

短路电流直流分量的构成特点和计算方法

章强 梁云

江西新余钢铁集团有限公司

摘要:近年来,我国的电力工程的发展有了新的进展。随着现代电网电抗电阻比增大,电网短路电流直流分量衰减越来越慢,短路电流直流分量对断路器开断能力的影响增大,因而准确计算直流分量愈加紧迫。使用STL提供的标准短路电流波形,对文中算法和现有算法进行了对比测试。测试结果验证了该算法的准确性,同时表明,仅使用3个峰值点并未显著降低文中算法在计算交流分量恒定的短路电流波形参数时的准确度。在IEEE39算例中验证了结果的可靠性。

关键词:短路电流直流分量;构成特点;计算方法

引言

短路电流直流分量含量对断路器开断能力有很大影响,然而对直流分量的计算至今缺乏简单实用的方法。分析短路电流直流分量产生原理及其衰减特性,结合电力网络数学模型的特点,提出了基于转移阻抗理论的短路电流直流分量实用计算方法:将电力系统复杂网络近似简化为以短路点为中心的辐射形网络,求出各发电机所提供短路电流直流分量及其衰减情况,最终对所有分支短路电流直流分量求和近似计算出故障点短路电流直流分量。通过实用计算方案与EMTP仿真计算以及故障录波的对比如分析,验证了该方法的准确性。

一、直流分量构成特点

在单机系统中,短路电流直流分量是因为系统电感元件中电流不能突变产生的,它由短路前后瞬间电流周期分量瞬时值之差决定的初值最终衰减为零,衰减时间常数取决于短路回路中的电感电阻比。在多机系统中,短路电流直流分量同样是由于电感元件中电流不能突变产生的,最终也将衰减为零。但由于此时从每个电源到短路点均需经过多个电感,所以多机系统短路电流直流分量是由按不同时间常数衰减的多个成分所组成。由于多机系统阶数高,难以通过拉氏变换求解,所以以多机系统中最简单的两机系统为例,来分析短路电流直流分量的衰减特点。

二、程序编写及封装

考虑到电网企业对选定的节点集合逐点扫描计算短路电流的需要,即扫描计算,编程时增加了计算模式的选择。为避免输入数据过程过于烦琐以及满足实际工程的需要,该程序直接读取PSS/E潮流数据(.raw)形成节点导纳矩阵;为了排除无用数据避免程序运行时间过长,设计程序读取文件数据时采用非顺序读取技术。考虑到个别电网的特殊性,如电网中存在等效恒压电压源、单条母线连接多个电机、元件是否投运、三绕组变压器是否全部投运等情况,编程时针对这些特殊性做特殊处理,并对形成的节点导纳矩阵进行修正。为了程序初始使用者能更方便地使用程序计算直流分量,编写了良好的人机界面。

三、测试验证

STL提供的试验数据发生器(TDG)软件根据短路试验方程及实际应用场景,生成了可覆盖大多数高压大容量试验工况的8个标准短路电流波形,并通过理论计算给出了这些波形在每个峰值点处的峰值、时间坐标、交流分量有效值和直流分量百分数的参考值,这些参考值均具有较高的准确度和可信度。因此文中使用这些波形作为标准数据源,它们的参考值作为约定真值,来测试新算法的准确性。

(一) 峰值算法的对比测试

使用现有算法(通过寻找采样点极大值来确定峰值)及文中

算法分别编写了电流波形峰值的MATLAB计算程序,用来计算TDG波形1和3的部分峰值及其时间坐标(波形1的频率和交流分量恒定,波形3的频率和交流分量随时间逐渐降低)。现有算法与文中算法的准确度均较为理想。不过文中算法在计算时间坐标时准确度更高,可更好地用于后续直流时间常数等参数的计算。

(二) 直流时间常数、交流分量有效值和直流分量百分数算法的对比测试

根据算法的步骤,编写了电流波形直流时间常数、交流分量有效值和直流分量百分数的MATLAB计算程序,与现有的三顶点法一起,分别计算了TDG波形1、3在部分峰值点处的交流分量有效值和直流分量百分数。计算时,两种算法所用的峰值均由文中的峰值算法求得。在算法中,直流分量大于40%的峰值点不参与曲线拟合;式子区间范围选取为[10, 30],迭代计算10次。直流时间常数无法由三顶点法算出,故新算法对它单独的计算结果。为计算配电网短路电流直流分量,在IEEE39网络的基础上,在节点15加入一台配电变压器,在配电变压器低压侧发生短路(节点24同理),分别用转移阻抗法、输入阻抗法计算短路电流直流分量,并与EMTP仿真结果进行对比。在配网中计算短路电流直流分量时,用输入阻抗法计算直流分量瞬时值最大误差为4.97%,计算等效时间常数最大误差为4.75%;转移阻抗法计算直流分量瞬时值最大误差为29.38%,计算等效时间常数最大误差为20.66%。可见在配电网中输入阻抗法明显优于转移阻抗法。因为在复杂多机系统中各电源支路的阻抗比难得相同,且配电变压器阻抗较配变高压侧系统等值阻抗大得多(若在配电线路短路,公共支路阻抗占输入阻抗比重更大),故配电网发生短路故障一般相当于公共支路远端发生短路故障。

结语

从短路电流直流分量产生原理出发,考虑了短路点直流分量由按不同时间常数衰减的支路提供的直流分量构成的特性,提出基于转移阻抗求取直流分量及其衰减的实用计算方法。该方法通过转移阻抗将网络近似简化为以短路点为中心的多支路辐射形网络,每一支路以不同的时间常数和初始值提供直流分量,短路点总的直流分量是各支路直流分量的和,具有良好的工程实用性。

参考文献

- [1] 廖国栋,谢欣涛,侯益灵,等.特高压接入湖南电网后500kV母线三相短路电流超标问题分析[J].高电压技术,2015,41(3):747-753.
- [2] 杨杉,同向前,刘健,等.含分布式电源配电网的短路电流计算方法研究[J].电网技术,2015,39(7):1977-1982.
- [3] 潘晓杰,张顺,文汀,等.渝鄂异步互联对华中电网运行特性的影响[J].电力系统保护与控制,2016,44(19):157-162.
- [4] 丁少倩,林涛,翟学,等.基于短路容量的含大规模新能源接入的电网状态脆弱性评估方法研究[J].电力系统保护与控制,2016,44(13):40-47.
- [5] 郑少鹏,钟显,孙谊娟,等.±1100kV特高压直流接入后短路电流分析及限制措施研究[J].高压电器,2016,52(11):18-24.
- [6] 周明,曹炜,陈文涛,等.串联电抗器对电力系统短路电流特性影响的研究[J].电力系统保护与控制,2017,45(11):1-6.
- [7] 蒋霖,王枫,李泰军,等.三峡近区电网短路电流限制措施研究[J].陕西电力,2015,43(12):48-51.