

[电动机]

变频器自动旁路可控电抗软起动及其应用

文/黑龙江金象生化有限责任公司 林济民
武汉诺金信科技有限公司 危文刚

以可控电抗器为高压执行器件，实现电动机软起动的可控电抗软起动装置，不仅具有传统电抗器起动方式耐用、抗冲击能力强的特点，又具有晶闸管串软起动可调可控、响应速度快的特性。高压电动变流量负载采用变频调速运行，节电效果明显。介绍了变频器自动旁路可控电抗软起动的技术方案，并以应用案例证实该方案的可靠性。

高压电动变流量负载，一般采用高压变频调速运行的方式调节负载的流量。变频调速运行时电动机消耗的功率是随着转速的变化而变化的，所以，变频调速运行节电效果明显，具有很好的经济效益和社会效益。但是，变频器采用了大量的功率单元和高准确度的控制技术，容易出现故障。对于一些关键设备，故障停机可能造成全厂停产的后果，经济损失不可估量。因此，变频运行的高压电动机在变频器发生故障的情况下，如何平稳切换至工频运行，是工程界需要解决的一个课题。

变频器自动旁路软起动概念的提出

在此，我们提出变频器自动旁路软起动的概念：在变频器发生故障的情况下，变频器自检发出故障信号，变频器自动退出，软起动自动投入，并在一定转速下飞车起动机，平稳切换至工频运行。变频器自动旁路软起动，主要需要解决以下几个问题。

(1) 变频电源和工频电源的隔离问题

变频器出现故障，往往是个别功率单元出现问题，仍在输出变频电源。因此，变频器故障时，不能直接切换至工频，否则可能导致电源短

路，造成重大事故。

(2) 电动机飞车起动的堵转问题

变频器故障时电动机的转速是随机的，因此，电动机飞车起动时，软起动装置需要快速调整至与电动机转速相适应的端电压，避免电动机堵转现象的发生。这就对软起动装置的可调可控性及响应速度提出了很高的要求。

(3) 电动机飞车起动对软起动冲击问题

电动机飞车起动对软起动装置快速调整的要求，以及切换时电压电流的突跳性冲击，均对软起动装置的抗冲击能力提出了更高的要求。

可控电抗软起动装置的高压执行器件为可控电抗器，可控电抗器线圈采用全封闭真空环氧树脂浇注，真空浸渍工艺加工而成，具有结实耐用、抗冲击能力强及免维护的特点。同时，可控电抗器的控制部分为低电压的晶闸管，调整响应时间低于100 ms，是变频器自动旁路较为理想的软起动产品。

可控电抗软起动装置原理简介

图1为可控电抗软起动原理图，将期望的起动电流通过人机界面RF设置到控制器R，通过电流互感器CT采样的实际起动电流与事先设置的电流

对比,通过先进的计算机算法,调整整流桥SCR(晶闸管)的导通角,从而调节可控电抗器L控制绕组直流电流的大小,实现可控电抗器L的阻抗调节,将实际起动电流锁定在设定值。起动完成后,旁路开关KM闭合,电动机全压运行。

