

Talking about the Balance Technology of Motor Rotor

Guang LI

Abstract

The vibration characteristics, dynamic balance method and the factors causing rotor mass imbalance are introduced. I hope to help improve the dynamic balance technology of relevant technicians and workers. By determining the balance of the rotor, the dynamic balance efficiency and balance quality of the flexible rotor can be improved.

Keywords

motor rotor; balance technology; motor operation

浅谈电机转子的平衡技术

李广

东方电气集团东方电机有限公司, 四川 德阳 618000

[摘要] 介绍了电机转子的振动特性、动平衡方法及引起转子质量不平衡的因素。希望对提高相关技术人员和工人的动平衡技术有所帮助。通过确定转子的平衡方式, 可以提高柔性转子的动平衡效率和平衡质量。

[关键词] 电机转子; 平衡技术; 电机运行

[DOI] 10.18686/gcjsfz.v1i4.1357

1、前言

电机运行的过程中出现振动和噪声的问题, 有很多方面的影响因素, 其中有 50% 左右是由转动部件的不平衡量引起的。降低电机的振动, 提高电机转子转动的稳定性和旋转精度, 很大一部分是通过转子的动平衡来实现的。因此, 改进动平衡技术, 提高转子的平衡质量, 对于降低电机的振动, 保证电机的安全运行具有重要意义。

2、电机转子的不平衡振动

一般的电机转子有两个轴承, 较特殊的电机转子有三个以上的多个轴承。当转子旋转时, 转子上的不平衡质量会产生离心力, 从而引起转子及其电机壳体的振动。离心力是一种谐波激振力, 其振幅与转速的平方成正比。转子如果出现质量不平衡的问题, 从某种意义上进行分类可以分为刚性、一阶和二阶不平衡之间的相互叠加, 转子质量不平衡引起的振动又称为刚度不平衡、一阶不平衡和二阶不平衡。这种叠加使转子振动, 振动频率与转子的旋转频率相同。由刚度不平衡引起的振动, 与转速的平方成正比。当转速上升到一阶, 二阶临界转速后, 在临界转速下, 相应阶次的不平衡将导致较大的振动。转子动平衡是通过在转子的正确位置 (校正面上) 增加 (或减少) 适当的重量来降低转子的剩余不平衡量 (即采用加重法或去重法, 对转子进行动平衡)。在空载的转速条件下转子的不平衡质量会导致后续电机运行过程中转子的振动效果远低于预期效果。而对于小容量的电机转子

来说转子的转速低于一阶临界转速 (我们称为刚性转子), 所以就不需要考虑一阶临界转速、二阶临界转速之间出现质量不平衡的问题对于转子振动产生的影响。对于这种类型的转子, 只需要进行转子的刚度平衡 (即低速动平衡和刚性静平衡)。通常, 刚性转子只需要在低速平衡器 (或平衡架) 上进行平衡。一些大型电机的转子转速已超过或接近转子的一阶临界转速。所以需要充分考虑一阶质量不平衡所导致的转子振动问题。在低速动平衡条件下, 转子不平衡质量引起的振动问题只能通过刚性转子的平衡方式来解决。当转速超过一阶临界转速的转子, 我们称这种类型的转子称为柔性转子, 它们必须采用高速动平衡的方式来解决。转子的初始不平衡是由结构特性、制造误差、装配误差和材质不均匀性引起的。转子在运行过程中产生的腐蚀、磨损以及热变形等也会引起转子的不平衡。如果电机转子在厂内是在动平衡机上进行了平衡, 即使动平衡精度很高, 在运行过程中, 也可能会有较大的振动, 导致转子逐渐失去平衡。电机在实际运行过程中, 电机转子与拖动或牵引设备的转子的联接, 会导致转子的质量分布不均匀, 从而引起电机运行中的振动。而要改变这些情况就必须要对转子进行动态平衡的调整, 这一过程对于电机的运行工作有着至关重要的作用。电机出厂前, 不仅要电机转子进行动平衡校准, 还要定期进行维护保养。转子动平衡校准操作时, 在选择高精度的平衡等级时, 转子的不平衡量往往很难达到标准要求, 在实际运行上, 振动还是会大。当选用精度较低的平衡等级时, 虽然转子的不平衡量经校核能达到标准要求, 但转子动平衡后的实际不平

衡量较大, 转子在运行时的振动还是会大。对于转子的动平衡等级不是越高越好, 也不是单纯为了容易达到某经济平衡精度而选用较低的动平衡等级。国际标准化组织 (ISO) 于 1940 年制定了世界公认的 ISO 1940 平衡等级, 将转子平衡等级分为 11 个级别, 每个级别间以 2.5 倍为增量, 从要求最高的 G0.4 到要求最低的 G4000。其中标准燃气轮机、汽轮机包括船用、轮机、刚性涡轮发电机、转子、压缩机、机床驱动部件、有特殊要求的大、中型电机转子, 小型电机的转子的平衡一般由 G2.5 平衡等级进行检查。在确定电机转子的平衡级时, 不仅要考虑电机的类型, 还要考虑电机的环境和特殊要求, 以确保最终的计算结果更符合实际要求。

