

中小型水电站保护监控一体化系统 技术说明书

目 录

1 概述	1
1.1 项目概况.....	1
1.2 中、小型水电站保护监控一体化系统的特点.....	1
1.3 LSA100 中小型水电站保护监控一体化系统结构	2
2 微型水电站保护监控一体化系统	4
2.1 机组当地 LCU 单元.....	4
2.1.1 发电机保护监控一体化单元.....	5
2.1.2 水机自动化单元.....	5
2.2 升压站及公用设备.....	6
2.2.1 变压器保护监控一体化单元.....	6
2.2.2 线路保护监控一体化单元.....	6
2.2.3 站用电管理单元.....	6
2.2.4 公用设备管理单元.....	6
2.3 主控层.....	6
2.3.1 主控机的配置.....	6
2.3.2 主控机的功能.....	6
3 中小型水电站保护监控一体化系统	8
3.1 机组 LCU	9
3.1.1 发电机保护.....	9
3.1.2 发电机监控.....	9
3.1.3 PLC 机组控制	9
3.2 机组管理机.....	9
3.2.1 机组管理机的配置.....	9
3.2.2 机组管理机的主要功能.....	9
3.3 升压站及公用设备 LCU	10
3.3.1 升压变的保护与监控.....	10

3.3.2	输电线路保护与监控.....	10
3.3.3	站用电管理.....	10
3.3.4	公用设备监控.....	10
3.4	主控层.....	11
3.4.1	主控机的配置.....	11
3.4.2	主控机的主要功能.....	11
4	机组自动化控制.....	13
5	计算机监控软件主要功能.....	14
5.1	数据采集与处理.....	14
5.1.1	模拟量及参数量.....	14
5.1.2	开关量及状态量.....	14
5.1.3	脉冲数字量的采集与处理.....	14
5.2	数据计算.....	15
5.2.1	实时功率点和阻抗点计算（根据用户的要求而设置）.....	15
5.2.2	电能分类累加.....	15
5.2.3	耗水量累加.....	15
5.2.4	效率计算及耗水量.....	15
5.2.5	温度量特征值计算.....	15
5.3	电站运行安全监视.....	16
5.4	机组及单台设备的控制操作.....	16
5.4.1	机组顺序控制.....	16
5.4.2	机组转速及有功功率的调节（如用户有此要求）.....	16
5.4.3	机组电压及无功功率的调节（如用户有此要求）.....	16
5.4.4	机组辅助设备及全厂公用设备手动控制及启、停或开、闭手动操作..	16
5.4.5	隔离开关联锁操作.....	16
5.4.6	厂用电系统断路器倒闸操作及备用电源自动投入.....	17
5.5	操作指导.....	17
5.5.1	机组开停机受阻提示.....	17

5.5.2 隔离开关、接地开关操作联锁条件不满足提示.....	17
5.5.3 事故、故障原因提示.....	17
5.6 自动发电控制（AGC）（选配）.....	17
5.7 自动电压控制（AVC）（选配）.....	18
5.8 运行管理.....	18
5.8.1 发电运行记录.....	18
5.8.2 主要电气设备动作及运行记录.....	18
5.8.3 操作记录.....	18
5.8.4 定值变更统计记录.....	18
5.8.5 事故故障统计记录.....	19
5.8.6 参数越复限统计记录.....	19
5.8.7 设备运行变位记录.....	19
5.8.8 主要设备和装置退出运行统计记录.....	19
5.9 系统通信.....	19
5.10 人机联系.....	19
5.11 画面显示.....	19
5.11.1 单线图类画面.....	19
5.11.2 棒形图类画面.....	20
5.11.3 曲线图类画面.....	20
5.11.4 表格类画面.....	20
5.11.5 信息类画面.....	20
5.11.6 运行指导类画面.....	20
5.12 制表打印.....	20
5.13 输入工具.....	20
5.14 语音报警.....	20
5.15 应用程序的开发及运行值班人员的培训（选配）.....	21
5.16 系统自检和自动重启动.....	21

1 概述

1.1 项目概况

截至到 1998 年底，我国已建小水电 44273 座，总装机 2202 万千瓦，年发电 713 亿千瓦时。110kV 及以下电压等级高低压线路 217 万公里，变电设备容量 36920 兆伏安，在职职工 100 多万。

“十五”期间，中国将进一步加快小水电发展，5 年内计划新增小水电装机 600 万 KW。另外，大量民间资金也投入到这一类项目中。中小水电站作为清洁可再生能源，其发展受到国家重点支持。

本项目是为提高这一类电站的自动化水平而专门开发的。水电站一般地处偏远，交通不便利，维护比较困难。本系统充分考虑了可靠性、稳定性、尽可能减少维护工作量，力争免维护。

1.2 中、小型水电站保护监控一体化系统的特点

保护监控一体化系统是针对中、小型水电站实现少人、无人值班而开发的新型水电站综合自动化系统，它具有以下特点：

1、装置化结构

水电站典型的保护控制系统通常使用普通的 PLC 开发，需要相当的系统集成和硬件/软件，系统硬件设置重复，开发周期长。LSA100 系统是根据中、小型水电站运行的特点和要求，着眼于电站的整体监测、控制和保护所开发的系列保护和测控装置，能满足不同水轮发电机组运行的要求。用户可根据水电站运行的需要选择相应的装置，每个装置都有独立的接线端子，接线简单，便于维护。各装置之间能相互通讯，只要内部连接好并设定了参数，系统便可运行。

