

# 电能质量监测终端

IEC60870-103 规约说明

类别	内容
关键词	电能质量、103
摘要	本文档简要列出了 IEC103 规约简介及 E8000 设备对 IEC103 规约的支持部分。

## 修订历史

版本	日期	原因
V0.9	2014/06/07	创建文档
V1.0	2015/05/22	遥测数据项添加谐波电压/电流总畸变率，更新遥测实例

# 目 录

1. 简介.....	1
2. 规约介绍.....	2
2.1    通信接口.....	2
2.2    报文格式.....	2
2.2.1    固定帧长报文.....	2
2.2.2    可变帧长报文.....	2
2.2.3    控制域.....	3
3. 规约在 E8000 的应用.....	5
3.1    概述.....	5
3.1.1    串口配置说明.....	5
3.1.2    规约实现内容.....	6
3.2    复位(ASDU5).....	7
3.3    校时(ASDU6).....	8
3.4    遥测(ASDU50).....	8
4. 附录.....	10
4.1    附录一：遥测数据项说明.....	10

## 1. 简介

本文档是针对 E8000 系列保护装置的串口 103 规约的使用和互联说明。规约的实现是以《中华人民共和国电力行业标准远动设备及系统第 5 部分传输规约第 103 篇继电保护设备信息接口配套标准 DL/T 667-1999》为依据的。

由于在线式电能质量监测装置不同于继电保护设备,因此当前 E8000 终端软件的协议模块暂时只实现了几个基本命令,包括复位,校时,遥测等三个命令。其中遥测数据传输的数据即为电能质量监测装置的实时数据。

## 2. 规约介绍

### 2.1 通信接口

- 接口标准：RS232, RS485
- 通信格式：异步，1 位起始位，8 位数据位，1 位偶校验位，1 位停止位
- 波特率：2400, 4800, 9600
- 通信方式：主从一对多，Polling 方式

### 2.2 报文格式

IEC60870-5-103 通信规约的报文格式分为固定帧长报文和可变帧长报文两种格式，前者主要用于传送“召唤、命令、确认、应答”等信息，后者主要用于传送“命令”和“数据”等信息。

#### 2.2.1 固定帧长报文

固定帧长帧格式用于主控单元向继电保护设备传输询问帧或命令帧(复位通信单元或复位帧计数位)，或继电保护设备向主控单元传输确认帧或响应帧(无所要求的数据帧)。具体帧格式如图 2.1 所示。

启动字符(10H)
控制域(C)
地址域(A)
帧校验和(CS)
结束字符(16H)

图 2.1 固定帧格式

帧校验和是控制字、地址的算术和(不考虑溢出位即 256 模和)。

子站和主站接收报文时，校验启动字符、帧校验和、结束字符，若检出任何一个差错，该数据帧无效，舍弃此数据帧。

#### 2.2.2 可变帧长报文

可变帧长帧格式用于主控单元向继电保护设备传输数据，或由继电保护设备向主控单元传输数据之用，具体帧格式如图 2.2 所示。

68H(启动字符 1)
L(报文长度)
L(重复)
68H(启动字符 2)
控制域(C)
地址域(A)
链路用户数据(可变长度)
帧校验和(CS)
16H(结束字符)

图 2.2 可变帧长格式

长度 L 包括控制域、地址域、链路用户数据长度的总和，L 最大值为 255, 子站和主站在组织报文时，要控制链路用户数据的长度，注意使控制域、地址域、链路用户数据长度之和不要超出 255。如果超出，则要考虑分包传送。

