

论大型高压电动机软起动下差动保护及电动机接线方法的最优化配置

简述炼化企业装置内大型高压电动机 ($\geq 2\,000\text{ kW}$) 的接线方法, 结合接线方法介绍这些大型高压电动机的软起动及差动保护配置方案, 并从各方面对各种配置方案进行综合比较及分析, 最终得出大容量高压电动机在软起动运行模式下差动保护如何最优化配置, 电动机的接线方法如何选择, 期望能为各炼化企业新增大型高压电动机在选择差动保护等方面作出参考。

金福鑫/中国石油天然气股份有限公司锦西石化分公司电气车间

0 引言

目前公司各装置内高压电动机带软起动运行模式且具有差动保护的有如下几台: 焦化高压水泵电动机 ($3\,400\text{ kW}$)、供风压缩机电动机 ($3\,800\text{ kW}$)、聚丙烯造粒机电动机 ($5\,500\text{ kW}$) 及烷基化压缩机电动机 ($3\,600\text{ kW}$) 等。而这些高压电动机在软起动运行模式下的接线方法和差动保护模式大致分为四种, 本文将对这四种模式进行逐一分析及比较, 最终得出高压大型电动机在软起动运行模式下差动保护如何最优化配置, 电动机接线方法如何选择, 期望能为日后各炼化企业新增大型高压电动机在选择差动保护等方面作出参考。



金福鑫/工程师

关键词/Keywords

接线方法·
软起动·
差动保护·
优化·

1 大型高压电动机软起动介绍^[1]

电动机全压起动时会产生较大的冲击电流, 一般为 $(5\sim 8)I_N$ (I_N 为电动机额定电流), 电动机容量越大, 起动电流越大, 对电网及所带负载的冲击就越大, 严重时可能会造成整个电网的瘫痪, 所以考虑公司电网实际容量, 结合

《电气设备运行管理规定》, 公司各装置内目前容量不小于 $2\,000\text{ kW}$ 的高压电动机需进行软起动。

软起动能降低电动机的起动电流, 保护电网安全, 通常的高压电动机软起动方式有串电抗器降压起动、串晶闸管固态软起动装置等, 这些软起动产品技术均十分可靠, 在公司各装置内也运行良好。

2 大型高压电动机差动保护介绍^[2-3]

按照继电保护配置要求, $2\,000\text{ kW}$ 以上高压电动机应设置差动保护, 来对电动机绕组及引出线的相间短路等故障进行保护。目前高压电动机的差动保护大致分为两种: 一种是在电动机绕组的尾端、电动机电源柜出线端分别安装 TA, 通过两侧的 TA 来检测电动机进出电流差值, 并判断电动机内部故障, 这种差动保护也称为比率制动差动保护, 这种保护方式要求电动机应有六个出线端子, 而且该保护方式还可以对电动机电缆的故障给予相应的保护; 第二种就是在电动机接线盒内设置磁平衡 TA, 通过该 TA 产生的不平衡电流值来判断电动机内部故障, 这种保护性能优于比率制动差动保护, 定子绕组相间短路故障的死区也远比常规比率制动差动小, 当开关柜与电动机相距较远时, 优先考虑这种差动保护。