2、功能齐全

该系统能对全站设备进行测量、控制、保护和信号显示，并通过网络实行在线的 SCADA 监控和远方遥控。系统还具备水轮发电机组励磁、调速的配套功能。本系统配套的励磁、一调速系统具有优良的业绩，使用高性能的硬件系统，专门为本一体化系统开发的，使电站的保护控制调整及通信协调统一，不需配置另外的设备。

3、智能化运行

LSA100 系统运行操作十分简单，设置有手动和自动两种方式。在手动方式下，只要按动开机/停机按钮，机组就会自动完成开、停机全过程。在自动方式下，电站可根据前池水位按照优化出力的原则，全自动开机、停机、同期并网运行和事故跳闸，做到少人或无人值班。

4、可靠性高

每个电气装置均有独立的 CPU 和容错安全回路，整个系统采用全数字式，从结构和原理方面保证了系统的可靠性。

5、性能价格比高

与常规设计的继电器型控制保护设备相比投资多 20% 左右，由于按水位经济运行，使电站得到最大发电效益；无人或少人值班，每年可节省运行费用。另外还可减少职工的办公生活用房，节省一次性土建投资，经济效益显著。

1.3 LSA100 中小型水电站保护监控一体化系统结构

LSA100 中小型水电站保护监控一体化系统的设计思想是：使用统一的智能化硬件平台，构成集保护、测量、控制、通信于一体的现地单元；并应用现场总线和计算机网络技术构成整个电站的综合信息库，实现“一点采样、全站共享”，全方位的对中小型水电站从水轮机到输电线实现完整的控制、调节、保护、管理，并综合实现全站的巡检、报警、故障定位、统一状态记录、录波和统一打印等功能，以网络化功能取代了传统的硬件设备，优化了系统配置，减少了硬件的重复设置和二次回路的复杂性，即降低了系统造价，又提高了系统可靠性，以适应水电站自动化技术在我国为数众多的中小型水电站的普及应用，并广泛提高我国中小型水电站的自动化运行水平。

本系统硬件和软件均采用标准化、装置化设计，便于扩建及系统升级；现地单元采用了有效的容错技术和抗干扰技术，通过了国家和行业对继电保护的电磁兼容性试验标准：

- ◆ 高频电气干扰 通过 IEC255-22-IMH 脉冲群干扰试验及 GB6162 100KHZ 脉冲干扰试验。
- ◆ 静电放电 通过 IEC255-22-2 中严酷等级为 III 级的静电放电试验。

- ◆ 辐射电磁场干扰 通过 GB/T14598-1996 规定的严酷等级为 III 级的辐射电磁场干扰试验。
- ◆ 快速瞬变干扰 通过 IEC055-22-4 标准规定的 IV 级 (4KV 士 10%) 快速瞬变干扰试验。

监控软件不仅适用于操作、运行,也考虑信息、管理方面的要求。

根据水电站的运行环境,并结合运行的特点,采用分层分布式的自动控制系统,系统的基本结构如图 3-1。

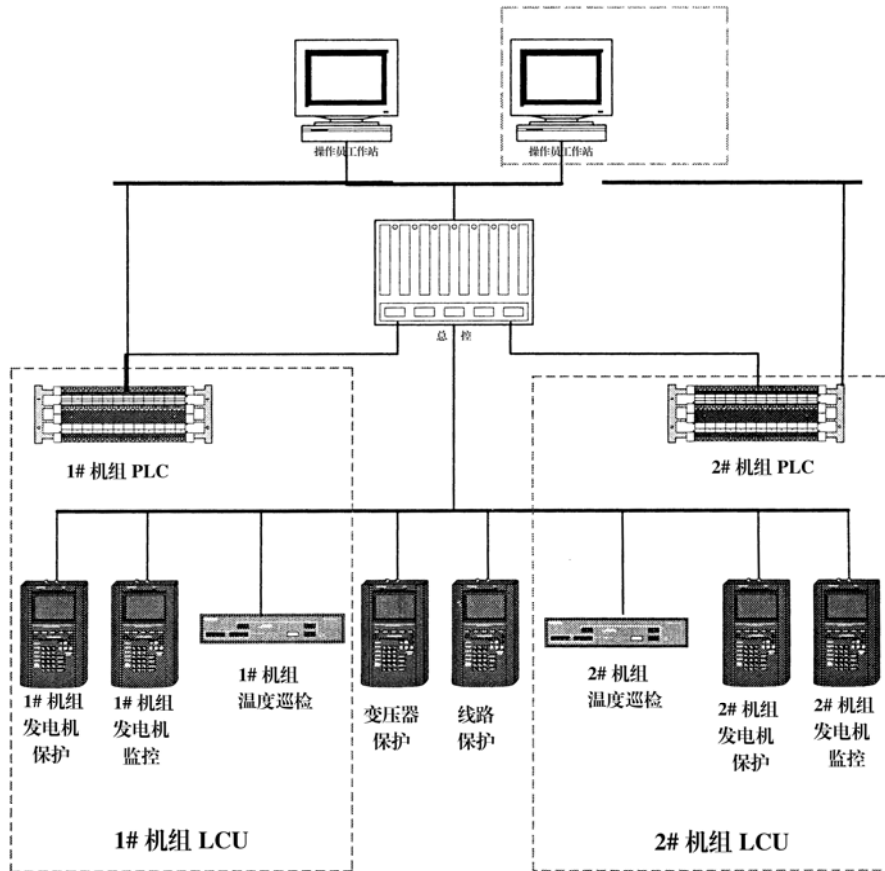


图 3-1 分层分布式系统的基本结构

为了使自动控制系统能够更好的适应不同类型水电站的运行要求,LSA100 系统按照单机容量的大小将水电站分为三种不同的类型。单机容量在 1MW 以下的为微型水电站;单机容量在 1MW~10MW 为小型水电站;单机容量在 10MW~100MW 为中型水电站。LSA100 系统构成自动控制的各个单元采用标准的装置,根据水电站类型的不同、运行方式的不同以及对综合自动化程度的要求进行组合。增强各单元在不同系统中的通用性,即便于系统的集成,也便于设备的管理和维护。