帧校验和是控制域、地址域、链路用户数据的算术和，（不考虑溢出位即 256 模和）。

子站和主站接收报文时，应校验两个启动字符、两个 L 值应一致、接收字符数为 L+6、帧校验和、结束字符，若检出任何一个差错，该数据帧无效，舍弃此帧数据。

### 2.2.3 控制域

#### 1. 主控单元→保护设备

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
备用位	PRM	FCB	FCV	功能码			

- a) 备用位：始终为 0。
- b) 启动报文位 PRM：PRM=1，表示是由主控单元向继电保护设备传输，主控单元为启动站。
- c) FCB(帧计数位)：主控单元向同一个继电保护设备传输新一轮的发送/确认(SEND/CONFIRM)或请求/响应(REQUEST/RESPOND)传输服务时，将帧计数位 FCB 取反值。主控单元应为每一个继电保护设备保留一个帧计数位(FCB)的拷贝，若超时未从继电保护设备收到报文，或接收出现差错，则主控单元不改变帧计数位(FCB)的状态，重传原报文，重传次数大于等于 3 次，如果主控单元正确接收到继电保护设备报文，则该一轮的发送/确认(SEND/CONFIRM)或请求/响应(REQUEST/RESPOND)传输服务结束。复位命令(复位通信单元或复位帧计数位)的帧计数位(FCB)为 0, 帧计数有效位(FCV)为 0。
- d) FCV(帧计数有效位)：FCV=0:表示帧计数位(FCB)的变化无效。FCV=1:表示帧计数位(FCB)的变化有效。发送/无回答服务、广播报文是不需要考虑报文丢失和重复重传，无需改变帧计数位(FCB)的状态，故这些帧的帧计数有效位(FCV)常为 0。
- e) 功能码：功能码的具体定义如表 2.1 所示。

表 2.1 功能码定义

功能码序号	帧类型	功能	FCV
0	发送/确认帧	复位通信单元(CU)	0
1—2	——	备用	—
3	发送/确认帧	传送数据	1
4	发送/无回答帧	传送数据	0
5—6	——	备用	—
7	发送/确认帧	复位帧计数位 (FCB)	0
8	——	备用	—
9	——	备用	—
10 (A)	请求/响应帧	召唤 1 级用户数据	1
11 (B)	请求/响应帧	召唤 2 级用户数据	1
12—13	——	备用	—
14—15	——	备用	—

## 2. 保护设备→主控单元

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
备用位	PRM	ACD	DFC	功能码			

- a) 备用位：始终为 0。
- b) 启动报文位 PRM：PRM=0，表示是由继电保护设备向主控单元传输。
- c) ACD(要求访问位)：ACD=1 表示继电保护设备希望向主控单元传输 1 级用户数据。
- d) DFC(数据流控制位)：DFC=0 表示继电保护设备可以接受数据。DFC=1 表示继电保护设备的缓冲区已满，无法接受新数据。本规约规定深圳南瑞科技有限公司的继电保护设备上送报文中 DFC 始终为 0，即可以接受新数据，主控单元应能够处理 DFC=1 的报文。
- e) 功能码：功能码的具体定义如表 2.2 所示。

表 2.2 继电保护设备向主控单元传输的帧中功能码定义

功能码序号	帧类型	功能
0	确认帧	确认
1	确认帧	链路忙，未收到报文
2-5	---	备用
6-7	---	备用
8	响应帧	以数据响应请求帧
9	响应帧	无所召唤的数据
10-15	---	备用

### 3. 规约在 E8000 的应用

#### 3.1 概述

##### 3.1.1 串口配置说明

E8000 设备采用 COM1(RS485-1)进行 IEC103 规约传输，其中串口默认配置如下所示：

- a) 波特率：9600/19200bps(可选)
- b) 数据位：8 位
- c) 停止位：1 位
- d) 校验位：偶校验

关于串口波特率及设备地址在 E8000 终端软件上可以进行配置，其中 COM1 的波特率配置界面如图 3.1 所示：



图 3.1 串口波特率设置界面

设备地址的设置可以通过图 3.2 所示的界面进行设置，其中串口选择是不能进行配置的，因为 COM2 已经分配给系统 GPS 校时，设备地址的设置范围为[1~247]，该界面同时可以控制是否启动协议，当选择不启动协议时，IEC103 协议将停止工作。



