
山东丰源集团股份有限公司

张集煤矿

电能质量测试报告



杭州银湖电气设备有限公司

Hangzhou Yinhu Electrical Equipment Co.,Ltd.

二零一八年 七月

目 录

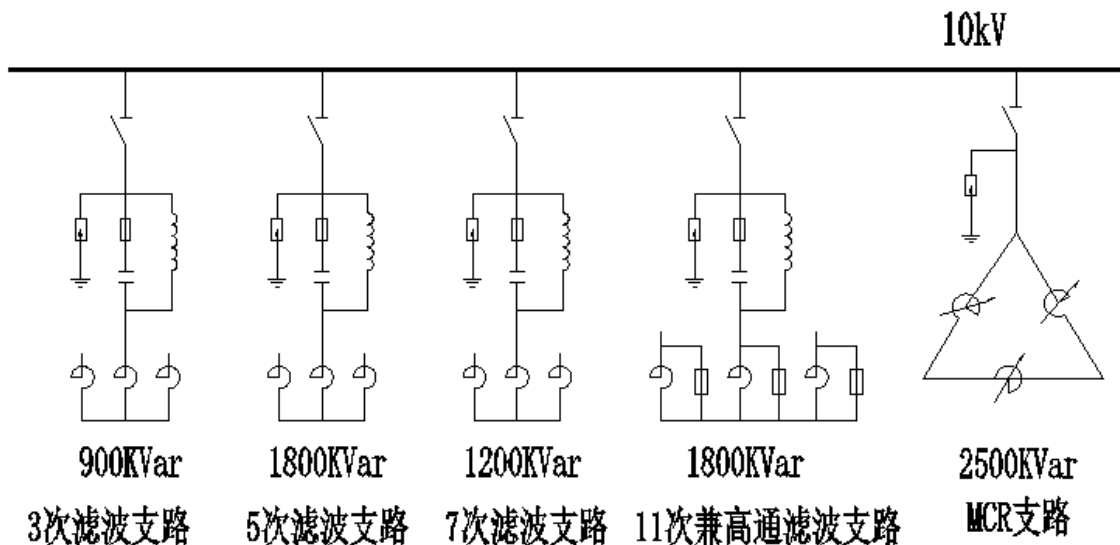
第一篇 综述	2
第二篇 测试报告	3
一、测试目的	3
二、测试数据及分析	3
1. 测试点：10111 柜	3
2. 测试点：10001 柜	8
3. 测试点：主井提升机	11
4. 测试点：660V 变频电机	16
第三篇 测试结果分析	19
一、测试结果:	20
二、分析	21
第四篇 解决方案	23

第一篇 综述

山东丰源集团张集煤矿（以下简称为张集矿）设 35KV 变电站一座，10KV 母线为 2 段，运行的两段母线为分裂运行，每段 10KV 母线安装一套磁控式动态无功补偿兼滤波装置，共 2 套（主接线图如下图）。



每套滤波电容器组分 3 次、5 次、7 次、11 次兼高通滤波支路，其中 3 次滤波支路安装容量为 900kvar、5 次滤波支路安装容量为 1800kvar、7 次滤波支路安装容量为 1200kvar、11 次兼高通滤波支路安装容量为 1800kvar。



由于其低压系统谐波严重，严重影响生产，故对其供电系统主要负荷进行了电能质量测试。

第二篇 测试报告

一、测试目的

通过对当前系统运行时的电能质量测试分析，分析系统运行中的电能质量问题，结合该工况，给出合理、安全、可靠、技术先进的解决方案。

二、测试数据及分析

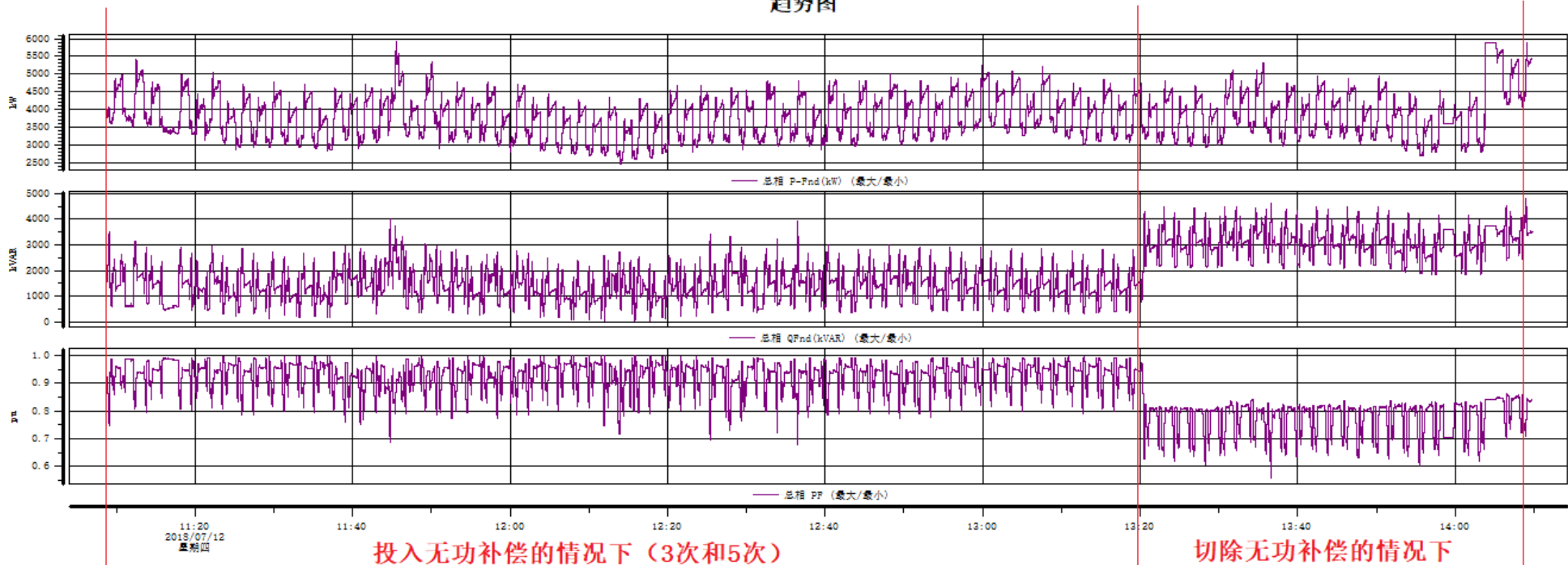
1. 测试点：10111 柜

- ① 测试时间：2018 年 7 月 12 日
- ② 额定电压：35kV
- ③ 取样间隔：1S
- ④ 测试仪器：德国高美 MW30HA017 型电能质量测试仪
- ⑤ 工况说明：测试时，测试时按无功补偿装置是否投入分别测试。