2 微型水电站保护监控一体化系统

微型水电站保护监控一体化系统主要适用于单机容量在 1MW 以下的水电站，对自动化要求的程度不高，因此主控层可以采用单机方式，由一台工控机或品牌机实现水电站的监测和控制，也可提高配置使用两台微机。机组当地单元由发电机保护监控一体化单元和机组自动化单元组成，升压站与公用设备由变压器保护监控一体化单元、线路保护监控一体化单元和公用设备检测控制单元组成。



微型水电站计算机监控系统结构

2.1 机组当地 LCU 单元

机组当地单元的主要功能是实现机组的电气监控和保护及水机自动化，基本结构如图 4-1。微型水电站保护监控一体化系统图如图 4-1。

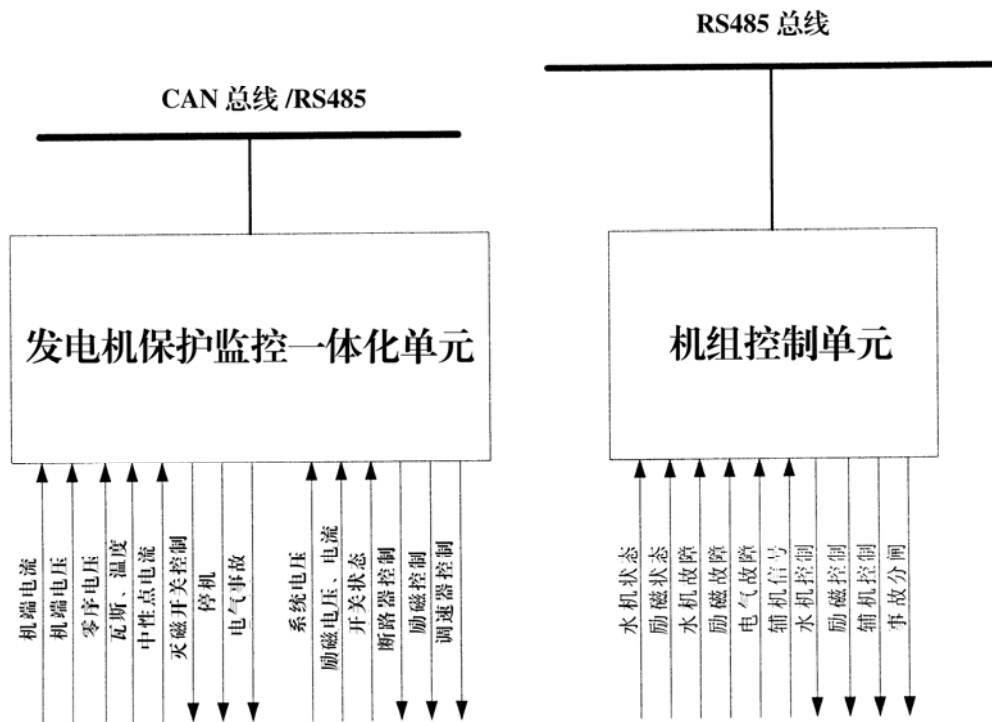


图 4-1 当地单元基本结构图

2.1.1 发电机保护监控一体化单元

发电机保护：发电机主保护为差动保护，若机组容量小，中性点无电流互感器则采用方向电流速断保护；发电机后备保护包括过流及低电压启动的过流保护、过压保护、定子一点接地保护，若是发变组则还需有温度、瓦斯保护等功能。

发电机监控：发电机相电压、相电流、频率、励磁电压、励磁电流、有功功率、无功功率、功率因数、有功电度和无功电度等电气量的测量；断路器、隔离开关、调速器开度限制、开度全开和全关等状态信号的监视；断路器、灭磁开关、同期合闸的控制。

LSA182, LSA183 机组保护单元和 LSA184 机组测控单元完成以上功能。

2.1.2 水机自动化单元

水机自动化单元根据机组的自动化元件、调速器、励磁装置等状态信号，故障信号、操作命令信号等，在程序的控制下自动完成机组的开机、停机、负荷调节和机组的故障信号。并由 RS485 总线与主控机通信，将机组的运行状态及故障信息传送给主控机，同时接受并执行主控机下达的开机、停机命令。水机自动化单元有双重化网络，可与总控通信也同时与后台机通信。