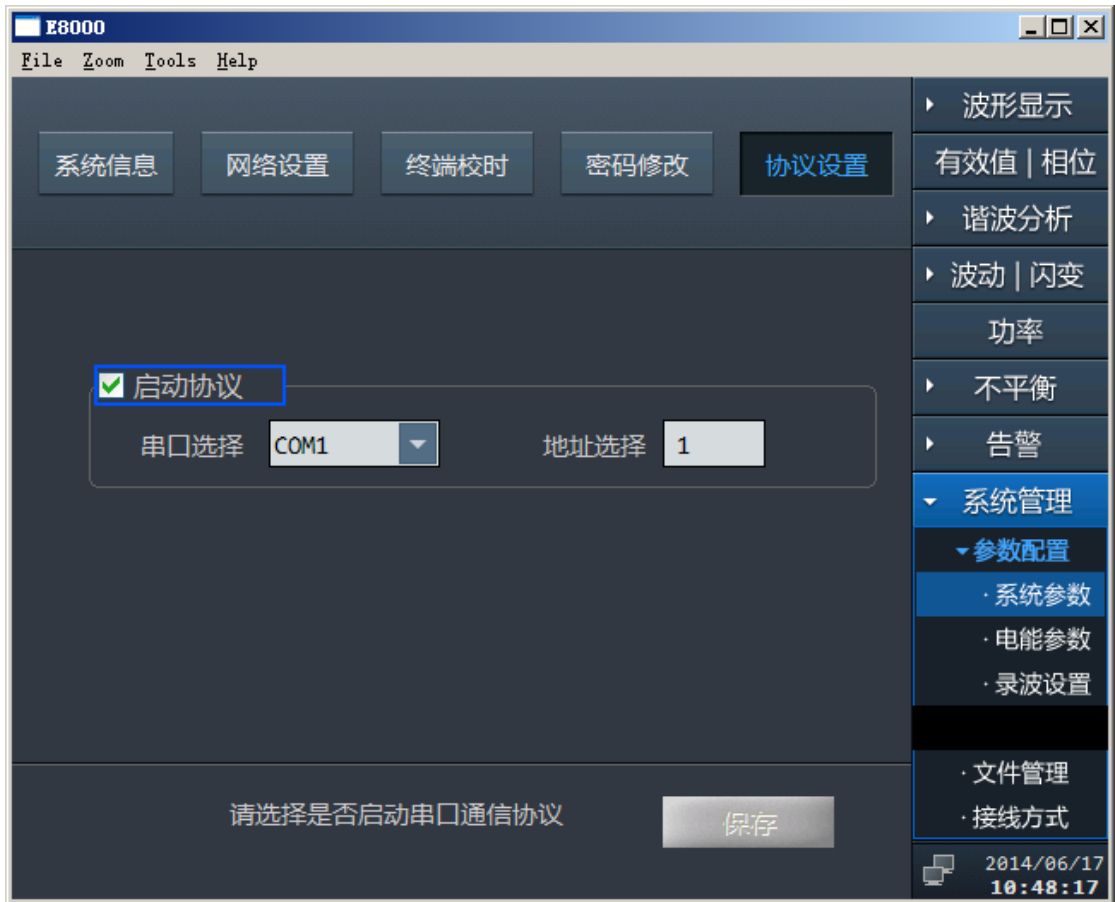


图 3.2 协议设置界面

### 3.1.2 规约实现内容

E8000 设备目前实现的 IEC103 规约部分包括复位，校时及遥测。设备在启动后，根据用户最后一次配置是否“启用”串口通信来决定是否启用 IEC103 通信模块，如果启用了模块，则会根据收到主控发送的 IEC103 命令进行相应的操作，关于传输基本流程如图 3.3 所示，关于更具体的通信过程见后面章节。

