

鼠笼型异步电动机转子导条型式的选择

夏亮

佳木斯电机股份有限公司,黑龙江佳木斯(154002)

关键词 异步电动机;转子;导条;选择

中图分类号 TM353 文献标识码 B 文章编号 1008-7281(2009)04-0012-03

Selection on the Rotor Bar Type of Squirrel-Cage Induction Motor

Xia Liang

Key words Induction motor; rotor; bar; selection

0 引言

异步电动机主要由定子和转子组成,转子是旋转部件,转子绕组型式有两种:其一是将线圈下线到转子槽内称为绕线转子,其二是转子槽内是铝或铜条及端环组成的短路绕组称为鼠笼型转子。本文讨论的是鼠笼型转子结构与导条型式的选择。导条型式分为两大类:即铸铝转子(将铝铸在转子槽内,并与端环铸成一体,形成短路绕组)和铜条转子(将铜导条下到转子槽内与铜端环焊成整体,形成短路绕组)。由于导条型式的不同,决定了转子结构的不同,对电动机的性能影响也不同,所以应该按使用要求和设计需要合理地选择。

1 转子结构

转子结构现有四种形式:铸铝、铸铜、铝导条和铜导条。通常使用的是铸铝转子和铜条转子,条件允许时可采用铝条转子。

1.1 铸铝

铸铝转子自20世纪30年代开始生产,尽管这一工艺已有很长一段时间,但是由于铸造技术在生产上的进步使铸造转子的尺寸每年都在增加。目前工艺水平可以制造直径760mm、铁心长为1270mm的铸铝转子,功率达到7500kW。由于加工成本和耗费,额定功率大于1300kW的电动机很少使用铸铝转子。

1.2 铸铜

铸铜结构与铸铝结构没有什么显著的不同。铸铜在制造上大体与铸铝相同,制造的难点是铸铜时要求增加温度与压力。铸铜与铸铝比较起来要求有较高的温度及压力。

虽然铸铜是一种非常新型的技术,目前工艺水平的发展使生产与铸铝转子尺寸相同的铸铜转子成为可能。铸铜在完整性与可靠性方面与铸铝同样优良。铸铜转子不能广泛应用的主要原因是它是一项新技术,并且基本投资要求较高。

1.3 铝导条

尽管许多人一看到“铝转子”就联想到“铸铝”,但装配式铝条转子也可以生产,铝条转子的主要优点是比铜条转子的费用低。铝条转子与铸铝转子相比的主要优点是铸铝转子的叠片尺寸有限制以及所需的加工费用高。虽然铝条和铜条结构有许多相似的地方,但它们有两个显著的不同之处,即铜条转子的端环焊在转子导条上,而铝条转子的端环夹到转子冲片上,制造方法费用相当高并且难度较大。

1.4 铜导条

尽管制造任何尺寸的铜条转子都是可能的,但经济性使小型电动机很少使用这种结构,该结构一般用在中大型电动机上。

2 异步电动机与转子有关的性能

2.1 堵转转矩

在选择导条材料时,要有足够大的电阻,保证足够的堵转转矩,对铸铝转子往往选择高阻铝合金,铜导条有不同材质的,电阻率也不同,选择范围比较广泛。

2.2 转子导条热容量

铝导条的比重及重量是铜导条的1/3,比热是铜导条的2.5倍。对给定的温度变化,铝的热膨胀系数比铜大35%,同时铝的强度较低。材料比重和比热表明当加速相同时铝导条更热,膨胀更大,并产生更高的应力。而且端环热膨胀时在

导条上可能产生应力。在铸铝转子或某些装配式铝转子上,端环是紧贴铁心的。因槽外会受到轻微的弯曲应力,而该处移动量极小,结果因导条没有弯曲空间而使接头处应力较高。而在有铜或铜合金端环的装配式铜条转子上,导条除了有2.5倍的热容量,它们还在端环离开铁心大于13cm处沿伸出部分分散着弯曲应力。在铁心上或在端环的钎焊接头上转子有一个高应力点。这一现象导致转子导条和端环的热循环的次数等于起动次数。

2.3 效率

转子导条材料的选择,主要考虑提高堵转转矩和降低损耗,从而提高电动机效率,两者是矛盾的,如何统一要综合考虑,要想增加堵转转矩,就得增加电阻,同时损耗也将增加,虽然电流能降低,损耗也能降低,应研究哪项损耗所占比重,以便进行取舍。转子的损耗影响电动机效率,因此在满足堵转转矩的情况下优先考虑效率。

2.4 转子结构选择

从经济和实用的观点来看,铜条转子在转子导条电阻上的变化可以更灵活些,采用具有不同电阻值的铜及铜合金导条,并且在加工方面没有变化。

根据导条选择的转子槽型来看,铸铝转子是灵活的。一旦投资在模具上,无论花费高或低,未来的转子都能更经济地制造出来。

3 起动

起动过程中,发热及机械效应对电动机端环、转子导条、定子绕组及轴伸会产生不良影响。

经验表明,转子导条和端环在起动期间的损坏最典型。失速时情况可能更严重,但这是不正常的情况,并且应该避免。起动期间,电流有效值能达到满载电流的65%,并且由于趋肤效应,零转速时电流首先在转子导条上部靠近转子外径处流过。当电动机加速及转子导条频率降低时电流将分布到转子导条较低部分(朝向转子内径)。电动机及其各种元件的疲劳寿命与起动次数成反比。每次起动都使转子及其他不同元件经过一次热疲劳周期,使转子导条经受高频(转子导条振荡频率)振动。