三相有功、无功、功率因数

趋势图

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (64CCD427h)



投入无功补偿的情况下 (3次和5次)

	最小	最大
总相P-Fnd (kW)	2458	5914
总相QFnd (kVAR)	34.39	4041
总相PF	0.6798	0.9994

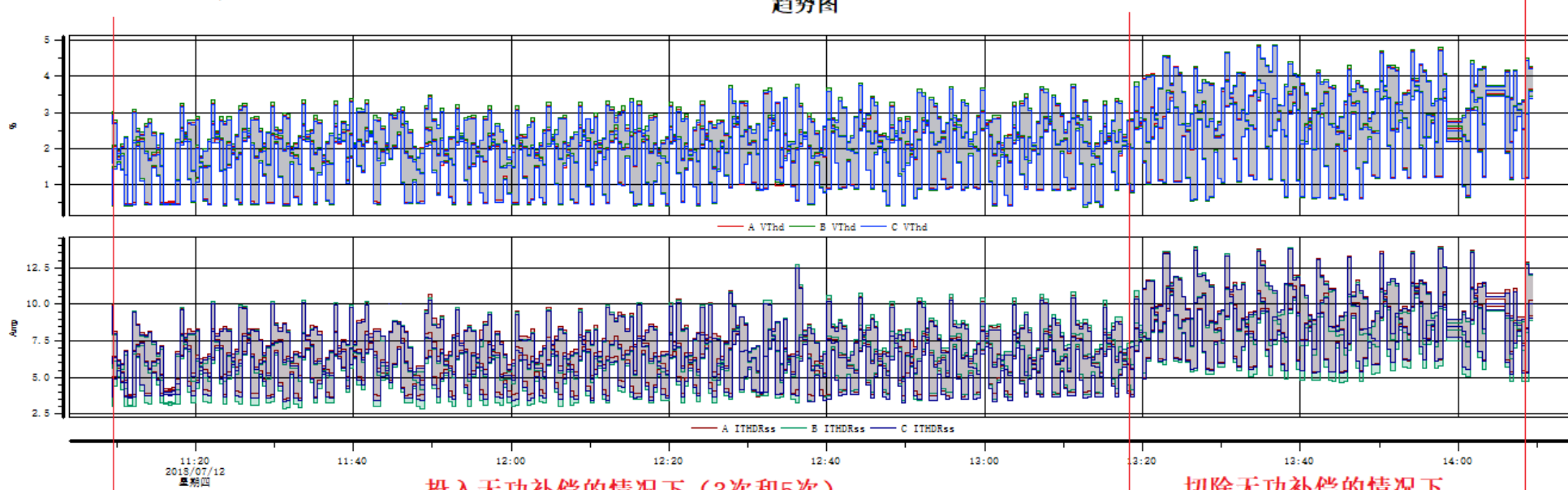
切除无功补偿的情况下

	最小	最大
总相P-Fnd (kW)	2678	5882
总相QFnd (kVAR)	1841	4608
总相PF	0.5585	0.8641

三相谐波电压总畸变率及三相总谐波电流有效值

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (640CD427h)

趋势图



投入无功补偿的情况下 (3次和5次)

	最小	最大
<i>AVThd</i>	0.4255	3.734
<i>BVThd</i>	0.3748	3.829
<i>CVThd</i>	0.4271	3.760
<i>AITHDRss</i>	3.544	12.68
<i>BITHDRss</i>	2.835	12.72
<i>CITHDRss</i>	3.293	12.48

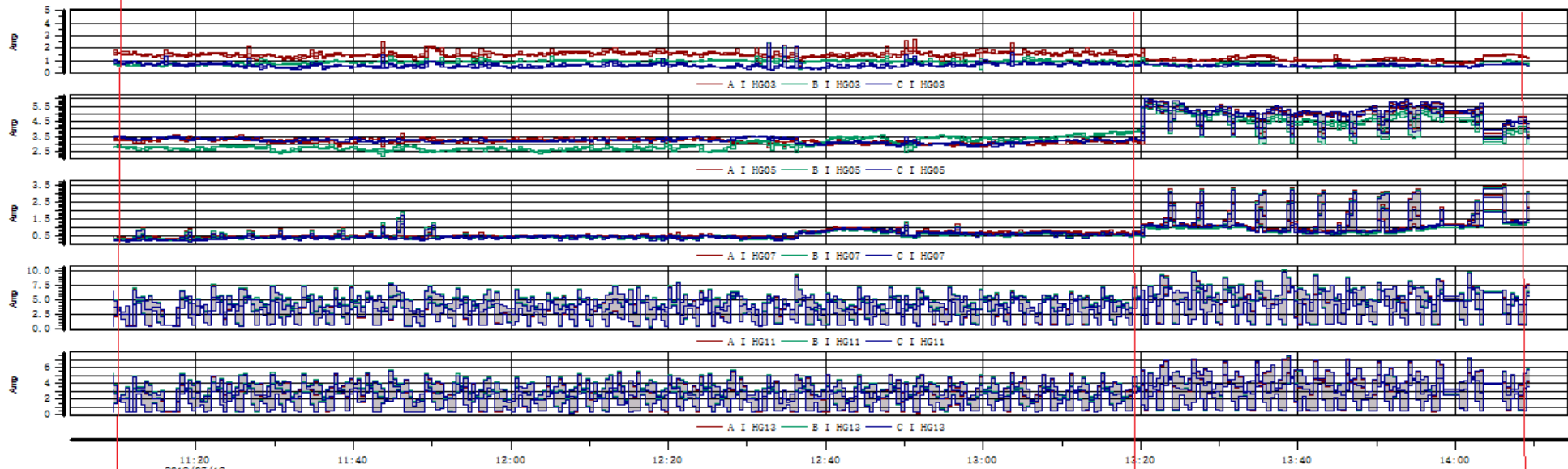
切除无功补偿的情况下

	最小	最大
<i>AVThd</i>	0.5777	4.879
<i>BVThd</i>	0.5362	4.867
<i>CVThd</i>	0.5763	4.854
<i>AITHDRss</i>	5.012	13.92
<i>BITHDRss</i>	4.670	13.96
<i>CITHDRss</i>	4.896	13.78

