

ICS 29.240.01
F 21
备案号: 50047-2015

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1402 — 2015

厂站端同步相量应用技术规范

Technical specification for application of synchrophasor
in power plant and substation

2015-04-02 发布

2015-09-01 实施

国家能源局 发布

目 录

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 数据处理要求	2
4.1 数据压缩	2
4.2 数据冗余存储	2
4.3 可变传送速率	2
4.4 扰动数据同步备份	2
5 应用功能要求	2
5.1 基本功能	2
5.2 可选功能	3
6 应用功能技术指标	4
6.1 运行状态监视	4
6.2 低频振荡的监测及告警	4
6.3 机组运行状态监视告警	4
6.4 机组性能分析	4
7 通信规约的扩展	5
7.1 数据格式的定义	5
7.2 分析配置帧的定义	5
7.3 分析结果帧的定义	6
7.4 命令帧定义补充	7
附录 A (资料性附录) 主站、子站间实时数据传输流程补充	8

前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会标准化中心提出。

本标准由全国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：国网电力科学研究院。

本标准参与起草单位：华北电力设计院工程有限公司、南京南瑞继保电气有限公司、国电南瑞科技股份有限公司、国家电网公司国家电力调度控制中心、中国电力科学研究院、湖北省电力公司电力科学研究院、吉林省电力有限公司电力调度控制中心、清华大学、上海远景数字信息技术有限公司、积成电子股份有限公司、北斗天汇（北京）科技有限公司、东方电子股份有限公司、江苏华瑞泰科技股份有限公司、河南省电力勘测设计院、南京航天银山电气有限公司、武汉凯默电气有限公司、成都府河电力自动化成套设备有限责任公司、北京四方继保自动化股份有限公司、科汇电力自动化股份有限公司、长园深瑞继保自动化有限公司、南京国电南自电网自动化有限公司。

本标准主要起草人：许勇、于跃海、张道农、王亮、侯明国、王永福、李强、陈宏、施秀萍、杨松、王宾、赵旭阳、周文俊、张立培、王志华、宁元元、赵云峰、黄殿勋、严永生、邓星星、李延、陈玉林、赵昆、段刚、李录照、黎强、周文平。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

厂站端同步相量应用技术规范

1 范围

本标准规定了除 DL/T 280 中规定的功能之外，电力系统同步相量测量装置宜在发电厂、变电站实现的功能。

本标准适用于已经安装同步相量测量装置，需要对低频振荡等扰动过程进行就地监视的发电厂、变电站。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2900.1 电工术语 基本术语

GB/T 2900.17 电工术语 量度继电器

GB/T 2900.49 电工术语 电力系统保护

GB/T 26865.2—2011 电力系统实时动态监测系统 第2部分：数据传输协议

DL/T 280 电力系统同步相量测量装置通用技术条件

3 术语和定义

GB/T 2900.1、GB/T 2900.17 和 GB/T 2900.49 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

就地分析系统 local system

安装在发电厂、变电站，通过网络与相量测量装置通信，具备动态数据展示、分析、存储功能的计算机系统。

3.2

子站 sub station

安装在发电厂、变电站的同步相量测量装置及就地分析系统。

3.3

低频振荡 low frequency oscillation

电力系统在扰动下所发生的发电机（或发电机群）间的相对摇摆，此时发电机的转子角、转速，以及相关电气量（如线路功率、母线电压等）出现周期性减幅、等幅或增幅变化。其振荡频率较低，一般为 0.2Hz~2.5Hz。

3.4

低电压过渡能力 low voltage ride through capability

风力发电机的端电压降低到一定值的情况下不脱离电网而继续维持运行，甚至还可为系统提供一定无功以帮助系统恢复电压的能力。

注：具有低电压过渡能力的风力发电机可躲过保护动作时间，故障切除后恢复正常运行。这可大大减少风电机组在故障时反复并网次数，减少对电网的冲击。

4 数据处理要求

4.1 数据压缩

子站宜具备数据压缩功能，以实现对本地图存储的数据文件进行压缩存储，从而延长本地数据存储空间文件的存储时限。

4.2 数据冗余存储

子站宜具备通过独立磁盘构成冗余能力的阵列或其他模式实现的数据冗余存储功能，以避免因单一存储介质损坏而导致的数据丢失。

4.3 可变传送速率

当主站向子站下发“打开可变传送速率”命令后，子站应具备可变传送速率功能。当子站监测到电网发生异常时（如低频振荡等），无须主站干预，自动由原主站配置的传送速率改为最大传送速率，按照 100Hz 向主站发送数据，当异常消失后自动恢复为原传送速率。

