

# 变电站综合自动化系统分析及优化

通过对变电站综合自动化系统数据采集与传输缓慢、网络层中断掉线等问题进行分析并提出解决对策；同时光字牌预警系统设计、网络拓扑结构优化及故障预警分级管理使得系统更加完善，为电力系统远方监控、集中管理提供更多支持与帮助。

于洪乾 陈小阳 张强/万华化学（宁波）有限公司



于洪乾/工程师

某公司变电站综合自动化系统2010年9月建成投用，2011年底时常出现各站后台不实时显示现场的遥信、遥测等信息；2013年系统中某一个操作站的网络层设备死机造成整套系统网络掉线运行中断。该问题的发生严重违背了变电站综合自动化系统实时、可靠且稳定的原则，造成整个园区电力系统的正常稳定运行无监管或导致重大电力系统事故发生的潜在风险。

针对上述问题，本文详细介绍了数据采集传输和存储缓慢、网络层设备死机造成掉线的原因分析及应对处理措施；并结合公司电力系统的实际运行情况 and 运行人员的实际工作经验，提出了系统增加故障光字牌、优化系统网络拓扑结构和集控站增加厂调服务器三个重要应对措施，旨在提高系统稳定性、发挥系统更大作用。

**关键词/Keywords**

变电站·  
综合自动化·  
光字牌·  
拓扑结构·

## 综合自动化系统数据分析与对策

### 1. 系统背景概述

该公司变电站综合自动化系统由国电南瑞南京控制系统有限公司提供，于2010年下半年投入运行；NSC2200前置机使用CCM前置机系统软件，西门子后台监控主机使用NSC2900后台软件，整

个系统由301B、301C、302B、302E和302F五大区域构成，每个区域均由高配及2~4个低压配电室构成，高压配电室配置一套主备前置机、低压配电室每段配备一台独立前置机及低压变频器单独一台前置机。高配前置机采用串口通信采集智能装置信号，通过C/D网采集10 kV继电保护装置信号，同时通过C/D网采集区域内各低配进线、母分及备用电源自动投入数据信息，C/D网采集的所有数据在高配前置机处理后再通过A/B网ZDMMI规约直送五大区域监控后台系统；低配各段前置机及变频器前置机采集的数据信息，通过A/B网ZDMMI规约直送各区域监控后台系统；其中部分遥测、遥信量以转发表的形式进行筛选，然后经A/B网IEC\_104规约转发数据至高配前置机然后以RS 485串口通信送至本区域DCS系统。

系统拓扑结构简图如图1所示（颜色部分为数据流示意）。

### 2. 数据流缓慢原因分析

1) 随着工业园技改扩能不断新增或扩建生产装置，动设备数据急剧增加，相对应后台系统数据量越来越大，负荷越来越重。相当一部分电动机保护器的开关状态在变位十几秒后才有反应，模拟量数据在后台及DCS侧变化太平缓。通过一段时期观察，发现高压设备因为采用的规约通信优势后台状态反馈速度相对快点，而低压电动机保护器以及变频器采用的是问答轮询式的通用MODBUS规约，受到两个方面的制约：