各主要谐波电流有效值

趋势图

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (64CCD427h)



投入无功补偿的情况下 (3次和5次)

	最小	最大
AI HG03	0.8284	2.515
BI HG03	0.4904	1.380
CI HG03	0.2982	1.463
AI HG05	2.840	3.690
BI HG05	2.243	3.333
CI HG05	3.013	3.589
AI HG07	0.3355	1.963
BI HG07	0.2722	1.974
CI HG07	0.2075	1.758
AI HG11	0.3055	7.978
BI HG11	0.2997	8.053
CI HG11	0.2022	7.793
AI HG13	0.2615	5.586
BI HG13	0.2896	5.785
CI HG13	0.2630	5.598

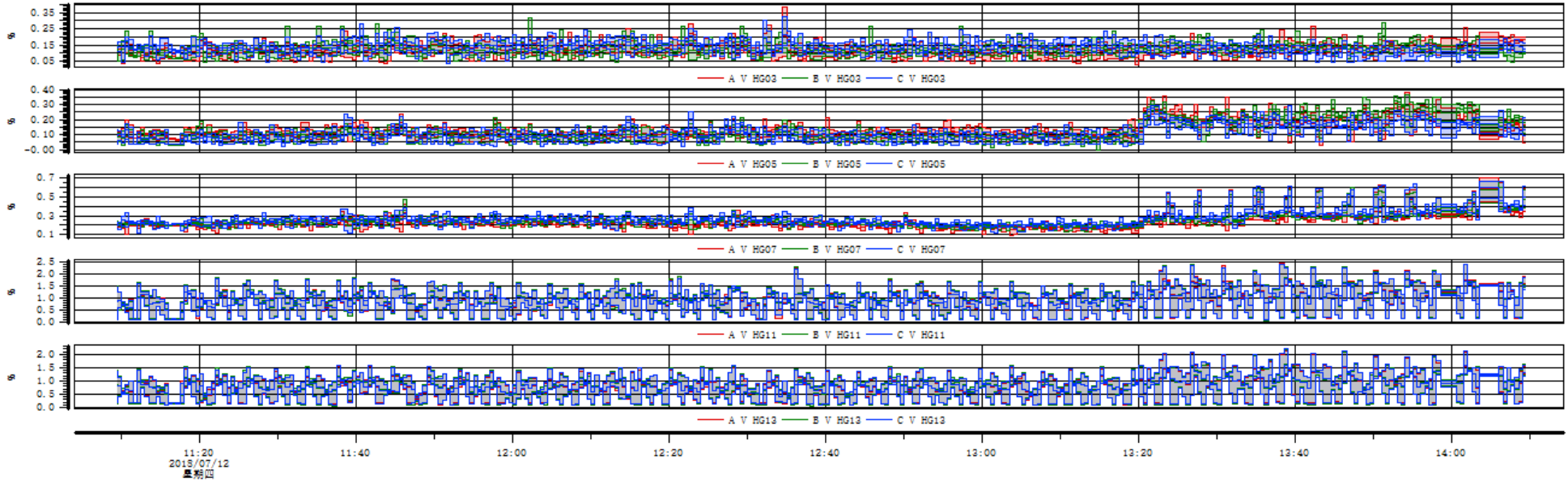
切除无功补偿的情况下

	最小	最大
AI HG03	0.7324	1.936
BI HG03	0.3640	1.262
CI HG03	0.4436	0.9335
AI HG05	3.039	5.993
BI HG05	2.986	5.857
CI HG05	3.280	5.987
AI HG07	0.6470	3.545
BI HG07	0.4964	3.440
CI HG07	0.5543	3.383
AI HG11	0.5954	10.10
BI HG11	0.5846	10.12
CI HG11	0.5190	9.863
AI HG13	0.4125	7.319
BI HG13	0.4388	7.462
CI HG13	0.4472	7.501

各主要谐波电压畸变率

趋势图

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (64CCD427h)



事件 空

	最小	最大	95%
AV HG03	0.02973	0.3821	0.1666
BV HG03	0.03949	0.3168	0.1698
CV HG03	0.03159	0.3283	0.1765
AV HG05	0.02881	0.3775	0.2461
BV HG05	0.0	0.3672	0.2616
CV HG05	0.02274	0.2964	0.2018
AV HG07	0.09413	0.6995	0.3645
BV HG07	0.1294	0.6605	0.3783
CV HG07	0.1112	0.6685	0.4194
AV HG11	0.07011	2.433	1.625
BV HG11	0.06091	2.419	1.589
CV HG11	0.06894	2.386	1.571
AV HG13	0.08621	2.127	1.329
BV HG13	0.06712	2.180	1.357
CV HG13	0.08267	2.205	1.348

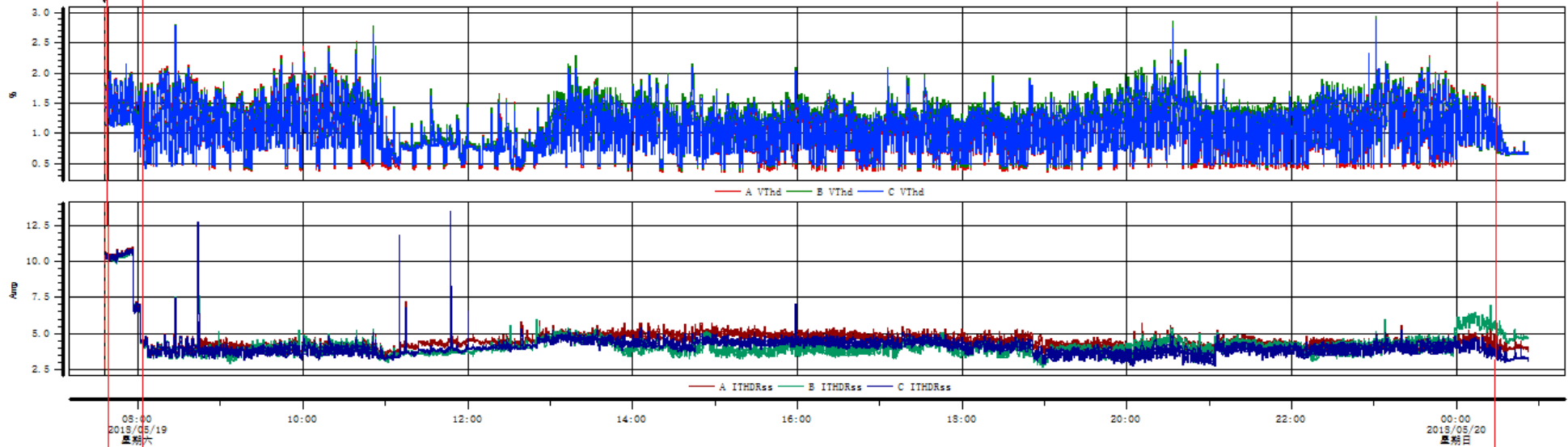
2. 测试点：10001 柜

- ① 测试时间：2018 年 7 月 12 日
- ② 额定电压：35kV
- ③ 取样间隔：1S
- ④ 测试仪器：德国高美 MW30HA017 型电能质量测试仪
- ⑤ 工况说明：测试时，测试时补偿装置已投入。

