输煤皮带控制回路感应电抑制研究

李强 张涛

陕西榆林能源集团横山煤电有限公司，陕西榆林，719000；

摘要：发电厂输煤系统是发电厂非常重要的一部分，由一次部分和二次部分共同组成的,如电机、制动器等一次部分的顺序操控、运行监控、保护跳闸等功能的实现离不开二次系统，特别是控制部分的二次回路是对一次系统的控制和保护，当然二次系统中也有一部分交流电控制，主要作用是控制、加热、照明等，当二次系统交流控制回路中出现感应电时，将导致一次系统故障并引发开关失控、保护误动、拒动、越级跳闸等影响安全生产事故，甚至可能导致厂用电全失的严重后果，更有甚者损坏运行设备。本文通过某电厂输煤皮带二次回路感应电事件的分析、技术规定、预防措施等几方面问题入手，说明感应电产生的原因及解决办法。

关键词：控制回路；感应电；安全事故

DOI：10.69979/3060-8767.25.05.054

1 绪论

1.1 论文的研究背景及目的

输煤皮带是火力发电厂非常重要的组成部分，实现物资在供煤系统中连续稳定的供应，是材料输送的主要手段，是供煤系统的主要组成部分，是实现发电的重要前提，是发电系统中重要的设备。火力发电厂通常需要输煤皮带机从储煤场向锅炉原煤仓输煤。因此火力发电厂对输煤皮带机的安全性、正确性要求很高，从而保证发电系统运行的安全与可靠。经过试验分析发现，输煤皮带电机控制电源的稳定性对输煤皮带机的正常运行起到了至关重要的作用，所以输煤皮带电机控制电源的可靠性成为输煤皮带机设备的重中之重。为了确保火力发电厂煤输过程的安全性、精确性与可靠性，使发电厂煤输过程得以正常运作，输煤系统控制回路电源感应电的消除变得尤为重要。本文在输煤皮带的控制回路中提出并接电阻，利用电阻消耗电能原理来抑制控制回路感应电。

1.2 国内外研究现状分析

目前，国内外设计的拉绳保护原理均能可靠的使皮带停止运行，但往往忽略了在拉绳开关动作的前提下，皮带可再次启动的隐患。电机启停回路若使用交流控制，则往往因电缆敷设过长或屏蔽不良而产生交流感应电，目前，国内外针对此现象的一般解决方法是进行技术改造，使用电缆屏蔽层接地，动力电缆和控制电缆分层敷设，从而消除感应电引起的误启停现象，但这种方法一般需要在项目前期提前设计和布置，后期改造的话所需成本较高，时间较长，而且增大了工作强度。该项目对于上述问题采用简单便捷的方法解决，对于交流控制的电机回路采用并接电阻的方式来消除感应电，解决了因电缆长度过长及屏蔽不良而引起的电机误启停现象，同时根据皮带电机启停回路的设计图，在原启停硬接线回路中接入拉绳动作的辅助触点，从根本上完善了拉绳保护功能的安全性。

1.3 论文的主要工作内容

本文根据某电厂输煤皮带控制回路感应电为例开展论述，讨论在机组投运后，输煤皮带无法大范围的缩短控制电缆长度等情况下，对比各种消除感应电方法，从理论上解决因存在感应电压高导致电机自启停，解决因电缆长度过长及屏蔽不良而引起的电机误启停现象，能否有效的消耗在控制电缆中产生的交流感应电，按照预期降低皮带控制回路中的感应电压，保证皮带控制回路的可靠运行。

2 输煤系统的介绍

2.1 输煤皮带的电源布置

某电厂输煤皮带系统 1-6 号皮带分为甲、乙皮带布置，7 号皮带按照甲、乙、丙三条皮带布置，全厂共设计 15 条皮带,其中有 6 条皮带电机电源取至 10kV 电源，9 条皮带取至 400V 电源,输煤皮带电机电源接取情况如下：2 号乙带式输送机、5 号乙带式输送机电源取自 10 kV 工作 2B 段，2 号甲带式输送机、5 号甲带式输送机电

源取自 10kV 工作 1B 段，6 号甲带式输送机电源取自 10 kV 工作 2A 段，6 号乙带式输送机电源取自 10kV 工作 1 A 段。

7 号甲、乙带式输送机电源取自主厂房公用 400V P C A 段，7 号丙带式输送机电源取自主厂房公用 400V P C B 段，4 号甲带式输送机、3 号甲带式输送机（尾部）、3 号甲带式输送机（头部）、1 号甲带式输送机取自输煤 PCA 段，4 号乙带式输送机、3 号乙带式输送机（尾部）、3 号乙带式输送机（头部）、1 号乙带式输送机取自输煤 400V PC B 段。（如图 2-1）