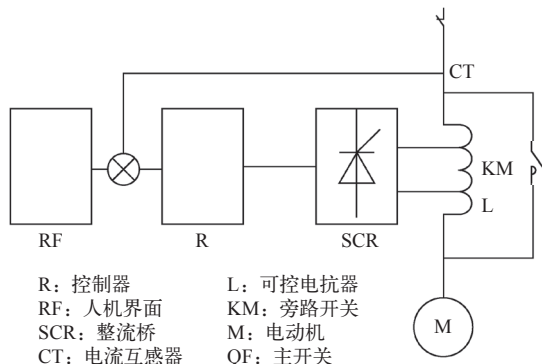


图1 可控电抗软起动原理图

软起动系统设计方案

图2为变频器自动旁路可控电抗软起动一次系统图。变频器正常运行时,变频隔离柜内隔离开关QS1、QS2合闸,真空开关KM1、KM2合闸,软起动隔离柜内隔离开关QS3、QS4合闸,真空开关KM3分闸,可控电抗软起动柜内旁路真空开关KM4分闸,软起动装置处于备妥状态,等待接受软起动指令。当变频器发生故障时,变频器自检发出故障信号,变频隔离柜内真空开关KM1、KM2自动分闸后,软起动隔离柜内真空开关KM3自动合闸,向软起动柜发出起动指令,软起动控制系统根据检测到的电动机电流判断电动机切换时的转速,快速调整整流桥晶闸管的导通角,调整可控电抗器的阻抗,使电动机端电压达到与转速相适应的水平。起动完成后,旁路开关KM4合闸,电动机转入工频运行,分断QS1、QS2,可对变频器进行维修。切换过程中,需要了解并注意以下几点:

- 1) KM1、KM2和KM3应可靠互锁,确保KM1、KM2断开后,KM3才能合闸,避免出现电源短路的重大事故。
- 2) 可控电抗软起动装置达到控制目标的时间一般为100 ms左右,避免切换过程中出现电动机堵转情况,真空开关转换不要延时。
- 3) 切换过程冲击很大,可控电抗器容量按加大20%选型,并需加强绝缘处理,线圈应采用环氧真空浇注工艺生产,并严格执行各项出厂检验:工频耐压、感应耐压要按国标加强20%验收,并严

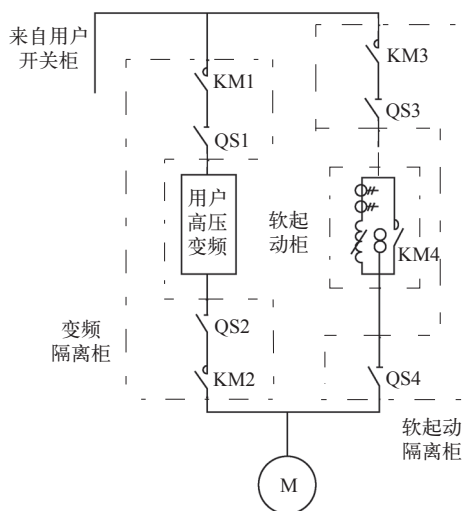


图2 变频器自动旁路可控电抗软起动一次系统图

格局部放电的检验验收。

应用案例

绥化象屿金谷150万t玉米深加工项目热力厂给水泵采用高压变频器调速运行,变频器选用西门子品牌,配备了变频器自动旁路可控电抗软起动系统。本项目于2018年8月28日投入运行,在给水泵投运过程中,生产厂家技术人员配合用户、总包方及变频器厂家,在零转速起动电动机,并在10%、20%、50%和80%转速模拟变频器故障软起动自动投入起动电动机的试验,每次切换均平稳起动,达到了设计要求。

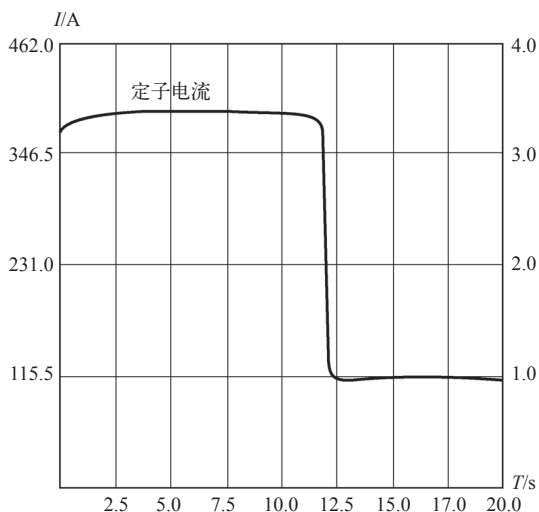
给水泵电动机参数基本参数如下: $P_e=1700\text{ kW}$, $U_e=10\text{ kV}$, $I_e=115.5\text{ A}$ 。

图3为10%转速起动曲线,图4为50%转速起动曲线,不同转速下自动切换起动情况如下:

- 1) 电动机停机(0转速)起动:起动电流382 A,倍数3.4,时间14 s;
- 2) 10%转速起动:起动电流369 A,倍数3.2,时间12 s;
- 3) 20%转速起动:起动电流369 A,倍数3.2,时间10 s;
- 4) 50%转速起动:起动电流287 A,倍数2.5,时间6 s;
- 5) 80%转速起动:起动电流287 A,倍数2.5,时间2 s。