2.2 升压站及公用设备

对于微型水电站，升压站设备较少，出线电压较低（35kV 或 10kV），且公用设备较为简单。可根据用户要求配置各种合适的保护测控装置。

2.2.1 变压器保护监控一体化单元

实现变压器的差动、过流、零序、温度、瓦斯等保护，同时对变压器高低压侧的电气量进行监测。LSA600 系列保护和测控装置完成以上功能。

2.2.2 线路保护监控一体化单元

对线路实施过流、速断、限时速断、电流闭锁电压速断、重合闸及后加速跳等保护，同时对线路的运行参数和状态进行监视。

LSA900 系列线路保护测控装置可满足各种馈出线的保护测控要求。

2.2.3 站用电管理单元

对站用变的运行参数和运行状态进行监测，站用电备用电源自动投入，操作电源和控制电源电压的测量，控制母线绝缘监视等。

2.2.4 公用设备管理单元

对于微型水电站的公用设备基本采用常规自动化系统，通常不需要综合自动化系统对其进行控制，所以可以只对其运行状态进行监视，经由 RS485 总线将各信息传送给主控机。

2.3 主控层

2.3.1 主控机的配置

微型水电站的主控机一般为单主机配置，若对自动化程度和主控层的可靠性要求较高也可以配置为双主机方式。通常主控机采用高性能的工控机或原装品牌机，具体配置由系统的要求而定。

2.3.2 主控机的功能

数据采集：由机组控制单元上传的发电机运行参数和运行状态，水机自动化元件、调速器、励磁装置、辅机等运行状态和故障信息，机组保护单元的测量值、自检和保护动作信息等数据；由升压站及公用设备单元上传的升压站设备的运行参数和运行状态、公用设备的运行状态、故障信息，保护和监控单元的测量数据、自检

及保护动作信息等。

数据处理：对各单元上传的数据和状态信息进行滤波、判别、统计、运算处理，形成各种统计报表、曲线。以实时和历史数据库的形式储存，用于显示、打印、驱动模拟屏。也可作为水电站调节和控制的依据。

信息显示：实时数据（水电站主接线、各种设备的运行参数和运行状态）；统计报表（各种统计报表、运行曲线）；事故及参数越限（事故参数、越限值、复限值等）；自检信息（各单元的自检信息）；整定值（水电站各设备的保护整定值、各种运行参数的越限值、复限值、控制参数）；操作提示（对水电站各设备的操作方法进行相应的提示）。

参数修改：在线修改各保护单元的整定值，控制参数。

数据打印：定时打印（运行报表）；随机打印（机组启、停，断路器分、合闸，控制参数、保护定值的修改等操作事件；事故及运行参数越限记录）；命令打印（水电站的全部历史数据、统计报表、曲线和实时数据）。

信号指示：水电站发生事故、运行参数越限、复限，系统设备故障时，自动报警并记录现场数据。

机组控制：根据键盘命令、通信命令（调度）或预设的运行方式向各机组当地单元发布开机、停机、负荷调节、输变电设备分、合闸等控制命令。

调度终端：若主控机与上级调度有通信接口，则可将水电站设备的运行参数、运行状态、事故信息等上传调度中心。也可接受调度中心下达的控制命令，完成升一压站设备的分、合闸操作，机组负荷调节等任务。