三相谐波电压总畸变率及三相总谐波电流有效值

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (640CD427h)

趋势图



切除无功补偿的情况下

	最小	最大	99%
<i>AVThd</i>	1.099	2.140	1.879
<i>BVThd</i>	1.107	2.122	1.851
<i>CVThd</i>	1.115	2.145	1.862
<i>AITHDRss</i>	10.03	10.93	10.84
<i>BITHDRss</i>	9.849	10.75	10.63
<i>CITHDRss</i>	9.942	10.82	10.73

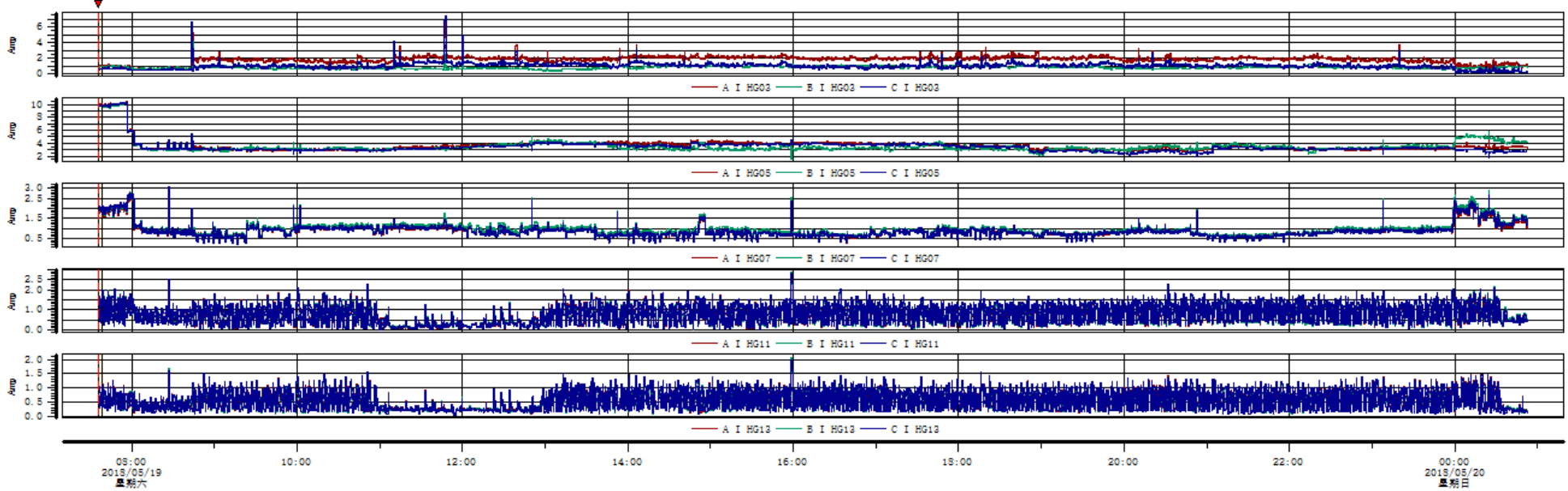
投入无功补偿的情况下 (3次和5次)

	最小	最大	99%
<i>AVThd</i>	0.3516	2.944	1.738
<i>BVThd</i>	0.3846	2.937	1.729
<i>CVThd</i>	0.4167	2.880	1.685
<i>AITHDRss</i>	3.334	10.80	5.191
<i>BITHDRss</i>	2.623	12.05	5.928
<i>CITHDRss</i>	2.699	13.51	4.749

各主要谐波电流有效值

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (64CCD427h)

趋势图



事件 #1 在 2018/05/19 07:35:45.000
趋势

	最小	最大	99%
AI HG03	0.4204	6.758	2.512
BI HG03	0.3434	5.997	1.129
CI HG03	0.07154	7.328	1.655
AI HG05	2.655	10.43	10.07
BI HG05	1.608	10.21	9.862
CI HG05	1.771	10.29	9.981
AI HG07	0.2565	2.993	2.077
BI HG07	0.2845	3.034	2.227
CI HG07	0.2297	3.052	2.171
AI HG11	0.03861	2.780	1.397
BI HG11	0.02921	2.859	1.395
CI HG11	0.02970	2.817	1.416
AI HG13	0.05490	1.983	1.071
BI HG13	0.05088	2.059	1.031
CI HG13	0.03825	2.001	1.054