改进建议

- 1) 软起动装置增设电动机转速检测功能,根

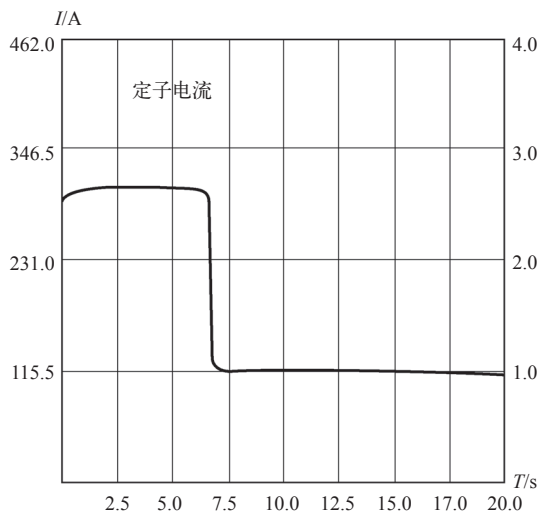


起动电流曲线
起动电流: 369 A 电流倍数: 3.2 起动时间: 12 s

图3 10%转速起动曲线

据历史起动过程中转速、电动机端电压, 电抗器阻抗及导通角度的对应关系, 直接根据电动机转速给定导通角参数、从而给定电动机端电压, 进一步提高设备性能。

2) 在变频器真空开关出口增加变频器状态检测保护装置, 发出用以区别高压电动机及其电缆故障的甄别信号, 确保在电动机及电力电缆出线故障时不做切换起动, 用以保护可控电抗软起动装置。



起动电流曲线
起动电流: 257 A 电流倍数: 3.6 起动时间: 6 s

图4 50%转速起动曲线

控电抗器, 采用传统干式变压器加工工艺制作, 具有结实耐用, 抗冲击能力强, 又具有可调可控、响应时间短的特点, 正好和变频器自动旁路软起动对软起动装置的要求相契合。变频器自动旁路可控电抗软起动系统既保证了变流量负载的变频节能运行, 又保证了变频器故障时, 可平稳切换到工频运行, 电动机工频运行不影响对变频器的维修, 既实现了节能降耗, 又不影响生产, 其应用前景将十分广泛。EA

结束语

可控电抗软起动装置高压执行器件为可

(收稿日期: 2019.06.08)

(编辑: 朱金凤)

三菱电机自动化(中国)有限公司 三菱电机工业用PC MELIPC



MELIPC智能型工业控制产品体系包括MI50000分析品类、MI2000监控品类和MI1000网关品类, 在FA生产现场和IT系统之间形成全方位的数据采集、处理和传输解决方案, 使用边缘计算实现自律分散型IoT布局, 将生产现场数据进行一次处理, 削减通信量, 提高实时性和安全性。

MI5000是三菱电机实时分析、诊断的旗舰型产品, 搭载高性能处理器Intel® Core™ i7, Windows®和VxWorks®两种OS可同时运行, 有效降低系统构建成本, 节省装置空间。MI5000可对CC-Link IE Field网络连接设备的控制信息和生产信息进行最快1 ms的数据通信, 实现高精度的装置控制和生产信息的高速收集。MELIPC通过软件设置可以采集三菱电机和其他品牌产品数据, 与IT系统的高度亲和性能够提升生产现场与云端、开源服务器的协作效率。

MI2000是适用于监控生产现场属的中档型产品, 可使用PCI、PCI Express扩展端口进行系统扩展, 使用CC-Link IE现场网络板卡实现生产信息的高速收集, 使用输入输出板卡实现装置控制。此外, 还可使用各种通用PCI板卡实现系统扩展。

MI1000是适用于IT系统网关用途的小型、低成本型设备, 适合各种场合的高自由度设置, 仅需追加面向上位系统的网关即可实现生产现场的经济型IoT对应。MI2000、MI1000均不使用风扇, 不需要进行更换、清扫等维护。