4.4 扰动数据同步备份

就地分析系统识别出电网扰动后，应能及时、主动地将同步相量测量装置记录的扰动前后 1min 及扰动期间的动态数据存储至指定目录。

5 应用功能要求

5.1 基本功能

5.1.1 运行状态监视

就地分析系统可对同步相量测量装置的运行状态进行全面监视，并提供简便、直观的用户操作界面。主要的状态监视功能应包括以下内容：

- a) 显示装置状态信息、通信通道状态信息、报警信息、时钟信息等相关信息。
- b) 显示厂站的主要一次电气设备的电气量、运行状态及厂站频率等。
- c) 显示相量、模拟量、开关输入量、控制开关输出量等的实时状态值。

5.1.2 运行状态评估

就地分析系统可对同步相量测量装置传送的动态数据帧中数据不可用、装置异常、时钟失步等状态标识进行统计，并根据统计结果对所接入的同步相量测量装置的运行性能进行综合评估。

5.1.3 低频振荡的监测及告警

就地分析系统应具备低频振荡监测功能，子站可接收主站下发的低频振荡监测阈值，当安装点处发生低频振荡时，子站应发出告警信号，并将振幅、频率、衰减因子等相关振荡分析结果上传主站。

5.1.4 机组运行状态监视告警

同步相量测量装置安装在发电厂时，就地分析系统宜具备机组运行状态监视告警功能，当机组运行状态偏离预设定的范围时应发出告警信号。

5.1.5 机组一次调频性能评估

同步相量测量装置安装在发电厂时，就地分析系统宜根据机组机端实测的频率曲线和功率曲线，按照控制中心主站的考核方法实现机组一次调频性能评估。评估的内容主要包括：

- a) 一次调频投/退状态的监测和统计。
- b) 机组参与一次调频的响应滞后时间判定。
- c) 机组参与一次调频的稳定时间判定。
- d) 机组参与一次调频的贡献电量计算。
- e) 火电机组调速系统速度变动率与水电机组永态转差率计算。
- f) 机组参与一次调频的调整幅度。
- g) 对一段时间内机组一次调频动作情况进行统计分析，形成日、月、年统计报表，并能进行历史数据查询，能对历史事件进行追忆和分析。主要的统计分析内容包括：
 - 1) 投入率。
 - 2) 正确动作率。
 - 3) 积分电量。
 - 4) 响应滞后时间。
 - 5) 稳定时间。

5.1.6 机组自动发电控制（AGC）系统性能评估

同步相量测量装置安装在发电厂时，就地分析系统可根据 AGC 指令文件提供的指令时刻，从实录的发电机组有功功率曲线识别出一段完整的 AGC 调节有功功率响应曲线，按照控制中心主站的考核方法实现机组自动发电控制系统 AGC 的性能评估。评估的内容主要包括：

- a) 调节速率。
- b) 响应时间。
- c) 调节精度。
- d) 折返时间。
- e) 设点前出力。
- f) 测速开始时间。
- g) 测速开始出力。
- h) 测速结束时间。
- i) 测速结束出力。
- j) 调节深度。
- k) 精度计算开始时间。
- l) 精度计算结束时间。
- m) 对一段时间内机组 AGC 动作情况进行统计分析，形成日、月、年统计报表，并能进行历史数据查询，能对历史事件进行追忆和分析。

5.2 可选功能

5.2.1 机组励磁系统性能评估

同步相量测量装置安装在发电厂时，就地分析系统可通过采集各机组电力系统稳定器（PSS）投/退状态信号、自动电压调节器（AVR）自动/手动信号以及发电机、励磁系统的运行参数，在线监测各机组 PSS、AVR 投退情况，分析电网异常时各机组励磁系统的动作行为，并按照控制中心主站的考核方法

