

电磁解合环仿真系统扩展及深化应用

电网调度运行中需要进行电磁合环及解环的操作, 这些操作会导致电网潮流分布发生变化, 功率发生转移, 影响电网的安全稳定运行。由于已有的电磁解合环分析软件只限于单一电压等级, 因此在已有的仿真软件基础上进行深化改进得到不同电压等级的解合环仿真软件。它可以实现实时录入不同电压等级电网的数据, 调用相应电压的仿真分析模块进行计算, 并根据判定条件判断电磁合环或解环的可行性。通过对实际某地区电网的解合环操作仿真分析, 验证了软件的功能, 最后对软件深化应用提出了建议。

樊艳芳¹ 李泽燃¹ 常喜强² 刘德福² 钟 显¹ / 1. 新疆大学电气工程学院
2. 国网新疆电力调度控制中心



樊艳芳/副教授

随着电网的发展和对供电可靠性要求的提高, 电网结构愈加复杂, 一般地区电网采用环网设计, 辐射状运行模式, 设备检修和负荷转移时常涉及到合环操作。电磁合环操作可以实现不停电转电, 提高供电可靠性, 在地区电网中已引起高度的重视^[1]。同时在网架条件成熟时, 打开电磁环网, 实现电网的分层分区管理, 其优点体现在: 有利于大电网的分级调度和分层管理, 降低调度和事故处理难度; 有利于降低多重严重故障引发大电网事故和大面积停电的可能性, 解开电磁环网运行将更加安全^[2]。

由于我国电网的结构复杂, 电磁环网问题比较突出, 现有对电力系统合环或解环操作分析及理论研究有: 文献[1]主要分析了配电网的稳态电流判断合环的可行性, 主要分析的是10 kV、35 kV的

电网, 对其他电压等级电网未加分析; 文献[2-9]主要分析了环网解环的有效方法及决策, 但这些方法都只限于单一电压等级; 文献[10-12]主要分析了配电网合环的分析方法, 对高压的情况没有考虑; 文献[13]主要是提出了一种基于机电暂态-电磁暂态混合仿真分析软件来分析合环操作, 但不能实现实时数据的采集。根据上述常规电网解环、合环操作的分析方法及判别依据, 现有的仿真分析软件局限于单一电压等级分析。因此, 本文设计了基于不同电压等级的电网解合环仿真软件, 该软件不仅可录入实时数据, 还综合考虑了间歇性能源与间歇性负荷的影响。最后, 基于某地区实际电网, 应用该软件对此地区电网解合环操作进行仿真分析, 验证了该软件的正确性与合理性, 对于当前复杂电网的解合环操作具有重要的实用价值。

电磁解合环仿真软件的主要构成

本文在已有仿真分析软件的基础上, 做了扩展和改进, 得到基于不同电压等级的电网解合环仿真软件, 其主体结构如图1所示。

1. 实时数据输入和存储

对于本软件的输入部分, 结合各地区电网的数据采集形式, 能够利用现有的DCS控制系统、数据采集系统(SCADA)等, 来实现仿真软件的实时数据录入, 并能建立数据包。在建立数据包的时候, 可以根据不同的要求进行分类。标准1: 按电压等级; 标准2: 根