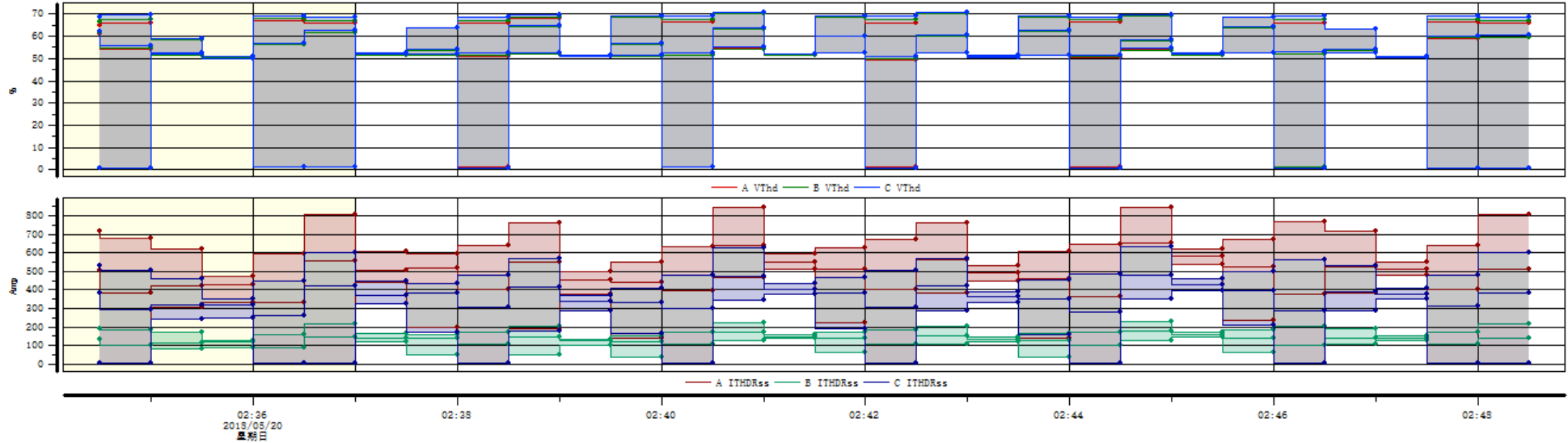
3. 测试点：主井提升机

- ① 测试时间：2018 年 7 月 13 日
- ② 额定电压：10kV
- ③ 取样间隔：1S
- ④ 测试仪器：德国高美 MW30HA017 型电能质量测试仪
- ⑤ 工况说明：主井提升机为 2 组 6 脉冲整流组成 12 脉冲运行，对其低压侧其中 1 组 6 脉冲整流和高压侧分别进行了测试。

谐波电压总畸变滤波和谐波电流总有效值（主井提升机低压侧）

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (640CD427h)

趋势图



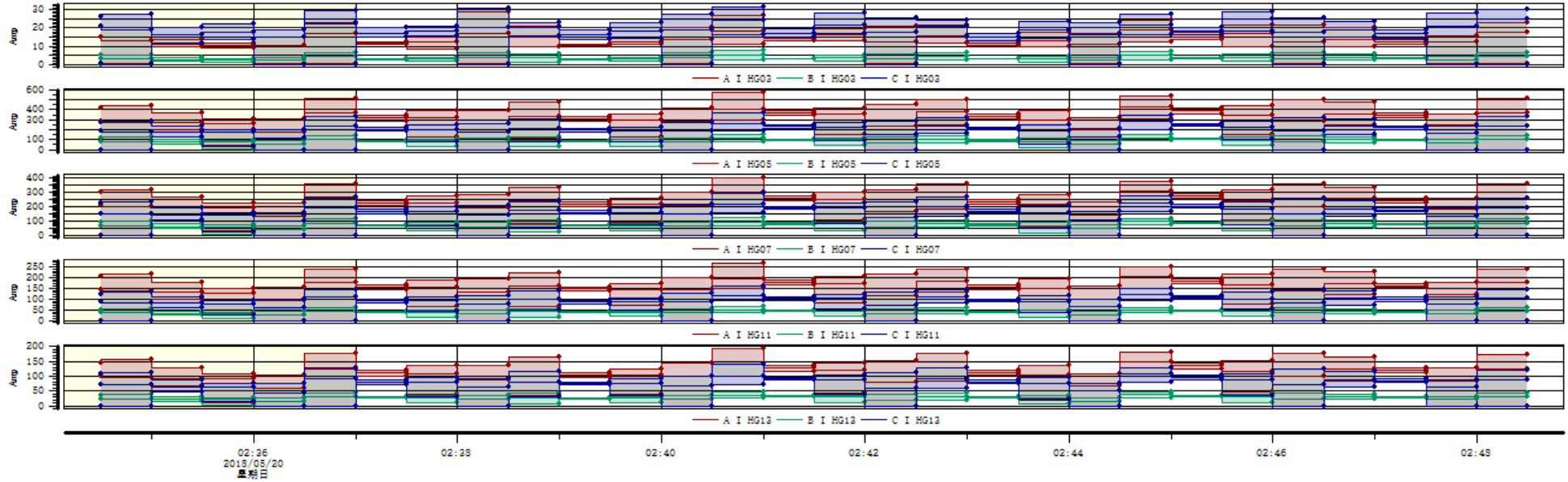
事件 #1 在 2018/05/20 02:33:41.000
趋势

	最小	最大	95%
<i>AVThd</i>	0.6207	70.36	63.71
<i>BVThd</i>	0.6443	70.29	63.60
<i>CVThd</i>	0.5795	70.89	64.06
<i>AITHDRss</i>	2.338	847.3	638.0
<i>BITHDRss</i>	1.859	226.4	170.6
<i>CITHDRss</i>	1.878	630.4	473.4

各次谐波电流总有效值（主井提升机低压侧）

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145285 (64CCD427h)