实现机组励磁系统性能评估。评估的内容主要包括：

- a) 机组 PSS、AVR 投退状态的监测和统计。
- b) 励磁系统顶值电压倍数。
- c) 强励电流倍数。
- d) 标称响应时间。
- e) 电压响应时间。
- f) 机组振荡频率。
- g) 机组振荡阻尼比。
- h) 对一段时间内机组励磁系统响应情况进行统计分析，形成日、月、年统计报表，并能进行历史数据查询，能对历史事件进行追忆和分析。

5.2.2 低电压过渡能力监视

同步相量测量装置安装在风力发电场时，宜具备监测风机低电压过渡能力，当风机未按指标保持并网而脱网时，子站应发送告警信号并启动录波。

5.2.3 相角差监视告警

同步相量测量装置宜具备接收主站参考相角和相角差告警阈值功能，当指定相角与主站下发的参考相角的差值超过告警阈值时发出告警。

5.2.4 发电机参数辨识

就地分析系统宜利用发电机运行时附加扰动后子站记录的机端相量数据进行发电机参数辨识。辨识的参数包括定子绕组电阻 R_a ，交直流同步电抗 X_d 、 X_q ，交直流暂态电抗 X'_d 、 X'_q ，交直流次暂态电抗 X''_d 、 X''_q ，转动惯量及反映同步电机暂态过程的时间常数。

6 应用功能技术指标

6.1 运行状态监视

刷新周期为 1s~5s，可调。

6.2 低频振荡的监测及告警

子站应具备低频振荡监测及告警功能，相应的评价指标如下：

- a) 振荡报警延迟不小于 5 个振荡周期。
- b) 低频振荡数据和结果保存时间不小于 1 年，条件允许的情况下永久保存。
- c) 普罗尼算法分析信噪比不小于 20dB。

6.3 机组运行状态监视告警

机组运行状态监视告警的报警延迟不应大于 5s。

6.4 机组性能分析

子站应具备机组性能分析功能，相应的评价指标如下：

- a) 对一次调频、PSS、AVR 投运率的统计误差不超过 $\pm 1\%$ 。
- b) 对一次调频、机组励磁系统性能参数的计算误差不超过 $\pm 10\%$ 。

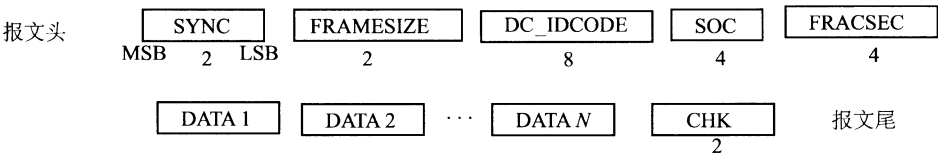
7 通信规约的扩展

7.1 数据格式的定义

实时传输数据格式遵循 GB/T 26865.2—2011 中的基本规约，数据传输帧基本结构如图 1 所示，增加两种实时传输数据类型，即分析配置帧、分析结果帧。

分析配置帧的 SYNC 同步字段第 2 字节的 bit6～bit4 定义为 110，第 2 字节的 bit3～bit0 的规约版本号定义为 4，分析配置帧通过管理管道由主站下发子站，传输流程参见附录 A。

分析结果帧的 SYNC 同步字段第 2 字节的 bit6～bit4 定义为 101，第 2 字节的 bit3～bit0 的规约版本号定义为 4，子站发现电网异常时计算出分析结果并将分析结果帧通过数据管道上传主站，传输流程参见附录 A。



说明：MSB—最高有效位；LSB—最低有效位

图 1 数据传输帧基本结构

7.2 分析配置帧的定义

分析配置帧由主站生成，发送到子站。分析配置帧规定了需要子站进行就地分析的应用功能类型、分析中所需的参数（含阈值）、分析中需要检测的量测量以及同步相量测量装置应提供给主站的结果信息。以低频振荡监测应用为例给出的分析配置帧的定义见表 1。

