

交流接触器的噪音分析及改进建议

臧奋强 燕 琦

(甘肃电器科学研究院 甘肃省高低压电气研发检测技术重点实验室)

摘要：本文通过结合现有交流接触器产品，分析交流接触器产生噪音的主要原因。结果表明，在接触器交流电磁系统设计合理的前提下，大部分噪音的产生与关键部件铁心的制造与产品组装过程有关。本文在此基础上提出了一些预防措施和解决方案，对提高产品质量和可靠度，减少产品故障率有一定的帮助。

关键词：交流接触器；噪音；衔铁；磁轭；分磁环

1 两个定义

1) 交流接触器：是工控接触器类电器的一种。工控接触器按控制回路电压 (U_s) 分为交流接触器（电压 AC）和直流接触器（电压 DC），接触器又是自动化的工业控制电器的一种（指仅有一个休止位置，能接通、承载和分断正常电路条件（包括过载运行条件）下的电流的一种非手动操作的机械开关电器。主要用于电力、配电场合，在工业控制线路中被广泛应用。它是利用线圈流过电流产生磁场，使触头开闭，以达到控制负载通断的电器。本文着重讨论控制回路电压 (U_s) 为交流（电压 AC）的接触器，即交流接触器（见图 1）。

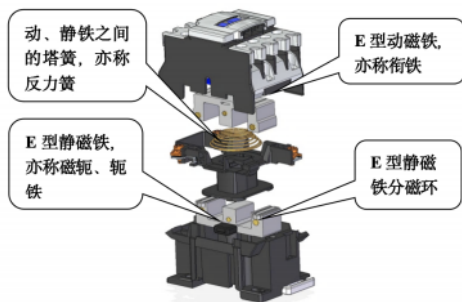


图 1 交流接触器“爆炸”简图

2) 噪音：是发声体做无规则振动时发出的声音。本文着重探讨交流接触器在控制电源为（85%~110%） U_s 范围内正常工作或工作不良时，在距离 0.5m 处，测量噪音超出 40dB 以上的情形（JB/T7435—2006《CJX- 系列交流接触器》行业标准第 8.2.10 条规定）。交流接触器的开断、闭合动力来源于自身的交流电磁铁，电磁铁由两个“E”字形的硅钢片叠片组合而成（之间用塔簧衔接，构造相同），其中一个固定称为静铁心（轭铁），并在上面套上线圈；另一个与接触器主触头支架相衔接称为动铁（衔铁），用以带动主触点和辅助触点的开断。当给线圈施加“某一额定工作电压 (U_s)”时，轭铁产生电磁吸力，触点闭合（触头系统是与衔铁联动的），从而接通电源；当线圈断电时，吸力消失，轭铁与衔铁依靠塔簧的反作用力而分离，使主触头断开，切断电源。通过通电、断电，从而形成一套完整的交流接触器动静铁心吸合、分断以带动控制负载的触头开闭的电磁运动机构与系统。

综上所述，交流接触器工作时，由于其叠片式

铁心的直动式位移震动，交变磁场使铁心硅钢片中发生磁致伸缩等均可产生噪音。且实践证明，更多的交流接触器用户在配电系统、电力负载系统、变频器、通信电源等应用系统中对交流接触器噪音的控制有明确要求。

2 三个实例

(1) 实例 1：磁铁叠铆变形导致噪音

GSC1-40/65 系列交流接触器，是某公司主导成熟产品。据了解，2019 年 6 月，产线生产过程中经过数据统计发现噪音不良占比达 40% 以上。该型号接触器电磁系统为双 E 直动式叠片铁心。检查极面配合情况，发现轭铁极面在衔铁面留下的轮廓痕迹不全，噪音原因可能为极面平面度达不到要求。进一步检查发现：①静磁铁经叠铆和磨削后，个别磁铁极面有细小欠缝不良；②个别磨削后的磁铁清洗不彻底，极面上残留的细小铁屑使动静磁铁接触时产生麻坑；③转序时因磕碰使磁铁产生轻微扭斜。

