

浅谈超大型高压电动机的起动

张苏青, 陈明山

(1. 南京钢铁公司炼铁厂, 南京市大厂区 210035;
2. 大庆石油管理局龙凤热电厂, 黑龙江省大庆市 163700)

摘要: 电动机全压直接起动有很多的危害性, 超大型电动机表现得更为严重, 软起动不仅可以提高电机的使用寿命, 而且具有很大的节电效果, 应该引起用户和设计部门的重视。

关键词: 超大型电动机 软起动 电动机系统节能

一、概述

随着国民经济的发展, 许多行业的生产规模越来越大, 所使用的高压电动机的容量也越来越大。近几年来, 在钢铁、石化、造纸等行业, 20000kW以上的高压电动机越来越多, 比如我国的钢铁行业正面临结构调整时期, 要逐步淘汰 500M³以下的小高炉, 随着高炉容量的加大, 高炉鼓风机电机的容量也变大; 1000M³左右的高炉要 20000kW左右的鼓风电动机, 2000M³左右的高炉要 30000kW左右的鼓风电动机, 5000M³左右的高炉要 60000kW左右的鼓风电动机; 在石化行业, 每个 60~100 万吨/年乙烯项目都有一台 20000kW左右的电动机, 每一台 60000M³/h左右的空分装置都有一台 30000kW左右的电动机。根据我国的近期发展规划, 千万吨级的钢铁公司和百万吨级的乙烯项目都有十几个。如果再加上其它行业的情况, 超大型高压电动机的数量是相当可观的, 因此超大电机的起动问题便被提到日程上来。

电动机直接全压起动有诸多危害, 这已得到人们的共识, 因此一般电动机常常采用减压起动或软起动方法, 近些年来国内对减压起动技术和软起动技术也做了许多研究, 产生了一些新的减压起动和软起动方法, 对各行业生产的发展起到了一定的积极作用。

过去, 超大型电机应用不多, 研究它的起动方法的人也较少, 所见到的不外乎三种起动方法: ①自耦变压器减压起动。②独立变压器供电直接全压起动。③用高压变频器做软起动。对于超大型电机, 减压起动的一些缺点变得突出起来, 因此应用于 10000kW~20000kW 电机较多, 电机再大则用此法较少; 对于 30000kW 以上的超大型电动机, 如要软起动则只有花高价购买高压变频器, 由于其价格昂贵, 人们常常舍弃软起动而采用独立变压器直接

全压起动, 这是在权衡各方面情况之后所做出的不得已选择, 并非优选之法, 因为直接全压起动的危害性对超大型电机变得更加突出。

基于过去独立变压器供电直接全压起动相对应用较多的情况, 有人便认为这是正常的选择, 也有人说: 电机设计和制造是允许直接起动的, 应优选直接起动。我们不好说这种观点是错误的。但是对于超大型电机这样一种非常贵重的重大技术装备, 我们为什么不去更加珍惜地使用它, 使它为我们创造更多的财富呢!

二、电动机直接全压起动的危害性及软起动好处

1. 引起电网电压波动, 影响同电网其它设备的运行

交流电动机在全压直接起动时, 起动电流会达到额定电流的 4~7 倍, 当电机的容量相对较大时, 该起动电流会引起电网电压的急剧下降, 影响同电网其它设备的正常运行, 对于变压器独立供电的情况, 由于有两级变压器隔离情况会好一些, 但如果电网容量较小, 仍然存在这个问题。

软起动时, 起动电流一般为额定电流的 2~3 倍, 电网电压波动率一般在 10%以内, 对其它设备的影响非常小。

2. 对电网的影响

对电网的影响主要表现在两个方面:

①超大型电机直接起动的大电流对电网的冲击几乎类似于三相短路对电网的冲击, 常常会引起功率振荡, 使电网失去稳定。

②起动电流中含有大量的高次谐波, 会与电网电路参数引起高频谐振, 造成继电保护误动作、自动控制失灵等故障。

软起动时起动电流大幅度降低, 以上影响可完全免除。

3. 伤害电机绝缘, 降低电机寿命

作者简介: 张苏青 (1966-), 男, 工程师, 1991 年毕业于沈阳冶金机械专科学校工业用电专业, 现在南京钢铁股份有限公司炼铁厂从事电气设计工作, 电气主任工程师。

