

基于轨道交通工程电动机直接起动的 一种简单算法

通过轨道交通系统特定的参数,结合电动机起动时母线压降计算公式,通过推理,得出一个简单计算方法,可便于设计同行在设计过程中快捷应用,提高效率,节约时间。

张振宇/北京城建设计发展集团股份有限公司



张振宇/高级工程师

0 引言

目前轨道交通正大规模建设,轨道交通车站、区间、车辆段及停车场的电动机设备数量众多,且部分电动机容量较大,有的配电线路距离较长,电动机设备能否直接起动,是否采取降压起动措施是设计者应考虑的问题。一般来讲电动机除特殊要求外,全压起动是最简单、最可靠和最经济的起动方式,应优先采用。但是直接起动电流大,在配电母线上引起的电压下降也大,电动机配电回路直接起动需要满足如下条件。

1) 电动机频繁起动时,不应低于系统标称电压的90%;电动机不频繁起动时,不宜低于系统标称电压的85%。

2) 配电母线上未接照明负荷或其他对电压下降敏感的负荷,且电动机不频繁起动时,不应低于系统标称电压的80%。

3) 配电母线上未接其他设备时,可保证电动机起动转矩的条件决定,对于低压电动机,还应保证接触器线圈的电压不小于释放电压。

4) 被拖动机械能承受全压起动时的

冲击转矩。

电动机是否能直接起动,设计者一般按照《工业与民用配电设计手册》第4版的相关要求进行计算,并按如下公式计算相关数据。

1) 母线短路容量 S_{scB}

$$S_{scB} = \frac{1}{\frac{1}{S_{sc}} + \frac{1}{S_T}} = \frac{1}{\frac{1}{S_{sc}} + \frac{U_K \%}{100 S_{rT}}} \quad (1)$$

2) 起动回路的计算容量计算公式为

$$S_{st} = \frac{1}{\frac{1}{S_{stM}} + \frac{1}{S_1}} = \frac{1}{\frac{1}{S_{stM}} + \frac{X_1}{U^2}} \quad (2)$$

3) 母线电压相对值计算公式为

$$u_{stB} = u_s \frac{S_{scB}}{S_{scB} + Q_L + S_{st}} \quad (3)$$

式中, S_{rT} 为变压器容量,轨道交通配电变压器范围一般在315~1 600 kV·A(地面车站为315~500 kV·A,地下车站为630~1 600 kV·A); X_1 为配电线路的电抗; S_{stM} 为电动机的起动容量; U_K 为变压器电抗相对值,本文容量为630 kV·A及以上的变压器取值为6,容量为630 kV·A以下的变压器取4; S_{sc} 为最小运行方式下的短路容量,此值越小,电动机起动时母线电压越小,也就越不利于起动,一般来讲最小短路容量在100 MV·A以上,本文按照100 MV·A进行计算; Q_L 为预接无功负荷。

电动机的起动容量计算式为

$$S_{stM} = k_{st} S_{rM} = 7 \times 0.38 \times I \quad (4)$$

式中, I 为电动机计算电流。

无功负荷的计算式为

关键词/Keywords

电动机·
直接起动·
母线压降·
启动容量·

$$Q_L = S_{rT} \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = S_{rT} \sqrt{1 - 0.9^2} = 0.436 S_{rT} \quad (5)$$

轨道交通低压侧设置无功补充装置, 补偿后功率因数不小于0.9。

通过式(1)~式(3)计算, 最终确定 U_{stB} 的值, 计算过程烦琐, 如果能找到一个简单算法, 那么设计者在设计过程中可以节约时间, 提高效率。

2 计算思路

通过上述式(1)~式(3), 发现影响电动机起动的因素为 Q_L 、 X_1 、 S_{stM} 、 S_{rT} 、 U_K 和 S_{sc} 。

地铁中电动机设备属于不频繁起动类设备, 直接起动时, 只要母线压降控制在85%以上即可, 即

$$u_{stB} = u_s \frac{S_{scB}}{S_{scB} + Q_L + S_{st}} \geq 85\% \quad (6)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{u_{stB}} = \frac{1}{u_s \frac{S_{scB}}{S_{scB} + Q_L + S_{st}}} \leq \frac{1}{85\%} = 1.176 \quad (7)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{u_s} \times \frac{S_{scB} + Q_L + S_{st}}{S_{scB}} \leq 1.176 \quad (8)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{u_s} \times \left(1 + \frac{Q_L}{S_{scB}} + \frac{S_{st}}{S_{scB}}\right) \leq 1.176 \quad (9)$$

$$\Rightarrow 1 + \frac{Q_L}{S_{scB}} + \frac{S_{st}}{S_{scB}} \leq 1.176 u_s \quad (10)$$

$$\Rightarrow \frac{Q_L}{S_{scB}} + \frac{S_{st}}{S_{scB}} \leq 1.176 u_s - 1 \quad (11)$$

$$\Rightarrow \frac{Q_L}{S_{scB}} + \frac{S_{st}}{S_{scB}} \leq 1.176 \times 1.05 - 1 \quad (12)$$

$$\Rightarrow \frac{Q_L}{S_{scB}} + \frac{S_{st}}{S_{scB}} \leq 0.235 \quad (13)$$

$$\Rightarrow \frac{0.436 S_{rT}}{S_{scB}} + \frac{\frac{1}{\frac{1}{7 \times 0.38 \times I} + \frac{X'_L}{0.4^2}}}{S_{scB}} \leq 0.235 \quad (14)$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{1}{\frac{1}{7 \times 0.38 \times I} + \frac{X'_L}{0.4^2}} + 0.436 S_{rT}}{\frac{1}{\frac{1}{S_{sc}} + \frac{U_K \%}{100 S_{rT}}}} \leq 0.235 \quad (15)$$

