

ACS800 变频器在自动扶梯驱动主机加载试验台上的应用

李建军¹, 汪蓉², 李怀珍³

- (1. 河北新四达电机股份有限公司, 河北 石家庄 052160;
2. 上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093;
3. 上海电科电机科技有限公司, 上海 200063)

摘要: 将 ABB ACS800 变频器应用于自动扶梯驱动主机加载试验台的研制中, 实现了电功率闭环加载试验。试验台采用 ABB 先进的直接转矩控制技术进行加载试验。在介绍了直接转矩控制技术的基本工作原理和 ACS800 变频器的电气性能特点的基础上, 详述了在该试验台上进行自动扶梯驱动主机主要性能试验的方法。

关键词: 直接转矩控制; 加载试验台; 型式试验

中图分类号: TM 343*.2 文献标志码: B 文章编号: 1673-6540(2018)12-0046-04

Application of ACS800 in the Loading Test Bench of Escalator Driver

LI Jianjun¹, WANG Rong², LI Huaizhen³

- (1. Hebei NewStar Electric Motor Co., Ltd., Shijiazhuang 052160, China;
2. School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;
3. SEARI Motor Science and Technology Co., Ltd., Shanghai 200063, China)

Abstract: The ACS800 frequency converter was applied to the design of loading test bench of escalator driver, and electric power closed-loop loading test was realized. The advanced direct torque control technology was used for loading test in the system. Based on the introduction of the basic working principle of the direct torque control technology and the electrical performance characteristics of the ACS800 converter, the methods to achieve the main performance test of the escalator driver on the test bench was introduced.

Key words: direct torque control (DTC); loading test bench; type test

0 引言

自动扶梯是以电力驱动,在一定方向上能够大量、连续运送乘客的开放式运输机械,广泛应用于客流量大而集中的场所,如车站、商场等。因此,其安全性显得尤为重要。自动扶梯的“心脏”是驱动主机,其性能直接关系着电梯的安全性、舒适感等指标,因此驱动主机的性能试验也成为电梯检测中必不可少的项目。

驱动主机试验项目一般包括:热试验(温

升)、空载试验、负载试验、过载(堵转)试验及其他试验^[1]。加载试验是曳引机型式试验的关键。传统的开环传动系统试验台采用电涡流测功机、磁粉制动器等加载,不仅浪费资源,而且加载特性不好^[2]。随着环保、节能意识的提高,采用公共直流母线技术实现电功率闭环试验的方案正逐渐代替传统测试方案,成为主流方案。

本文将 ABB 公司 ACS800 变频器应用于自动扶梯驱动主机加载试验台,利用直接转矩控制(Direct Torque Control, DTC)技术,实现了电功率

作者简介:李建军(1964—),男,高级工程师,研究方向为电机及其控制。

李怀珍(1985—),男,硕士,研究方向为机电控制技术、电机检测技术和设备等。

闭环加载试验。

1 加载试验台的结构和原理

1.1 机械加载系统结构

试验台的加载部分由负载电机、齿轮箱、转矩转速传感器、轴承座、联轴器等部分组成,如图 1

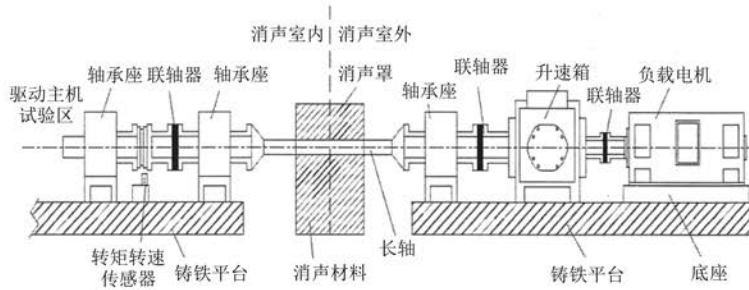


图 1 加载试验台结构示意图

具有低转速、大扭矩的特点,对拖加载需要进行转速匹配。通过齿轮箱减速与负载电机连接匹配驱动主机,特殊情况下可通过更换齿轮箱进行转速匹配;根据规划驱动主机需要进行噪声测试,故需采用消声长轴传递功率,给消声室内的驱动主机加载。长轴传输部分使用消声罩壳,确保消声室内测试不受室外噪声干扰。负载机械结构安装如图 2 所示。



图 2 负载机械安装实物图

1.2 电气传动控制方式

试验台的电气系统主要由驱动系统、测控系统和加载系统组成。驱动系统采用 ACS800 通过 V/F 控制方式驱动被试主机;负载系统采用 ACS800 逆变 DTC 带光电编码器测速反馈的闭环速度控制系统。试验台电气系统原理图如图 3 所示。整个试验台由上位工控机和下位机 S7-1200 系列 PLC 控制完成。

驱动系统通过程序实现对驱动主机电机电压和频率的控制,使被试驱动主机工作于测试工况。

所示,固定安装在铸铁平台试验平台上。

负载电机采用 ABB 公司变频调速电机 QABP315S6A-IC416,电机额定功率为 75 kW、额定转速为 990 r/min、最高转速为 1 980 r/min、额定扭矩为 716 N·m、恒转矩频率范围 5~50 Hz、恒功率范围 50~100 Hz。由于自动扶梯用驱动主机

