



静态变频装置在 S209FA 燃机中的应用

赵永珍

(华北电力大学 102206)

摘要 本文主要介绍了 GE 公司的 S209FA 联合循环机组配套的静态变频装置 LS2100，它把大型电力同步发电机按照电动机方式来运行，得到巨大转矩，再通过变频，得到理想的转速，从而解决了燃机机组启动力矩大，转速不好控制的问题。文中介绍了变频装置的基本原理、硬件组成和它在燃机机组中的运行方式等。

关键词 燃气轮机 静态变频器 静态启动 发电机

中图分类号:TK47

文献标识码:A

文章编号:1009-914X(2011)08-0061-02

S209FA 单轴联合循环机组是当前世界上最先进的燃气—蒸汽联合循环发电机组之一，发电效率高达 57%。它由美国通用电气公司(简称 GE 公司)设计制造。

为了缩短轴系，同时空出透平基础四周关键的空间，节省启动电动机，及相应的转矩变换器和有关的电气硬件。GE 公司采用了 LCI 静态启动系统。

图 1 为静态启动装置单线图

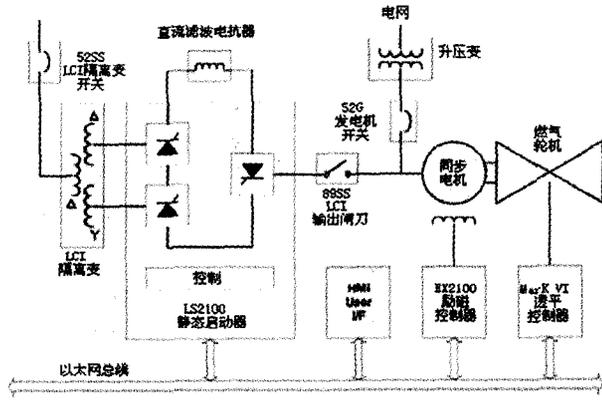


图 1 静态启动装置单线图

在 LCI 静态启动系统中的主要部件是静态变频器 LS2100，它是专门用来把同步发电机作为电动机运行使机组启动的一种装置。LS2100 能提供两种功率转换的选择，用来匹配 GE 公司的 7F 和 9F 两种系列的燃机启动。LS2100 通过机组数据高速网络和其他的 GE 设备联系通讯，包括用来设置的 GE 控制系统的 TOOLBOX、透平控制 MK VI、LS2100 启动器控制和人机界面控制。

LS2100 包含的硬件都放在以下三个柜子里：

- 1、控制柜：控制、通讯、I/O 板等功能。
- 2、泵柜：存放液体冷却系统的各种元件，包括主备用冷却泵、冷却介质容器、过滤器和去离子器。
- 3、功率转换柜：安装晶闸管功率转换电路和门控回路，以及电源的输入和功率的输出。

LCI 静态启动系统利用 EX2100 励磁装置为发电机转子提供励磁，用 LCI 静态变频装置为发电机定子提供变频电源，使得发电机转换成透平机组启动的变频调速同步电动机。

LCI 电源来自一个 3 相 3 绕组隔离变压器。变压器电源取自电网或高压厂用母线，二次侧为 2080 伏，分别为星型和三角型接线。隔离变压器初级绕组连接到 LCI 隔离断路器 52SS。每个次级绕组与 LCI 的二个三相全控整流桥连接，然后串联输出作为逆变器的直流电源。此种布置便于提供故障保护，减少系统干扰，对地电气隔离的阻抗；二次侧星三角是为了裂相，即便使输出直流更平坦；另外二个三相全控整流桥串联有助于降低整流桥的耐压。

整流器和逆变器通过直流滤波电抗器连接在一起。LCI 逆变器的输出接到交流线路电抗器。交流线路电抗器用于补偿发电机断路器电容。交流线路电抗器输出连接到输出熔丝(CLF)。熔丝输出接到 LCI 输出闸刀 89SS，最后连接或断开发电机定子线圈的电路。