趋势图



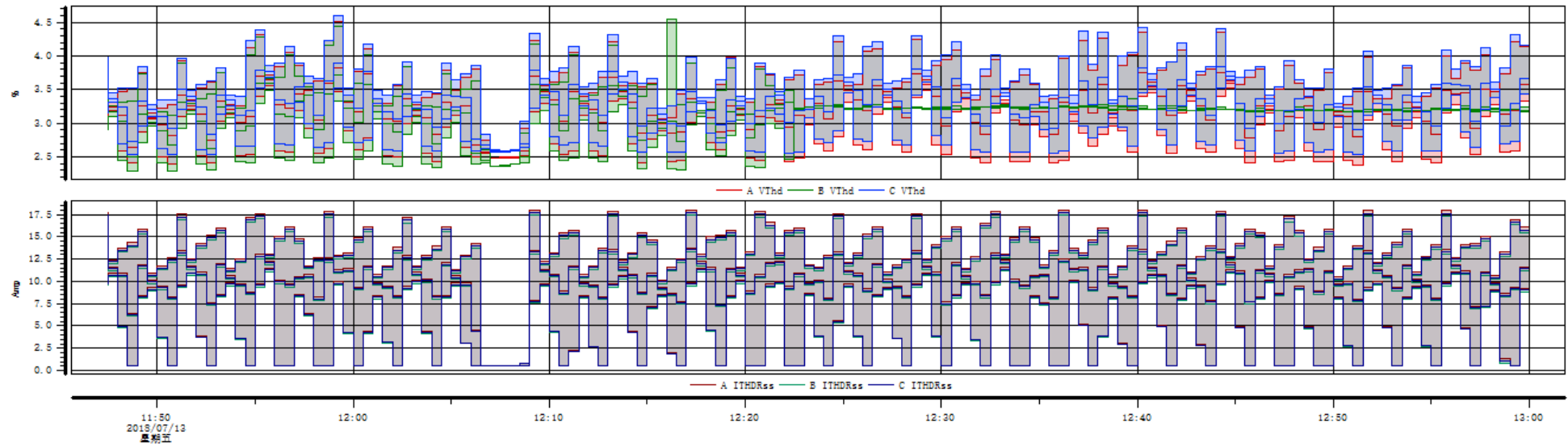
事件 #1 在 2018/05/20 02:33:41.000
趋势

	最小	最大	95%
AI HG03	0.4566	28.49	18.11
BI HG03	0.2692	8.095	5.049
CI HG03	0.2765	31.17	24.12
AI HG05	0.4078	569.0	409.3
BI HG05	0.2141	155.9	113.1
CI HG05	0.2601	367.7	263.5
AI HG07	0.3408	395.3	285.6
BI HG07	0.2580	122.4	88.43
CI HG07	0.2499	295.7	211.5
AI HG11	0.3249	264.3	194.8
BI HG11	0.2156	65.20	48.36
CI HG11	0.2349	159.3	117.8
AI HG13	0.3012	191.6	138.5
BI HG13	0.2156	48.49	35.16
CI HG13	0.2228	141.4	101.1

三相谐波电压总畸变率及三相总谐波电流有效值（主井提升机 10KV 侧）

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (640CD427h)

趋势图



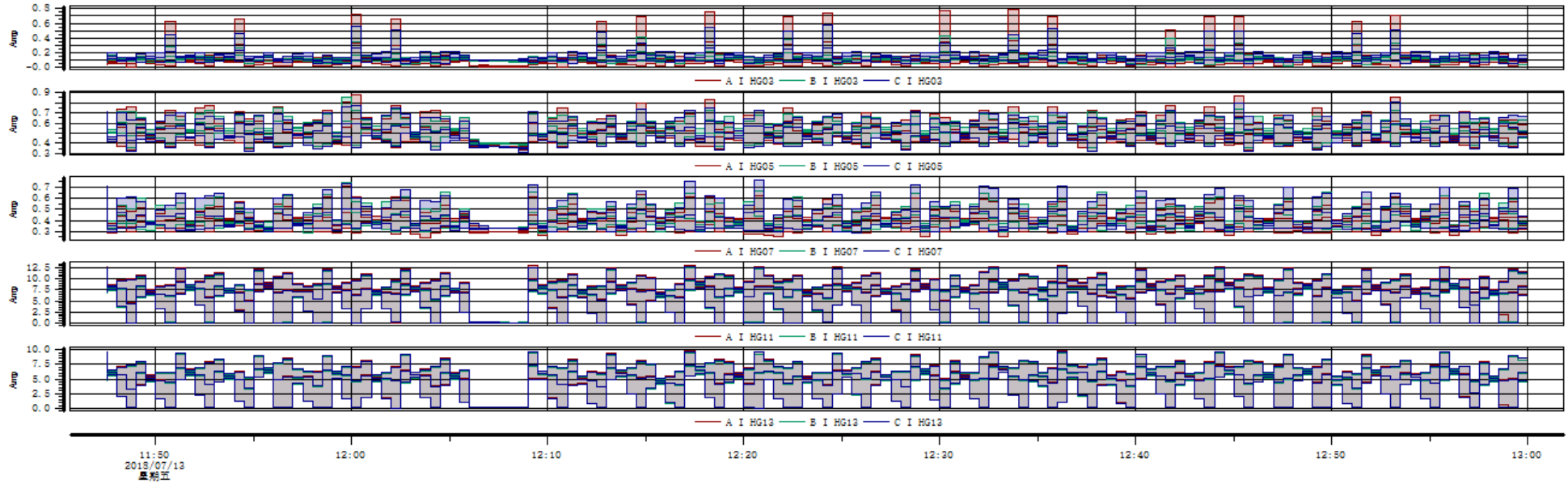
事件 #1 在 2018/05/21 00:00:00.000
ENS0160 未完成 - 通过

	最小	最大	95%
<i>AVThd</i>	2.384	4.517	3.677
<i>BVThd</i>	2.283	4.543	3.411
<i>CVThd</i>	2.538	4.608	3.776
<i>AITHDRss</i>	0.4838	18.04	13.46
<i>BITHDRss</i>	0.5232	17.44	12.99
<i>CITHDRss</i>	0.5053	17.74	13.23

各主要谐波电流有效值（主井提升机 10KV 侧）

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (64CCD427h)

趋势图



事件 #1 在 2018/05/21 00:00:00.000
EN50160 未完成 - 通过

	最小	最大	95%
<i>AI HG03</i>	<i>0.006818</i>	<i>0.7831</i>	<i>0.3188</i>
<i>BI HG03</i>	<i>0.02474</i>	<i>0.4299</i>	<i>0.1727</i>
<i>CI HG03</i>	<i>0.04148</i>	<i>0.5688</i>	<i>0.2405</i>
<i>AI HG05</i>	<i>0.3277</i>	<i>0.8736</i>	<i>0.6110</i>
<i>BI HG05</i>	<i>0.3529</i>	<i>0.8500</i>	<i>0.6070</i>
<i>CI HG05</i>	<i>0.3149</i>	<i>0.8030</i>	<i>0.5972</i>
<i>AI HG07</i>	<i>0.2472</i>	<i>0.7156</i>	<i>0.4566</i>
<i>BI HG07</i>	<i>0.2860</i>	<i>0.7438</i>	<i>0.4718</i>
<i>CI HG07</i>	<i>0.2895</i>	<i>0.7608</i>	<i>0.4988</i>
<i>AI HG11</i>	<i>0.06425</i>	<i>12.99</i>	<i>9.645</i>
<i>BI HG11</i>	<i>0.07355</i>	<i>12.51</i>	<i>9.274</i>
<i>CI HG11</i>	<i>0.06890</i>	<i>12.69</i>	<i>9.430</i>
<i>AI HG13</i>	<i>0.08691</i>	<i>9.750</i>	<i>7.105</i>
<i>BI HG13</i>	<i>0.08795</i>	<i>9.439</i>	<i>6.886</i>
<i>CI HG13</i>	<i>0.08467</i>	<i>9.685</i>	<i>7.054</i>