① 串口通道总线上挂载智能电动机保护

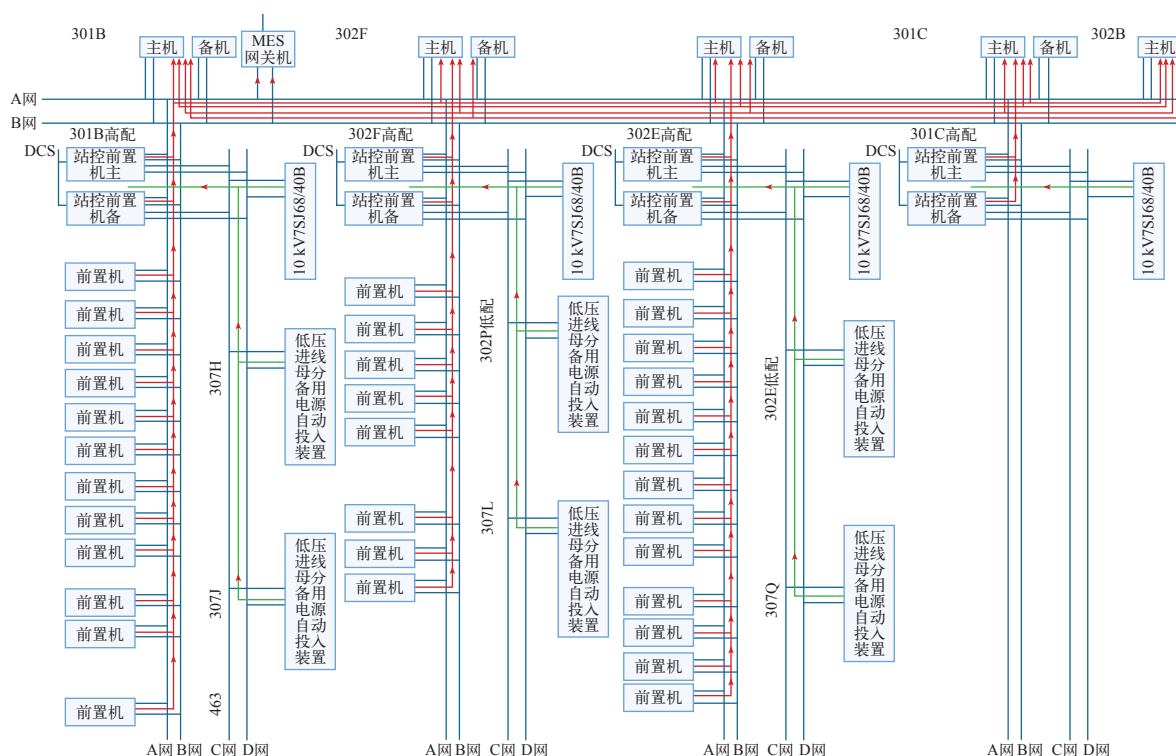


图1 系统拓扑结构简图

器、变频装置的个数，配电室现场很多串口通道挂载电动机保护器为9台左右，个数越多轮到访问其中一台装置的时间间隔就越大；②装置数据存放的连续性，现场电动机保护器数据采集为离散的需要多帧访问存储，所需时间倍数增长，经过测试反应速度总体来讲较慢，基本上5~8 s才能反馈至后台，而个别通信不是特别稳定的装置反馈则需要十几秒。

2) 由于原系统构架是基于独立监控及小集控系统，而最终运行方式采用的是大集控方式，即在五大区域的后台要求可看全厂所有前置机采集的数据信息；造成数据负荷与数据库构架不匹配，由此造成数据上送慢，同时后台操作非常慢。下面以301B区域后台的负荷为例进行观察，如图2所示。由图2可以看出后台软件程序NsSrv.exe进程始终保持在CPU的30%~60%，同时通过后台报文监视画面可以看出变化遥测报文不断刷屏，数据刷新相当频繁，数据量极大。同时观察301B前置机负荷，如图3所示，可知前置机CCM.exe程序的CPU负荷也很大，由此很容易造成前置

机系统进程因负荷高而死机。根据观测可以确认系统慢部分原因是结构各个节点处的系统负荷过高。而负荷主要由大数据量的变化遥测引起。通过302F区域一负荷较低的低配前置机报文可知，同一批量的ZDMMI上送后台的遥测报文相差达2~3 s，如图4所示，速度较慢。

