

配电网励磁涌流及其概率分布的分析与探讨

王婉儿

3302221981****8241

【摘要】因为馈线中配电变压器的数量较多，且容量也比较大，馈线断路器合闸的时候，下游诸多变压器形成的励磁涌流彼此叠加，能够形成比较强烈的励磁涌流，部分情况下可能会造成瞬时速断功能的触动，针对瞬时性的故障问题，可能会造成重合闸无法顺利启动，造成原先能够在短时间内恢复供电的用户持续断电，供电稳定性和可靠性严重受限。为了能够较为精准地了解由于配电变压器中励磁涌流带来的馈线开关合闸涌流基本规律，本文将结合实际情况做以分析，确定瞬时速断保护电流整定值，以期为相关工作人员提供一些理论参考。

【关键词】配电网；励磁涌流；概率分布

针对变压器设备励磁涌流展开的理论研究已经获得了较多的成果，不过基本集中在输电网当中，而且也大多是针对单独的变压器展开的，基本上都没能讨论若干变压器在合闸的时候出现励磁涌流的基本特征，但是这些文献提出了一些关于励磁涌流能够保护线路的功能、抑制励磁涌流的跳闸问题的方式等等。在若干台配电变压设备合闸带来励磁涌流和变压器个数之间的关联以及剩磁等因素的基础之上，可能发生的励磁涌流概率分布，还有较大的空间可供研究。

1 配电网励磁涌流及其概率分布的分析

1.1 配电网合闸涌流

在配电网线路当中一般会设置很多配电变压器，在合闸的时候，因为其励磁涌流出现往往会对配电网的继电保护有非常大的影响，不考虑可能出现的剩磁的情况，配电变压设备往往会在不利于合闸的条件下合闸涌流达到额定电流 5 倍到 8 倍之间，如果考虑剩磁，可能会更大。以我国的基本情况来说，大多应用的都是三相变压设备，因为三相电压的相位差异 120° ，在合闸的时候经常一向发生较大的励磁涌流。

在配电网当中单独馈线中若干变压器在合闸的时候等效电路示意图可以使用下图作为表示（图 1）。

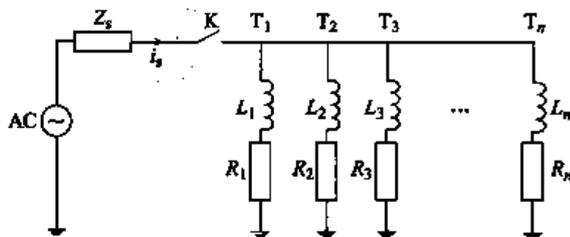


图 1

在馈线开关 K 处于合闸状态下的时候，处于开关下游的变压设备等同于在相同时刻内同时带电，单独的变压器都会形成励磁涌流，经过馈线开关励磁涌流 i_s ，给此开关的下游配电变压设备形成叠加作用，并成为一个合闸涌流，馈线开关位置上的励磁涌流会有较大的幅值，

这也是触动电网继电保护的误动作最为关键的成因。不过，因为系统阻抗存在，导致各个并联变压设备间磁链彼此作用，合闸期间，变压器的数量更多，系统阻抗减弱励磁涌流的作用就变得更强大，进而造成若干变压器在合闸的时候经过馈线开关的励磁涌流和变压器的容量倍数较之单独变压器的励磁涌流以及变压器容量倍数更小，而且还会随变压器数量增加拉大差值。

1.2 仿真分析

通常来说，研究人员常应用变压设备额定电流倍数用以表示变压设备励磁涌流大小，以此来定义特定合闸角以及剩磁的时候，经过馈线特定开关后励磁涌流的最大倍数比（下文代称“倍数”） r_{max} 作为此合闸角以及剩磁下励磁涌流最大值和下游配电变压设备额定电流总和比值，用公式表达如下：

$$r_{max} = \frac{i_{\mu,max}}{\sum_{j=1}^h \frac{S_{N,j}}{\sqrt{3}U_N}}$$

在该公式当中， $S_{N,j}$ 指的是在 j 台变压设备中额定容量值； U_N 指的是在变压设备一次侧额定电压；h 指的是在该开关控制下下游配电变压设备的数量。

通常来说，变压器 10kV 出线断路器最大开断电流通常是 0.231Ω ，因此，等效系统阻抗通常会在 false 以上，系统阻抗变大，励磁涌流就会相对变小，同时供电的半径长短也会对励磁涌流形成一定的影响作用。在本次分析中，出于极端情况的考虑，把系统阻抗设置在 0.231Ω 同时不考虑其线路阻抗的基本情况。参考当前我国的配电变压设备基本情况，择取容量 315kVA、250kVA、100kVA、50kVA 这四种比较典型的 S11 系 10kV 配电变压设备展开方针分析，具体参数如下所述：