因以上三种磁铁不良组成成品后，在额定控制电压（ U_s ）220V 条件下进行噪音检测时造成的产品噪音不良占比较高。经分析认为：①因磁铁极面欠缝、麻坑及轻微扭斜等不良，增大动静磁铁配合间隙，从而减小电磁力，这时接触器线圈施加 85% 的额定电压情况下吸合，就不能完全克服反力弹簧的作用，会产生震动或噪音。②静铁极面有细小麻坑及欠缝现象。取下静磁铁，测量其扭斜度，图纸要求 ≤ 0.02 ，实测 0.03~0.04，不合格，更换合格的静磁铁后再次组成成品，噪音完全消失。

后经建议对生产工艺进行调整，问题得到解决。为避免再出现类似问题，在铆压完毕后建议增加以下检验要求：①对磁铁零件进行 100% 检验，重点检查磁铁极面平面度、扭斜及清洁度，同时关注磁铁转序防护措施；②对该规格成品 100% 通电检查，在

接触器要求的最低 85% 额定电压（ U_s ）条件下进行噪音检测。

(2) 实例 2：磁铁极面异物导致噪音

2020 年 7 月反馈一台 GSC1-95 交流接触器进行多次通电检测，产品有较大噪音。试验人员现场拆卸产品后，发现产品静铁极面有塑料毛屑（见图 2），对磁铁极面清理干净后，症状消失。因此断定造成磁铁异响的原因是磁铁极面有异物使线圈上电后接触器动静铁间隙增大，造成磁阻增大，从而使电磁吸力不能克服反力弹簧的反作用力，而产生振动，发出异响。

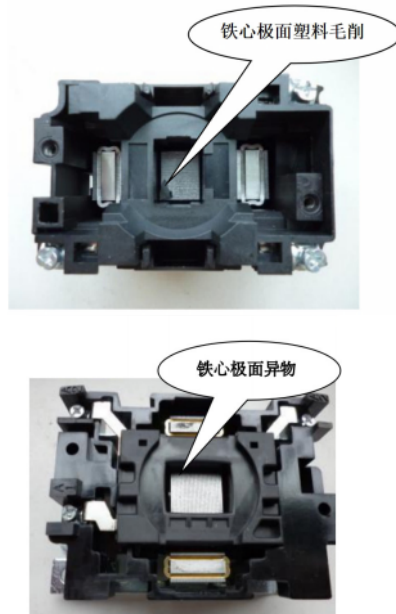


图 2

分析认为，造成磁铁极面出现塑料毛屑的原因：

①零部件在生产或转序过程中带入，而在产品组装过程中没有清理干净，在产品出厂检测时塑料毛屑不存在于磁铁极面，而在产品运输过程中由于震荡致使其跌落在磁铁极面。②通过对生产线和库房成品的复检情况来看，未发现不良的情况。

问题解决，针对上述问题制定如下纠正措施：①对生产线、库房同规格的产品进行 100% 噪音检测，没

有发现不良问题。②零部件检验员在进货检验时对零部件的清洁程度重点关注，要求零部件以及装卸器皿内不能有异物带入。装配车间在生产中要严格按《产品装配工艺》要求执行，做好工序间的自检和互检，并按“6S”管理要求清洁成品装配生产过程，防止生产过程产生的异物进入产品内部。③装配车间在生产过程中对该产品做100%噪音检验。合格后方可流入下道工序。④成品检验员、工艺员对磁铁的噪音检测工序进行重点监督和管控。合格后方可出厂。

(3) 实例3：磁铁分磁环脱落导致噪音

2018年初，一用户反馈GSC1-8011/220V交流接触器上电后不能正常吸合，且伴有抖动并发出刺耳噪音。随后企业要求对退回的GSC1-8011/220V产品进行通电检测，发现通电后，接触器不停地反复吸合，但无法保持并伴有噪音发出。拆解这一台有故障的产品，发现接触器静磁铁上一只分磁环掉落（见图3）。分磁环的主要作用是：当控制线圈的交流电压过零时，改变磁通量的方向，产生频率相同功率相反的吸力大于弹簧反力，从而消除接触器噪音和振动。