表 1 分析配置帧的定义

序号	字 段	长度（字节）	说 明
1	SYNC	2	SYNC 同步字段第 2 字节的 bit6～bit4 定义为 110，第 2 字节的 bit3～bit0 的规约版本号定义为 4
2	FRAMESIZE	2	帧字节数
3	DC_IDCODE	8	数据集中器（DC）的标识（IDCODE）。对没有配置数据集中器的子站，本字段与 PMU_IDCODE 相同。用 ASCII 码表示
4	SOC	4	世纪秒
5	FRACSEC	4	秒等分数及时间质量
6	ANALTYPE	2	bit15～bit4 预留； bit3～bit0 定义如下： 0000—低频振荡
7	OSCUPPERFREQ	4	低频振荡检测频率上限，用浮点数表示
8	OSCLOWERFREQ	4	低频振荡检测频率下限，用浮点数表示
9	OSCPAMPTHRESH1	4	低频振荡功率幅值阈值 1，用浮点数表示
10	OSCPAMPTHRESH2	4	低频振荡功率幅值阈值 2，用浮点数表示
11	OSCFAMPTHRESH1	4	低频振荡频率幅值阈值 1，用浮点数表示
12	OSCFAMPTHRESH2	4	低频振荡频率幅值阈值 2，用浮点数表示

表 1（续）

序号	字 段	长度（字节）	说 明
13	OSCDAMPTHRESH1	4	低频振荡阻尼比阈值 1，用浮点数表示
14	OSCDAMPTHRESH2	4	低频振荡阻尼比阈值 2，用浮点数表示
15	OSCCYCLETHRESH	4	低频振荡持续周期阈值，用浮点数表示
16	OSCCYCLEPARAM	4	低频振荡持续期间间隔指定周期上送振荡参数，用浮点数表示
17	OSCMEASNUM	2	低频振荡监测的量测数目，用定点数表示
18	OSCMEASID	8	需要子站监测低频振荡的同步相量测量装置量测量 ID
19	重复第 18 字段		根据 OSCMEASNUM 重复传送第 18 字段
20	CHK	2	CRC16 校验

7.3 分析结果帧的定义

同步相量测量装置的就地分析模块在得到配置帧的命令，开始对某种电网事件按照配置帧的要求进行就地检测，当检测出发生相应的电网事件后，再根据配置帧的要求将规定的信息上送主站，直到接收到配置帧要求其终止检测的要求。分析结果帧在得到相应分析结果后的第一个数据帧之后发送。以低频振荡就地检测模块为例说明分析结果帧的定义，见表 2。

表 2 分析结果帧字节定义

编号	字 段	长度（字节）	说 明
1	SYNC	2	帧同步字，第 2 字节的 bit6～bit4 定义为 101，第 2 字节的 bit3～bit0 的规约版本号定义为 4
2	FRAMESIZE	2	帧中的字节数
3	DC_IDCODE	8	数据集中器（DC）的标识（IDCODE）。对没有配置数据集中器的子站，本字段与 PMU_IDCODE 相同。用 ASCII 码表示
4	SOC	4	世纪秒，起始时间从 1970 年 1 月 1 日 0 时 0 分开始
5	FRACSEC	4	秒等分数及时间质量
6	STAT	2	按位对应标志的状态字
7	ANALTYPE	2	bit15～bit4 预留； bit3～bit0 定义如下： 0000—低频振荡
8	OSCNUM	2	本次结果帧发送的具有振荡事件的量测数目
9	OSCID	8	振荡 ID
10	OSCMEASID	8	需要子站监测低频振荡的同步相量测量装置量测量 ID
11	OSCFREQ	4	低频振荡频率，用浮点数表示
12	OSCAMF	4	低频振荡幅值，用浮点数表示，数据类型由量测量 ID 得到
13	OSCPHASE	4	低频振荡相位，用浮点数表示，对应第 15 字段描述时刻的相位
14	OSCDAMP	4	低频振荡衰减系数，用浮点数表示

表 2 (续)