3.1 起动期间转子导条的弯曲

无论何时起动,转子导条和端环都急剧发热。这种急剧发热的最初影响是导条弯曲及在导条、端环和端环与导条接头上产生持续应力。电动机每次起动时,端环比转子铁心膨胀更快。这是因为转子比叠片的热膨胀系数大50%~100%。热量迅速进入导条和端环导致仅有一小部分传递到转子铁心上。由于导条是受叠片约束的,所以在端环和转子导条接头处产生弯曲应力。另外转子导条靠近气隙的部分有由趋肤效应引起的电流,这使导条顶部比底部热得多,导条顶部比靠近转子内径部分的轴向膨胀快,造成导条向里弯曲,导条唯一能弯曲的位置是伸出转子槽的部分,这又使其与端环连接处产生更大的应力。

3.2 起动期间转子导条的振动

起动前,导条内的电流密度是最大的。在60Hz电源供电时转子导条电流频率为60Hz。每当导条内瞬时电流达到最大时,使导条离开转子外径的力也达到最大值,反之,每当电流回到零,转子导条上的力也回到零。当转子加速时,作用在导条上的离心力使导条向转子外径移动并且振动达到最小。另外,当转子加速时,电流下降,因而降低了振荡力。许多时候,由振动引起的在接头上的应力会超过导条的疲劳极限,必然使导条有一个有限的寿命。如果槽内导条紧固,那么振动将接近最小。

3.3 起动高惯量负载的不利影响

高惯量起动使导条迅速发热并影响电动机寿命。转子导条故障又正好与高惯量负载多次重新起动有很大关系。在这些应用中,应考虑采用铜条转子。铜条转子有较大的热容量,因而比铝转子发热小,热膨胀低。导条材料有较高的强度。另外,导条伸出部分允许在导条和端环之间的过渡部分弯曲,因而材料应力降低。当然无论转子结构如何,如果负载或惯量太大,那么导条及端环可能过热并迅速引起严重故障。铜条转子的使用还应有良好的设计实践及对应用有正确的理解。

铸铝转子的导条不能有较大弯曲,因而导条外部轴向推动端环离开铁心,而尺寸较小的部分尽量靠近端环,这样就会在端环接头处产生较高应力。应当指出,虽然沿转子槽长度方向有应力,但它非常小并且很少在槽中产生故障。铸铝转子槽内仅有的一次故障是转子导条加热到铝的熔化

点。这可能是由于失速、单相、起动时过高的惯量负载或多次热起动引起的过热。所有这些情况可能使转子导条在接近铁心中心处(可能是最热点)或端环接头处发生故障。

铸铝转子的导条离铁心非常近,使导条没有一个弯曲的过渡区域,因而集中应力可能比铜条转子大很多。这就是为什么铜条转子比铸铝转子承受的惯量负载高的另一个原因。然而,如果惯量不高或不要求在超过电动机寿命的长持续时间起动,应力将是低的并且热量将均匀分布,此时使用铸铝转子正合适。

4 结语

不同的转子结构,应考虑可靠性高、性能好,同时也要充分考虑本文提到的外力对转子导条的冲击和合理性价比,才能更合理地确定转子结构。

参考文献

- [1] 冯欣南. 电机学. 北京:机械工业出版社.
- [2] 忻尚君. 电机制造工艺对铁耗的影响. 中小型电机, 2002(6).

作者简介:夏亮男 1973年生;毕业于哈尔滨理工大学电气工程专业,现从事电机产品开发与设计工作.

收稿日期:2008-12-17

(上接 7 页)

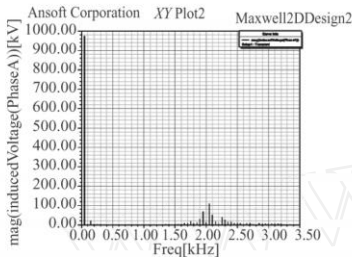


图 11 傅立叶级数分解

此种槽型下,定、转子均可以采用成型线圈下线。在生产制造过程中,是生产效率最高的一种方法,但因转子为开口槽,而导致可靠性不高。因为最主要的是感应电压电压谐波含量约为 15%,大大超出国家标准的规定。所以此种槽型并不适合 MW 级双馈风力发电机。

表 4 开路电压谐波分析数据

谐波次数	1	3	5	7	35	39	41	43	45	47
幅值 (V)	975	22.5	4.1	1.7	19	70	110.5	18.43	40	17

4 结语

通过以上分析可以看出每种定转子槽型都有优劣。但对于 1.5MW 双馈风力发电机来说,1号方案(即定子开口槽,转子半闭口槽)被国、内外绝大多数风力发电机制造厂家所认同并使用。2号方案由于转子为半开口槽,因此在电机高速时,保证电机可靠性是一大难点,但如果能解决这一难点,它的下线效率将会高于 1号方案,3号方案由于其可靠性差及谐波含量高的原因,国内外风电厂家至今没有使用。

目前各风电厂家呈井喷式涌现,纷纷抢占市场,因此在设计发电机时务要求其谐波含量符合国家规定的基础上同时,尽量以成熟的可靠、工艺进行生产制造,以适应市场的快速变化。

参考文献

- [1] 李俊峰,高虎等. 世界风电发展现状与发展展望. 2008中国风电发展报告. 2008
- [2] 徐善椿,黄曦东. 交流励磁双馈发电机的原理、能量关系和应用. 哈尔滨电工学院学报. 1995, 3
- [3] 郑文鹏. 基于 Maxwell2D兆瓦级双馈风力发电机有限元仿真方法. Ansoft 2008优秀论文. 2008
- [4] 汤蕴璆,史乃. 电机学. 北京:机械工业出版社, 2001.
- [5] 李隆年,王宝玲,周汝潢. 电机设计. 北京:清华大学出版社, 1992

作者简介:张胜男 男 1982年生;毕业于佳木斯大学电机专业,现从事起重冶金电机及风力发电机研发工作.

收稿日期:2009-01-04