其中 400V 皮带电机控制电源采用交流控制电源控制，10kV 皮带电机控制电源采用直流控制电源控制。

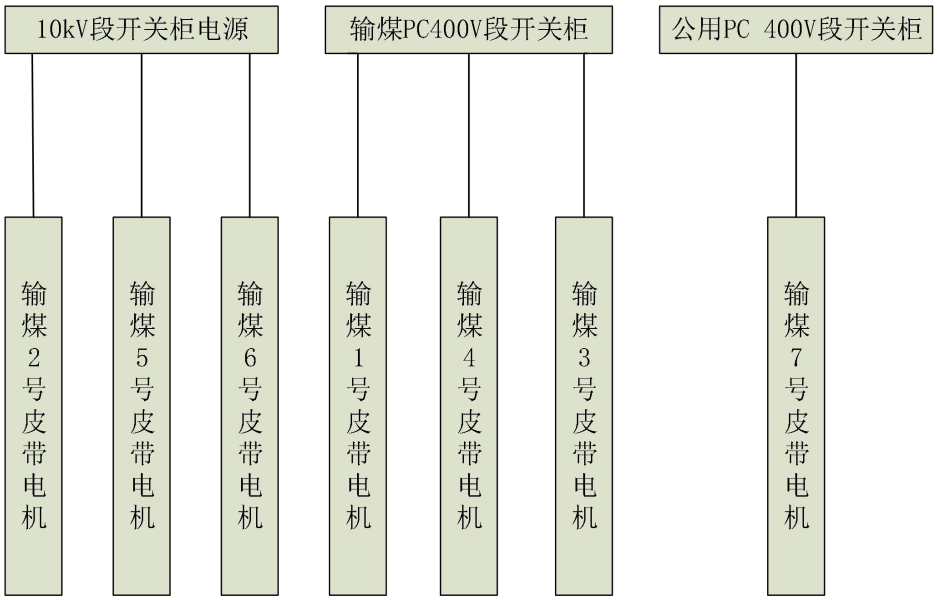

图 2-1 输煤皮带电机的电源布置

2.2 输煤皮带控制回路的基本原理

2.2.1 400V 皮带电机控制回路原理

400V 皮带电机控制回路通过就地控制柜 1ZJ 电阻接点接入 400V 输煤皮带电机马达保护器的启动指令，马达保护器是由交流电源控制，同时也将就地跳闸指令 2ZJ、拉绳开关 SZJ 接入 400V 马达保护器跳闸回路中，跑偏信号直接接至 DCS 机柜。