于 0.81~0.99 之间，实测值均小于计算值。

由图 7、8 分析可知，以工况 5 的左幅桥为例，上弦杆测得的实测值最大为测点 1 对应的 44.16MPa，计算值为 48.11MPa；下弦杆测得的实测值最大处为测点 7 对应的 43.70MPa，计算值为 47.32MPa。因此，实测值均小于计算值，各测点的应力实测值与理论计算值沿跨度发展规律基本一致，且应力实测值均小于理论计算值。应力校验系数满足《公路旧桥承载能力鉴定方法》规定的常值范围(0.81~0.99)，说明该截面强度满足设计要求。

在三种工况满载作用下，钢桁架加劲梁主要控制截面上、下弦杆实测应力校验系数介于 0.81~1.00 之间，实测值均小于计算值。实测值与理论计



图 6 工况五加载位示意图

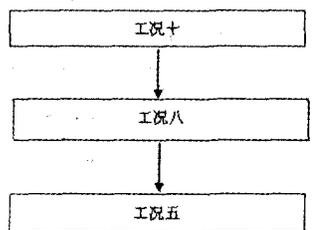


图 5 大桥静力荷载试验加载顺序(应力部分)

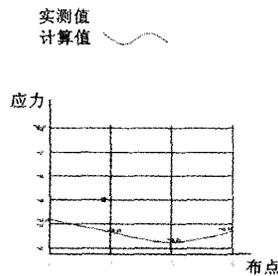


图 7 上弦杆应力分析图

算值沿跨度发展规律基本一致。实测应力校验系数基本一致，且应力实测值均小于理论计算值。应力校验系数满足《公路旧桥承载能力鉴定方法》规定的常值范围(0.7~1.0)，说明桥梁整体刚度较好，钢桁架加劲梁主要控制截面强度能够满足设计规范要求。

参考文献

- [1] 谌润水, 胡钊芳, 帅长斌. 公路旧桥加固技术与实例[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [2] 宗周红, 阮毅, 任伟新. 基于动力的预应力混凝土独塔斜拉桥承载力评估[J]. 铁道学报, 2004, 26(6): 86294.
- [3] 葛新民, 何先明, 相其生. 大跨径混凝土桥梁成桥静载试验研究[J]. 公路工程, 2008, 33(1): 1302134.
- [4] 许汉锋, 黄平明, 杨炳成. 大跨径悬索桥静载试验研究[J]. 公路, 2003, (9): 126.

作者简介

付佩(1983.2), 女, 湖北武汉人, 学历: 硕士在读, 主要研究方向: 结构工程。

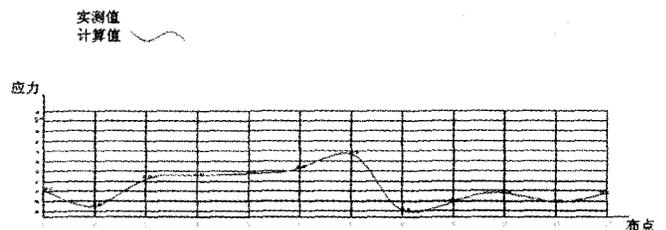


图 8 下弦杆应力分析图



静态启动系统与Mark VI 转速控制系统和EX2100 数字励磁系统完全结合。Mark VI 控制装置提供运行、转矩和速度设置点信号给LCI, LCI以闭环控制方式运行, 给发电机定子提供变频电源。EX2100受LCI控制, 在启动期间调节励磁电流。通过控制励磁和定子电流, LCI 将发电机加速或减速至同步速度。

正常情况下, LCI 静态变频装置由Mark VI 进行控制, LCI 隔离变频器由Mark VI 发出信号进行断开和闭合操作, 当LCI 静态变频装置与Mark VI 未进行联锁时, 也可由LCI 静态变频装置发出断开和闭合LCI 隔离变频器的命令。