型号	变比	空载损耗 (kW)	负载损耗 (kW)	空载电流 (%)	短路阻抗 (%)
S11 315kVA	10/0.4	0.48	3.65	0.9	4
S11 250kVA	10/0.4	0.40	3.05	0.9	4
S11 100kVA	10/0.4	0.20	1.50	1.1	4
S11 50kVA	10/0.4	0.13	0.87	1.3	4

多个变压设备的励磁涌流比起单独的变压器来说倍数要更小一些,在此次研究当中,主要依照常规计算模式针对四种不同容量的配电变压设备加以规律分布的规律分析阐述,每次进行仿真计算样本数量是5329,常规计算,确定分闸角以及合闸角采样间隔为 5° 情况下,仿真结果可以控制误差1%上下,计算结束之后输出文本,涵盖计算结果统计信息,有抽样随机变量序列 $[\alpha, \beta]$ 、三项励磁涌流max值基波值,同时依照常规操作对样本最值加以计算,证明不同配电变压设备励磁涌流的基波分量max值在9倍到10倍,最小值控制在0。由此,针对单独馈线开关来说,不管下游设置了多少变压设备,经此开关励磁涌流的基波分量都不会高于下游配电变压设备额定电流总和10倍以上。另外,针对单独馈线上的变压设备总容量设置3000kVA、5000kVA、8000kVA配电网的合闸涌流展开概率分布规律的相关研究,参考通常仿真研究的方式,设置频数统计区间 $[0,10]$,把它划分10个等距的子区间,在部分组合场景中,励磁涌流会大于特定倍数发生概率。针对单独馈线开关来说,在下游的配电变压设备容量特定的情况下,经过励磁涌流会明显大于特定励磁涌流倍数比概率基本一致,和不同容量的变压设备间的组合差异的关联并不明显。

励磁涌流明显高于特定励磁涌流倍数比概率,能够体现出相应瞬时速断保护电流整定值中因励磁涌流造成的误动保护触动概率;相对的,也能够参考可以接受的误动保护最大风险性概率,明确瞬时速断保护电流整定值,并且还要校验保护灵敏度。

2 相关探讨

其一,若干台配电变压设备叠加励磁涌流一般是导致合闸和重合闸过程中触动配电网中瞬时电流的速断保护开关的成因,不过,若干变压设备在合闸涌流的过程中,其倍数较之单独变压器的倍数明显更小,而且会因变压器个数逐渐增加逐渐拉大差值。

其二,剩磁一般会和变压器的励磁涌流幅值有关,双交流源模拟变压器剩磁法可以比较便捷地满足一次侧三角形关联在内变压设备励磁涌流仿真研究。

其三,针对单独馈线开关来说,下游配电变压器的容量值变大,经过的励磁涌流和额定电流倍数就会更小,同时励磁电流基波分量通常也不会超出下游的配电

变压设备所额定的电流综合10倍以上。

其四,针对单独馈线开关来说,在下游的配电变压设备容量固定的情况下,经过的励磁涌流则高于特定励磁涌流的倍数比概率基本一致,不同容量的变压设备间组合差异的关联并不显著。

其五,参考励磁涌流的倍数比和发生概率之间的联系,可以认为,分析保护误触最大风险概率,明确瞬时速断保护电流整定值。

其六,因为大多已经安装完成的配电网保护设施都不拥有波形识别、谐波制动等特性,利用适当的方式来增加定值,或许能够较好地解决涌流问题,对其加以深入的研究分析,能够满足配电网的继电保护功能波形识别以及谐波制动相关措施。

3 结语

综上所述,励磁涌流明显高于特定励磁涌流倍数比概率,能够体现出相应瞬时速断保护电流整定值中因励磁涌流造成的误动保护触动概率,若干台配电变压设备合闸带来励磁涌流和变压器个数之间的关联以及剩磁等因素的基础之上,可能发生的励磁涌流概率分布,还有较大的空间可供研究。

【参考文献】

- [1] 王志强, 方正, 刘文霞等. 基于概率多场景的柔性配电网鲁棒运行优化[J]. 电力自动化设备, 2019(007):37-44.
- [2] 谢文贤, 唐亚宁, 蔡力等. 典型随机动力系统的联合与边缘、条件概率密度的形态分析[J]. 高等数学研究, 2019(001):94-97.
- [3] 熊玮, 鄢发齐, 汪旻等. 实际电网频率概率分布特性演变及成因分析[J]. 电力系统自动化, 2020(02):222-227.
- [4] 程井, 李培聪, 李同春等. 含概率与区间混合不确定性的重力坝可靠性分析[J]. 水电能源科学, 2019(004):76-79.
- [5] 姚艳, 严浩军, 许家玉. 基于配电网概率电压灵敏度的光伏选址评估[J]. 电力系统及其自动化学报, 2020(04):97-102.
- [6] 冯楠, 周自强, 张焰等. 考虑负荷概率分布的中压配电网安全合环决策方法[J]. 水电能源科学, 2019(004):187-191.