

TTM-TK1-CS 轮胎试验机直流调速系统分析

王 成

(桦林集团有限责任公司 157032)

摘要 分析了 TTM-TK1-CS 轮胎试验机直流调速系统的结构、工作原理和性能,并介绍了一起常见故障的解决方法。研究结果表明,该系统具有良好的动态和静态性能,可靠性高,可满足轮胎试验工艺要求。

关键词 轮胎试验机,直流调速系统

TTM-TK1-CS 轮胎试验机为双转鼓,四工位,PLC 自动控制,其直流调速系统是整个设备的核心,本研究主要对直流调速系统进行分析。系统的结构如图 1 所示。考虑运放的倒相作用,图中调节器输入和输出电压极性按实际极性标出。系统采用晶闸管-他激直流电动机调速形式,通过调节电枢电压和弱磁相配合,实现在较大范围内的无级调速。非独立控制励磁,调压和弱磁调速共用一个给定装置(R_n),弱磁升速靠系统内部信号自动进行。基速以下靠改变电枢电压调速,同时保持励磁为额定值不变;基速以上靠弱磁升速。单向运行,快速回馈制动,电机运行在第 1 和第 2 象限。

1 改变电枢电压调速

电枢电压控制采用转速和电流双闭环调节方式,ASR 和 ACR 均为 PI 调节器。ASR 的作用是使转速随着给定电压(U_n^*)的变化而变化,稳态无静差,对负载变化起抗扰作用,饱和输出限幅值决定允许的最大电枢电流。ACR 的作用是对电网电压波动起及时抗扰作用,保证启动时获得允许的最大电流,

在转速调节过程中,使电流随着其给定电压(U_i^*)的变化而变化;当电机过载甚至堵转时,限制电枢电流的最大值,从而起到安全保护作用。当故障消失时,系统能够自动恢复正常。

2 启动过程分析

为了获得大的启动转矩,启动时不宜采用弱磁方式,而应在额定磁通量下升压启动。当突加 U_n^* 由静止状态启动时,转速和电流的过渡过程如图 2 所示。按 ASR 在启动过程中的饱和与不饱和状况,过渡过程分成三个阶段。

第 1 阶段($0 \sim t_1$)是电流上升阶段。突加 U_n^* 后,通过 ASR 和 ACR 的控制作用,使触发装置控制电压(U_{ct})、整流装置输出电压(U_d)和电枢电流(I_d)增大,当 I_d 大于负载电流(I_{dL})时,电机开始转动。由于机电惯性,转速不会很快增大,因而 ASR 的输入电压偏差 $[\Delta U_i = (U_n^* - U_n)]$ (U_n 为速度反馈电压)较大,使 ASR 饱和,其输出电压达到限幅,强迫 I_d 迅速增大。当 I_d 约为电枢电流限幅(I_{dm})、输入电压(U_i)约为限幅电压(U_{im}^*)时,ACR 的作用使 I_d 不再迅猛增长。