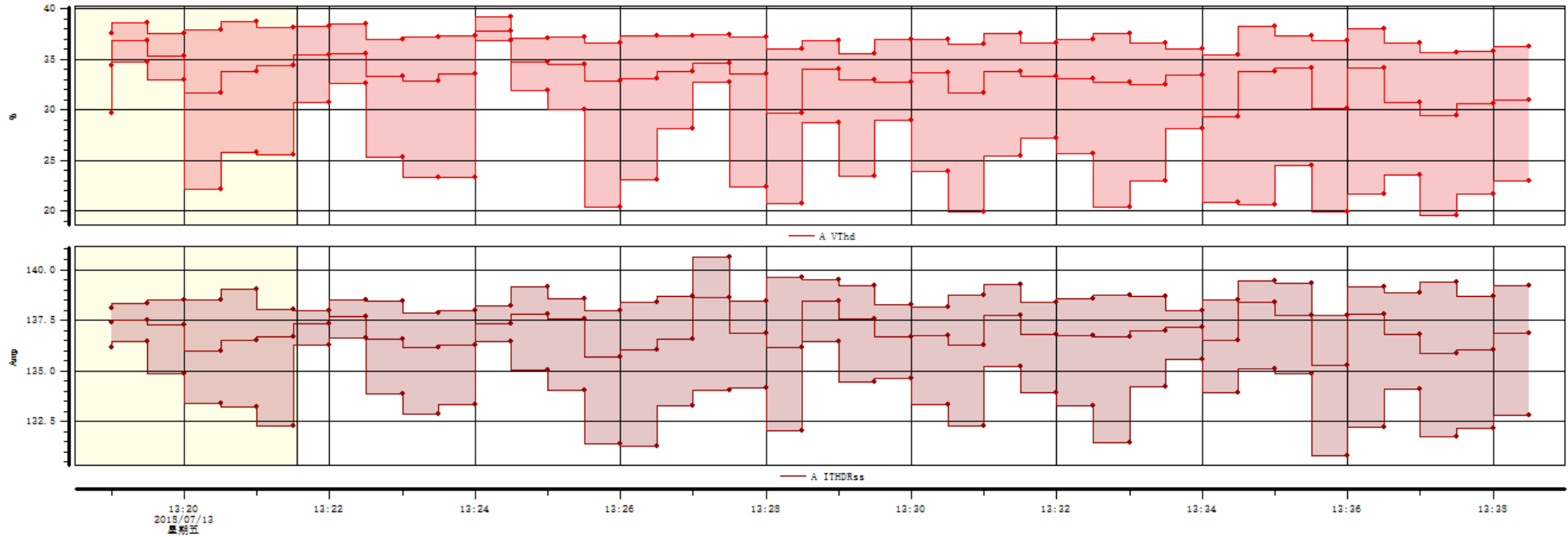
4. 测试点：660V 变频电机

- ① 测试时间：2018 年 1 月 13 日
- ② 额定电压：35kV
- ③ 取样间隔：1S
- ④ 测试仪器：德国高美 MW30HA017 型电能质量测试仪
- ⑤ 工况说明：测试时，变频器未安装电流互感器，电流采样来自钳形表 2 次侧。

三相谐波电压总畸变率及三相总谐波电流有效值

Drac-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (64CCD427h)

趋势图



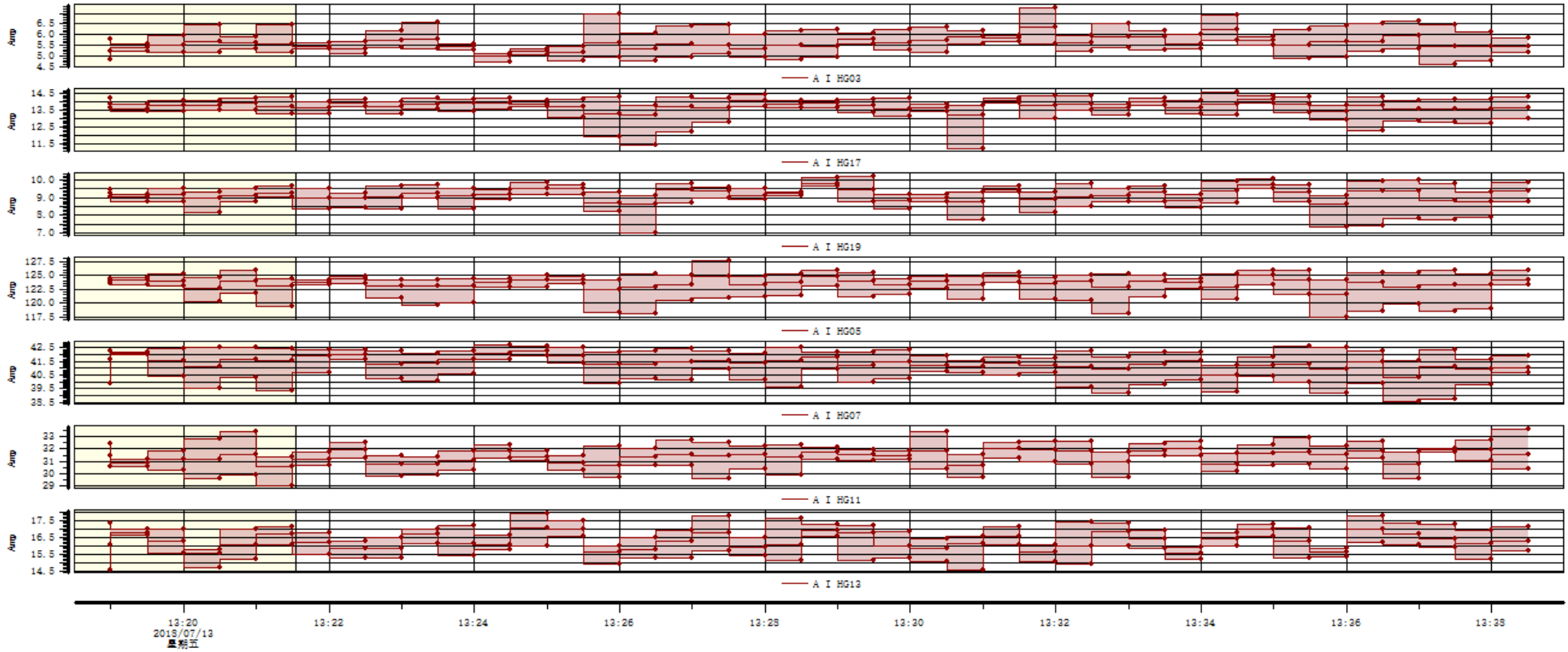
事件 #1 在 2018/07/13 13:18:14.000
趋势

	最小	最大
<i>AVThd</i>	19.60	39.20
<i>AITHDRss</i>	130.8	140.6

各主要谐波电流有效值

趋势图

Dran-View 6.15.03 RASP : 1691145255 (64CCD427h)