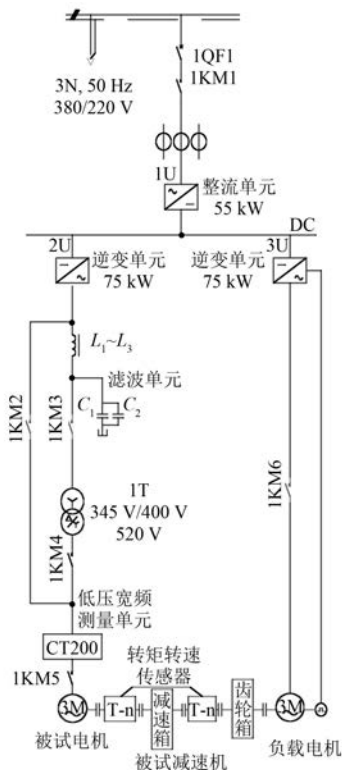


图 3 试验台电气系统原理图

测控系统用来采集各类参数(如电阻、温度、电参数、机械参数等)和发出控制指令。

加载系统完成对传动部件的加载和能量回馈。将变频器的加载控制和传动部件实际受到的载荷相联系,实现灵活、精确、定量加载。

1.3 试验台工作原理

被试驱动主机电机与减速机之间装有 1 个 1 000/200 N·m 的奇士乐 4503A 双量程转矩转速传感器用来检测被试驱动主机电机输出端的转矩和转速。加载部分采用 ABB 变频调速电机与齿轮箱相连,通过齿轮箱实现减速增扭及与被试驱动主机的速度匹配。在被试减速机输出端和齿轮箱输出端之间装有 1 台量程为 20 000/4 000 N·m 的转矩转速传感器,用来检测被试驱动主机减速机输出端的转矩和转速。其中一路转矩转速传感器通过 4 700 A 转矩转速仪进行测量,另一路则通过带有电机评估模块的 Yokogawa WT1800 进行转矩转速测量。两路仪表与上位机之间建立通信连接。

试验台系统采用 1 套 55 kW 整流单元和 2 套 75 kW 逆变单元。系统直接由交流电源供电,采用公共直流母线运行方式,驱动部分和加载部分组成电功率闭环。

整流单元 1U 选用由 IGBT 组成的具有能量回馈功能的 ISU 整流器,IGBT 供电单元包括 1 个 IGBT 供电模块,1 个进线滤波器(LCL 滤波器),交流和直流熔断器及其他选件。IGBT 供电模块将输入的三相交流电变为直流电通过公共直流母线排向两逆变供电。对拖过程中,两逆变 2U、3U 分别控制被试驱动主机电机和负载电机,其中 1 台电机作电动运行,另外 1 台电机工作于发电状态,能量通过共直流母线方式进行回馈;停车时整流单元也可实现逆变器能量回馈到电网,加快停车速度。

2 ACS800 DTC 原理与性能

2.1 DTC 原理

试验台的加载是基于 DTC。该技术把转矩作为直接跟踪控制对象,强调的是转矩的直接控制与效果。可以对电机的动态变化做出快速反应,控制精度高,并且能实现低速大力矩、低电流大力矩和零速满转矩功能。其基本原理是充分利用电压型逆变器的功率器件的开、关两个状态,通过不断地切换电压状态,使定子磁链的轨迹逼近圆形,并通过零电压矢量的穿插调节来改变转差频率,以控制电机的转矩及其变化率,从而使异步电机的磁链和转矩同时按要求快速变化^[3]。在传统的

电机控制中,往往根据电机的各种参数来计算,而 DTC 只是通过定子电阻及能够方便测量得到的电压及电流值就能把磁链、转矩估算出来,所以相比传统控制而言,DTC 控制的是电机的电磁转矩,系统的转矩响应比较迅速,而且控制系统实现起来也方便、简洁。因此,特别适合在自动扶梯驱动主机加载试验台中加载使用。

2.2 ACS800 电气性能特点^[4]

电源断电时的运行。只要电机仍在旋转并产生能量,ACS800 就将利用正在旋转的电机的动能继续运行。

零速满转矩。由 ACS800 带动的电机能够获得在零速时电机的额定转矩,并且不需要光码盘或测速发电机的反馈;而矢量控制变频器只能在接近零速时实现满转矩输出。

起动转矩。DTC 提供的精确的转矩控制使得 ACS800 能够提供可控且平稳的最大起动转矩。最大起动转矩能达到电机额定转矩的 2 倍。

自动起动。ACS800 的自动起动特性超过一般变频器的飞升起动和积分起动的性能。因为 ACS800 能在几毫秒内测出电机的状态,任何条件下能在 0.48 s 内迅速起动。