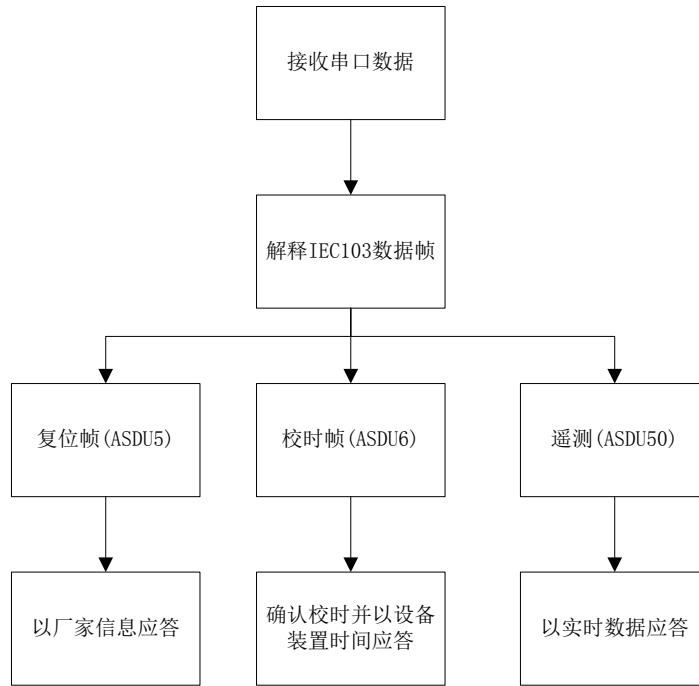


图 3.3 E8000 设备 IEC103 通信基本流程

### 3.2 复位(ASDU5)

E8000 设备可以响应复位帧 ASDU5，并传输相应的厂家信息（SZNARI 0101）。复位通信过程实例如下所示：

**Mtx: 10 40 01 41 16**

主站发送: PRM=1 FCB=0 FCV=0 LA=1 FUN=0 复位通信单元

**Stx: 10 20 01 21 16**

从站发送: PRM=0 ACD=1 DFC=0 LA=1 FUN=0 确认

**Mtx: 10 7a 01 7b 16**

主站发送: PRM=1 FCB=1 FCV=1 LA=1 FUN=10 召唤用户1 级数据

**Stx: 68 15 15 68 28 01 05 81 04 01 c2 03 03 53 5a 4e 41 52 49 20 20 30 31 30 31 55 16**

从站发送: PRM=0 ACD=1 DFC=0 LA=1 FUN=8 以数据响应请求帧

TI= 5 VSQ=81 SQ=1 INFONUM=1 COT= 4 CAUSE =1 COA =1 M\_IRC\_NA\_3, M\_IRF\_NA\_3, M\_IRS\_NA\_3

标识

功能类型FUN =194 未用 信息序号 INF =3 兼容级别 COL =3 SZNARI 0101

**Mtx: 10 7a 01 7b 16**

主站发送: PRM=1 FCB=1 FCV=1 LA=1 FUN=10 召唤用户1 级数据

**Stx: 68 15 15 68 28 01 05 81 05 01 c2 04 03 53 5a 4e 41 52 49 20 20 30 31 30 31 57 16**

从站发送: PRM=0 ACD=1 DFC=0 LA=1 FUN=8 以数据响应请求帧

TI= 5 VSQ=81 SQ=1 INFONUM=1 COT= 5 CAUSE =1 COA =1 M\_IRC\_NA\_3, M\_IRF\_NA\_3, M\_IRS\_NA\_3

标识

功能类型FUN =194 未用 信息序号 INF =4 兼容级别 COL =3 SZNARI 0101

**Mtx: 10 5a 01 5b 16**

主站发送: PRM=1 FCB=0 FCV=1 LA=1 FUN=10 召唤用户1 级数据

**Stx: 10 09 01 0a 16**





## 4. 附录

### 4.1 附录一：遥测数据项说明

表 4.1 遥测数据项说明

FUN	INF	标度	数据项	说明
1	1	17.066667	Ua	电压有效值
1	2	17.066667	Ub	
1	3	17.066667	Uc	
1	4	341.333333	Ia	电流有效值
1	5	341.333333	Ib	
1	6	341.333333	Ic	
1	7	1.970689	Pa	有功功率
1	8	1.970689	Pb	
1	9	1.970689	Pc	
1	10	1.970689	P 总	
1	11	1.970689	Qa	无功功率
1	12	1.970689	Qb	
1	13	1.970689	Qc	
1	14	1.970689	Q 总	
1	15	1.970689	Sa	视在功率
1	16	1.970689	Sb	
1	17	1.970689	Sc	
1	18	1.970689	S 总	
1	19	2048	Cos_a	功率因素
1	20	2048	Cos_b	
1	21	2048	Cos_c	
1	22	2048	Cos 总	
1	23	2048	df_a	位移功率因数
1	24	2048	df_b	
1	25	2048	df_c	
1	26	2048	df_总	
1	27	17.066667	U_seq_P	正序电压
1	28	17.066667	U_seq_N	负序电压
1	29	17.066667	U_seq_Z	零序电压
1	30	341.333333	I_seq_P	正序电压
1	31	341.333333	I_seq_N	负序电压
1	32	341.333333	I_seq_Z	零序电压
1	33	40.95	U_unb_N	电压负序不平衡度
1	34	40.95	U_unb_Z	电压零序不平衡度
1	35	40.95	I_unb_N	电流负序不平衡度
1	36	40.95	I_unb_Z	电流零序不平衡度