LCI 输出闸刀89SS也由Mark VI 启动程序逻辑控制其断开和闭合, 并与发电机开关互有联锁。在闭合LCI 输出闸刀89SS之前, 必须先断开发电机开关。

根据Mark VI 启动顺序逻辑, 在闭合LCI 输出闸刀89SS输出闸刀前, 必须断开发电机中性点接地闸刀。待燃机点火自持, LCI 输出闸刀89SS断开后, 允许闭合发电机中性点接地闸刀, 发电机开关方可并网合上。

LCI 有3相12脉冲整流器和3相6脉冲逆变器。LCI 静态变频启动装置的硬件组成:

功率变换设备由两个变换器组成。一个是12脉冲线路侧整流器, 起相位可控的电源整流器作用, 用途是将AC 线路电源整流成电压可控的直流电源。另一个是负载侧逆变器, 起相位可控的负载逆变器作用; 用途是将直流电源转换成频率可控的交流电源。

直流滤波电抗器, 在整流器和逆变器之间电气连接有直流滤波电抗器。直流滤波电抗器帮助平滑直流电流, 消除变换器和逆变器频率之间的耦合。在系统故障期间, 在还通过限制故障电流, 提供保护。直流滤波电抗器是干燥型空气芯电抗器。它是对流冷却, 位于保护壳体内部。

交流线路电抗器, 三相交流线路电抗器。它连接在LCI 输出和CLF 输出保险丝之间。

发电机中性点接地电动隔离开关, 由Mark VI 启动顺序逻辑控制其闭合和断开。此隔离开关必须在LCI 断路器可以闭合之前断开。

LCI控制板, 位于LS2100的控制柜内, 包括微处理器系统。微处理器提供控制逻辑供: 点火和排序; 诊断和保护功能; 加速; 励磁系统接口; 和I/O 信号接口, 还有门安装板仪表和运行人员设备。微处理器和有关测量仪表的电源来自三相415V AC控制电源。

控制处理类: DS200DSPC 板包括所有控制代码和可配置软件。PLC 备有Genius 总线控制器。由1个或多个Genius 总线接口单元(BIU)作主体, 通过现场控制I/O 块连接所有的数字和模拟I/O。PLC 还包括一个通信处理器, 支持90 系列协议(SNP)串行链路。一个是去SNPA/DSPC 子插件板, 另一个是去任选的本地显示。

通信和I/O: 桥控制经SNP 串行链路与系列90-30 PLC 通信。DSPC 处理器板是VME 总线主控器。有二块得到支持的处理器子插件板。ADMA 子插件板通过DDTB 端子板提供高速模拟和数字I/O。ADMA/ DDTB 板对总是在LCI 控制中出现。它是接触器控制的硬件路径, 提供过电流和用户联锁保护, 与DSPC 运行无关。AFE 数据板用作门安装的显示选项。

门控电路: 在VME 架内, 4个双槽用于2~4个DS200FCGD 点火触发电路板。这些控制多至2个电源功率桥(标记SA 和SB)和2个负荷功率桥(标记LA 和LB)。右侧最后的槽固定选用的IS200FCGE 点火电路板。FCGE 控制1个AC 或DC 励磁机组, 供同步电动机励磁。

桥接口板: 桥包括作为控制柜板和桥硬件之间接口功能的板。它们调节

和处理信号和提供保护功能。这些板是, DS200FGPA 门控脉冲放大器板、DS200FHVA 高压选通接口板、DS200NATO 衰减器板。

液体冷却系统位于LS2100控制柜的后面, 冷却系统带走发热器件的热量, 到远处的热交换器, 把热量交换给外循环的冷却介质。

冷却原理: 电源变换电桥产生的热消散在闭式液体冷却系统内。该回路用的冷却介质是去离子水和丙二醇的混合物。冷却剂用二个100%冗余冷却剂泵之一泵入。冷却剂通过功率变换电桥, 再流到液体/液体热交换器。冷却剂再回到冷却剂泵吸入口。

PLC 安装在LCI 柜内, 与泵仪表板内的仪表接口并控制冷却泵。液体冷却报警和状态, 用硬线连接, 从PLC 输出接到LCI 微处理器I/O。LCI 控制逻辑内用此信息。LCI I/O 也用于硬线连接与Mark VI, EX2100 和发电机控制屏接口。

