

短路电流限制器对电力系统暂态稳定影响的研究

张益 张滨 章良栋 黄家裕 周贵兴 岑文辉 上海交通大学电力工程系 (200240)

刘人熔 任年荣 朱琦 上海电力工业局科技处

蒋建民 吴成琦 东北电力集团总公司科技部

【摘要】 快速短路电流限制器 (FFCL) 是限制电力系统短路电流的有效措施之一。主要研究了一种新型的短路电流限制器在电力系统中的配置及其对电力系统暂态稳定的影响, 通过试验系统的验算, 得到一些有益的结论。

【关键词】 短路电流限制器 电力系统 暂态稳定

引言

随着电力系统的发展, 为了满足负荷需求, 电力网络构架越来越密集和加强, 这对系统安全运行是必要和积极的, 但是网络的加强导致短路电流过大, 许多断路器的遮断容量不能适应要求, 为此, 需要更换大批断路器, 这不但带来经济上的巨大负担, 而且过大短路容量的断路器制造技术上也存在困难。从经济和技术上都需要有一种有效的技术来限制系统短路电流。

一种新型短路电流限制器 (FFCL—Fast Fault Current Limiter) 能够有效地限制短路电流^{[1][2]}, 这种新型短路电流限制器是 FACTS 家族的一员。短路电流限制器类型较多, 近年来随着大功率电子技术的发展, 基于 GTO 的静态 FFCL 的研究得到了重视^{[1][2]}, FFCL 的基本思路就是在短路发生 1~2ms 内将一个电抗接入系统, 降低系统短路电流, 待断路器切除故障后, FFCL 自动复归退出。有关 FFCL 的原理及实现的一些问题, 我们已经在文献^{[1][2]}中作了阐述, 本文就 FFCL 如何在系统不同的地点合理地配置进行了分析, 并就 FFCL 对系统暂态稳定的影响进行了探讨, 本文的研究结果消除了人们对 FFCL 可能会对系统暂态稳定产生不良影响的疑虑。

1998—03—09 收稿

*该项目为“电力工业部重大科技攻关项目”资助

1 系统中 FFCL 的配置地点对限制短路电流的效果分析

本文选择了某大区电力系统的简化系统作为研究分析对象, 其网络接线图如图 1 所示。将 FFCL 装设于系统中的不同地点, 所得到的限流效果是不一样的, 本文计算了各种情况下系统的短路电流, 经过的分析比较, 现选择两种典型算例结果示于表 1, 为了比较方便, 表 1 中还列出了未装设 FFCL 时的结果。表 1 中, 方案一代表 FFCL 装设于系统网络中的某一点, 但并不将整个网络分隔开的情况, 方案二代表 FFCL 装设于某大电源的出口点或两个系统的联络线, 将整个网络分隔成两部分的情况。

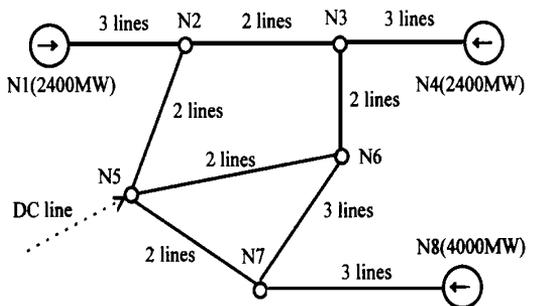


图 1 研究系统接线图

由表 1 可见, 方案一由于 FFCL 的作用仅限制了某一路径的短路电流, 因此就整个系统来说, 限流效果并不理想, 并且由于短路电流分布的改变, 增加了继电保护整定的难度, 这

方面还需要进一步的分析研究。而方案二由于限制了大电源提供的短路电流,使整个系统的短路电流大大降低,限流效果明显。大量分析计算的结果都说明了上述的结论。总之 FFCL 在系统中的装设地点和配置,对不同系统要进行分析,一般都应装设在大电源送出的方向,或者两个系统的联络线上。

2 FFCL 对暂态稳定的影响分析

针对上述系统和两种方案的 FFCL 的配置地点,对系统进行了暂态稳定仿真计算,求取极限切除时间,部分计算结果示于表 2,表 2 (1) 是方案一的计算结果,表 2 (2) 是方案二的计算结果。