第 2 阶段($t_1 \sim t_2$)是恒流升速阶段。ASR 一直饱和,转速环相当于开环状态。系

作者简介 王成,男,32 岁。工程师。1991 年毕业于西安电子科技大学光电子技术专业。现从事设备管理工作。已发表论文 3 篇。

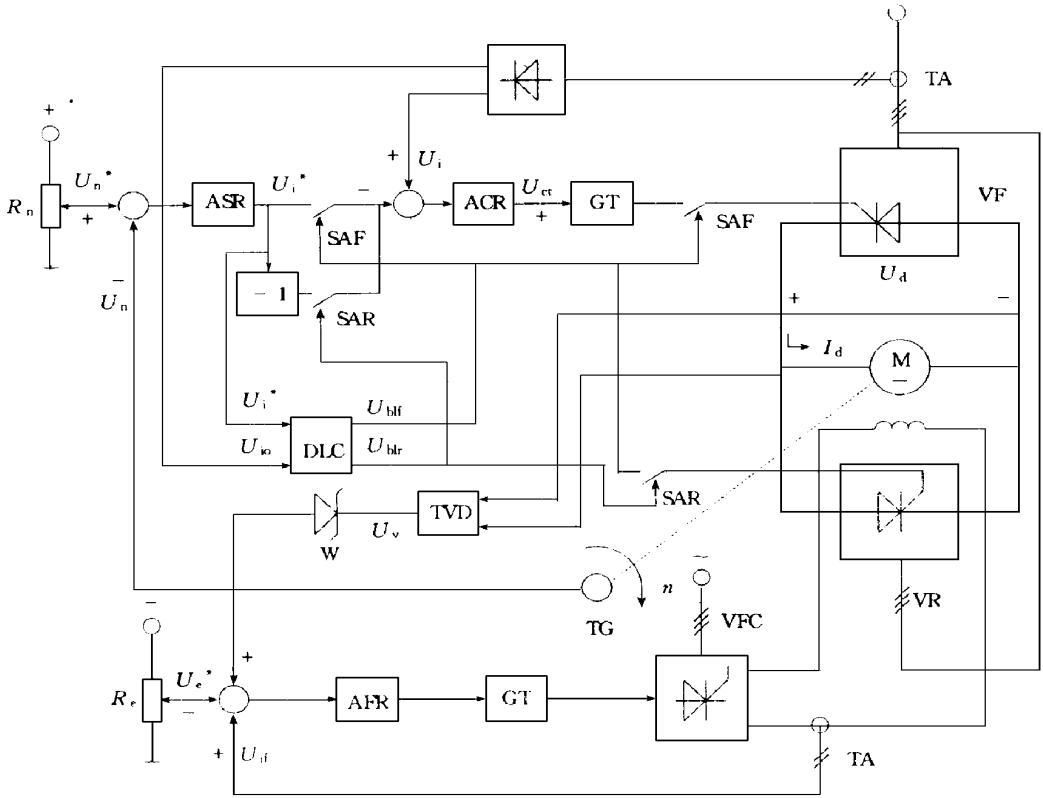


图 1 直流调速系统

ASR—转速调节器;ACR—电流调节器;SAF—正组电子模拟开关;SAR—反组电子模拟开关;VF—正组整流装置;
VR—反组整流装置;TA—电流互感器; R_n —调速电位器; R_e —调磁电位器;GT—晶闸管触发装置;
TG—测速发电机;TVD—直流电压隔离变换器;AFR—励磁电流调节器;
VFC—励磁电流可控整流装置;DLC—逻辑控制器

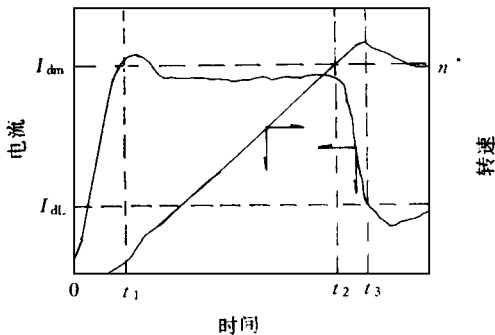


图 2 启动时转速和电流波形图
 n^* —给定转速

统表现为在恒流作用下的电流调节系统,由于 I_d 基本上保持恒定,因而拖动系统的加速度恒定,转速呈线性增长。同时电机的反电

动势也线性增长,为了克服这一干扰, U_d 和 U_{ct} 也必须线性增长才能保持 I_d 不变。由于 ACR 是 PI 调节器,若使它的输出电压按线性增长,其 ΔU_i 必须恒定,即 I_d 应略低于 I_{dm} 。这一阶段 ACR 不能饱和。