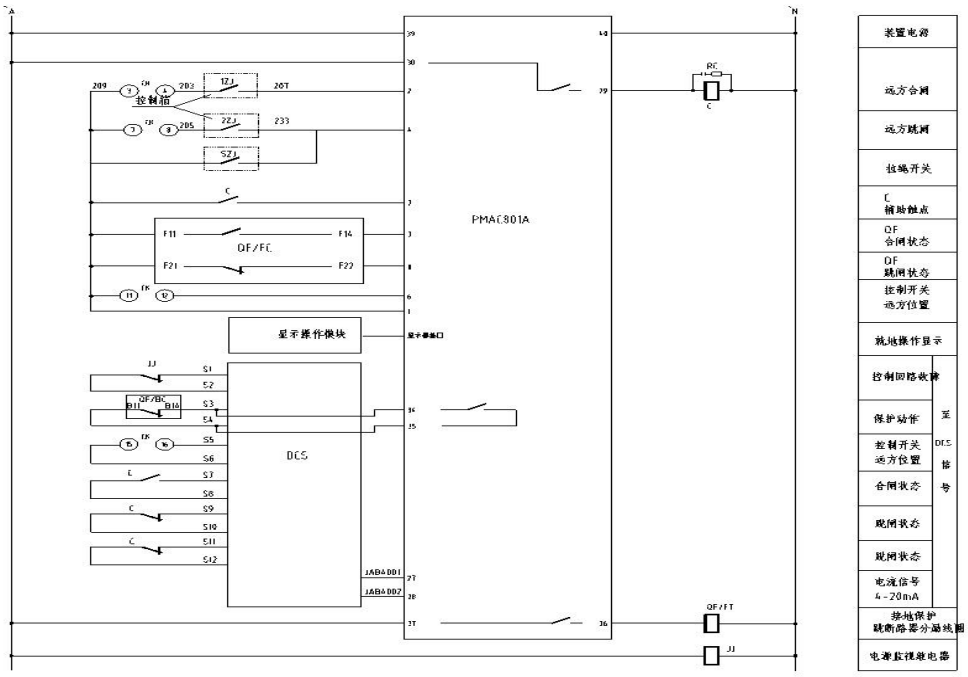

图 2-4 400V 输煤电机马达保护器控制回路

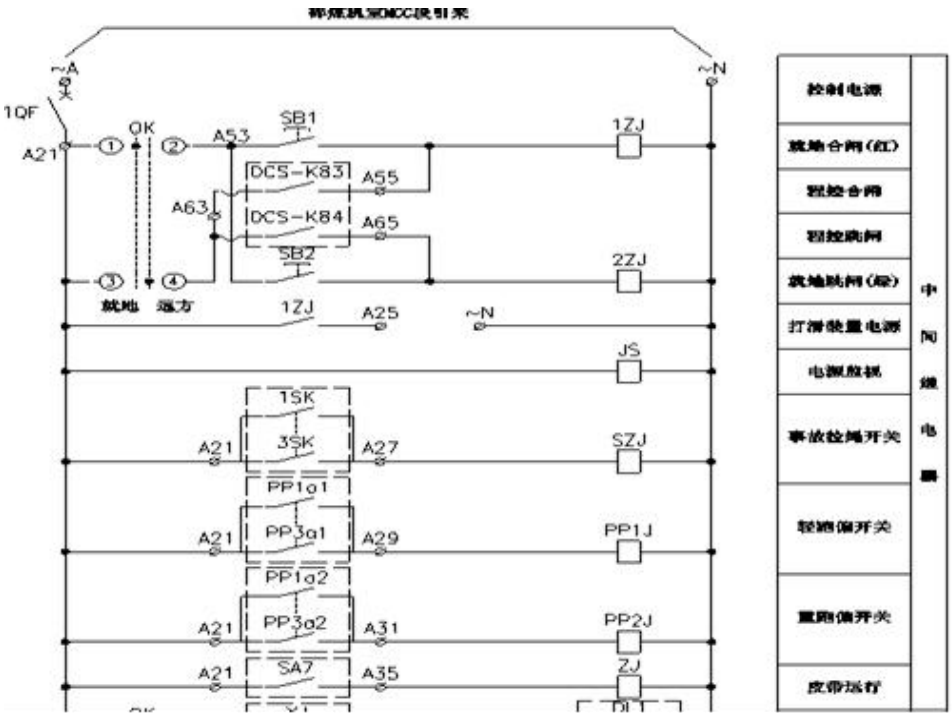

图 2-5 400V 输煤就地控制柜控制回路

3 输煤皮带控制系统存在的问题及原因

3.1 开关误启停问题

某电厂输煤 400V 皮带系统启停控制采用马达保护器控制，在电机空载试运期间，运行人员巡检时发现就地控制箱另一盏指示灯也有一定的光亮，指示灯显示异常现象在其他电机上也曾出现。由于该现象并未导致电机跳闸，未能引起运行人员重视。

在带负荷运行时，多条皮带多次出现开关跳闸和自动合闸现象，且跳闸时间在投运后数小时到数十小时不等，检查时又检查不出什么问题，这给检修人员及机组稳定运行带来较大困扰。电机运行期间未发现人员对设备进行操作，排除人为因素。随即电气检修人员对控制回路进行全面检查。发现皮带就地控制箱与配电室距离较远，从就地控制柜至配电室控制回路使用的电缆也就较长，接触器的工作线圈在通断电时，磁场能量的瞬时释放而产生的感应电势（法拉第效应）使长电缆的分布电容构成电路的回路，具有了感应电流，此电流是接触器继续吸合断不开的根本原因。

3.2 输煤皮带控制回路感应电的产生原因

输煤皮带误启停问题的主要原因是控制回路感应电的影响。因为在输煤皮带到配电室距离远，控制电缆较长，接触器的工作线圈在通断电时，磁场能量的瞬时释放而产生的感应电势（法拉第效应），使得长电缆的分布电容构成电路的回路，具有了感应电流，造成接触器继续吸合断不开，或者自行吸合，从而造成输煤皮带电机误启停和拉绳拒动的情况。