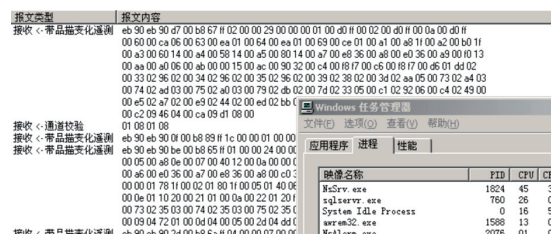


图2 301B后台负荷截图



图3 301B前置机负荷截图

```

↑ ZD_MMI_Yc 1 eb 90 eb 90 0f 00 b8 00 ff 1c 00 00 01 00 00 00 a2 02 64 02 00
时间为: 2012年 07月 24日 09时 56分 35秒 483毫秒

↑ ZD_MMI_Yc 3 eb 90 eb 90 0f 00 b8 00 ff 1c 00 00 01 00 00 00 a2 02 64 02 00
时间为: 2012年 07月 24日 09时 56分 35秒 483毫秒

↑ ZD_MMI_Yc 5 eb 90 eb 90 0f 00 b8 00 ff 1c 00 00 01 00 00 00 a2 02 64 02 00
时间为: 2012年 07月 24日 09时 56分 35秒 498毫秒

↑ ZD_MMI_Yc 7 eb 90 eb 90 0f 00 b8 00 ff 1c 00 00 01 00 00 00 a2 02 64 02 00
时间为: 2012年 07月 24日 09时 56分 35秒 498毫秒

↑ ZD_MMI_Yc 9 eb 90 eb 90 0f 00 b8 00 ff 1c 00 00 01 00 00 00 a2 02 64 02 00
时间为: 2012年 07月 24日 09时 56分 35秒 514毫秒

↑ ZD_MMI_Yc 1 eb 90 eb 90 0f 00 b8 00 ff 1c 00 00 01 00 00 00 52 00 a8 0b 00
时间为: 2012年 07月 24日 09时 56分 38秒 623毫秒

↑ ZD_MMI_Yc 3 eb 90 eb 90 0f 00 b8 00 ff 1c 00 00 01 00 00 00 52 00 a8 0b 00
时间为: 2012年 07月 24日 09时 56分 38秒 623毫秒

↑ ZD_MMI_Yc 5 eb 90 eb 90 0f 00 b8 00 ff 1c 00 00 01 00 00 00 52 00 a8 0b 00
时间为: 2012年 07月 24日 09时 56分 38秒 639毫秒

↑ ZD_MMI_Yc 7 eb 90 eb 90 0f 00 b8 00 ff 1c 00 00 01 00 00 00 52 00 a8 0b 00
时间为: 2012年 07月 24日 09时 56分 38秒 639毫秒

↑ ZD_MMI_Yc 9 eb 90 eb 90 0f 00 b8 00 ff 1c 00 00 01 00 00 00 52 00 a8 0b 00
时间为: 2012年 07月 24日 09时 56分 38秒 655毫秒

```

图4 同一批量的ZDMMI上送后台的遥测报文

3) 301B、301C、302E、302F和302B 五大区域各自拥有自己的数据库，五大区域的数据库平行并列运行，为了使五大区域的每个后台机能查看全厂近50台高低配前置机采集的数据，将每台前置机数据都以ZDMMI定向到了上述五大区域数据库，比如低配307N 1#前置机采集的数据要同时发往301B、301C、302E、302F和302B五大区域的后台数据库进行存储，数据存储不太合理。单台前置机的运行负荷实际增加四倍，节点负荷过高从而降低了运行速度，甚至造成死机；同时全厂五大区域后台都以A、B网络进行物理连接，在前置机发送数据到各数据库时大大占用了网络资源，对后台反馈数据造成一定影响。

### 3. 对策措施

1) 通过购买串口扩展装置，增加通道数，降低每个通道挂载装置数，达到提高数据访问速度的作用。配合减低系统负荷，在现有情况对CCMPT进行改进（即更改前置机读取电动机保护器的寄存器地址的帧数），可以看到数据缓慢情况下电动机保护器的遥测CCMPT配置需要6帧才能完全读取到遥测数据，但是寄存器点表中可以看

出2~6帧是有批量读取的可能的，可以通过读取40482起始33个寄存器，然后通过构建一个与遥信选点表类似的遥测选点表筛选出需要的数据。

2) 从软、硬件上进行改造，变更系统数据库结构。硬件上采购一面集控站前置机屏，新增两台高性能、能快速处理近50台前置机上送大量数据能力的站控层服务器，最终实现以302E站为集控站服务器终端且作为整个变电站综合自动化系统的唯一主备服务器；软件上将SQL数据库安装在该服务器上且全厂系统只运行集控站主备数据库，将302B、301B、301C、302F和302E原有的五大后台数据库全部删除，同时将所有高低配前置机ZDMMI规约只定向到302E集控服务器后台，各站低配前置机以及高配主备前置机采集的数据均上送至302E集控服务器进行存储，且只给302E集控后台服务器上送数据，如此相比之前数据库结构，大大降低了各区域后台数据处理负荷及各个高低配前置机的运行负荷（通过在线监测，各个高低配前置机CPU负荷大大降低，而由于集控服务器同样需要接收全厂前置机数据，相比前期五大区域中任何一台服务器负荷没有降低，但是由于集控服务器的高性能和快速处理能力，完全能够承担当前数据负荷；从前置机到后台，数据反馈基本都是秒级以内，通过估算数据反馈速度提升五倍）。而302B、301B、301C、302F和302E原有的服务器后台，均作为302E集控服务器的客户机，客户机以A、B网直接连接到302E集控服务器，同步全厂集控后台数据，达到在各区域监控站也能监控全厂数据的目的，如此既大大提升系统运行速度、还方便各区域子站维护人员通过客户机访问服务器的方式维护集控后台的数据、提高工作效率。