第 3 阶段 (t_2 以后) 是转速调节阶段。开始时转速已达到给定值,ASR 的给定与反馈相平衡, ΔU_i 为零,但其输出电压却由于积分作用还维持在幅值上。故电动机仍在最大电流下加速,而使转速超调。超调后,ASR 输入端出现负的偏差而使它退饱和,其输出(即 ACR 的 U_i^*)立即从限幅值下降, I_d 也因而减小,但由于 I_d 仍大于 I_{dl} ,在一段时间内,转速仍继续上升。到 $I_d = I_{dl}$ 时,加速

度为零,转速达到峰值。此后电机才开始在负载阻力下减速。与此相应, I_d 也出现一段小于 I_{dL} 的过程,直到稳定。在这最后转速调节阶段,ASR与ACR都不饱和,同时起调节作用。由于转速调节在外环,ASR处于主导地位。而ACR的作用则是力图使 I_d 尽快跟随上ASR的输出量 U_i^* 。

3 制动过程分析

虽然不要求电机反转,但需要快速回馈制动,故主电路采用两组反并联的晶闸管装置。正组作为整流供电,反组提供逆变制动,逻辑控制无环流。

无环流逻辑控制器DLC的任务是在正组整流装置VF工作时封锁反组脉冲,在反组整流装置VR工作时封锁正组脉冲。采用数字逻辑电路,使其输出信号电压 U_{bif} 和 U_{blr} 以“0”和“1”的数字信号形式来执行封锁与开放的作用。当转速给定电压(U_n^*)大于速度反馈电压(U_n)时,考虑ASR倒相作用,由ASR输出的 U_i^* 小于0,转矩(T_e)大于0,系统处于正向启动、加速或运行状态;当 U_n^* 小于 U_n 时, U_i^* 大于0, T_e 小于0,系统处于正向制动或减速状态。可见, U_i^* 极性的变化表明系统有了使转矩(电流)反向的意图,可转矩(电流)极性的真正变换,还要滞后一段时间,等到电流真正到零时,应该再发一个零电流检测电压信号(U_{i0}) (“是零”或“非零”),然后才能发出正反组切换的指令。由此可见, U_i^* 和 U_{i0} 都是正反组切换的前提,只要这两个条件都具备,并经过必要的逻辑判断后,才可让无环流逻辑控制器DLC发出切换的指令。逻辑判断前由电平检测器将模拟量 U_i^* 和 U_{i0} 转换成数字量。逻辑切换指令发出后,须经过封锁延时和开放延时才能执行,以确保系统可靠工作。无环流逻辑控制器DLC须设置联锁保护电路,使其 U_{bif} 和 U_{blr} 不可能同时出现“1”态,以确保两组晶闸管的触发脉冲不可能同时开放。任何时刻

只有一组晶闸管在工作,另一组脉冲被封锁而处于阻断状态,故采用电子模拟开关进行选择,可节省一套电流调节器和触发装置。

4 弱磁调速

如图1所示, U_d 经过直流电压隔离变换器转换成电压 U_v , U_v 反映着 U_d 的大小。转速上升则 U_d 上升, U_v 也上升。稳压管W的击穿导通电压值定为理想空载转速的90%时对应的 U_v 值。当转速低于理想空载转速的90%时, U_v 小于稳压管W导通击穿电压,不导通。此时完全靠ASR和ACR双闭环系统调节电枢电压来控制转速。AFR的调节作用是保持额定的励磁电流不变。调电位器 R_e ,设定励磁电压(U_e^*)为满磁,调好后,将不再改变。

当转速上升到理想空载转速的90%以上时, U_v 增大,可击穿稳压管W而导通,使AFR的给定输入电压($U_e^* - U_v$)变小,通过AFR的调节作用,励磁电流检测信号电压(U_{if})减小,速度增大。在实际速度未达到给定值(即 U_n 小于 U_n^*)时, U_v 增大, U_{if} 减小,转速和 U_n 增大直至 $U_n = U_n^*$,则($U_e^* - U_v$)恒定, U_{if} 恒定,速度稳定。电机最高速度对应的励磁电流是满磁的80%。励磁不能太小,否则会造成超速,对电机不利。因此,AFR定为PI调节器,饱和时其输出限幅限制了最小励磁,起到安全保护作用。