这两种差动保护方式目前在分公司均有应用。

3 分公司各装置内目前在用的大容量高压电动机带软起动模式下差动保护配置介绍

3.1 (方案一) 焦化高压水泵电动机 (3 400 kW)、供风压缩机电动机 (3 800 kW) 配置方案

该两套机组软起动系统均采用哈尔滨帕特尔夫公司的开关变压器式软起动系统, 电动机的具体接线方法及差动保护方案配置如图1所示。

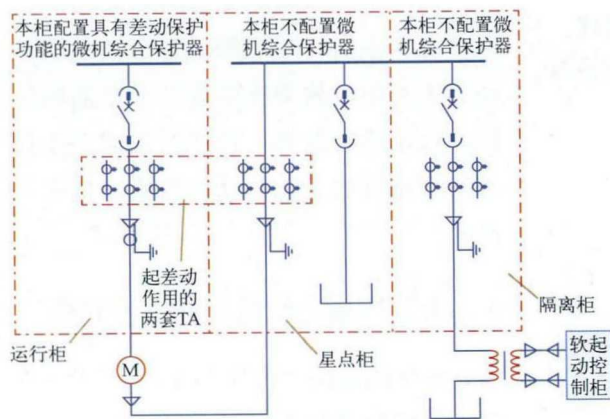


图1 方案一的软起动模式及差动保护配置

从图1中可以看出, 该种软起动方案要求在工厂制作时, 电动机在接线方式上将A、B、C三相绕组首尾端全部以接线端子形式引出, 电动机内部无须设置磁平衡TA, 配电柜需要三台, 仅运行柜需配置微机差动保护装置。起动电动机时, 运行及隔离柜先合闸, 电动机进入软起动方式。当软起动结束后, 星点柜合闸对电动机进行封星, 最后跳隔离柜。但该种软起动方案缺点在于从配电间至现场电动机的电缆需要两倍, 因为电动机为六个出头, 如配电间至现场电动机距离较远, 则电缆投资增大; 另外, 该种方案要求用断路器对电动机进行封星, 这也是缺点之一。其优点是该种软起动及差动保护配置方案简单明了, 电动机起动及运行过程中均有差动保护投入, 且差动保护基本上可以保护电动机本体及整个长度的配出电缆。

3.2 (方案二) 聚丙烯造粒机组电动机 (5 500 kW) 配置方案

该套机组软起动系统也采用哈尔滨帕特尔夫公

司的开关变压器式软起动系统, 电动机的具体接线方法及差动保护方案配置如图2所示。

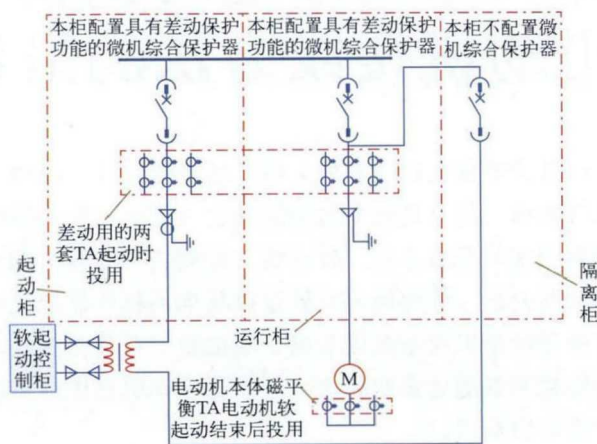


图2 方案二的软起动模式及差动保护配置

从图2中可以看出, 该种软起动方案要求电动机内部设置磁平衡TA, 配电柜需要三台, 运行和起动柜需配置微机差动保护装置。起动电动机时, 起动及隔离柜先合闸, 电动机进入软起动方式, 电动机差动保护通过起动柜综保实现; 当软起动结束后运行柜合闸, 起动及隔离柜跳闸, 电动机差动保护通过运行柜综保实现。该种软起动方案缺点在于需要两块具有差动保护的微机综合保护器, 投资稍有增大; 优点是该种方案电动机起动及运行中均投用差动保护, 考虑比较完善。

3.3 (方案三) 烷基化压缩机组 (3 600 kW) 配置方案

该套机组软起动系统均采用晶闸管固态软起动系统, 电动机的具体接线方法及差动保护方案配置如图3所示。

从图3中可以看出, 该种软起动方案要求电动机内部设置磁平衡TA, 配电柜需要五台, 运行柜需配置微机差动保护装置 (该装置要求断路器未合闸时能检测差动电流信号)。起动电动机时, 起动及隔离柜先合闸, 电动机进入软起动方式, 这时电动机差动保护通过运行柜综合保护器差动作信号来跳起动柜; 当软起动结束后运行柜合闸, 起动及隔离柜跳闸, 电动机差动保护通过运行柜综合保护器实现。该种软起动方案考虑周