编号	字 段	长度 (字节)	说 明
15	OSCTIMETYPE	1	bit7~bit4 预留; bit3~bit0 表示后续时间字段 (第 16 字段) 的振荡时刻类型: 00: 振荡开始时刻 01: 振荡结束时刻 10: 振荡持续时刻
16	OSC-SOC	4	振荡发生世纪秒, 起始时间从 1970 年 1 月 1 日 0 时 0 分开始
17	OSC-FRACSEC	4	振荡发生秒等分数及时间质量
18	重复第 9~17 字段	—	根据 OSCNUM 重复传送第 9~17 字段的内容
19	CHK	2	CRC16 校验码

7.4 命令帧定义补充

为了实现对新增加的帧的操作, 对 GB/T 26865.2—2011 中定义的命令帧中的保留位 bit12~bit9 进行了定义。具体定义见表 3, 新增命令的传输流程参见附录 A。

表 3 命令帧中的命令字节 (CMD) 定义

命 令 字	主站发送定义	子站发送定义
bit15~bit13	命令类型: 001—否定确认 010—“心跳”信号 011—系统复位 100—下传 CFG-2 配置文件 101—联网触发 110—下发分析配置帧 111—肯定确认	命令类型: 001—否定确认 010—心跳信号 111—肯定确认
bit12~bit9	启停命令类型: 0001—关闭分析结果帧的发送 0010—打开分析结果帧的发送 0011—打开可变传送速率 0100—关闭可变传送速率 0101—打开接收参考相角 0110—关闭接收参考相角	—
bit8~bit4	保留	—
bit3~bit2~bit1~bit0	0001—关闭实时数据 0010—打开实时数据 0011—发送头文件 0100—发送 CFG-1 文件 0101—发送 CFG-2 文件 1000—以数据帧格式接收参考相量	—

附录 A
(资料性附录)
主站、子站间实时数据传输流程补充

A.1 概述

本附录的传输流程是对 GB/T 26865.2—2011 附录 A 的补充，对分析配置帧下发、分析结果帧启停、可变传送速率启停、参考相角启停的数据流程进行了规定。

A.2 下发分析配置帧

- 依赖项：GB/T 26865.2—2011 A.2.1。
- 主站和子站间下发分析配置帧流程（流程图见图 A.1）如下：
- a) 主站发送“下发分析配置帧”命令。
 - b) 子站接收到“下发分析配置帧”命令，返回“肯定确认”命令。
 - c) 主站接收到“肯定确认”命令。
 - d) 主站发送分析配置帧。
 - e) 子站接收到分析配置帧。
 - f) 子站对分析配置帧进行有效性检查：
 - 1) 通过检查，子站返回“肯定确认”。
 - 2) 未通过检查，子站返回“否定确认”。

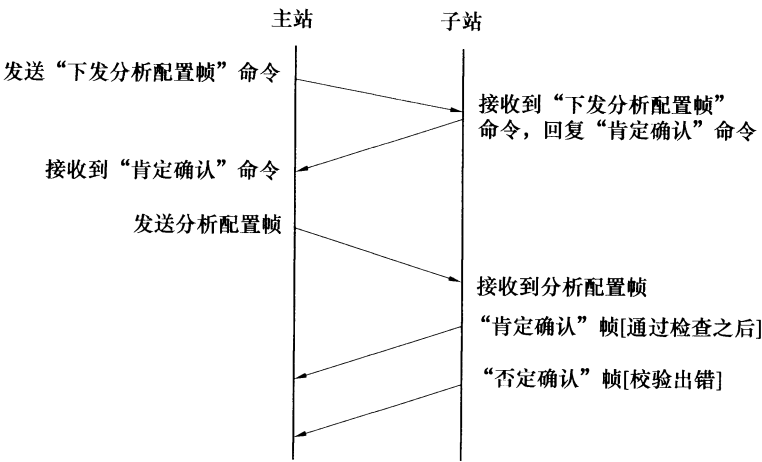


图 A.1 下发分析配置帧流程图

A.3 打开分析结果帧的发送

- 依赖项：GB/T 26865.2—2011 A.2.1。
- 主站和子站间打开分析结果帧的发送流程（流程图见图 A.2）如下：
- a) 主站发送“打开分析结果帧的发送”命令。
 - b) 子站接收到“打开分析结果帧的发送”命令。
 - c) 子站返回“肯定确认”命令。
 - d) 主站接收子站“肯定确认”命令。