1	37	204.75	pst_a	电压短闪变
1	38	204.75	pst_b	
1	39	204.75	pst_c	
1	40	204.75	plt_a	电压长闪变
1	41	204.75	plt_b	
1	42	204.75	plt_c	
1	43	40.95	fluct_a	电压波动值
1	44	40.95	fluct_b	
1	45	40.95	fluct_c	
1	46	40.95	phv_dev_a	电压偏差
1	47	40.95	phv_dev_b	
1	48	40.95	phv_dev_c	
1	49	40.95	thdVol_a	谐波电压总畸变率
1	50	40.95	thdVol_b	
1	51	40.95	thdVol_c	
1	52	341.333333	harm_A_a	谐波电流总有效值
1	53	341.333333	harm_A_b	
1	54	341.333333	harm_A_c	
1	55	68.25	Freq	频率
1	56~59			无数据定义
1	60	40.95	Ua_ratio_1	A相电压谐波含有率(1次)
1	61	40.95	Ua_ratio_2	A相电压谐波含有率(2次)
1	62	40.95	Ua_ratio_3	A相电压谐波含有率(3次)
1	63	40.95	Ua_ratio_4	A相电压谐波含有率(4次)
1	64	40.95	Ua_ratio_5	A相电压谐波含有率(5次)
1	65	40.95	Ua_ratio_6	A相电压谐波含有率(6次)
1	66	40.95	Ua_ratio_7	A相电压谐波含有率(7次)
1	67	40.95	Ua_ratio_8	A相电压谐波含有率(8次)
1	68	40.95	Ua_ratio_9	A相电压谐波含有率(9次)
1	69	40.95	Ua_ratio_10	A相电压谐波含有率(10次)
1	70	40.95	Ua_ratio_11	A相电压谐波含有率(11次)
1	71	40.95	Ua_ratio_12	A相电压谐波含有率(12次)
1	72	40.95	Ua_ratio_13	A相电压谐波含有率(13次)
1	73	40.95	Ua_ratio_14	A相电压谐波含有率(14次)
1	74	40.95	Ua_ratio_15	A相电压谐波含有率(15次)
1	75	40.95	Ua_ratio_16	A相电压谐波含有率(16次)
1	76	40.95	Ua_ratio_17	A相电压谐波含有率(17次)
1	77	40.95	Ua_ratio_18	A相电压谐波含有率(18次)
1	78	40.95	Ua_ratio_19	A相电压谐波含有率(19次)
1	79	40.95	Ua_ratio_20	A相电压谐波含有率(20次)
1	80	40.95	Ua_ratio_21	A相电压谐波含有率(21次)
1	81	40.95	Ua_ratio_22	A相电压谐波含有率(22次)
1	82	40.95	Ua_ratio_23	A相电压谐波含有率(23次)

1	83	40.95	Ua_ratio_24	A相电压谐波含有率(24次)
1	84	40.95	Ua_ratio_25	A相电压谐波含有率(25次)
1	85	40.95	Ub_ratio_1	B相电压谐波含有率(1次)
1	86	40.95	Ub_ratio_2	B相电压谐波含有率(2次)
1	87	40.95	Ub_ratio_3	B相电压谐波含有率(3次)
1	88	40.95	Ub_ratio_4	B相电压谐波含有率(4次)
1	89	40.95	Ub_ratio_5	B相电压谐波含有率(5次)
1	90	40.95	Ub_ratio_6	B相电压谐波含有率(6次)
1	91	40.95	Ub_ratio_7	B相电压谐波含有率(7次)
1	92	40.95	Ub_ratio_8	B相电压谐波含有率(8次)
1	93	40.95	Ub_ratio_9	B相电压谐波含有率(9次)
1	94	40.95	Ub_ratio_10	B相电压谐波含有率(10次)
1	95	40.95	Ub_ratio_11	B相电压谐波含有率(11次)
1	96	40.95	Ub_ratio_12	B相电压谐波含有率(12次)
1	97	40.95	Ub_ratio_13	B相电压谐波含有率(13次)
1	98	40.95	Ub_ratio_14	B相电压谐波含有率(14次)
1	99	40.95	Ub_ratio_15	B相电压谐波含有率(15次)
1	100	40.95	Ub_ratio_16	B相电压谐波含有率(16次)
1	101	40.95	Ub_ratio_17	B相电压谐波含有率(17次)
1	102	40.95	Ub_ratio_18	B相电压谐波含有率(18次)
1	103	40.95	Ub_ratio_19	B相电压谐波含有率(19次)
1	104	40.95	Ub_ratio_20	B相电压谐波含有率(20次)
1	105	40.95	Ub_ratio_21	B相电压谐波含有率(21次)
1	106	40.95	Ub_ratio_22	B相电压谐波含有率(22次)
1	107	40.95	Ub_ratio_23	B相电压谐波含有率(23次)
1	108	40.95	Ub_ratio_24	B相电压谐波含有率(24次)
1	109	40.95	Ub_ratio_25	B相电压谐波含有率(25次)
1	110	40.95	Uc_ratio_1	C相电压谐波含有率(1次)
1	111	40.95	Uc_ratio_2	C相电压谐波含有率(2次)
1	112	40.95	Uc_ratio_3	C相电压谐波含有率(3次)
1	113	40.95	Uc_ratio_4	C相电压谐波含有率(4次)
1	114	40.95	Uc_ratio_5	C相电压谐波含有率(5次)
1	115	40.95	Uc_ratio_6	C相电压谐波含有率(6次)
1	116	40.95	Uc_ratio_7	C相电压谐波含有率(7次)
1	117	40.95	Uc_ratio_8	C相电压谐波含有率(8次)
1	118	40.95	Uc_ratio_9	C相电压谐波含有率(9次)
1	119	40.95	Uc_ratio_10	C相电压谐波含有率(10次)
1	120	40.95	Uc_ratio_11	C相电压谐波含有率(11次)
1	121	40.95	Uc_ratio_12	C相电压谐波含有率(12次)
1	122	40.95	Uc_ratio_13	C相电压谐波含有率(13次)
1	123	40.95	Uc_ratio_14	C相电压谐波含有率(14次)
1	124	40.95	Uc_ratio_15	C相电压谐波含有率(15次)
1	125	40.95	Uc_ratio_16	C相电压谐波含有率(16次)