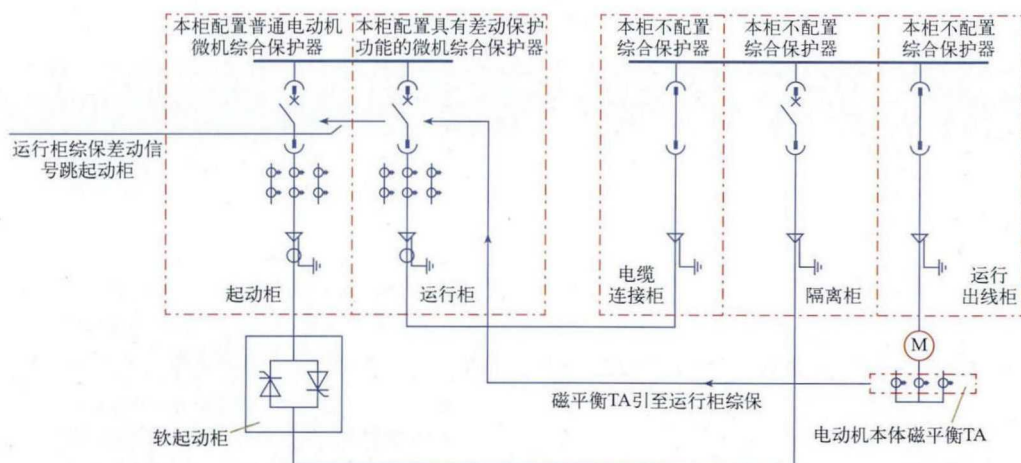


图3 方案三的软起动模式及差动保护配置

全，电动机起动及运行中差动保护均投用，尤其是起动中差动投入采用通过运行柜综合保护器来实现，减少了一块具有差动保护功能的综保，投资少，且完全能实现起动回路与运行回路的隔离措施，便于故障检修及维护。

3.4 （方案四）供风3[#]/4[#]压缩机组（2 000 kW）配置方案

该套机组软起动系统采用电抗器降压起动，电动机的具体接线方法及差动保护方案配置如图4所示。

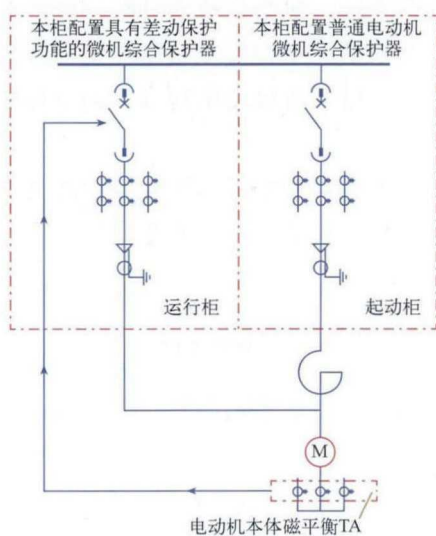


图4 方案四的软起动模式及差动保护配置

从图4中可以看出，该种软起动方案要求电动机内部设置磁平衡TA，配电柜需要两台，运

行柜配置微机差动保护装置，该种软起动方案缺点在于电动机起动中无差动保护（因运行柜内设计的综保暂时不具备开关未合闸时能检测电流，所以无法将运行柜差动信号引到起动柜综合保护器中），且运行柜配出与电抗器配出电缆汇集在一个柜内，造成该柜内电缆接线较多，不利于维护，但该种方案因设备少，所以投资也少。

4 大容量高压电动机带软起动模式下差动保护方案最优化配置

通过上述论述可以看出，这四种软起动模式下的差动保护方案各有优劣，但是在公司及其他炼化生产企业内部，设备损坏后仍需保证生产连续运转是第一位的，所以认为这四种方案中有些虽投资少，但是不利于安全维护，则不能算是最优化配置，综上所述，四种方案从各方面因素进行比对的情况如下表所示。