3 中小型水电站保护监控一体化系统

图 5-1 为没有采用管理机的结构，图 5-2 采用了管理机。在采用管理机后，管理机与主控机的通信采用以太网。

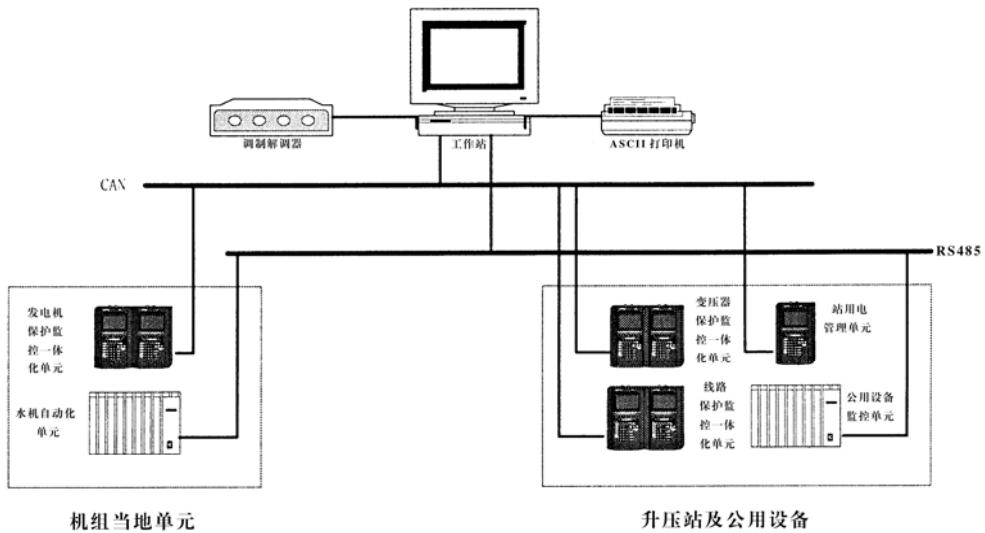


图 5-1 中、小型水电站保护监控一体化系统示意图（不带管理机）

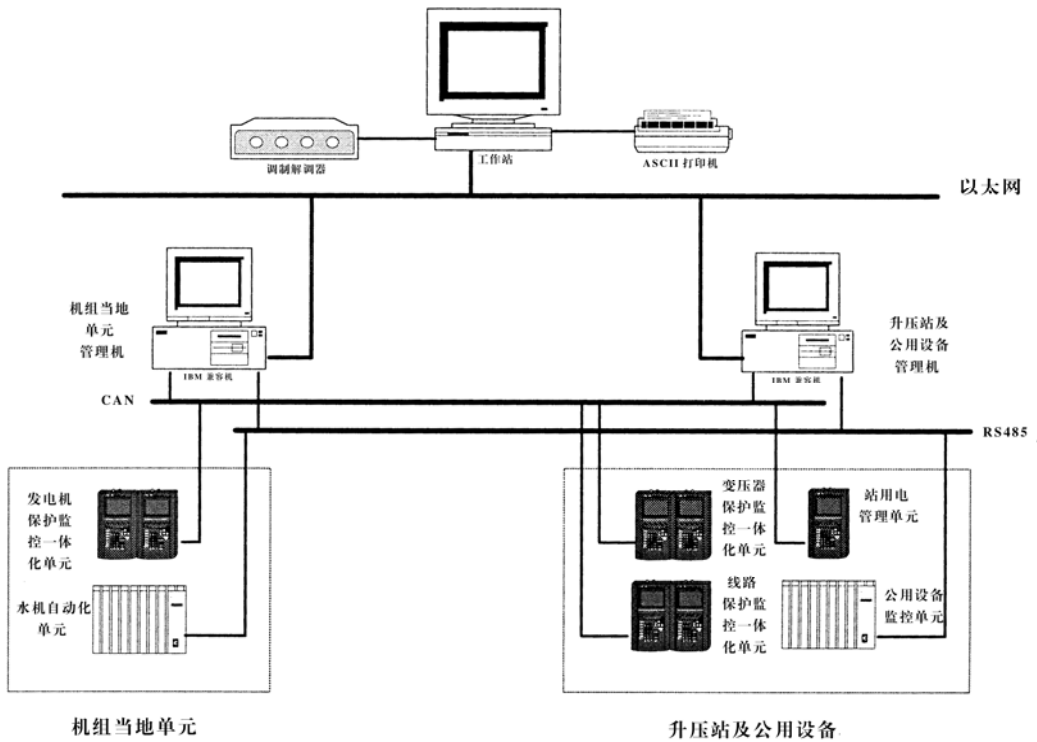


图 5-2 中、小型水电站保护监控一体化系统示意图（带管理机）

3.1 机组 LCU

机组 LCU 主要完成水轮发电机组的保护、监控及水机自动化。整个系统由一套发电机保护单元、一个发电机监控单元和 PLC 机组控制单元构成。即由 LSA182、LSA183、LSA184 机组保护测控装置和 PLC 机组控制单元构成。

3.1.1 发电机保护

发电机保护包括发电机主保护、后备保护和定子接地保护。可实现对发电机的差动保护、失磁保护、过流及低电压启动的过流保护、过压保护和转子、定子一点接地保护。

3.1.2 发电机监控

发电机监控主要完成发电机电气测量、状态监视、AGC 和 AVC 等功能，主要有：

- ◆ 测量：发电机相电压、相电流、频率、励磁电压、励磁电流、有功功率、无功功率、功率因数等。
- ◆ 状态监视：断路器分、合闸回路等。
- ◆ 控制：同期、增、减励磁，调速、导叶开度增减等。

3.1.3 PLC 机组控制

PLC 根据机组自动化元件、调速器、励磁系统、同期装置等状态信号及故障信号、命令信号等，在程序的控制下，自动完成机组的开机、停机，机组的故障信号处理等。

PLC 经 RS-485 总线和机组管理机与主控计算机通信，将现场运行设备的状态信息和故障信息经数据通信传送给主控机，接收并执行主控机下达的开、停机命令。

3.2 机组管理机

3.2.1 机组管理机的配置

机组管理机主要承担与 PLC、发电机保护和监控单元以及其他智能化仪表和设备的信息交换，同时将机组运行的状态和信息上传到主控机，并接受和执行主控机下达的命令，因此一般选用一体化工控机作为机组管理机。

3.2.2 机组管理机的主要功能

数据采集：水轮发电机组运行参数和运行状态，水机自动化元件、调速器、励

磁装置、辅机等运行状态和故障信息，机组保护单元的测量值、自检和保护动作信息等数据。

数据处理：对各单元上传的数据和状态信息进行滤波、判别及相应的运算处理，形成当地实时数据库和历史数据库，用于当地显示和主控机的调用。

信息显示：实时显示机组的运行参数和运行状态、事故及故障信息、运行曲线和运行报表、历史数据、保护定值、控制参数等。

参数设置：可通过键盘命令或主控机下达的命令调整、修改机组运行参数越限值、保护定值及其它机组运行的控制参数。

机组控制：可通过键盘命令或主控机命令实现机组的开机、停机，主阀的开启和关闭，有功、无功的调节等控制。

数据通信：将机组运行参数、状态等信息上传给主控机，接受并执行主控机下达的控制和调节命令。

3.3 升压站及公用设备 LCU

3.3.1 升压变的保护与监控

实现变压器的差动、过流、零序、温度、瓦斯等整套保护，同时对变压器高低压侧的电气量、温度量进行监测。

采用 LSA600 系列保护测控一体化装置实现上述功能。

3.3.2 输电线路保护与监控

对线路实施过流、速断、限时速断、电流闭锁电压速断、检同期 / 无压重合闸及后加速跳等保护，同时对线路的运行参数和开关、刀闸状态进行监视。

采用 LSA900 系列保护测控一体化装置实现上述功能。

3.3.3 站用电管理

所用电的保护、监测和管理，包括所用变压器的主保护、后备保护和非电量保护。采用 LSA900 系列保护测控一体化装置实现上述功能。

3.3.4 公用设备监控

可实现对水电站的闸门及水电站高、中、低压缩空气系统，渗漏排水、检修排水系统、调速器油压装置、蝶阀油压装置、公用油压装置，全厂技术供水、机组技术供水系统的自动控制。

