

# 变频柜设计研究

陈晴志<sup>1</sup> 陈唯俊<sup>2</sup>

1. 杭州水处理技术研究开发中心有限公司 浙江 杭州 310012

2. 中节能大地(杭州)环境修复有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要:** 随着电机调速控制的要求越来越多,越来越高,中低压变频器的应用越来越广泛,变频柜的设计要求也就越来越重要,本文主要根据变频柜应用环境,变频器的特性以及变频器的保护等因素来设计变频柜,从而保证变频器乃至动力系统的稳定运行。

**关键词:** 变频柜;变频器;电机调速

## 引言

变频柜,顾名思义是采用变频拖动方式的动力柜,因为它具有良好的启动、调速性能和节能等优点成为当前市场上广泛应用的动力拖动方式,变频柜可对电动机进行运行控制、对电动机进行变频供电,使电动机改变转速,可以很好应用于水处理行业闭环用水的恒压控制、二次加压控制等工况。变频柜的内部由设计者根据实际设计需求进行自主设计,那变频柜设计安装前,设计者需要考虑哪些方面的问题呢?总的来说,首先是变频柜防护等级;其次是尽量避免电磁干扰;最后是散热和保护的问题。

### 1 防护等级

根据变频柜的使用环境,如果变频柜采用集中放置的方式,放置在洁净的配电室且有良好的通风环境或者好的制冷措施。防护等级可以设置为IP20、IP21、IP30等。但是需周期性维护,避免柜内落灰等现象;如果采用就地放置的方式,以水处理厂房环境为例,现场环境复杂,需要考虑防水、防结露、防尘、防腐蚀,那设计者可以要求成套柜制作厂家对柜体采用特殊的防结露、防腐的油漆,使柜体不容易结露,通过提高柜体IP等级的方式来达到防一定程度水和灰尘,现场柜体防护等级应达到IP54及以上;在特殊的场所下,如防爆车间的水处理设备,变频柜宜采用正压通风型柜体,既要满足现场的防护等级的要求,也要满足现场对防爆的要求,若变频器散热板是分离式的,可采用散热板背投式。柜门采用隔爆式。

### 2 干扰的基本类型及抗干扰措施

变频器回路主要由主回路和控制回路两大部分组成,由于主回路的非线性(人为可以进行开关动作),而且变频器本身就是谐波干扰源,所以变频器本身对电源侧和输出侧的设备都会产生影响。与主回路相比,变

频器的控制回路是一个能量小,信号弱的回路,所以变频器控制回路极易遭受其它装置产生的干扰,当系统中有高频冲击负载,比如电焊、电镀电源时,变频器自身会因为该设备产生的干扰而出现保护,从而造成变频器无法工作。因此,变频器在安装使用时,必须对控制回路采取抗干扰措施,前期设计过程中,设计者需要尽量避免电磁干扰对系统产生影响。

设计者要较好避免电磁干扰首先得了解变频干扰这个对手。变频器的控制回路同外部进行信号交互的基本回路可以分为模拟回路与数字回路两种。模拟回路即为4~20mA电流信号回路跟1~5V/0~5V电压信号回路,其中4~20mA电流信号回路在水处理中更常用。开关数字信号回路包括变频器的启停指令、正反转指令等。来自外部的控制指令信号通过上述模拟回路或数字基本回路导入变频器,同时干扰源也在其回路上产生干扰电势,以控制电缆为媒体就能干扰变频器。

控制电缆与周围电气回路产生的静电容耦合,在电缆中产生电动势,针对静电容耦合干扰,可以加大与干扰源电源的距离,将此距离设置为导体直径40倍以上,这样就可以将干扰程度大大降低;在控制电缆与产生干扰的电源电缆之间设置屏蔽导体,将该屏蔽导体接地,这也是一种降低干扰的措施。弱电压电流控制电缆不要接近易产生电弧的断路器和接触器。控制电缆建议采用1.5mm<sup>2</sup>或2mm<sup>2</sup>屏蔽绞合绝缘电缆,可以更好抗干扰,电机动力电缆也采用屏蔽电缆,屏蔽层的电导必须至少为每项导线芯的电导的1/10<sup>[1]</sup>。

控制电缆周围的电气回路周围电气回路产生的磁通变化在电缆中感应出电势,这是静电感应对控制回路产生的干扰。这种干扰的大小取决于三个方面,即干扰源电缆产生的磁通大小、控制电缆形成的闭环面积和干扰源电缆与控制电缆间的相对角度。降低静电感应干扰的

办法一般是将控制电缆与主回路电缆或其它动力电缆分离铺设,分离距离至少为30cm及以上,同时应避免电机电缆与控制电缆长距离平行走线。如果控制电缆与电源电缆交叉,应尽可能使他们按90度交叉,同时必须用合适的夹子将电机电缆和控制电缆的屏蔽层固定到安装板上。当主回路与动力电缆分离有困难时,也可将控制电缆穿过铁管铺设。还有一种抗静电感应干扰的方法是将控制导体绞合,绞合间距越小,铺设的路线越短,静电感应干扰的效果越好。装有变频器的控制柜,应设置在远离大容量变压器和电动机的位置,其控制电缆线路也应避开这些漏磁通大的设备。

