该通道需与秋藤变同步投运;在秋藤投运后,无论绿莫线是否投运,华能南京机组不关停相对于关停,西环网供电能力均提高约 500 MW。

2025 年,南京西环网负荷达 3500 MW,上述方式中仅方式 1、方式 2 及方式 4 能够满足,而由于南京市政府已确定“十三五”期间关停华能南京电厂,现实可行的只有方式 4,即 2025 年前需要建设秦淮、秋藤及绿莫线,该通道地处南京中心城区,不仅投资巨大,而且工程实施难度极大。

可见,采用建设新线路的常规手段解决南京西环网供电问题,代价很高昂,建设周期长。有必要在西环网装设潮流控制器来提升西环网的供电能力,推迟或避免部分代价高昂、建设难度极大的输电通道的建设。

表 2 南京西环网供电能力 MW

方式	供电能力	负荷		
		2019 年	2020 年	2025 年
方式 2 (秦淮+华能电厂+秋藤+绿莫线)	4200	3020	3130	3500
方式 2(秦淮+华能电厂+秋藤)	3500	3020	3130	3500
方式 3(秦淮+华能电厂)	3000	3020	3130	3500
方式 4(秦淮+秋藤+绿莫线)	3700	3020	3130	3500
方式 5(秦淮+秋藤)	3000	3020	3130	3500
方式 6(秦淮)	2950	3020	3130	3500

南京西环网近期(华能南京关停前)需要减轻晓庄南送断面的潮流,保证其满足 $N-1$ 校核,远景(华能南京关停前)需要提升晓庄南送通道的潮流,减轻秋藤北送通道的输电压力。此外,西环网开机方式对潮流控制的需求也有影响,当华能南京机组或华能金陵燃机停机时,可能出现潮流控制需求由减轻潮流到提升潮流的变化。因此,南京西环网需要装设具备动态双向调节潮流能力的潮流控制器。另外,能够实现动态双向调节潮流能力的潮流控制器有 UPFC、晶闸管控制分级投切移相器,其中 UPFC 尽管造价略高,但在潮流调节速度、调节精度、暂态性能、可维护性、技术成熟度上均优于晶闸管控制分级投切移相器,因此,建议在南京西环网装设 UPFC。

4 安装地点及接入系统方案

加装 UPFC 为解决南京西环网地区至 2016 年左右 2 个断面存在的潮流问题,拟在 220 kV 电网中安装 UPFC。经项目前期初步踏勘,UPFC 装置的可选安装位置为 220 kV 晓庄变、220 kV 铁北开关站。经进一步论证,晓庄变因场地面积受限无法安装合适容量的 UPFC 装置。因此该工程初步确定在 220 kV 铁北开关站安装 UPFC 装置。现有晓庄至铁北双回线路均为 300 mm² 倍容量导线,最大输送容量仅为 430 MV·A,无法满足 UPFC 对电网潮流控制的需要;为了安装在铁北变的 UPFC 装置集中控制 220 kV 西环网通道上的潮流,建议将现有晓庄—经港(LGJ-2×630,最大输送容量 720 MV·A) 双线开断环入 220 kV 铁北开关站,开断原有双回 220 kV 晓庄—铁北老线路,将 UPFC 安装至新形成双回 220 kV 晓庄—铁北线路上。

5 电气计算

5.1 短路计算

投产年短路计算结果见表 3^[4,5]。由计算结果可以看出,UPFC 装置的等效阻抗值很小,且相当于在系统线路上串联阻值很小的电抗器,不会提高系统的短路水平。

表 3 UPFC 接入前后 500 kV 变电站 220 kV 母线三相短路电流结果 kA

短路电流	变电站	
	东善桥	龙王山
接入前	47.54	32.32/45.28
接入后	46.65	31.83/43.47

5.2 潮流计算及串联变容量选择

根据工程实际进展情况,500 kV 秦淮变配套送出的 220 kV 秦淮—滨南线路建设难度较高,无法配合 500 kV 秦淮变一同投运,预计于 2018 年夏高峰前投运。若不建设 UPFC,2016 年夏高峰南京市区电网现有主变容量及线路规模已无法满足负荷的供电需求。投产年各种方式下 UPFC 所需容量计算结果见表 4。

表 4 投产年各种方式下 UPFC 所需容量计算结果 MV·A

方式	UPFC 的主要作用	串联变容量
秦淮已投,晓庄断面 $N-1$	控制晓庄断面另一回线路不过载	26.81
秦淮已投,秦淮—滨南线路 $N-1$	控制秦淮—滨南另一回线路不过载	20.21

注:表中的秦淮变已投运指的是秦淮开关站升压 500 kV 已投运,但秦淮—滨南的二通道未投运。

远景年,华能南京电厂可能在 2017 年左右关停。因此加装 UPFC 之后,在规划 2017 年、2020 年及 2025 年结构的基础上,计算远景年的潮流,并考虑华能南京电厂是否关停。潮流结果详见表 5。