3、转子的现场平衡

在动平衡机上平衡好的转子 (属于工艺平衡), 由于平衡时的转速与工作转速不一致, 装机后其平衡精度难以保证。在动平衡机上动平衡时的支承条件和方式不同于转子的实际工作条件下的支承方式, 并且转子同平衡装置之间的配合也不同于转子自身转轴与轴承之间的配合条件, 即使出厂前在动平衡机上达到很高的平衡精度, 但是在当处于工作转速时, 仍然有较大的振动。有些转子由于受重力、尺寸的限制, 不能在动平衡机上进行平衡。例如, 对于大型发电机的特大型转子, 由于没有相应的大型动平衡机, 往往会造成无法动平衡; 对于大型的高温汽轮机转子, 一般容易出现弹性热翘曲, 停机冷却后会消失, 这类型的转子需进行热态动平衡, 而平衡机是无法平衡的。

当动平衡机无法消除由于装配或其他因素引起的系统振动时, 采用使转子在正常安装与运行条件下进行的平衡通常称为“现场平衡”。现场平衡可以在电机的工作转速下进行平衡, 可以避免在动平衡机上平衡转速与工作转速不一致, 引起的平衡精度与真机运行的平衡精度不一致的问题。

现场平衡法就是将组装好的电机机组在现场安装状态下进行的平衡操作。这种方法简单, 电机的定子底座作为动平衡机的机座, 通过传感器测量转子有关部位的振动数据, 在将数据进行处理, 从而得到转子各校正平面上的不平衡量大小及其位置, 并通过去重或加重的方法来消除或减小不平衡量, 从而达到高精度平衡的目的。方法举例: 第一步: 测量转子加速过程中, 尤其是到平衡位置时, 电机的相位以及最大振幅。第二步是选择合适的测试权重, 并添加它们来测量振幅和相位。第三步: 通过计算矢量来计算重量和位置。此外, 在平衡操作过程中, 应注意从旋转方向观察相位的测量方向, 以便判断和测量重量, 并采取适当的措施。平衡操作时可参照: 振幅差 < 25%, 相位差 < 25, 增加/移动试验重量, 振幅差 > 25%, 相位差 > 25 增加试验重量。

4、转子不平衡的影响因素

在某些情况下, 使用平衡方法可能会导致转子不平衡和

非标准振动。原因是我们只能在一定的平衡速度下对转子进行平衡, 其他速度 (包括发电机第一阶临界点的速度) 的振动只能是偶然的。因此, 这样平衡时, 转子的原始不平衡量不会太大。另一方面, 即使采用定标度校准, 由于转子的限制, 平衡面也不会太重。在启动转子之前, 必须彻底消除不平衡的原因。我们将比较与电机转子密切相关的不平衡因素, 如下所述, 仅供参考。由于材质不均匀, 结构特性差, 制造精度差, 会造成转子平衡问题。安装不当引起的偏心不平衡; 零部件松动引起的偏心不平衡; 轴弯曲或变形引起的偏心不平衡 (受热不均, 水平存放时间长); 转子运行中转动部件的磨损引起的偏心不平衡; 旋转部件损坏引起的偏心不平衡。牵引或拖动设备的转子不平衡, 在运行中会引起周期性的机械振动。这一过程中会产生大量的机械振动, 而这样的问题对于轴承来说是极其不利的, 很容易导致轴承磨损, 影响使用寿命, 最终导致轴承失效甚至抱死的问题。通常来说电机的最高转速都会高于 3000 转/分, 假如产生较大的机械振动的话, 就会引起大量的轴承故障, 最终给电机的运行带来很大的隐患。因此, 研究电转子动平衡技术对发电设备的安全运行具有重要意义。为了有效减少电机运行的过程中出现转子不平衡的问题, 除了在设计过程中加强有关方面的工作以外, 还需要提高制造精度。除此之外还有一个最有效的方法就是调整转子的动平衡问题, 这样能够实现转子在离心过程中离心力的平衡。

5、结束语

电机转子运行的过程中采取平衡措施, 提高转子平衡质量并针对性的消除各种不平衡因素, 提高电机的安全运行和使用寿命, 一直以来都是人们重点关注的问题所在, 文章推荐了一些平衡方式。

参考文献:

- [1]方金龙. 考虑横向电流和饱和轴向变化的双斜槽转子感应电机起动转矩分析[J]. 电工技术学报, 2019, 34(04):14-21.
- [2]徐伟. 永磁同步电机转子偏心磁场解析计算[J]. 西安交通大学学报, 2019, 53(2):102-109.
- [3]鲍华. 抽水蓄能机组动平衡试验及振摆特性[J]. 大电机技术, 2019, 263(2):59-62.
- [4]王峰. 不平衡电压下双馈感应发电机转子侧变流器的灵活功率控制[J]. 电力自动化设备, 2019, 39(2):196-203.
- [5]吴强. 电机转子动平衡工艺研究[J]. 现代制造技术与装备, 2019, 266(1):170-170.
- [6]刘德志. 汽轮发电机转子匝间短路 RSO 检测应用浅析[J]. 大电机技术, 2019(3):32-37.

稿件信息:

收稿日期: 2019 年 8 月 8 日; 录用日期: 2019 年 8 月 20 日; 发布日期: 2019 年 8 月 28 日

文章引文: 李广. 浅谈电机转子的平衡技术 [J]. 工程技术与发展.2019,1(4). <http://dx.doi.org/10.18686/gcjsfz.v1i4>.

知网检索的两种方式

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD> 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 例如: ISSN: 2661-3506/2661-3492, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/> 左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询 投稿请点击: <http://cn.usp-pl.com/index.php/gcjsfz/login> 期刊邮箱: xueshu@usp-pl.com