磁通优化。在优化模式下,电机磁通自动地适应负载以提高效率,同时降低电机的噪声,得益于磁通优化。基于不同的负载,变频器和电机的总效率可提高 1%~10%。

磁通制动。ACS800 能通过提高电机的磁场来提供足够快的减速。ACS800 持续监视电机的状态,在磁通制动时也不停止。磁通制动也能用于停止电机和从一个转速变换到另一个转速。

精确速度控制:ACS800 的动态转速误差在开环应用时为 0.4%,在闭环应用时为 0.1%,ACS800 变频器的静态精度为 0.01%。

精确转矩控制:动态转矩阶跃响应时间,在开环应用时都能达到 1~5 ms。

3 主要测试功能的实现^[5]

3.1 空载试验

三相异步电机的空载试验是给定子加额定频率的额定电压的空载运行试验。目的是检查电机的运转情况,判断噪声和振动是否符合要求,得到电机额定电压下的铁心损耗、额定转速下的机械

损耗以及空载电流与空载电压的关系曲线。在测试中,只有被试逆变 2U 投入运行,使得被试逆变输出为规定的频率和电压。由于被试逆变输出为 PWM 波,因而需要经过 LC 滤波后才能输出正弦波;同时,由于空载试验最高工作于 1.3 倍的额定电压下,而被试逆变经过 LC 滤波装置满载情况下会有约 10% 的压降,因而需要通过特殊输出变压器 1T 升压后才能满足空载试验要求。变频电机空载试验时可直接通过被试逆变 2U 驱动被试主机。

在测量空载特性时,测控系统自动发出命令控制被试逆变频率和电压,同时对测量仪表自动采样。被试逆变此时采用 V/F 控制方式,电压和频率是线性关系,通过改变被试逆变磁通可以达到降低电压的目的,直至电流开始回升,其间测取 7~9 组数据。

3.2 热试验

热试验也称为温升试验。试验目的是通过试验得到定子绕组、轴承等部件在规定工作条件下运行,并到达稳定温升时的温度或温升值。测试中,被试逆变 2U 和负载逆变 3U 均投入运行,被试逆变 2U 输出为规定的频率和电压,负载逆变 3U 输出为规定的反向力矩,用来模拟被试电机的负载,这时负载电机处于发电状态,其发出的能量通过负载逆变向直流母线传递,然后又通过直流母线传递到被试逆变,供给被试电机。电网所提供的能量仅仅用于补充被试电机、负载电机和逆变系统的能量损失。测试方法为首先通过调节被试逆变 2U 将被试驱动主机调整到额定频率、额定电压下空载运行,然后慢慢增加负载逆变 3U 的转矩参数,使得被试主机达到额定功率运行。试验中实时调节被试逆变和负载系统,使被试驱动主机运行于额定负载下,每间隔 0.5 h 通过温度巡检仪采集一次被试驱动主机绕组、轴承、外表面和减速箱的温度,直至相邻两次间隔范围内的温度变化值在 1 K 范围内,快速停机测量电机热态电阻,结合冷态电阻根据式(1)计算主机温升:

$$\Delta\theta = \frac{R_N - R_1}{R_1}(K_1 + \theta_1) + \theta_1 - \theta_a \quad (1)$$

式中: R_N ——热试验结束时的绕组端电阻;

R_1 ——温度为 θ_1 时的绕组初始端电阻;

θ_a ——热试验结束时的冷却介质温度;

θ_1 ——测量 R_1 时的绕组温度;

K_1 ——常数:对铜绕组,为 235;对铝绕组,为 225。

3.3 特性试验

试验目的是通过试验得到被试驱动主机电机的满载或规定负载下的效率、功率因数、电流、转矩及转差率。通过调节被试逆变和负载逆变使被试驱动主机在规定的电压、频率和负载转矩下运行。试验时,始终在各个选定的试验点上使被试电机的频率、输出转矩、电压与规定值保持一致,测量被试驱动主机的电参数和机械参数以及减速机机械参数;计算电机转差率和效率以及减速机效率。

4 结 语

依据相关的国家标准和规范,本着节能、经济、可靠、先进等原则,采用数字变频驱动技术完成了试验台的设计研究。该试验台可用于以三相异步电机或变频电机为驱动动力的自动扶梯驱动主机试验。系统采用先进的 DTC 技术进行加载和计算机控制测控技术进行设计,具有技术先进、运行可靠、功能强、精度高、重复性好、节能降耗等特点。同时,该试验台基本实现自动化,可大幅降低试验人员在试验过程的操作复杂性和劳动强度。

实际应用表明,该试验台稳定可靠、数据准确、操作简单、维护方便。

【参 考 文 献】

- [1] 电梯曳引机:GB/T 24478—2009[S].
- [2] 谭罡风,过学迅.汽车传动系统试验台加载系统研究[J].北京汽车,2008(1): 110-112.
- [3] 张津维.ACS800 变频器直接转矩控制在中板轧机电动压下系统中的应用[J].科技资讯,2013(12): 5-8.
- [4] ABB.ACS800 系列变频器快速调试手册[Z].
- [5] 三相异步电动机试验方法:GB/T 1032—2012[S].

收稿日期: 2018-07-01