1	126	40.95	Uc_ratio_17	C相电压谐波含有率(17次)
1	127	40.95	Uc_ratio_18	C相电压谐波含有率(18次)
1	128	40.95	Uc_ratio_19	C相电压谐波含有率(19次)
1	129	40.95	Uc_ratio_20	C相电压谐波含有率(20次)
1	130	40.95	Uc_ratio_21	C相电压谐波含有率(21次)
1	131	40.95	Uc_ratio_22	C相电压谐波含有率(22次)
1	132	40.95	Uc_ratio_23	C相电压谐波含有率(23次)
1	133	40.95	Uc_ratio_24	C相电压谐波含有率(24次)
1	134	40.95	Uc_ratio_25	C相电压谐波含有率(25次)
1	135	341.333333	Ia_harm_1	A相电流谐波有效值(1次)
1	136	341.333333	Ia_harm_2	A相电流谐波有效值(2次)
1	137	341.333333	Ia_harm_3	A相电流谐波有效值(3次)
1	138	341.333333	Ia_harm_4	A相电流谐波有效值(4次)
1	139	341.333333	Ia_harm_5	A相电流谐波有效值(5次)
1	140	341.333333	Ia_harm_6	A相电流谐波有效值(6次)
1	141	341.333333	Ia_harm_7	A相电流谐波有效值(7次)
1	142	341.333333	Ia_harm_8	A相电流谐波有效值(8次)
1	143	341.333333	Ia_harm_9	A相电流谐波有效值(9次)
1	144	341.333333	Ia_harm_10	A相电流谐波有效值(10次)
1	145	341.333333	Ia_harm_11	A相电流谐波有效值(11次)
1	146	341.333333	Ia_harm_12	A相电流谐波有效值(12次)
1	147	341.333333	Ia_harm_13	A相电流谐波有效值(13次)
1	148	341.333333	Ia_harm_14	A相电流谐波有效值(14次)
1	149	341.333333	Ia_harm_15	A相电流谐波有效值(15次)
1	150	341.333333	Ia_harm_16	A相电流谐波有效值(16次)
1	151	341.333333	Ia_harm_17	A相电流谐波有效值(17次)
1	152	341.333333	Ia_harm_18	A相电流谐波有效值(18次)
1	153	341.333333	Ia_harm_19	A相电流谐波有效值(19次)
1	154	341.333333	Ia_harm_20	A相电流谐波有效值(20次)
1	155	341.333333	Ia_harm_21	A相电流谐波有效值(21次)
1	156	341.333333	Ia_harm_22	A相电流谐波有效值(22次)
1	157	341.333333	Ia_harm_23	A相电流谐波有效值(23次)
1	158	341.333333	Ia_harm_24	A相电流谐波有效值(24次)
1	159	341.333333	Ia_harm_25	A相电流谐波有效值(25次)
1	160	341.333333	Ib_harm_1	B相电流谐波有效值(1次)
1	161	341.333333	Ib_harm_2	B相电流谐波有效值(2次)
1	162	341.333333	Ib_harm_3	B相电流谐波有效值(3次)
1	163	341.333333	Ib_harm_4	B相电流谐波有效值(4次)
1	164	341.333333	Ib_harm_5	B相电流谐波有效值(5次)
1	165	341.333333	Ib_harm_6	B相电流谐波有效值(6次)
1	166	341.333333	Ib_harm_7	B相电流谐波有效值(7次)
1	167	341.333333	Ib_harm_8	B相电流谐波有效值(8次)
1	168	341.333333	Ib_harm_9	B相电流谐波有效值(9次)