关键词/Keywords

电力系统·
合环·
解环·
仿真软件·
电压等级·

新疆维吾尔自治区高校科研重点项目(XJEDU2011105), 国家自然科学基金项目(51367016)。

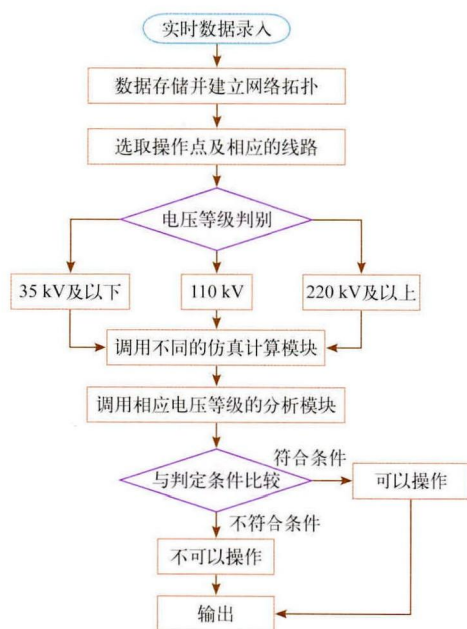


图1 仿真的主体框架

据合环，解环的操作进行分类；标准3：按常规电网，含有间歇性能源、间歇性负荷的电网分类；标准4：按地区划分。根据录入的数据建立网络拓扑结构，根据实际的操作情况选定需要操作的线路，这需要由人工选择来完成。

2. 不同电压等级的仿真计算模块

根据不同的电压等级，将不同仿真计算方法做成一个个单独的模块。进行合环或解环仿真分析时，根据电压等级调用不同仿真计算模块。具体的电压等级对应的仿真分析方法都在下表中列出。

表 不同电压等级对应的仿真计算方法

电压等级	合环或解环仿真计算方式
35 kV及以下	潮流计算（侧重于电流）
110 kV	潮流计算、稳定计算
220 kV及以上	潮流计算、稳定计算、短路计算和暂态稳定计算

由于间歇性能源具有特有的间歇性、波动性及随机性等特点，间歇性负荷^[14]的有功和无功功率都呈现出无规律的快速冲击性变化的特性。因此，在仿真分析含有间歇性能源或负荷的电网时，需要特殊考虑。例如对于风电场，风电场的选址不同，风电场的规模大小、风电场等效的数学模型也不一样，仿真所要用到的模块也不同^[15, 16]，因此加入了不同的风电场、光伏和电铁等模型，以

提高仿真的准确度，使分析结果更准确。

通过仿真计算得到结果数据，将数据与判定条件进行比较，判定潮流是否合理，是否满足稳定性校验，短路电流是否越限，符合上述条件，就认为电网能进行合环或解环的操作且操作后能稳定运行；反之，不符合判定条件，则认为不能进行合环或解环操作，最后将结果输出。

电磁解合环仿真实例

运用仿真分析软件对实际地区电网解合环操作分析。某电网A地区的主电网如图2所示，其中环网结构主要是750/220 kV电磁环网。由于A地区周边火电厂的投运，220 kV出线间隔数量有限，难以满足大量电源的接入。该地区的各主要电源与WB变电站之间电气距离近且联系紧密，而XS、DJ这2座750 kV变电站与这些电源的联系相对较弱。正常情况下，短路电流水平不高，需要仿真分析判断是否可以对XS和DJ750/220 kV电磁环网解环运行。

用仿真软件来进行仿真分析判断解环操作。录入实时数据后，存储完毕，建立了网络拓扑，选取图2中虚线所示线路开环。仿真分析后得出：由于TTH区负荷较重，解环后将增大XS750 kV变电站的下网电力，同时HD1、HD2部分或全部电力送向DJ750 kV变电站，将挤占DF风电的送出通道，不利于新能源的送出。