## 网络结构分析优化

### 1. 现有结构问题描述

根据图1可知，变电站综合自动化系统全厂共五大站区域，站与站之间由A、B网相连，各站的高低配前置机数据均使用A、B网发往各个区域后台；形成类似于环网的运行模式，而环网模式有

一个弊端，就是网络上任何一个环节故障，都有可能引起整个网络中断运行。在2014年10月中旬以及2015年2月底由于电子设备运行年限相对较长曾出现过301B站A网交换机死机，导致全厂A网中断运行。虽然系统在判定A网故障时自动切入B网运行，整个变电站自动化系统基本能稳定运行，但是众多电气智能设备只有单网卡，即使用A网的设备全部掉线，使得一部分继电保护、智能通信装置无信号，严重影响电气运行值班工作同时给工艺安全生产带来较大隐患。通过模拟简化框图，还原前期网络拓扑结构简图。图5为整个变电站综合自动化系统网络拓扑结构简图，其中一个站的网络硬件出现问题都有可能影响到全厂网络系统；同时此种网络结构存在数据流不够优化的重大弊端；以301B、302F站为例，CCM采集的数据需要经过光纤、交换机到301C站，然后光纤、交换机到302E站，最后才能存储数据库；从结构图来说301B、302F和301C的通信管理机CCM采集的数据上送至302E经过多个站节点，数据的传输速率相对来说较慢；各站经过多个交换机、光纤收发器等节点，当其中某个站交换机或光纤收发器、光纤折断等故障发生时，会导致这个站下一级所有的信号中断。以301C为例，假如301C交换机故障或到302E的光纤中断，此时302F、301B所有的信号不会上送到302E数据库，302B值班点的后台客户机也就看不到数据。

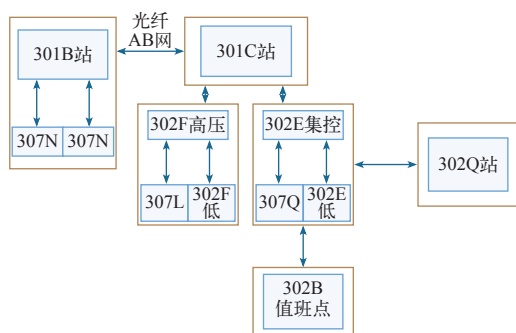


图5 前期网络拓扑结构简图

## 2. 优化方案

首先将问题交换机排查出来后进行统一更换，保证硬件设备的完好；同时结合新设计网络

拓扑结构简图，如图6所示，采购新的光缆，各站光纤直接接入302E集控服务器总站，形成星形网络结构图。这样既能保证各站高低配前置机上送数据的速率，同时大大提高了系统稳定性，当某一个站交换机或者光纤故障，不会影响其他站的正常运行。在后期网络维护中存有重要意义且大大提升工作效率。

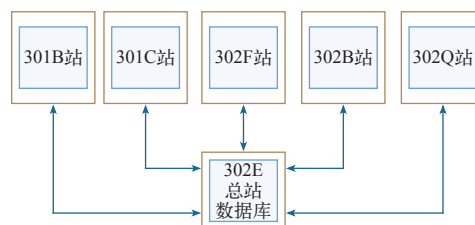


图6 改造后网络拓扑结构简图

## 光字牌预警系统

在各个自动综保装置相对应的前置机中增加逻辑功能通道，通过或逻辑合成各个自动综保间隔光字牌总信号，在后台增加光字牌画面，如图7所示。经过模拟测试当自动综保装置检测到有故障信号，在每个站的客户机能够快速、准确将光字牌弹到页面最前端，并产生变位信号让值班员瞬间能知道系统中故障点的位置。