可以用键盘去下达故障复位, 变泵运行, 变风机运行命令。键盘还显示系统的运行状态, 比如输出的功率和电压, 转速, 以及电流。诊断程序还显示由系统信息提供的报警历史显示。

启动过程的各个阶段包括:

启动: 机组在启动前, 应在盘车状态。然后, LCI 将加速机组达到清吹转速。机组保持在清吹转速, 直到要求完成的清吹时间。

清吹转速: 燃机清吹转速按摆频速度型式控制。摆频速度设置点是Mark VI 控制系统内的一种编程功能。燃机Mark VI 控制选择清吹转速时, 选择此功能。从LCI 内引出闭环控制的速度反馈信号。

摆频功能说明如下:

摆频方法是闭环速度控制的

最大吹洗速度 = 26.8%, 最小吹洗速度 = 24.8%

加速度和减速度(设置点斜坡率 = 0.9%/分)。

点火转速: Mark VI 控制逻辑用于导出吹洗时间结束信号。当完成吹洗程序时, 燃机控制给出点火速度设置点到LCI。LCI 断开到发电机定子的电流并让燃机滑行, 降到燃机点火发生的点火速度。燃机达到点火速度时, 燃机点火程序启动。

GT 暖机: 燃机燃烧系统内探测到火焰时, 燃机控制启动暖机计时器。在等待该计时器超时, LCI 将燃机速度保持在点火速度设置点。

加速: 在燃机暖机周期结束时, MK VI 将LCI 速度设置点设置到100% 速度。LCI 再帮助加速机组。LCI 跟踪按系统特性定义的编程电流与速度剖面的关系曲线。当燃机向100%速度加速时, 燃机闭环加速控制将控制机组的加速。在大约81%速度时, LCI 电流按电流与速度剖面关系曲线规定递减。在大约90%速度时, LCI 与发电机端子断开, 燃机继续加速到100%速度。

LCI退出运行: 当转速到达95%时, LCI退出, LCI的电动隔离闸刀断开, 发电机中性点接地开关合上。励磁设置到正常运行方式运行。

图8为实际启动曲线图。图的纵轴为转速, LCI 电流和励磁电流。横轴为启动时间。

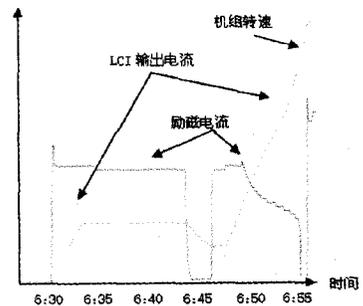


图8 实际启动曲线图

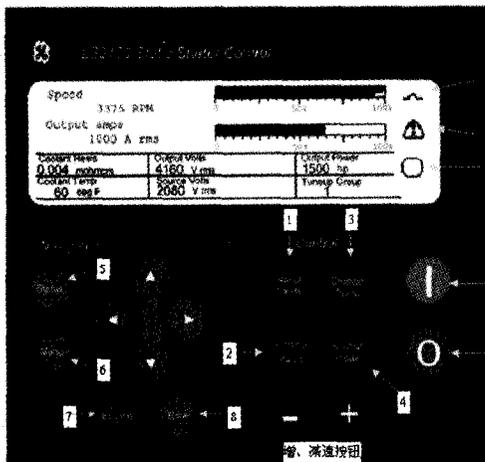


图5 就地操作控制界面图

1、LCI 不仅用于机组启动, 还用于机组离线水洗的转速控制。
2、液体冷却系统在使用中, 应注意防止被冷却器件的温差结露, 带来的电气绝缘降低, 引发故障, 特别是在湿度较大的地区。

3、“撬棒”原理: 在电气应用中, 主要用作过电压保护。当被保护设备发生过电压时, “撬棒”电路动作, 短路掉过电压的设备, 最快速、最直接地将过电压降至零, 从而触发原设备的过电流保护动作, 使得原设备切断电源。