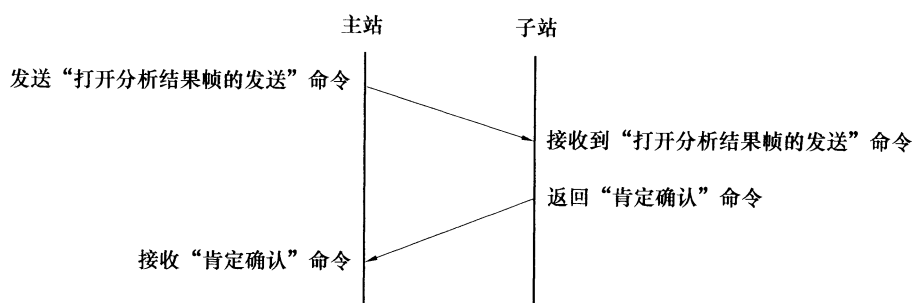


图 A.2 打开分析结果帧的发送流程图

A.4 关闭分析结果帧的发送

依赖项：GB/T 26865.2—2011 A.2.1。

主站和子站间关闭分析结果帧的发送流程（流程图见图 A.3）如下：

- 主站发送“关闭分析结果帧的发送”命令。
- 子站接收到“关闭分析结果帧的发送”命令。
- 子站返回“肯定确认”命令。
- 主站接收子站“肯定确认”命令。

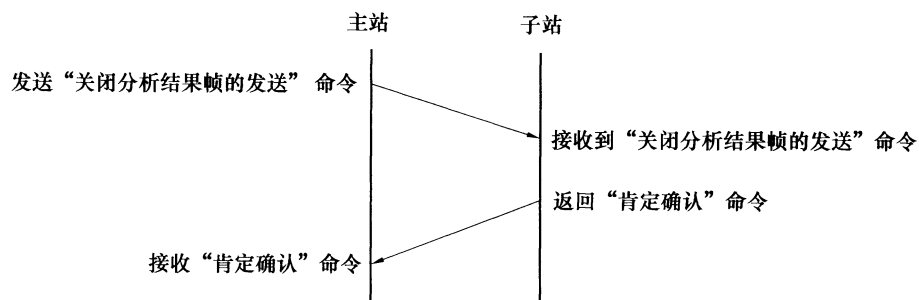


图 A.3 关闭分析结果帧的发送流程图

A.5 打开可变传送速率

依赖项：GB/T 26865.2—2011 A.2.1。

主站和子站间打开可变传送速率的流程（流程图见图 A.4）如下：

- 主站发送“打开可变传送速率”命令。
- 子站接收到“打开可变传送速率”命令。
- 子站返回“肯定确认”命令。
- 主站接收子站“肯定确认”命令。

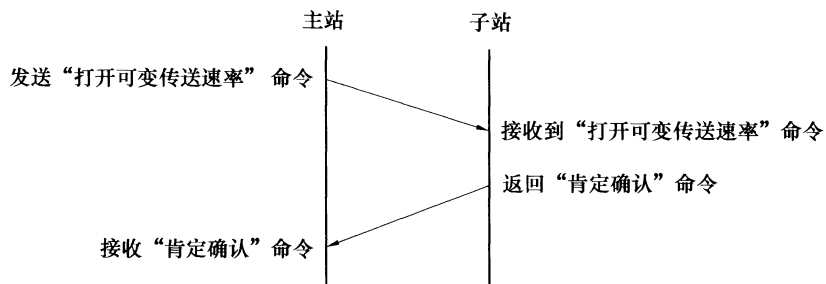


图 A.4 打开可变传送速率流程图

A.6 关闭可变传送速率

依赖项：GB/T 26865.2—2011 A.2.1。

主站和子站间关闭可变传送速率的流程（流程图见图 A.5）如下：

- a) 主站发送“关闭可变传送速率”命令。
- b) 子站接收到“关闭可变传送速率”命令。
- c) 子站返回“肯定确认”命令。
- d) 主站接收子站“肯定确认”命令。