3.4 主控层

3.4.1 主控机的配置

微型水电站的主控机一般为单主机配置，若对自动化程度和主控层的可靠性要求较高也可以配置为双主机方式。通常主控机采用高性能的工控机或原装品牌机，具体配置由系统的要求而定。

3.4.2 主控机的主要功能

数据采集：由机组控制单元上传的发电机运行参数和运行状态，水机自动化元件、调速器、励磁装置、辅机等运行状态和故障信息，机组保护单元的测量值、白检和保护动作信息等数据；由升压站及公用设备单元上传的升压站设备的运行参数和运行状态、公用设备的运行状态、故障信息，保护和监控单元的测量数据、自检及保护动作信息等。

数据处理：对各单元上传的数据和状态信息进行滤波、判别、统计、运算处理，形成各种统计报表、曲线。以实时和历史数据库的形式储存，用于显示、打印、驱动模拟屏。也可作为水电站调节和控制的依据。

信息显示：实时数据（水电站主接线、各种设备的运行参数和运行状态）；统计报表（各种统计报表、运行曲线）；事故及参数越限（事故参数、越限值、复限值等）；自检信息（各单元的自检信息）；整定值（水电站各设备的保护整定值、各种运行参数的越限值、复限值、控制参数）；操作提示（对水电站各设备的操作方法进行相应的提示）。

参数修改：在线修改各保护单元的整定值，控制参数。

数据打印：定时打印（运行报表）；随机打印（机组启、停，断路器分、合闸，控制参数、保护定值的修改等操作事件；事故及运行参数越限记录）；命令打印（水电站的全部历史数据、统计报表、曲线和实时数据）。

信号指示：水电站发生事故、运行参数越限、复限，系统设备故障时，自动报警并记录现场数据。

机组控制：根据键盘命令、通信命令（调度）或预设的运行方式向各机组当地单元发布开机、停机、负荷调节、输变电设备分、合闸等控制命令。

调度终端：若主控机与上级调度有通信接口，则可将水电站设备的运行参数、

运行状态、事故信息等上传调度中心。也可接受调度中心下达的控制命令，完成升压站设备的分、合闸操作，机组负荷调节等任务。

4 机组自动化控制

机组的开停机控制既可以在主控机上操作也可以在机组 LCU 屏上操作，但其控制流程是相同的。在开停机过程中，如果某一条件已经满足，则流程可以跳过这一步骤，直接执行下一步骤。

根据现场运行的要求，机组可以分别工作在空转、空载和发电状态，由运行人员根据要求进行选择。

5 计算机监控软件主要功能

5.1 数据采集与处理

将现场设备的各种运行参数和设备运行状态通过 I/O 通道或现场总线采集到 LCU，经过必要的数据处理后形成各类实时数据。

5.1.1 模拟量及参数量

模拟量包括通过 AI 模块直接采集的部分电气量和非电量：其中电气量主要是发电机的有功、无功、电压，励磁电压、电流，出线电压及频率，厂用电及控制电源系统电压、频率、视在功率等；非电量包括机组过水系统、油、气、水系统的压力、压差、流量、液位、温度等。参数量为通过数据通信采集的数据，包括发电机、主变、110kV 出线通过电量综合监测仪、机组温度巡检仪、调速器、励磁、振动摆度测量系统等各种微机装置、仪表及系统传送的数据，上述数据亦经过初步处理后存入实时数据库。

模拟量的初步处理是指信号回路断线、短路检测、抗干扰、数字滤波、误差补偿、数据有效性合理性判断、标度变换、越复限判断及越限报警，最后经格式化处理后形成实时数据并存入实时数据库。

5.1.2 开关量及状态量

开关量信号包括中断开关量和扫描开关量。中断开关量包括事故总信号、断路器位置信号以及继电保护动作信号，系统软件以 SOE 方式采集这些信号。中断开关量为无源接点输入。扫描开关是指除中断开关量以外的那些开关量，包括各类状态信号、故障信号、位置信号和运行方式选择信号等，系统软件各 LCU 以扫描方式采集各开入点。状态量为通过数据通信采集的各种保护和自动化装置的事故和故障信号、设备运行状态等数据。对通过 DI 直接采集的开关量的处理包括滤波、防抖动处理，所采集的数据应进行数据有效性合理性判断事故和故障报警以及启动相关量处理程序，最后经格式化处理后形成实时数据并存入实时数据库。