当控制电缆成为“天线”时,导致外来电波在电缆中产生电势,产生静电耦合干扰,这种干扰的降低措施如静电耦合干扰跟静电感应干扰一样,变频柜本体可以对这种电波进行屏蔽,变频柜一定要接地,应分别设置零线排组及保护地线排组(PE),接地排组和PE导电必须接到横梁上(铜排到铜排连接),他们必须在电缆压盖正对的附近位置,接地排组额外还要通过另外的电缆与保护电路(接地电排)连接。屏蔽总线用于确保各个电缆的屏蔽连接可靠,它通过一个横梁实现大面积的金属到金属的连接。

如果变频器控制电缆的电接点和继电器触点接触不良,电阻发生变化会在电缆中产生接触不良干扰,针对继电器触点接触不良的情况,设计者需考虑采用并联触点或镀金触点继电器或选用密封式继电器,另外在交给业主的使用维护说明中也要求业主检修工对电缆连接点定期进行拧紧加固处理。

如果各种电气设备从同一电源系统获得供电时,由其它设备在电源系统直接产生电势,就会产生电源线传导干扰。设计者可以在设计时考虑变频器的控制电源由另外的系统供电;设计者也可以在控制电源的输入侧装滤波器,变频器用到的电抗器有三种:进线电抗器、出线电抗器、直流电抗器。进线电抗器的主要作用是抑制进线侧谐波,增大进线电源主回路的短路阻抗。出线电抗器的主要作用是平衡出线电缆的分布容性负载,增大出线主回路的短路阻抗。两台以上变频器并联运行时,还起到限制换相环流和负荷平衡的作用。前者考虑电缆的长度而确定是否使用,后者应使用。直流电抗器主要用于公共直流母线型的交-直-交变频传动系统中。如果公共整流器的电流数学模型为感性负载,则必须使用;如果是容性负载,则可以不用。不管哪种情况,使用直流电抗器都能起到抑制直流电流波动,起到抗干扰的作用。根据运行经验,有几种场合一定要安装进线电抗

器,才能保证变频器可靠的运行。第一种,电源容量为600kVA及以上,且变频器安装位置离大容量电源在10m以内。第二种,三相电源电压不平衡率 $> 3\%$ 。第三种,其它晶闸管变流器与变频器共用进线电源或进线电源端接有通过开关切换以调整功率因数的电容器装置。引申一个关于进线电抗器容量的选择问题,进线电抗器的容量可按预期在电抗器每相绕组上的压降来决定。进线电抗器压降不宜取得过大,压降过大会影响电机转矩。一般情况下选取进线电压的4%(8.8V)已足够,在较大容量的变频器中如75kW以上可选用10V压降。直流电抗器和输出电抗器的作用,在有直流环节的变频系统中,在整流器后接入直流电抗器可以有效改善功率因数,配合得当可以将功率因数提高到0.95,另外,直流电抗器能使逆变器运行稳定,并能限制短路电流,所以很多厂家生产的55kW以上的变频器都会随机供应直流电抗器。输出电抗器的主要作用是补偿长线分布电容的影响,并能抑制变频器输出的谐波。有些厂家还提供有输出电抗器与无输出电抗器时,连接电机的导线允许的最大长度,超过该长度则一定要配输出电抗器;除此之外,关于电源线传导干扰,设计者还可以考虑装设绝缘变压器,且屏蔽接地。

对于弱电压电流回路和任何不合理的接地都有可能诱发各种意想不到的干扰,比如设置两个以上接地点,接地处会产生电位差,产生干扰。这种接地干扰,对于频率给定的控制电缆取一点接地,接地线不作为信号的通路使用则会降低这种信号接地干扰。将电缆的接地在变频器侧进行,使用专设的接地端子,不与其它接地端子共用,并尽量减少接地端子引接点的电阻。电缆在端子箱中连接时,屏蔽端子也要互相连接。

除了考虑变频器自身受到的电磁干扰问题,还需要考虑变频柜对整个系统的影响。变频柜在工作过程中由于整流和变频,周围产生了很多干扰电磁波,这些高频电磁波对附件的仪器仪表有一定的干扰,这种高次谐波会通过供电回路进入整个供电网络从而影响其他仪表,如果变频器的功率很大,占整个系统容量25%以上,那么就一定更要考虑控制电源的抗干扰措施。

### 3 散热

变频柜的发热是由内部的损耗产生的,在变频器中各部分损耗中主要以主电路IGBT的发热为主,约占98%,控制电路占2%。为了保证变频器正常可靠运行,必须对变频柜进行散热,