表 1 装设快速短路电流限制器前后系统短路容量比较

单位: 100MVA

地 点	方 案		
	无 FFCL	方案一 FFCL 装设于 $N_5 - N_6、N_7$ 之间	方案二 FFCL 装设于 $N_7 - N_8$ 之间
节点 N_1	201.7661	192.7998	185.6623
发电机提供	139.9924	139.9924	139.9924
输电线路 1 - 2 提供	30.9163	26.4302	22.8508
节点 N_2	198.6808	161.7053	139.2229
输电线路 1 - 2 提供	31.3344	31.3344	31.3344
输电线路 2 - 3 提供	40.0141	47.2350	26.2029
输电线路 2 - 5 提供	27.9921	2.2879	12.0743
节点 N_3	265.3570	264.9278	160.2506
输电线路 4 - 3 提供	54.3606	54.3606	54.3606
输电线路 2 - 3 提供	24.8906	23.0968	17.2997
输电线路 3 - 6 提供	54.4345	55.0141	8.4705
节点 N_4	258.4081	258.1619	186.5614
发电机提供	139.9924	139.1619	139.9924
输电线路 4 - 3 提供	59.2357	59.1129	23.2996
节点 N_5	246.6888	71.3129	117.1199
输电线路 2 - 5 提供	21.0512	32.6924	19.1566
输电线路 5 - 6 提供	67.7715	2.865	31.3636
输电线路 5 - 7 提供	34.5231	2.865	8.0399
节点 N_6	282.7704	270.8729	124.0422
输电线路 3 - 6 提供	45.7756	52.4209	45.0055
输电线路 5 - 6 提供	27.9022	17.4486	13.1039
输电线路 6 - 7 提供	67.7101	65.5737	3.9119
节点 N_7	310.9619	297.9587	110.5561
输电线路 5 - 7 提供	13.9435	9.8724	13.9435
输电线路 6 - 7 提供	40.4767	38.0408	40.4767
输电线路 8 - 7 提供	67.3852	67.3852	6.5724
节点 N_8	323.8467	311.82	221.2088
发电机提供	219.5064	219.5064	219.5064
输电线路 7 - 8 提供	34.7970	30.7899	0.56947

表2 装设 FFCL 前后系统暂态稳定极限切除时间比较

1 FFCL 装设于 $N_5 - N_6$ 、 N_7 之间

单位: s

故障地点	方 案			
	三 相 短 路		两 相 接 地 短 路	
	无 FFCL	有 FFCL	无 FFCL	有 FFCL
N_2	0.15	0.15	0.31	0.32
N_3	0.21	0.20	0.44	0.38
N_6	0.27	0.25	0.61	0.42
N_7	0.26	0.25	0.59	0.43

2 FFCL 装设于 $N_7 - N_8$ 之间

故障地点	方 案			
	三 相 短 路		两 相 接 地 短 路	
	无 FFCL	有 FFCL	无 FFCL	有 FFCL
N_2	0.15	0.15	0.31	0.31
N_3	0.21	0.20	0.40	0.40
N_6	0.27	0.25	0.30	0.27
N_7	0.26	0.28	0.28	0.27

2.1 对计算结果的分析:

三相短路情况下,FFCL对暂态稳定的影响很小,最不利的情况下将极限切除时间减小了0.02s。这是因为FFCL对暂态稳定的影响主要由于影响故障过程中的功率传输,而三相短路时,系统传输功率已经很小,加了FFCL以后,作用就不显著。两相接地短路情况下,FFCL对暂态稳定的影响就比较明显。方案一的情况下,FFCL对暂态稳定的影响较大,最不利的情况下,极限切除时间减小了0.19s,实际上,方案一的限流效果亦不明显,故不会采用这种配置方案。方案二的情况下,FFCL对暂态稳定的影响较小,最不利的情况下,极限切除时间减小了0.03s。但是,由于两相接地短路的极限切除时间本来就比较长,加了FFCL,也都在0.03s以上,现代电网的继电保护可以做到全线速动,因此,FFCL几乎不会对系统暂态稳定带来负作用。如果对FFCL的控制加于优化,FFCL对系统暂态稳定可以做到无影响。计算的结果也表明,方案二对暂态稳定几乎无影响,因此这种配置方案是我们推荐的方案。