5.1.3 脉冲数字量的采集与处理

脉冲数字量指有功和无功电能量脉冲、码盘转速脉冲和水量脉冲等信号。其处

理包括滤波（直接采集）、码制变换、误差补偿、数据有效性合理性判断、标度换算、越限、复限判断以及越限报警等处理，经格式化处理后形成实时数据并存入实时数据库。

5.2 数据计算

对现场实时数据按照不同的要求和用途进行计算，生成的计算数据也应作为实时数据处理，进行越限报警、启动相关处理程序等操作。

5.2.1 实时功率点和阻抗点计算（根据用户的要求而设置）

根据所采集到的实时数据，分别在 P-Q 坐标系或 R-X 坐标系中计算发电机实时功率点或实时阻抗点，当运行点逸出设定范围时按参数越限处理。

5.2.2 电能分类累加

- ◆ 单台主发电机的日、月、年发送电有功和无功电能累加
- ◆ 单回送电线路的日、月、年发送电有功和无功电能累加
- ◆ 全厂日、月、年总发电能累加，全厂线路日、月、年总送电能累加
- ◆ 全厂总厂用电日、月、年电能累加
- ◆ 全厂日、月、年平均厂用电率
- ◆ 设定时间段内的全厂总发电能和总送电能累加

5.2.3 耗水量累加

- ◆ 单台水轮机发电日、月、年耗水量累加
- ◆ 单台机组冷却水日、月、年耗水量累加
- ◆ 全厂总发电耗水、总冷却耗水日、月、年耗水量累加

5.2.4 效率计算及耗水量

- ◆ 计算每台机组和全厂的即时效率，并计算出日、月、年的平均效率
- ◆ 计算每台机组和全厂的即时耗水率，以及日、月、年的平均耗水率

5.2.5 温度量特征值计算

- ◆ 求取同组测温点温度中的最高值及相应测点号
- ◆ 求取同组测温点温度中的最大温差值
- ◆ 求取同组油槽油温与轴瓦油温间的温差值
- ◆ 求取同组测温点温度值中最高点的温度变化趋势

5.3 电站运行安全监视

通过操作员工作站以及 LCU 的人机联系界面（如果有管理机）使运行人员对全厂各主要设备及辅助设备的运行状态和运行参数进行监视，特定的一些量（如温度量）等还需进行趋势分析。当这些监测点参数超过设定的限值后需自动报警、显示、记录和打印该点的名称、越限时间和越限值，并记录越限后的最大值和相应时间。当越限的实时值恢复正常时进行提示并显示、记录和打印该点的名称、越限时间。越限值和复限值应可预设和在线整定。

当电站内部设备的运行状态改变以及发生一般性的故障时，系统软件以扫描的方式自动响应并记录信号名称和变位时间。对于长期不复归的故障信号以及因设备检修等原因出现的故障信号，系统软件能进行判断并给出明显标志。

当电站发生事故或一些重要的继电保护信号动作时，系统软件应立即以中断的方式自动响应并以毫秒级的分辨率自动显示和记录信号名称及动作时间，自动记录相关设备的动作情况，推出相关画面，做事故分析并提示处理办法。事故及设备的动作情况应按先后顺序记录。

系统软件应设有统一的时钟系统以进行对时和时钟校正。

5.4 机组及单台设备的控制操作

5.4.1 机组顺序控制

当机组开、停机指令确认并下发后，系统软件自动推出相应机组的开、停机操作过程监视画面。画面上反映操作过程中所有重要步骤的实时状态、执行时间及执行情况，当操作受阻时及时提示部位及受阻原因。机组的开、停机操作允许开环单步运行和闭环自动运行。系统软件自动识别在不同方式下的开、停机操作要求并作出不同的响应。

5.4.2 机组转速及有功功率的调节（如用户有此要求）

5.4.3 机组电压及无功功率的调节（如用户有此要求）

5.4.4 机组辅助设备及全厂公用设备手动控制及启、停或开、闭手动操作

5.4.5 隔离开关联锁操作

当需要对开关站隔离开关及接地开关进行倒闸操作时，系统软件自动推出有关

画面，并根据全厂设备当前的运行状态及隔离开关操作闭锁条件，判断出该设备是否允许操作开放或闭锁操作电路，并在画面上给出明显的标志。当操作被禁止时应提示其原因。

5.4.6 厂用电系统断路器倒闸操作及备用电源自动投入

当需要厂用电系统断路器进行倒闸操作时，系统软件自动推出有关画面，并根据当前厂用电系统的运行状态、运行方式及操作限制条件，判断出该断路器是否允许操作，并在画面上给出明显的标志。当操作被禁止时应提示其原因。

当厂用电主用电源失电时，根据给定的各用电源自动投入准则给出相关的操作指令，完成备用电源的自动投入。

5.5 操作指导

5.5.1 机组开停机受阻提示

5.5.2 隔离开关、接地开关操作联锁条件不满足提示

5.5.3 事故、故障原因提示

系统软件除对电站内各种事故和故障情况进行显示和记录外，还须进行相关性分析，找出并提示事故或故障产生的原因和相应的解决办法。

5.6 自动发电控制（AGC）（选配）

系统软件能根据调度部门给定的日负荷曲线、远方或就地给定的实时负荷值、各机组的效率特性曲线和调差系数要求、各机组各自的气蚀和振动情况等约束条件（如用户有此要求），结合各机组当前的运行工况，计算出当前水头下最佳的开机组合和机组间负荷分配（如用户有此要求）。

自动发电控制还能完成对各机组运行工况转换时的协调工作，以保证机组和电力系统所受到的扰动最小。自动发电控制能进行开环和闭环控制，开环运行时系统软件应在监视屏幕上给出提示信息，闭环控制则应将操作调节信号直接作用到机组调速器和各机组辅助设备。