1) 将每个站的备用客户机设置为事故光字牌弹出画面。弹出的前提条件为：自动综保装置检测到故障信号且必须满足客户机“图形监控程序”打开（即在运行中），否则事故画面不会弹出。

2) 通过颜色定义来更好地诠释光字牌工作时表示的含义。“红色”表示设备已发生故障；“黄色”表示故障发生过但是自动综保装置出口已复归，此时值班员需要后台确认告警，将光字牌恢复到正常色“灰色”（“灰色”表示正常初始颜色）。现场配电室自动综保装置检测的故障信号一部分是脉冲信号，如速断、过电流等故障发生时，后台弹出光字牌且对应的故障设备框图颜色变成“红色”，用以警示值班员设备已故障；但是综保装置发生速断过电流，在瞬间出口便会恢复，发送到后台的信号同样会复归，此时光字牌颜色变为黄色，需要值班员后台确认光字

牌，对应框图才会复归到原来颜色“灰色”。

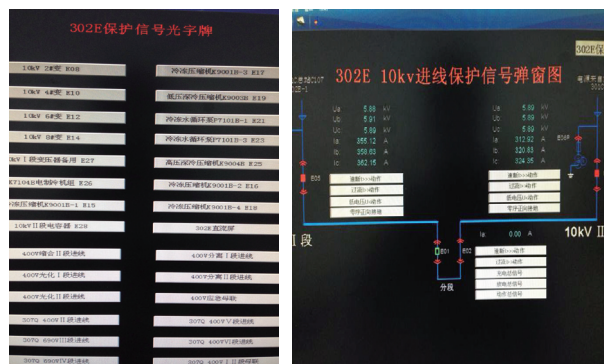


图6 光字牌画面

通过系统光字牌模块进一步完善综合自动化系统的功能，使其发挥更大作用。

## 故障预警分级管理

1) 该公司全厂设有3个35 kV变电站、7个10 kV变电所和近50个0.4 kV配电室，拥有数千台动静设备，因此前期后台监控遥信、遥测数据刷新相当频繁且遥信告警框的事件基本上来源于低压电动机保护器或变频器，过多地关注0.4 kV低压设备的运行、故障状态，一定程度让运行人员减少了对整个电力系统的关注度。因此增加厂调服务器，将电力系统中的高低压进出线、变压器、应急发电机、直流屏和VSP等重中之重的设备单独挑选数据库组态，遥信、遥测等数据单独由厂调服务器存储和显示，实现后台分层监控管理，提升运行人员对整个电力系统的关注度。

2) 国电南瑞南京控制系统提供的NSC2900后台软件，故障告警信号只有两级即事故变位、预告信号。鉴于厂内电气设备众多，依据重要性可划分为3级进行管理：①对电力系统而言有特别重要设备（1级）。进出线、变压器、应急发电机、

直流屏、UPS、VSP、DC-BANK和厂区AA类关键设备。②相对重要设备（2级）。10 kV高压电动机及部分非常重要的0.4 kV设备。③普通设备（3级）。0.4 kV电动机（电动机保护器）和0.4 kV电动机（变频器）等。

因此报警系统也需分为3级进行预警。而现有系统只有2级报警事件，因此新增厂调服务器专用于预警系统进出线、母联、变压器、应急发电机和直流屏等发出的故障信息，报警级别最高，声音与其他均有区别（因此当进出线、母联和变压器等发出故障信号既会在主备客户机报警也会在厂调服务器报警，声音不同；而当系统大面积故障时，值班员首先应当重点关注厂调服务器，将注意力率先放在电力系统中，确保系统没有大问题后再去处理其他单台设备问题，达到有的放矢。厂调服务器的增加能够更加突出地发挥变电站综合自动化系统在电力系统运行中的关键作用。

## 结束语

变电站综合自动化系统集成保护、测量、控制和远传等功能为一体，能够有效监测电力系统的安全稳定运行。该厂通过增设系统集成站及对软硬件进行改造、对系统网络拓扑结构进行优化，对预警实施分级管理并增加光字牌预警等系列手段完善变电站自动化系统，提升系统运行效率及可靠性，为电气运行人员更好地监视变电站设备运行情况提供技术支撑与保障。

## 参考文献

- [1] 王显平，田勇．变电站综合自动化系统及其应用[J]．电力建设，2003 (5) ．

(收稿日期：2015-04-08) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告