把式(15)左端看成一个函数, 可以看出线路阻抗 X_1 越大, 函数值越小。为了简便, 更有利于工程简单快捷计算, 先将线路阻抗置零。

在某个实际工程中 U_K 为定值, S_{rT} 为定值, 现分别计算容量为315~1 600 kV·A变压器的直接起电动机电流限值。

以容量为1 000 kV·A的变压器为例计算如下。

$$\begin{aligned} & \Rightarrow \frac{\frac{1}{\frac{1}{7 \times 0.38 \times I} + 0.436}}{\frac{1}{\frac{1}{100} + \frac{6}{100}}} \leq 0.235 \\ & \Rightarrow \frac{7 \times 0.38 \times I + 0.436}{\frac{100}{7}} \leq 0.235 \\ & \Rightarrow 7 \times 0.38 \times I \leq 2.92 \\ & \Rightarrow I \leq 1.1 \text{ kA} \end{aligned} \quad (16)$$

按照上述算法, 单台电动机起动时, 可计算出容量为315~1 600 kV·A变压器与电动机的计算电流间的关系, 具体如下表所示。

表 变压器容量与直接起电动机电流限值关系

序号	变压器容量/kV·A	直接起电动机电流限值/A
1	315 ($U_K=4$)	593
2	400 ($U_K=4$)	737
3	500 ($U_K=4$)	900
4	630 ($U_K=6$)	736
5	800 ($U_K=6$)	908
6	1 000 ($U_K=6$)	1 098
7	1 250 ($U_K=6$)	1 318
8	1 600 ($U_K=6$)	1 597

轨道交通中还会遇到一种工况, 那就是一个供电回路上的电动机会依次起动, 如在正线至

车辆段出入段线雨水泵，雨水泵会根据水位情况自动确定起动泵的数量，如起动2台泵，这时式(15)调整为

$$\Rightarrow \frac{\frac{1}{\frac{1}{(7+1) \times 0.38 \times I} + \frac{X_1}{0.4^2}} + 0.436 S_{rT}}{\frac{1}{\frac{1}{S_{sc}} + \frac{U_K \%}{100 S_{rT}}}} \leq 0.235 \quad (17)$$

只要在起动容量中考虑回路一台泵正在运行，另一台泵起动时的工况即可。其他起动多台泵时可按照上述思路进行计算。

3 结束语

本文提供了电动机起动时的一种简单算法，

给设计同行提供了一种计算思路，仅供参考。计算时系统的短路容量按照100 MV·A考虑，若采用其他类型供电方案，还需咨询当地供电部门并加以计算得出相应值。

参考文献

- [1] 新时代国际工程公司. GB 50055-2011 通用用电设备配电设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.
- [2] 中国航空规划设计研究总院有限公司. 工业与民用供配电设计手册[M]. 4版. 北京: 中国电力出版社, 2016.
- [3] 北京城建设计研究总院有限责任公司, 中国地铁工程咨询有限责任公司. GB 50157-2013地铁设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

(收稿日期: 2018-06-29) **EA**

.....

(上接第60页)

- [2] 邱毓昌. GIS装置及其绝缘技术[M]. 北京: 水利电力出版社, 1994.
- [3] 齐波, 李成榕, 耿弼博. GIS设备绝缘子高压电极故障局部放电严重程度的诊断与评估[J]. 高压技术, 2011, 37(7): 1719-1727.
- [4] 段剑, 张立群, 甄利, 等. 一起500 kV断路器故障的分析和治理[J]. 高压电器, 2010, 46(7): 90-92.
- [5] 张若飞, 杜黎明, 张利燕. SF₆高压断路器故障分析[J]. 高压电器, 2010, 46(2): 99-102.
- [6] 杨会民, 宋明刚. HPL-55082型断路器故障分析[J]. 高压电器, 2009, 45(1): 114-115.
- [7] 陈安明, 杨洋, 黄文龙, 等. 基于SF₆分解产物的GIS放电故障诊断分析[J]. 绝缘材料, 2013, 46(2): 83-85.
- [8] 郭伟. 气体分解产物应用于SF₆电气设备故障查找的分析[J]. 绝缘材料, 2012, 45(4): 69-72.
- [9] 季严松, 王承玉, 杨韧, 等. SF₆气体分解产物检测技术及其在GIS设备故障诊断中的应用[J]. 高压电器, 2011, 47(2): 100-103.
- [10] 周敏琛, 苏秀苹. 断路器操作机构中连杆的可靠性分析[J]. 江苏电器, 2003(6): 21-23.

(收稿日期: 2018-02-04) **EA**