3.1 在现场通风良好的情况下,变频器的内装风扇可将变频器的箱体内部散热带走,若风扇不能正常工作,

应立即停止变频器运行。对于大功率的变频器一定要在变频柜内部加散热风扇,通过风道的设计使变频柜内热量通过风扇排出柜外,所以变频柜内部的风道要设计合理,所有进风口要设置防尘网,排风通畅,避免在柜中形成涡流,也避免在固定的位置形成灰尘堆积;根据变频器说明书的需要的通风量来选择匹配的风扇容量。风扇一般安装在靠近风口处,进风风扇安装在下部,出风风扇安装在柜体的上部。另外元器件要尽量避开变频散热孔,避免影响变频柜内部散热。

变频柜风扇的安装的注意事项

发热量最高的发热部件应该安装在最靠近出风口的位置;

进风口和出风口的面积要比风机的通风面积大;

要有足够的空间使空气的流速低于7m/s;

为了防止局部过热,需要使用一个小的风扇对局部过热点进行冷却;

将冷却温度要求最高的部件安装在最靠近进风口的的位置;

风机宜安装在进风口,往柜内吹风以保证柜内正压;在排风不畅的情况下宜采用强制排风。

使用尽可能大的滤网以保证防护等级以及减少风压损失;

确保柜体的散热量大于变频柜内元器件的发热量;

确保变频柜内的风机回路不会发生短路,即排除的空气不是变频器产生的热空气。

3.2 在现场环境温度较高,通风不畅的情况下,且变频器的功率不是很大对变频器工况要求较高的场所,应在变频柜内加装制冷空调,以保证变频器的正常工作,制冷空调功率大小的选择应与环境温度,变频器的功率相关,能够保证在变频器在最大工作状态下柜内的温度的恒定。

3.3 在现场环境复杂,通风不畅,变频器功率很大的情况下,应将变频柜连接一个独立的风道,将变频柜内的热量通过独立风道的抽风将热量带到户外,以保证变频柜内温度的恒定,在选择此方案时应考虑风口的取向,当地的气候条件,避免排风风扇受风向的影响而排风不畅。风道的设计原则如下

风道的截面圆整;

风道入口的截面面积应等于变频器热风出口的面积;

出风口的截面面积越大越好,面积越大,压力损失越小,产生的噪音也越小;

整个风道的通道要求长度越短,锐度最小,弯曲的数量越小越好。

#### 4 变频器的保护

变频器本身保护非常齐全,所以争对变频器柜的设计来说,除了要根据变频器驱动的电机的参数设置好以外,变频柜内的主回路还具有一定的保护措施

4.1 采用塑壳断路器保护的开关,应根据变频器的额定工作状态整定合适的进线电流,

这里的整定是指额定电流,是指保证负载在正常工作时,工作电流不至于烧毁开关设备。整定电流是保护值,是保护设备的一个值,当负载超过这个值,开关设备(过电流脱扣器)动作,切断负载。整定电流”、“额定电流”是两回事,GB14048中有明确解释,举例说明:DW45断路器三段保护,长延时保护整定电流一般出厂默认值为1倍的额定电流;短路短延时整定电流一般出厂默认值为8倍的额定电流,定时限时间为0.4s;短路瞬时整定电流一般出厂默认值为12倍的额定电流<sup>[2]</sup>。这里的额定电流整定时需结合变频的额定电流和电机的额定电流。由于变频器的启动电流倍数较低,应将短路延时额定电流的倍数调整为3倍。以保证变频器及驱动设备的正常工作,避免应外部接地,三相不平衡等烧坏变频器。

4.2 采用刀闸+快速熔断器作为主要保护开关的情况下,应根据电机的额定工况选择快速熔断器的熔断电流。其中快速熔断器需遵循以下几点

根据线路要求和安装条件选择熔断器的型号。容量小的电路选择半封闭式或无填料封闭式;短路电流大的选择有填料封闭式;根据负载特性选择熔断器的额定电流。选择各级熔体需相互配合,后一级要比前一级小,总闸和各分支线路上电流不一样,选择熔丝也不一样。根据线路电压选择熔断器的额定电压。交流异步电机保护熔体电流不能选择太小(建议2~2.5倍电机的额定电流)。如选择过小,易出现一相熔断器熔断后,造成电机缺相运转而烧坏。避免应工况的调整造成快速熔断器的烧毁。

结束语:质量合格,运行可靠的变频柜,从设计、制作、安装等方面都需要根据项目特性来考虑。本文仅在干扰、散热、防护及主回路的保护方面进行了简单的阐述,除此之外在实际项目的设计中,设计者要根据项目中变频柜的安装位置、温湿度、污染情况、系统配置、定制化要求等方面进行具体设计。

#### 参考文献

- [1]韩安荣 通用变频器及其应用(第2版)[M].北京:机械工业出版社 2000
- [2]刘佳畅.浅谈变频控制柜设计安装规范[J].变频器世界,2008(6):60-64