5 一起故障分析

故障现象:低速时运行正常,高速阶段转速在较大范围内波动不停,在转速从最低点突升最高点时,电枢电流突增,同时会听到“嗡嗡”声,随后转速下降,电枢电流也下降,“嗡嗡”声消失,现象往复不停。

诊断:低速正常,可判断电枢电压调速部分正常。而高速部分是靠弱磁调节的,故确定故障在弱磁调节系统。弱磁调节系统如图3所示,弱磁的调整为调节放大器 A_1 和 A_2 的

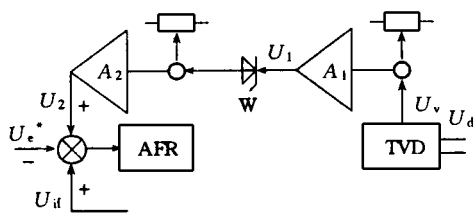


图 3 弱磁调节系统

放大因数, U_1 和 U_2 分别是放大器 A_1 和 A_2 的输出电压, 放大器 A_1 的作用是控制弱磁开始时 U_d 的大小, 放大器 A_2 决定着 U_d 击穿稳压管 W 后参加调磁的量。一定的 ΔU_2 (U_2 的增量) 对应着一定的 ΔU_{if} (U_{if} 的增量) 和转速差, 由此推断, 放大器 A_2 的放大因数过大是故障的原因。

推理过程: 低速时, U_d 小, 使稳压管 W 不导通, 靠调节 U_d 调速。 U_d 增大使转速增大, 当二者增至使稳压管 W 击穿时, 开始弱磁调速, Δn 为稳压管 W 击穿时对应 ΔU_{if} 的转速增量, 如果此时转速小于给定转速 (n^*), 则 U_d 增大, U_1 增大, U_2 增大, U_{if} 减小, 使转速增大, 直至转速与给定转速相同为止。如果放大器 A_2 的放大因数调得过大, 则稳压管 W 击穿时, ΔU_{if} 过大, 使转速突增超调, 此时转速大于 n^* , U_n^* 小于 U_n , 由于 ASR 和 ACR 的调节作用使 U_d 下降。 U_d 下

降时, 经过稳压管 W 击穿点, U_2 突然消失, U_{if} 突增, 转速突降至小于给定转速 n^* , 此时, U_d 增大, 又重新开始加速过程, 转速从最低点升速时, 由于负载转矩突然增大, 使电枢电流突增, 并发出“嗡嗡”声, 当转速升上去后, 随着负载转矩的减小, 电枢电流减小, “嗡嗡”声消失。如此循环不停。

由此可见, 放大器 A_2 的放大因数不能调节过大, 应使稳压管 W 击穿后的转速小于 n^* , 避免稳压管 W 击穿时, 转速突增超调。但放大器 A_2 的放大因数也不能调节过小, 否则弱磁调节范围过小, 发挥不出其应有的作用。

6 结语

TTM-TK1-CS 轮胎试验机直流调速系统具有良好的动态和静态性能, 可靠性高, 能够满足轮胎试验工艺要求。由于采用调节电枢电压和弱磁配合控制, 可以在较大范围内 ($8 \sim 160 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) 无级调速, 快速启/制动, 突加负载动态速降小, 具有良好动态抗扰性能以及抗负载扰动和电网电压扰动性能, 稳态无静差, 还具有过流自动保护功能。

收稿日期 1998-03-21

Analysis of D. C. Speed Control System for TTM-TK1-CS Tire Tester

Wang Cheng

(Hualin Group Co., Ltd 157032)

Abstract The structure, working principle and performance of D. C. speed control system for TTM-TK1-CS tire tester are analysed and the solutions of its common failures are introduced. The results of analysis showed that the system features good static and dynamic performance and high reliability.

Keywords tire tester, D. C. speed control system