1	169	341.333333	Ib_harm_10	B相电流谐波有效值(10次)
1	170	341.333333	Ib_harm_11	B相电流谐波有效值(11次)
1	171	341.333333	Ib_harm_12	B相电流谐波有效值(12次)
1	172	341.333333	Ib_harm_13	B相电流谐波有效值(13次)
1	173	341.333333	Ib_harm_14	B相电流谐波有效值(14次)
1	174	341.333333	Ib_harm_15	B相电流谐波有效值(15次)
1	175	341.333333	Ib_harm_16	B相电流谐波有效值(16次)
1	176	341.333333	Ib_harm_17	B相电流谐波有效值(17次)
1	177	341.333333	Ib_harm_18	B相电流谐波有效值(18次)
1	178	341.333333	Ib_harm_19	B相电流谐波有效值(19次)
1	179	341.333333	Ib_harm_20	B相电流谐波有效值(20次)
1	180	341.333333	Ib_harm_21	B相电流谐波有效值(21次)
1	181	341.333333	Ib_harm_22	B相电流谐波有效值(22次)
1	182	341.333333	Ib_harm_23	B相电流谐波有效值(23次)
1	183	341.333333	Ib_harm_24	B相电流谐波有效值(24次)
1	184	341.333333	Ib_harm_25	B相电流谐波有效值(25次)
1	185	341.333333	Ic_harm_1	C相电流谐波有效值(1次)
1	186	341.333333	Ic_harm_2	C相电流谐波有效值(2次)
1	187	341.333333	Ic_harm_3	C相电流谐波有效值(3次)
1	188	341.333333	Ic_harm_4	C相电流谐波有效值(4次)
1	189	341.333333	Ic_harm_5	C相电流谐波有效值(5次)
1	190	341.333333	Ic_harm_6	C相电流谐波有效值(6次)
1	191	341.333333	Ic_harm_7	C相电流谐波有效值(7次)
1	192	341.333333	Ic_harm_8	C相电流谐波有效值(8次)
1	193	341.333333	Ic_harm_9	C相电流谐波有效值(9次)
1	194	341.333333	Ic_harm_10	C相电流谐波有效值(10次)
1	195	341.333333	Ic_harm_11	C相电流谐波有效值(11次)
1	196	341.333333	Ic_harm_12	C相电流谐波有效值(12次)
1	197	341.333333	Ic_harm_13	C相电流谐波有效值(13次)
1	198	341.333333	Ic_harm_14	C相电流谐波有效值(14次)
1	199	341.333333	Ic_harm_15	C相电流谐波有效值(15次)
1	200	341.333333	Ic_harm_16	C相电流谐波有效值(16次)
1	201	341.333333	Ic_harm_17	C相电流谐波有效值(17次)
1	202	341.333333	Ic_harm_18	C相电流谐波有效值(18次)
1	203	341.333333	Ic_harm_19	C相电流谐波有效值(19次)
1	204	341.333333	Ic_harm_20	C相电流谐波有效值(20次)
1	205	341.333333	Ic_harm_21	C相电流谐波有效值(21次)
1	206	341.333333	Ic_harm_22	C相电流谐波有效值(22次)
1	207	341.333333	Ic_harm_23	C相电流谐波有效值(23次)
1	208	341.333333	Ic_harm_24	C相电流谐波有效值(24次)
1	209	341.333333	Ic_harm_25	C相电流谐波有效值(25次)