3 结论

(1)使用FFCL可以有效地限制系统短路

电流,在一个实际电力系统中,FFCL装设的地点和配置需要经过详细的分析计算,找出限制短路电流效果最佳的地点,一般装设在大电源的出口处和大系统之间的联络线上,可以得到较理想的效果。

(2)使用FFCL后,对系统暂态稳定的影响很小,在实际系统中,几乎不会对暂态稳定产生负作用。

(3)需要进一步研究FFCL在电力系统中的优化综合配置,对继电保护的影响等其他问题。

参考文献

- 1 岑文辉,周新,章良栋.利用FACTS概念进行电力系统短路电流限制器的研究.上海:中国电工技术学会迈向21世纪的电工科技学术会议论文集,1966.12.
- 2 章良栋,刘为,岑文辉.一种新型短路电流限制器的研究.电力系统自动化,1997.8.
- 3 黄家裕,岑文辉.同步电机基本理论及其动态行为分析.上海交通大学出版社,1988.

张益,男,28岁,博士生,主要研究方向为电力系统及其自动化。

RESEARCH FOR THE INFLUENCE OF FAULT CURRENT LIMITER ON TRANSIENT STABILITY OF POWER SYSTEM

Zhang Yi, et al (Shanghai Jiaotong University, 200240)

Liu Renrong, et al (Shanghai Power Bureau,)

Jiang Jianmin, et al (Northeast Power Group Corporation)

Abstract This paper is continued from the two papers^[1,2]. Fast Fault Current limiter (FFCL) is an effective way to limit the fault current of power system. The arrangement of the new FFCL in power system and its influence on the transient stability of power system are studied. By calculation of testing system, some interesting results are achieved.

Abstract FCL Power system Transient stability

(上接第 7 页)

表 1 算法仿真结果及比较(递推算法,无分次谐波)

	未对衰减非周期分量进行补偿				对衰减非周期分量进行补偿			
	幅值	误差 %	相位	误差 %	幅值	误差 %	相位	误差 %
全波富氏	120.8485	20.8485	28.93311	-3.5563	99.99997	-0.00003	29.99999	-0.00003
半波富氏	206.1838	106.1838	26.82001	-10.400	100	0	29.99998	-0.00007

表 2 算法仿真结果及比较(递推算法,有分次谐波)

	无衰减非周期分量				对衰减非周期分量进行补偿			
	幅值	误差 %	相位	误差 %	幅值	误差 %	相位	误差 %
全波富氏	97.91246	-2.08754	27.81124	-7.2959	99.04973	-0.95027	29.62033	-1.26557
半波富氏	106.0957	6.0957	26.50546	-11.3818	100.317	0.317	28.92528	-3.5824

注:“无衰减非周期分量”一栏是假定信号中只有基波和分次谐波存在的仿真结果。

递推富氏算法中消除衰减非周期分量影响的精确方法,算法具有校正计算量小、响应延迟较小,校正方法与衰减时间常数及数据窗长度无关等特点,突破了现有校正方法的局限性,对输入信号中有、无分次谐波所作的仿真表明,算法的原理是正确的,具有很高的校正精度。

参考文献

1 陈德树. 计算机继电器保护原理与技术. 水利电

力出版社,1992.

2 周大敏. 一种消除衰减非周期分量对非递推富氏算法影响的精确方法. 继电器, 1998, (4).

3 K. - Fr. Eichhorn, T. Lobos. Recursive real - time calculation of basic waveforms of signals. Proc. IEE, 1991, 138:469 ~ 470

周大敏,男,1959年生,硕士,副教授,现从事电力系统继电保护算法的研究。

THE ACCURATE ALGORITHM TO ELIMINATE DECAYING DC COMPONENT FROM RECURSIVE FOURIER ALGORITHM

Zhou Damin (Chongqing Logistic Engineering College, 400041, Chongqing)

Abstract A new method to eliminate decaying DC component from recursive Fourier algorithm of any data window is proposed. In this paper, which is deduced out based on the filtering results of Fourier algorithm and does not require the decaying constant to be known in advance. The theory analysing and simulating results show that the new algorithm is correct in principal and has a very high compensate accuracy.

Keywords Recursive Fourier algorithm Decaying DC components Protection