机组是否参与自动发电控制功能由运行人员预先设定并在系统中给出标志。

5.7 自动电压控制（AVC）（选配）

系统软件能对高压母线电压进行实时监视并根据电力系统要求自动将母线电压维持在给定的变化范围内，在此基础上实现对各机组间无功功率的合理分配。无功功率的分配应躲过系统故障或系统负荷变动所引起的暂态过程，保证系统软件在对机组进行无功功率调节时所引起的扰动最小。自动电压控制也能实现开环和闭环控制，开环运行时系统软件应在监视屏幕上给出提示信息，闭环控制则应将操作调节信号直接作用到机组的励磁装置。

机组是否参与自动电压控制功能由运行人员预先设定并在系统中给出标志。

5.8 运行管理

对全厂设备的运行情况统计记录并及时提供给有关生产人员，必要时产生故障报警并统计记录。

5.8.1 发电运行记录

记录的内容包括当班、当日、当月、当年以及任意时间段内的机组发电量、线路送电量、厂用电量、耗水量以及发电效率等。它们的初始值以及记录时间段可以由程序或键盘进行设置。

5.8.2 主要电气设备动作及运行记录

自动对主要电气设备的动作次数和运行时数进行统计和记录。当其达到或超过设定值时，系统能自动给出提示，必要时做越限报警处理。记录的内容包括机组开停机次数、本次开机运行时数、累计开机时数、机组停机备用时数、机组检修退出时数、机组辅助设备电动机启动次数以及累计运行时数、高压断路器合闸次数、高压断路器失常跳闸次数、高压断路器事故跳闸次数、低压断路器跳合闸次数等。

5.8.3 操作记录

自动对各种手动操作进行统计记录，记录的内容包括开停机、断路器跳合、隔离开关和接地刀闸分合以及闸门的提落操作等。

5.8.4 定值变更统计记录

自动对系统内所有的定值变更情况做统计记录以备随时查询。

5.8.5 事故故障统计记录

自动对当班、当日、当月、当年的各类事故故障的内容和次数进行统计和记录。

5.8.6 参数越复限统计记录

自动对当班、当日、当月、当年的参数越复限情况进行统计和记录。

5.8.7 设备运行变位记录

自动对有要求的设备的辅助接点变位情况做统计记录以了解其动作情况。

5.8.8 主要设备和装置退出运行统计记录

作为设备和装置使用情况和寿命以及运行安全可靠性的判断的依据。

5.9 系统通信

除系统软件内部各设备间的数据通信外，电站系统软件还能实现与下列各系统间的数据通信：

- ◆ 地区调度中心
- ◆ 工业电视监视系统
- ◆ 火灾报警系统
- ◆ 水情测报系统
- ◆ 电力系统安全自动装置

5.10 人机联系

系统软件提供丰富多样的人机联系手段，允许运行操作人员通过显示器、鼠标器、键盘及打印机以各种方式实现对全厂设备运行的监视、控制、调节、定值修改、画面调用、数据打印的要求，并易于开发人员进行应用程序的开发和修改。

5.11 画面显示

画面显示是电站系统软件的重要功能。画面应是实时动态的并应采用多窗口技术以提供更多的信息。画面调用具有程序自动调用和键盘菜单召唤调用形式。画面种类包括单线图类、棒形图类、曲线类、表格类、信息类、运行指导类等。

5.11.1 单线图类画面

包括电气主接线图、厂用电系统接线图、直流系统接线图、水力机械系统图、

公用油、水、气系统图等。在这类画面上能显示出运行设备的实时状态及运行参数。

5.11.2 棒形图类画面

包括机组有功无功功率、机组效率、运行参数的限值和实时值对比以及部分运行指标的显示等。

5.11.3 曲线图类画面

包括给定负荷曲线、实际负荷曲线、参数趋势曲线以及各类运行图曲线等。

5.11.4 表格类画面

包括各种运行报表、操作记录统计表、事故和故障报警统计表、定值变更统计表、I/O 点定义表等。

5.11.5 信息类画面

包括状态变位信息、事故故障报警信息、参数越复限信息等。信息类画面是自动的，具有最高的优先级并显示在屏幕的最上层。

5.11.6 运行指导类画面

包括开停机操作过程监视、隔离开关操作联锁指导、厂用电系统断路器倒闸操作指导、模拟操作画面等。运行指导类画面是自动调用的。

5.12 制表打印

打印应包括随机打印、定时打印和召唤打印方式几种方式。打印的内容包括各类操作信息、事故故障信息、设备运行信息、各类运行日志、各类表格等。

5.13 输入工具

系统软件应允许运行操作人员通过键盘、鼠标器以及其它形式输入设备进行参数设置和运行方式调整。键盘以及某些按键加有键盘锁。

5.14 语音报警

语音报警功能是将系统软件采集到和处理过的各类实时运行信息、报警信息以及操作信息和综合信息等内容以语言的形式表达出来以提醒有关人员注意。

5.15 应用程序的开发及运行值班人员的培训（选配）

通过专用的终端或在主计算机上应允许运行人员借助于本系统所提供的工具软件进行应用程序的开发和修改，同时不影响在线计算机设备的运行。

在系统中提供仿真程序，利用系统配置的主计算机或通信工作站使运行值班人员可以对系统进行模拟操作。

5.16 系统自检和自动重启动

自检包括硬件设备自检、软件任务超时处理和过程通道故障检测。自动重启动则应包括工作机备用机自动切换、软件超时自动重启动、通道故障时的故障点自动查找自动报警及自动切换等。