①大电流产生的焦耳热反复作用于导线外绝缘，使绝缘加速老化、寿命降低。

②大电流产生的机械力使导线相互摩擦，降低绝缘寿命。

③高压开关合闸时触头的抖动现象会在电机定子绕组上产生操作过电压，有时会达到外加电压的5倍以上，这样高的过电压会对电机绝缘造成极大伤害。

软启动时，最大电流降低一半左右，瞬间发热量仅为直起的1/4左右，绝缘寿命会大大延长；软启动时电机端电压可以从零起调，可完全免除过电压伤害。

4. 电动力对电机的伤害

大电流在电机定子线圈和转子鼠笼条上产生很大的冲击力，会造成夹紧固松、线圈变形、鼠笼条断裂等故障。

软启动时，由于最大电流小，则冲击力大大减轻。

5. 对机械设备的伤害

全压直接启动时的启动转矩大约为额定转矩的2倍，这么大的力矩突然加在静止的机械设备上，会加速齿轮磨损甚至打齿、加速皮带磨损甚至拉断皮带、加速风叶疲劳甚至折断风叶等等。

软启动的转矩不会超过额定转矩，上述弊端可以完全克服。

当采用减压启动时，上述危害只有一定程度的降低；当采用软启动时，上述危害几乎完全消失；独立变压器供电方式直接启动只能在电网电压波动方面有所缓解，而其它方面的危害都照样存在。

超大型电动机的价值都很高，在生产中都起着核心作用。它的一点故障便会造成很大的经济损失，对它采用完善的保护是非常必要的。比如说对一台电机我们不能指望它的各处绝缘都是完全一致的，可能在某一点就有个薄弱环节，出厂试验时它能通过，但在长时间的冲击下这个薄弱环节会逐渐首先显露出来，使其寿命缩短。如果我们采取软启动，则可以大大延长电机的使用寿命，这两种方案哪一个合算呢？这是显而易见的。

各项技术都是在不断发展的，我们搞设计技术工作的就是要不断地充实自己，不断地学习新知识、掌握新技术，使我们设计出的工程尽量完善，为国家创造更多的财富，且不可墨守陈规，一层不变，否则必然会在技术上落伍，对国家对人民的贡献也会大打折扣。在某些行业的某些部门常听到这

样的声音：“我们行业的电网容量大，不用软启动！”他不知道外面的软启动市场其实很精彩。

三、开关变压器式高压电机软启动装置简介

开关变压器式高压电机软启动装置是对可控硅串联式软启动装置（俗称固态软启动装置）的改进，它用开关变压器（TK）的高压绕组来代替可控硅串，而把可控硅放在开关变压器的低压侧（如图1所示）这样可控硅不用串联，可靠性大大提高；且由于开关变压器漏抗的滤波作用，加到电源上的谐波大大减少。其它方面：电压电流可全范围调节；可输出任意波形；可构成闭环控制，时间常数小、反应迅速；电动机功率增加时只要增加功率器件的容量即可；开关变压器工作于开关状态，开通时只有铜损，隔断时只有铁损，启动过程中开关变压器损耗很小，可连续启动；由于是纯调压软启动，故一拖多时电动机的容量可以相差很远。这一切使开关变压器式高压电动机软启动装置成为当前性/价比最高的高压电动机软启动装置。

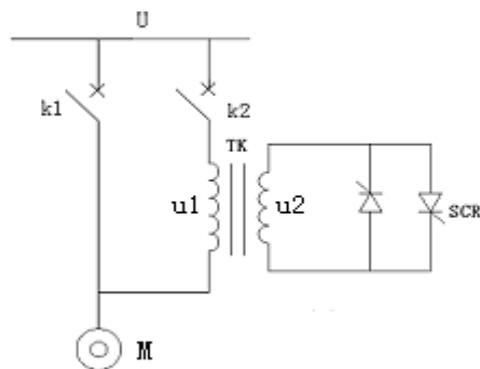


图 1

该装置的调压原理如下：

当加上电压时（SCR未通），开关变压器TK原边和电机D上得到电压，由于TK的空载电流远小于D的空载电流（指额定值），故电压绝大部分（95%以上）加在TK原边为电压 u_1 ，这时TK副边也得到电压 u_2 ，波形为正弦波。