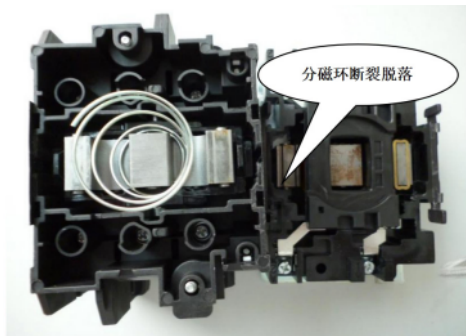


图3

经分析认为，造成磁铁分磁环脱落的原因是：分磁环铆合工序铆压调试时产生的零件未及时隔离，混入合格件中入库，组成的成品通电检测次数欠少，未及时发现而终检入库，产品在运输使用过程中经过一定程度的震动后而脱离静磁铁造成。

问题解决后，对上述问题建议制定并采取如下预防措施：①对同型号、同规格库存产品100%复查，未发现不合格；②严格铆压首件的检验，对不合格件及时标识并处置；③成品组装后，严格按检验规程进行100%试验。

3 产生问题的原因分析

1) 因交流接触器的电磁特性，其工作噪音基本可分为电磁噪音和机械振动噪音。

①由于铁磁性物质在外磁场作用下导致外形尺寸的伸长或缩短现象（磁致伸缩效应）产生的磁致噪音基本无法消除，因此只能加以限制；②接触器控制线圈通电后吸合工作时产生的机械振动噪音，是由于其吸力和反力特性不匹配，以致衔铁在反力大于吸力时产生周期性振动，使产品不能正常工作并产生难以忍受的噪音，此时能够采取消除措施，因而不允许存在。

2) 从上面实例可以看出，交流接触器的机械振动噪音主要来自于衔铁和轭铁的不匹配。其中磁铁极面异物和极面平行度达不到要求是噪音质量异常的重点。其次，若衔铁在装配固定过程中产生变形，那么平面度控制得再好也没用。所以，磁铁铁心平面度和平行度达不到要求或无法正常匹配，交流接触器通电动作时动、静铁心极面吻合不良，不断振动，总会有噪音产生。

3) 从上面实例还可以看出，铁心的制造工艺不稳定也是造成接触器噪音质量异常的重要原因。在磁铁的制造过程中，若不严格执行磁铁制造工艺，如极面磨削、铆压、装环、清洗、片间毛刺、极面强化处理等关键过程工艺控制不良，虽外形尺寸可能满足要求，但在产品实际使用中也会造成电磁噪音。

4) 从上面实例还可以看出，另有一起较为罕见的分磁环断裂造成了接触器噪音质量异常。交流接触器静磁铁（轭铁）加装分磁环，作用是为了消除由于控

制线圈产生交流分量而在交流磁路形成的有害噪音和震动,在实例中交流接触器的分磁环直接断裂脱落,使得交流磁路形成的有害噪音和震动噪音与吸持震动噪音叠加,形成大且刺耳的不良噪音。可重点关注分磁环材质、冲铆压工艺,结构设计和其与磁铁配合尺寸的余度来消除。

4 改进建议

1) 经过实例分析,交流接触器噪音的主要来源是机械振动产生的噪音,其与产成品操作者、接触器磁系统、外加控制电源电压(U_s)等成正相关。

关于磁铁极面不良的问题,要在磁铁硅钢片铆压过程中注意生产场所的清理、清洁,避免夹杂异物。在成品组装中要保持“6S”清洁生产,防止产线的粉尘、料屑等异物进入。

2) 为防止铁心磨削后有毛刺“滞留”在磁铁极面产生噪音,在接触器成品组装后严格按照工艺流程对接触器进行通电动作试验。磁系统装配不当或受震动而歪斜或者部件卡滞,使铁心不能吸平,因而产生机械噪音,应调整电磁系统,查明并消除部件不灵活的原因,剔除产品运输过程中由于震荡致使磁铁极面二次受污。