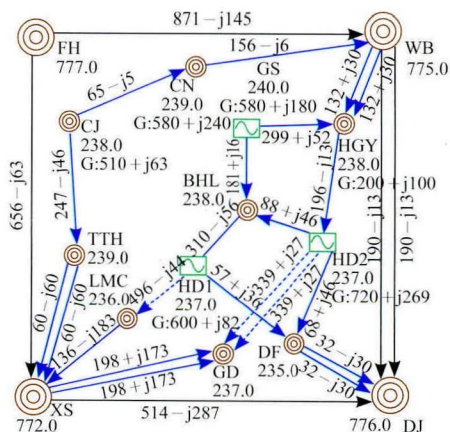


图2 A地区750/220 kV环网图

考虑将XS和DJ750/220 kV电磁环网合环运

行,运用仿真软件,录入实时数据,存储完毕,建立网络拓扑,选取合环操作的线路如图3虚线所示。

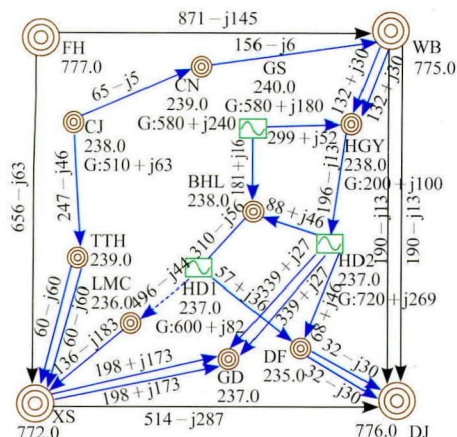


图3 A地区合环后的电网潮流图

仿真分析后得出如下结果。

(1) 潮流分布

XS和DJ的750/220 kV电磁环网合环后正常方式下潮流分布如图3所示。从潮流分布来看,正常方式下XS和DJ750 kV线路潮流分布合理,A地区城网中的220 kV线路正常方式下无过载线路。

(2) 短路电流

从短路电流计算结果来看,当XS和DJ750/220 kV电网合环运行时,XS220 kV母线和DJ220 kV母线短路电流分别是46.2 kA、27 kA,短路电流值未超限值。

(3) 暂态稳定性校验

通过对A地区南部电网稳定性校验可知,在合电磁环运行方式下,发生任意单一型故障,电网网架结构可以满足系统稳定运行要求。

由于电网运行中需要进行检修,因此当XS和DJ750 kV线路故障检修时,需要将合环打开,仿真XS和DJ750 kV解环得到潮流分布如图4所示。从图4中可以看出,当XS和DJ750 kV线路故障检修时,原XS和DJ750 kV线路约55%的潮流转移至FH、WB和DJ750 kV线路,线路无过载,且XS和DJ的220 kV环网线路潮流均无过载。

因此,从线路潮流、短路电流水平和暂态稳定性来看,XS和DJ750 kV之间750/220 kV电磁环

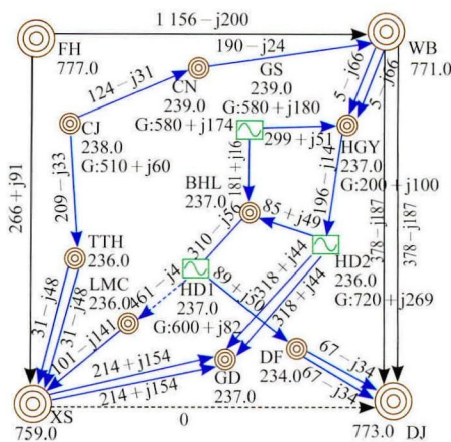


图4 解环潮流图

网可合环运行。

仿真软件的深化拓展

根据以往软件所不具备的功能,提出了以上的改进,并得到了验证。为了使软件有更好的适用性,对软件应有以下拓展:

1) 应完善软件间歇性能源、间歇性负荷仿真模块。间歇性能源与间歇性负荷有随机性、波动性,它们在不同的条件下有不同的等效模型。在应用软件仿真含有间歇性能源或间歇性负荷时,因按照实际的情况调用具体的仿真模块,提高仿真分析的准确度。

2) 通过对以往的合环或解环操作仿真的记录进行重新演示,可以将电网的主要数据、结构展现出来,对了解、掌握地区电网的环网运行情况、电网合环或解环提供指导。同时,可以将以往失败的案例做分析指导,为以后的操作提供反面教材。

3) 应用所得数据对环网内故障预测。通过仿真数据分析环网内的各线路的参数,能够预测环网内能源或负荷变动时,各输电线路及电气设备的运行的稳定性、安全性。主要方向为:故障检测、故障类型判断等。