当SCR控制极加上触发电压时，SCR导通，比如从 α 角处导通，则 u_2 立即降低， u_2 电压如图2中实线所示， u_1 的波形也相同。

D上的电压为外加电压减去 u_1 ，则D上的电压波形如图3所示当改变控制角 α 时（比如前移），则 u_2 变小， u_1 变小； u_D 加大。这样，连续调节 α 由大到小，则 u_D 连续由小到大，完成调压软启动。

主电路如图1所示：K1为运行柜，它与电动机D构成正常工作时的运行系统；K2为启动柜，它与开关变压器TK构成启动回路。当电动机启动时，

合上 K2, 给可控硅 SCR 加上触发信号即可实现相控调压软起动; 起动结束后, 合上 K1、断开 K2, 电动机即转入运行状态。

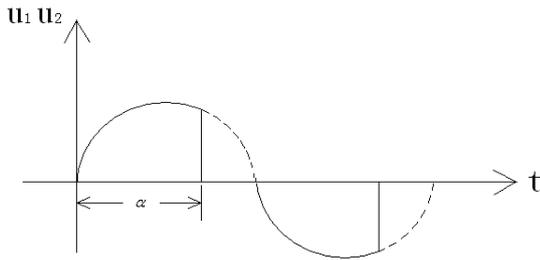


图 2

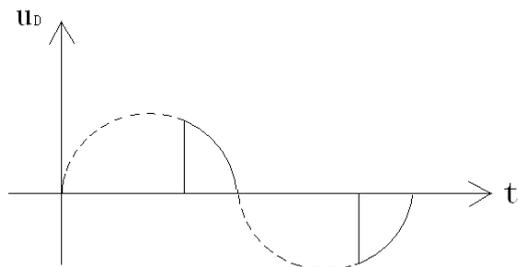


图 3

起动回路的控制系统框图如图 4 所示。

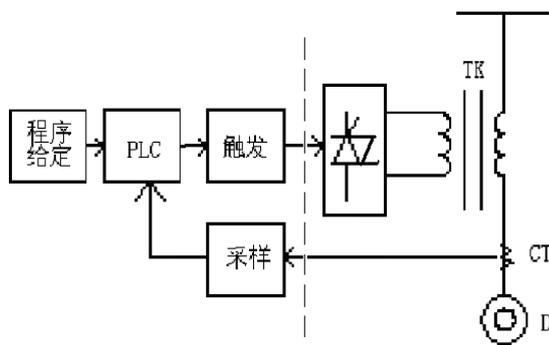


图 4

软起动不同时间段的电流由程序给定, 主电路中的电流由采样单元采集, PLC 比较电流反馈值和给定值, 根据差值调节触发单元的输入电压, 改变 SCR 的导通角, 从而使主电路中的电流与给定值相等。

修改程序中起动各时段电流的大小和保持时间, 即可得到各种不同的起动电流曲线。

由控制系统框图可见, 如果从虚线处隔开, 右侧为功率主回路, 左侧为控制环节。当电动机功率不同时, 只要更换 TK、CT 及 SCR 即可, 其控制环节不用改变。

根据当前晶闸管的容量水平, 开关变压器式高压电机软起动装置的单机容量可做到 15000kW。电

机容量再大时, 只要对主电路做适当改进, 利用晶闸管的并联技术即可达到。晶闸管的并联与串联相比, 技术上容易得多, 可靠性高得多, 仍不失这种装置的优越性。

四、几种软起动方法之比较

对于超大型电动机, 目前只有三种软起动方法可供选择, 其各自的优缺点主要如下:

1. 用高压变频装置做软起动

用高压变频装置做软起动, 其性能是非常优异的: 起动力矩大、起动电流小、起动平滑无冲击。但是当前变频技术尚处于发展时期, 开关器件的开关损耗还比较大, 变频装置的可靠性还不是很。常常会出现这样那样的故障。维修技术也相当复杂, 一般技术工人很难处理, 要有专业修理人员, 其价格也非常高。

另外, 高压变频装置的高次谐波很大, 容易在电机铁芯齿槽部产生磁场局部集中现象, 使局部电场强度增强, 对电机绝缘造成伤害。在许多变频调速应用中选用特制的变频电机就是为了防止这种伤害。对于超大型高压电动机的软起动, 虽然电动机的起动时间很短, 但由于电机价格昂贵, 还是要防止高频谐波对它的反复伤害, 防止其寿命缩短, 应该配滤波器使用。

2. 可控硅串联式高压电机软起动装置

该装置调节范围大, 可无级调节、可输出任意波形、是真正意义上的软起动装置。与变频装置相比, 这类装置在起动过程中有过电流产生, 一般为电机额定电流的 2~3 倍, 一般电网都能允许。这类装置的缺点是对可控硅元件性能的一致性要求很高, 对均压电路、触发电路的性能要求也较高。如果参数选择不当或经过一段运行时间后参数发生变化, 则很容易发生故障。一旦发生故障必须整串地更换。维修技术也比较复杂。这便是人们一般不敢选用该装置的原因。另外该装置产生的高次谐波较大, 一般应配滤波器应用。

3. 开关变压器式高压电机软起动装置

该装置的调节性能与可控硅串联式软起动装置相当, 都是真正意义上的软起动装置, 二者相比, 该装置的优点是: ①可靠性高, 由于采用了开关变压器隔离技术, 可控硅不用串联, 对可控硅参数的一致性无要求, 因而可靠性大大提高。②维修方便, 由于不用可控硅串联, 对触发电路的要求、对主电路元件的一致性要求都不是很高, 维修就方便很多, 一般技术工人都能胜任。③高次谐波对电网的

影响小。不必安装滤波装置。在该装置中，SCR 的开关作用产生高次谐波电流，在电网传输时要经过开关变压器的漏抗，它相当于一个大的滤波电感，大量高次谐波降落在它上面，加到电网上的高次谐波很少，曾请权威部门做过测试，电源母线处的综合谐波畸变率为 2.72%（国标为 4%）。

该装置的缺点是由于有个大功率开关变压器，因而体积较大、成本高。一般需要一个单独的变压器间，这使改造项目的设备放置增加了一定难度。

五、软起动与节能

讲电动机软起动节能是指电机系统节能，并不是单指软起动过程的节能，虽然与直接全压起动相比较软起动具有节能的优点，但因起动时间有限，节能效果并不显著。

如果从电动机系统上看，其节能效果则是很大的。比如对于一台 20000kW 的电动机来说，当采用独立变压器供电直接起动时，一般独立变压器容量要在 33000kVA 以上（电机容量为变压器容量的 60%左右）；如果采用软起动，则该变压器还可增加 7000kW~10000kW 的负荷。就是说独立变压器供电至少浪费 7000kVA 的容量，那么这一部分容量的基础电费和损耗电费之和便是软起动可以达到的节能效果。

六、结语

超大型高压电动机价格昂贵，在各行业的生产运行中起核心作用，对它进行多方呵护是非常必要的。软起动装置虽然工作时间短，但其重要作用不可轻视，应该引起我们电气技术工作者的高度重视。

超大型高压电动机软起动装置属于重大技术装备类别。过去主要靠进口，价格昂贵，哈尔滨帕特尔科技公司生产的开关变压器式高压电机软起动装置技术性能先进、可靠性高、价格低廉，给我们提供了一个新的选择。

业内专家和国家有关领导曾多次指出：“我国对有关技术装备的引进量太大，已经影响到国家的经济安全”。这个问题应该引起我们的重视，在国家大力提倡自主创新、建设创新型国家的今天，我们更应该振奋精神，自强、自重，为国家的崛起贡献我们的力量。