4 输煤皮带控制回路感应电的解决办法

4.1 常见的消除感应电的措施

输煤皮带在设计、施工和运行的不同阶段，有很多种方法来消除或减少感应电压，或避免感应电带来的危害，比如在施工设计阶段，尽可能将二次电缆的长度控制在一定范围内，缩短电缆长度，控制电缆的线芯均包裹有独立的铜带屏蔽层，且屏蔽层与大地可靠连接。进行二次电缆的设计时，要避免在同一根控制电缆同时混有交、直流回路，强、弱电回路也不要共电缆，并且动力电缆和控制电缆分层敷设。通过并接电阻，一定程度上可以防范感应电引起的误启动和不返回现象，当系统处于投入运行阶段，此时二次电缆长度、电容分布等基本很难改变，当发现感应电的问题，主要可以通过在分合闸回路分合闸电阻线圈两端各并联一个电阻，利用电阻来消耗感应电能，从而减少分合闸中间继电器（或接触器）线圈上两端的电容电流和感应电压。

某电厂输煤皮带在消除感应电的思路上就是应用了并接电阻的方式来有效降低感应电压。运用简便实惠的技术手段解决了感应电的危害；对启停回路进行了优化和创新完善，因地制宜，根据实际情况作出最有效最

便捷的技术创新。该项目具备所需资金少、技术开发巧妙易懂、技术推广较为容易且实用性高的特点，同时项目效果优良，对于产业优化起到了积极的促进作用。

4.2 输煤皮带控制系统抑制感应电的技术方案

4.2.1 总体思路

该设计以保障人身及设备安全为主要目的，通过在启停回路并联电阻，由于电阻为耗能元件，回路中的感应电为无源电势，使得分合闸回路中的感应电能够瞬间通过电阻形成通路后释放，使得分合闸线圈通过的感应电流减小，从而降低感应电动势，使得分合闸回路感应电动势降低到安全范围，避免了因感应电的存在而导致电机误启停的事故。同时，在分合闸回路上并联电阻可以提高分合闸回路的动作功率，当并联电阻后，根据公式 P=U2/R=I2R 可得，控制回路电压不变，分合闸回路电阻变小，从而使分合闸得动作功率增大，即使回路中存在感应电，也降低了分合闸误动的风险，完善了皮带电机使用的稳定性和安全性，证明了对于皮带安全稳定运行性能提高的有效性。

4.2.2 实施方案

根据控制回路的原设计方案（如图 2-1），在电机启停回路中 1ZJ、2ZJ 中间继电器线圈的两端并接电阻 R1 和 R2 来抑制就地控制箱至配电室控制回路之间的感应电（如图 2-2），通过并联电阻，电阻以热能得形式释放一部分感应电，所以利用并接中电阻来削弱感应电流，从而选用性能稳定、阻值合适、便于安装的电阻并接在 1Z J、2ZJ 分合闸继电器线圈的两端：4.3 取得成效

通过对 7 号皮带启停回路、1 号皮带就地控制箱、3 号皮带就地控制箱、4 号皮带就地控制柜启停、拉绳、跑偏信号回路进行并接合适得电阻后，进行实测感应电压值，效果非常明显，感应电压均远低于继电器动作电压最低值，理论上不存在感应电压高导致电机自启停事件的发生。

5 结论

通过利用皮带系统间歇停车空闲时间，横山煤电公司组织电气班组人员对柜内启停回路逐个进行排查，依次对某电厂输煤 PC 400V 段的 9 条输煤皮带的控制回路进行测量，并对某电厂 7 号皮带启停回路，1 号皮带、3 号皮带、4 号皮带就地控制柜均加装了抑制感应电的电阻，加装电阻后，经过多次测量分合闸回路继电器线圈两端感应电压，加装电阻后控制回路感应电压的到明显下降，感应电压均远低于电阻动作电压最低值，理论上不存在感应电压高导致电机自启停事件的发生。

该方法从理论上有效的降低了因长电缆分布电容导致的交流感应电流，并且机组运行中从安全方面考虑，不需要进行控制电缆敷设，大大节约工期，不用面临着大范围的拆装电缆桥架盖板、高空作业、防火措施恢复等问题。在抑制感应电的思路方面做出了一定的创新，高效得解决交流控制方式下的感应电问题。

参考文献

[1]李冰.二次回路感应电压引起电动机频繁停机[J].电世界,2018,59(11):50-52.

[2]乔军朋.防止二次回路感应电压措施探析[J].中国设备工程,2021(22):264-265.

[3]沈建位,谢名勇.控制回路感应电压分析与对策[J].电工电气,2020(07):47-50.

[4]栾瑞瑛.控制回路中电缆感应电压分析及解决方案[J].通讯世界,2017(21):237-239.

[5]陈刚.二次回路感应电压引起开关误动的分析及解决方法[J].科技创新与应用,2016(05):170.