4) 对于仿真的输出形式可以结合现有的数据输出智能化技术^[17]。对于复杂的系统数据,即电网电压等级高,网架结构比较复杂,可以采用图形化输出方式,即实现输出的用户界面可视化。

对于110 kV及以上的电网比较适合采用这种方法,能够使操作人员便于直观地观察、分析。对于简单的网架结构,对其数据,可以采用报表的形式输出。

结束语

环网是一种过渡阶段的电网结构,是电网发展过程中不可避免的产物。因此,电网的合环或解环的操作是在所难免的。对合环或解环操作的仿真分析对保障电力系统的安全稳定运行有相当大的意义。本文通过详细介绍不同电压等级解合环仿真软件的设计思路,并通过对实际地区电网的仿真分析验证了该软件的实用性、合理性,为以后电网的建设、电力调度提供了一种可靠的分析方法,也对将来在此方面的深入研究提供了参考。根据软件的特性提出了深化拓展,希望结合电网的实际情况对仿真软件进行完善、验证,使软件的仿真分析能力及适用性进一步提高。

参考文献

- [1] 付轲,蔡泽祥,邱建,等. 10 kV电网电磁合环操作安全性评估方法[J]. 电力系统及其自动化学报, 2010, 4 (22): 71-76.
- [2] 王芳,何朝阳,顾南峰,等. 电磁解环研究策略及广西电网开环方案研究[J]. 南方电网技术, 2008, 2 (2): 67-68.
- [3] 成涛,成连生. 电力系统的电磁环网运行[J]. 华中电力, 2001, 14 (6): 17-19.
- [4] 刘树勇,顾强,李晓辉,等. 天津电网500/220 kV电磁环网解环问题研究[J]. 华北电力技术, 2008, 1 (4): 51-54.
- [5] 杨新华,史兆杰,智勇. 河西电网高低压电磁环网初期解环方案分析[J]. 电气应用, 2012, 30 (7): 36-40.
- [6] 程琳,汤伟,吴功高. 安徽电网电磁环网运行探讨[J]. 电气应用, 2010, 29 (13): 78-81.
- [7] 王莉丽,韩伟. 不同类型电磁环网解环研究的基本原则与方法[J]. 四川电力技术, 2012, 3 (6): 20-23.
- [8] 林章岁,郑春平,吴威. 福建电网500/220 kV电磁环网解环运行的可行性研究[J]. 福建电力与电工, 2003, 23 (2): 1-4.
- [9] 孔涛,王洪涛,刘玉田. 500~220 kV电磁环网开环研究[J]. 电力自动化设备, 2003, 23 (12): 13-16.
- [10] 叶清华,唐国庆,王磊. 配电网合环操作环流分析系统开发和应用[J]. 电力系统自动化, 2002, 26 (22): 66-69.
- [11] 冯小萍,戚红艳,樊国伟,等. 配电网合环安全性分析系统的应用及改进[J]. 四川电力技术, 2009, 32 (5): 67-70.
- [12] 杨志栋,刘一,张建华. 北京10 kV配网合环试验与分析[J]. 中国电力, 2006, 39 (3): 66-69.
- [13] 朱雨晨,赵冬梅,刘世良,等. 基于机电暂态-电磁暂态混合仿真的电网合环分析计算系统[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40 (23): 73-78.
- [14] 范瑞祥,肖红霞,孙旻,等. 结合电能质量监测数据的地铁负荷建模[J]. 电气应用, 2011, 30 (17): 24-28.
- [15] 陈树勇,戴慧珠,白晓民,等. 风电场的发电可靠性模型及其应用[J]. 中国电机工程学报, 2000, 20 (3): 26-29.
- [16] 万航羽. 风电场模型研究及应用[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
- [17] 张洪梅. 大规模智能电网中数据存储方法的研究[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2012.

(收稿日期: 2014-09-02) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告