3) 由于触头弹簧压力过大或超程过大而产生电磁铁噪声,通常按要求调整触头弹簧压力或触头参数即可。但因磁铁极面有异物,线圈上电后接触器动静铁间隙增大,造成磁阻增大,从而使电磁力不能克服恢复弹簧的反作用力,而产生振动发出的噪音,除实例中采取的纠正措施外,还应增加如下改进:①进货检验环节,零部件检验员在进货检验时要对所有零部件的清洁程度进行重点关注和控制。如发现有不清洁现象,一律不允许进厂。②过程控制环节,装配车间要在生产中严格按《产品装配工艺》要求执行,做好工序间的自检和互检工作,持续坚持班组限额领料制

度,并按“6S”管理要求清洁成品装配生产过程,防止生产过程产生的异物或零件进入产品内部。重点控制磁铁的100%噪音检测工序。③最终检验环节,成品检验员、工艺员在过程巡检过程中对清洁程度进行监控,对磁铁的噪音检测工序进行重点监督和管控,检验合格后方可出厂。

4) 当交流接触器控制电源电压(U_s)波动较大或其与线圈电压不符时,会造成线圈发热严重,而在较封闭的接触器磁系统空间内热量不断累积到超过线圈骨架耐热程度时,线圈骨架将会被烧融变形形成卡滞,此类情况应采取如下措施:①核对电源电压(U_s)与线圈电压的一致性,提高并稳定接触器控制回路输入的电源电压(U_s);②接触器线圈接线不良或控制电源连接导线过细致压降较大造成欠压,应增加电源容量,纠正、修理接线并对其要求能够持久地保持必要的接触压力。

5) 磁轭、衔铁生产过程中不能严格执行生产工艺也会产生不良噪音问题。为此,要求在磁铁的制造过程中,加强铆压设备运行状况的巡检工作,并对加工的磁铁零件进行100%检验。为防止在工作中因铁心硅钢片硬度不高且极面反复的机械碰撞下,导致极面张开挤断分磁环的情况发生,可采取如下措施:①将分磁环由板材冲制改为以型材切割,转角处加注圆弧角度以减弱应力集中的影响;②将分磁环的结构改为两端悬挂式,以避免极面张开时拉断分磁环;③分磁环与铁心采取松动的配合,避免发生挤压。

5 结束语

实践证明,国内外电器生产企业对交流接触器设计方案的不同,造成交流接触器产品电磁系统式样较多,而交流接触器产生噪音的原因也形式多样,比较复杂。因此,在解决实际问题时更要针对具体情况做全面深入地分析,而针对噪音引起的主要因素应制订

(下转第88页)

(上接第 67 页)

有效地预防改进措施和系统解决方案，及时采取相应的控制措施。除此，对于交流接触器的噪音控制没有一策应万变的解决之道。

参考文献

[1] 李靖. 高低压电器及设计 [M]. 北京：机械工业出版社，2016.

[2] 孟庆龙. 简明电器工艺手册 [M]. 北京：机械工业出版社，2006.

[3] 冯提文. JB/T7435-XXXX《CJX- 系列交流接触器》标准修订讨论会在成都召开 [J]. 江苏电器，

2004（5）：47.

[4] JB10046—2017 机床电器噪声的限值及测定方法 [S]. 2017.

[5] 蒲深. GB/T14048.1—2023《低压开关设备和控制设备第 1 部分：总则》与 GB/T14048.1—2012 的差异分析 [J]. 电器工业，2024（12）：76-79.

[6] 全国低压电器标准化技术委员会. GB/T 14048.4—2020 低压开关设备和控制设备 第 4-1 部分：接触器和电动机起动器 机电式接触器和电动机起动器（含电动机保护器）[S]. 北京：中国标准出版社，2020.

(收稿日期：2024-09-25)