5 结束语

通过上述论述及表格比对，综合安全、设备损坏后的短时间及长时间维修、投资等方面考虑做出以下分析：

1) 方案一采用比率制动差动保护，电缆用量大，而且软起动系统出现故障需要长时间维修时无法改为全压起动，不利于炼化装置的连续生产运行。

2) 方案二虽然软起动系统出现故障需要短时

表 四种方案各方面的比较

方案名称	电动机接线方案	配电柜数量	电动机电缆用量	差动保护综保数量	起动中差动是否投入	优缺点	总投资
方案一	6 个出线端（不配置磁平衡TA）	3	多	1	是	优点：配单柜数量少，接线简单，软起动系统出现故障可以随时进行隔离检修，不影响生产运行 缺点：电动机封星靠断路器，不可靠，电缆用量较多；当软起动系统出现故障需要长时间维修时，受接线方式及起动原理限制无法改为全压起动（无法让运行柜和星点柜同时合闸）	在电动机距离配电间较远时投资较大
方案二	3 个出线端（配置磁平衡TA）	3	正常	2	是	优点：配单柜数量少，软起动系统出现故障不仅可以随时进行隔离检修，而且如果软起动系统出现故障需要长时间维修时，可改为全压起动（可将原起动回路改接到运行柜中），不影响生产运行 缺点：一次回路接线交叉点多，特别是起动柜下侧一次线交叉，制造高压柜时需特殊考虑，且起动和运行中差动保护方式不一致，接线复杂	因有两块具有差动保护的综保保护器，所以总投资偏大
方案三	3 个出线端（配置磁平衡TA）	5	正常	1	是	优点：一次接线方式简单明了，软起动系统出现故障不仅可以随时进行隔离检修，而且如果软起动系统出现故障需要长时间维修时，可改为全压起动（可将原起动回路改接到运行柜中），不影响生产运行 缺点：柜体数量较多，造成各柜间联锁较多	正常，虽然柜体数量增多，但增多的柜体仅配置一台隔离插头，所以总投资属正常
方案四	3 个出线端（配置磁平衡TA）	2	正常	1	否	优点：配单柜数量少 缺点：起动中差动保护未投入，且起动与运行回路未完全隔离，软起动系统出现故障必须对电动机停电后方能维修，影响生产运行	少

间或长时间维修时均可以保证炼化装置的连续生产运行，但起动柜一次线交叉较多，柜体需特殊制作，不便于日后维修，而且一个电动机既采用比率制动差动保护又采用磁平衡保护，继电保护配置复杂。

3) 方案四应谨慎采用，即使日后进行技术改造可以在电动机起动中投入差动保护，但软起动系统出现故障必须停电进行检修，严重影响炼化装置的连续生产运行。

所以认为方案三目前是属于最优化配置，一次接线简单明了，方便维护，投资正常，安全可靠，虽然柜体数量较多，但是联锁关系不复杂，在实际运行中只要将各柜送电停电顺序编写进变电所的日常停送电规程中即可让运行维护人员正确操作，且软起动系统出现故障需要短时间或长时间维修时均可以保证炼化装置的

连续生产运行，但是在做设计时一定要选择在断路器未合闸情况下具有能检测差动电流的微机综合保护器，以实现电动机起动和运行均能投入差动保护。

希望通过本文能对各炼化企业新增大容量高压电动机在软起动模式下的差动保护方案配置提供参考。

参考文献

[1] 刘介才. 工厂供电 [M]. 北京：机械工业出版社，2010.
[2] 贺家李. 电力系统继电保护原理 [M]. 北京：中国电力出版社，2010.
[3] 中国航空工业规划设计院. 工业与民用配电设计手册 [M]. 北京：中国电力出版社，2005.

(收稿日期：2017-02-10) EA