表 5 远景年各种方式下 UPFC 的适应性分析计算结果 MV·A

年份	电网结构	UPFC 的作用	串联变容量
2017	秦淮—滨南第二通道投;华京机组关停	晓庄断面 $N-1$ 后,控制另一回线路不过载	11.09
	秦淮—滨南第二通道投;华京机组未关停	晓庄断面 $N-1$ 后,控制另一回线路不过载	21.52
	秦淮—滨南第二通道未投;华京机组关停	晓庄断面 $N-1$ 后,控制另一回线路不过载;秦淮—滨南 $N-1$ 后,控制另一回线路不过载	59.32
	秦淮—滨南第二通道未投;华京机组未关停	晓庄断面 $N-1$ 后,控制另一回线路不过载;秦淮—滨南 $N-1$ 后,控制另一回线路不过载	28.85
2020	秋藤—绿博园投;华京机组关停	绿博园—码头 $N-1$ 后,提升铁北—晓庄线路功率,使另回线不过载	25.76
2025	华能南京电厂关停;市区电网成一片运行	绿博园—码头 $N-1$ 后,提升铁北—晓庄线路功率,使另回线不过载	49.84

根据潮流计算的结果,最严重的情况为 2017 年秦淮—滨南第二通道未投且华京机组关停的情况,UPFC 串联变容量需达到 60 MV·A。

5.3 电气计算结论

综合各种计算结果,可以得到以下结论:

(1) UPFC 装置不会提高系统的短路电流水平,对系统短路电流有一定的降低效果;

(2) 通过计算,该工程的投运可以解决南京西环网的潮流瓶颈问题,投产年夏高峰正常方式及 $N-1$ 方式下,无线路潮流越限的情况;

(3) 为满足投产年及远景年各种方式下潮流调节的需要,本期在铁北—晓庄双回线路上安装 UPFC 装置,其串联变容量按 $2 \times 60 \text{ MV} \cdot \text{A}$ 是合适的,但为了更好地满足远景的适应性,可将串联变容量适当扩大。

6 结束语

南京市电网 2016 年左右开始出现输电瓶颈问题,大大降低了电网的整体供电能力和安全可靠水平。若采取传统措施,无法解决供电问题,适应电网发展的需求;建议加装 UPFC 装置,满足 2016 年及远景电网的发展。但由于 UPFC 为新兴设备,国内暂无运行管理经验,建议加强对 UPFC 装置的监测监管工作。

参考文献:

- [1] 陈剑平,李林川,张芳,等.基于 PASAP 的 UPFC 潮流控制建模与仿真[J].电力系统及其自动化学报,2014,26(2):66-70.
- [2] 李骈文.美国 INEZ 变电站统一潮流控制器简介[J].电网技术,2002,26(8):84-87.
- [3] 宋晓燕.统一潮流控制器(UPFC)在湖南电网中的应用研究[D].北京:华北电力大学,2012.
- [4] 王海潜,祁万春.统一潮流控制器在城市电网中的应用研究[J].电子技术与软件工程,2013,17:122-123.
- [5] 王建,吴捷.统一潮流控制器的建模与控制研究综述[J].电力自动化设备,2000,20(6):41-45.

作者简介:

王莹(1986),女,江苏常州人,工程师,从事电力规划研究工作;
甄宏宁(1985),男,江苏南京人,工程师,从事电力规划研究工作;
常宝立(1981),男,河北唐山人,工程师,从事电力系统稳定分析控制研究工作;
许文超(1979),女,江苏盐城人,高级工程师,从事电力规划研究工作;
姜崇学(1987),男,黑龙江佳木斯人,工程师,从事直流输电保护研究工作。

Research on the Application of UPFC in Nanjing Western Grid

WANG Ying¹, ZHEN Hongning¹, CHANG Baoli², XU Wenchao¹, JIANG Chongxue²

(1.China Energy Engineering Group Jiangsu Power Design Institute Co. Ltd., Nanjing 211102, China;

2.Nanjing Nari-Relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: With the load increases, the problems, such as limited transfer capacities of power imported channels, unbalanced power flow distributions and so on, facing Nanjing Western grid increase. This paper studies these problems and analyzes countermeasures. Through the analysis it is found that it is necessary to install UPFC in Nanjing Western grid. The effect of UPFC on the power grid is investigated by calculation. Results show that UPFC can effectively solve these problems.

Key words: unified power flow controller (UPFC); Nanjing western grid; transfer capacity

(上接第 52 页)

贾勇勇(1986),男,江西九江人,工程师,从事开关类变电设备状态评价工作;

陶风波(1982),男,江苏常州人,高级工程师,从事电力系统过电压

及脉冲功率研究工作;

周志成(1977),男,湖南株洲人,高级工程师,从事电力系统过电压及输电线路运行维护方面研究工作。

Structural Analysis of Water Cooling System of UPFC

XU Yang, XIE Tianxi, JIAYongyong, TAO Fengbo, ZHOU Zhicheng

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: Converter valve is the core of Unified Power Flow Controller (UPFC). Water cooling system, as the "guardian" of converter valve, is very important for its safety and reliability. In this paper, the structure of water cooling system is studied. First, a detailed analysis of the structure is carried out from two aspects: the internal cooling system and the outside cooling system. Then, the circuit of UPFC water cooling system is built by analogy method, which makes the structure and each module clear. In the end, the comparison between series water load and parallel water load is presented, and the problem of uneven distribution of parallel channels is discussed.

Key words: UPFC; water cooling system; series water load; parallel water load

欢迎投稿 欢迎订阅