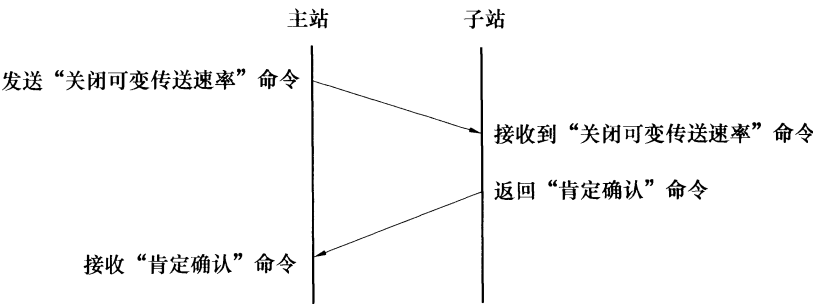


图 A.5 关闭可变传送速率流程图

A.7 开启接收参考相角

依赖项：GB/T 26865.2—2011 A.2.1。

主站和子站间开启接收参考相角的流程（流程图见图 A.6）如下：

- a) 主站发送“开启接收参考相角”命令。
- b) 子站接收到“开启接收参考相角”命令。
- c) 子站返回“肯定确认”命令。
- d) 主站接收子站“肯定确认”命令。

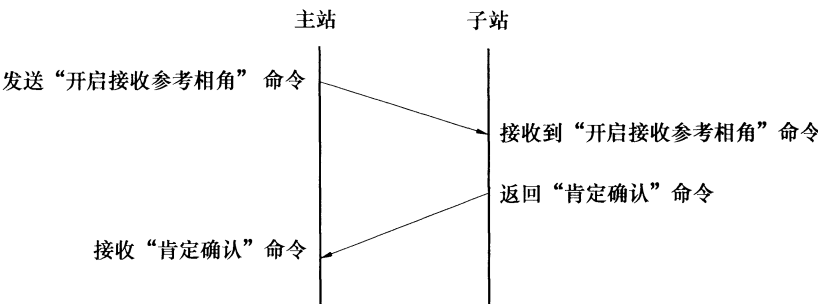


图 A.6 开启接收参考相角流程图

A.8 关闭接收参考相角

依赖项：GB/T 26865.2—2011 A.2.1。

主站和子站间关闭接收参考相角的流程（流程图见图 A.7）如下：

- a) 主站发送“关闭接收参考相角”命令。
- b) 子站接收到“关闭接收参考相角”命令。
- c) 子站返回“肯定确认”命令。

d) 主站接收子站“肯定确认”命令。

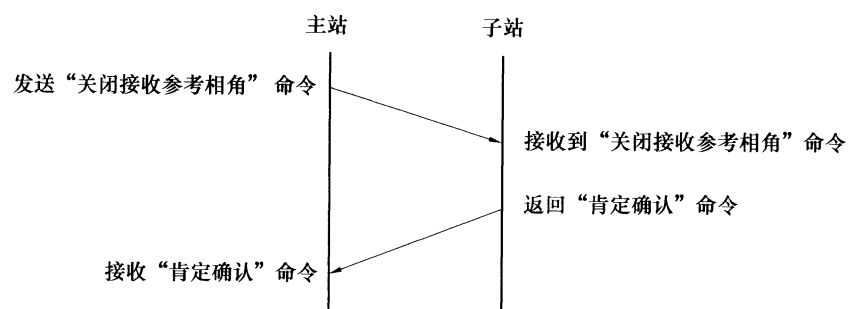


图 A.7 关闭接收参考相角流程图

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
厂站端同步相量应用技术规范
DL/T 1402 — 2015

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2016 年 4 月第一版 2016 年 4 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 1 印张 24 千字
印数 001—300 册

*

统一书号 155123 · 2862 定价 9.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

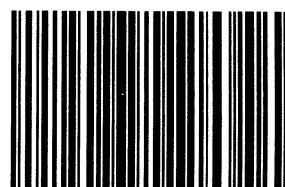
版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2862