事件 #1 在 2018/07/13 13:18:14.000
趋势

	最小	最大
AI HG03	4.622	7.237
AI HG05	117.6	127.5
AI HG07	38.60	42.69
AI HG11	29.03	33.58
AI HG13	14.57	17.88
AI HG17	11.23	14.57
AI HG19	7.043	10.16

第三篇 测试结果分析

通过“第二篇”的分析数据，根据以下电网谐波国家标准，我们对三段测试结果进行分析：

1) 各电压等级谐波电压限值标准如表 1 所示：

表 1 公用电网谐波电压（相电压）限值

电网标称电压（kV）	电压总谐波畸变率（%）	各次谐波电压含有率（%）	
		奇次	偶次
0.38	5.0	4.0	2.0
6	4.0	3.2	1.6
10			
35	3.0	2.4	1.2
66			
110	2.0	1.6	0.8

2) 注入公共连接点的谐波电流允许值如表 2 所示：

表 2 注入公共连接点的谐波电流允许值

标准电压（kV）	基准短路容量（MVA）	谐波次数及谐波电流允许值（A）												
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
0.38	10	78	62	39	62	26	44	19	21	16	28	13	24	
6	100	43	34	21	34	14	24	11	11	8.5	16	7.1	13	
10	100	26	20	13	20	8.5	15	6.4	6.8	5.1	9.3	4.3	7.9	
35	250	15	12	7.7	12	5.1	8.8	3.8	4.1	3.1	5.6	2.6	4.7	
66	500	16	13	8.1	13	5.4	9.3	4.1	4.3	3.3	5.9	2.7	5.0	
110	750	12	9.6	6.0	9.6	4.0	6.8	3.0	3.2	2.4	4.3	2.0	3.7	
标准电压（kV）	基准短路容量（MVA）	谐波次数及谐波电流允许值（A）												
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
0.38	10	11	12	9.7	18	8.6	16	7.8	8.9	7.1	14	6.5	12	
6	100	6.1	6.8	5.3	10	4.7	9.0	4.3	4.9	3.9	7.4	3.6	6.8	
10	100	3.7	4.1	3.2	6.0	2.8	5.4	2.6	2.9	2.3	4.5	2.1	4.1	
35	250	2.2	2.5	1.9	3.6	1.7	3.2	1.5	1.8	1.4	2.7	1.3	2.5	
66	500	2.3	2.6	2.0	3.8	1.8	3.4	1.6	1.9	1.5	2.8	1.4	2.6	
110	750	1.7	1.9	1.5	2.8	1.3	2.5	1.2	1.4	1.1	2.1	1.0	1.9	

注：220kV 基准短路容量取 2000MVA

一、测试结果:

1. 10111 柜

测试项目(最大值)	投入滤波	国标	备注	切除滤波	国标	备注
电压总畸变率	3.83%	4%	合格	4.88%	4%	合格
谐波电流总有效值	12.7A	/	/	14A	/	/
3次谐波电流有效值(A)	2.5	20	合格	1.9	20	合格
5次谐波电流有效值(A)	3.7	20	合格	6	20	合格
7次谐波电流有效值(A)	2	15	合格	3.5	15	合格
11次谐波电流有效值(A)	8	9.3	较大	10	9.3	超标
13次谐波电流有效值(A)	5.8	7.9	合格	7.5	7.9	较大

2. 10001 柜

测试项目(最大值)	投入滤波	国标	备注	切除滤波	国标	备注
电压总畸变率	1.74%	4%	合格	1.88%	4%	合格
谐波电流总有效值	5.9A	/	/	10.8A	/	/
3次谐波电流有效值(A)	2.5	20	合格	1.9	20	合格
5次谐波电流有效值(A)	3.7	20	合格	6	20	合格
7次谐波电流有效值(A)	2	15	合格	3.5	15	合格
11次谐波电流有效值(A)	8	9.3	较大	10	9.3	较大
13次谐波电流有效值(A)	5.8	7.9	合格	7.5	7.9	较大

3. 主井提升机

测试项目(最大值)	低压侧	国标	备注	10KV 侧	国标	备注
电压总畸变率	64%	5%	合格	4.6%	4%	合格
谐波电流总有效值	648A	/	/	18A	/	/
3次谐波电流有效值(A)	24	62	合格	0.8	20	合格
5次谐波电流有效值(A)	409	62	超标	0.9	20	合格
7次谐波电流有效值(A)	285	44	超标	0.7	15	合格
11次谐波电流有效值(A)	195	28	超标	13	9.3	合格
13次谐波电流有效值(A)	138	24	超标	9.7	7.9	合格

4. 选煤厂 660V 变频器

测试项目(最大值)	低压侧	国标	备注
电压总畸变率	39%	5%	合格
谐波电流总有效值	140A	/	/
3次谐波电流有效值(A)	7	62	合格
5次谐波电流有效值(A)	127	62	超标
7次谐波电流有效值(A)	43	44	超标
11次谐波电流有效值(A)	34	28	超标
13次谐波电流有效值(A)	17	24	合格
17次谐波电流有效值(A)	15	18	较大
19次谐波电流有效值(A)	10	16	较大

二、分析

本次分别测试了张集矿的 10KV 母线、主井提升机和选煤厂的变频等主要负荷，测试的结果如下：

1、10KV 母线

(1)、10111 柜

从测试数据来看，10KV 系统在无功补偿兼滤波装置未投入的情况下，10111 柜的 3 次、5 次和 7 次谐波含量均较低，但 11 次谐波含量超标，13 次谐波含量较大，当无功补偿兼滤波装置（3 次和 5 次滤波支路）投入的情况下，3 次、5 次和 7 次谐波含量均较低，11 次和 13 次谐波均有所降低（5 次滤波支路对 11 次及以上谐波有一定的滤波效果，但较弱），但仍较大。

由于 10111 柜所带主要负载为主、副井提升机，负荷变化很快，从测试数据可以看出，无功变化很快，现有的磁控电抗器响应速度无法满足无功变化的速度，且整套装置出力不足，无法使功率因数达到 0.95 以上。

(2)、10001 柜

从测试数据来看，10KV 系统在无功补偿兼滤波装置未投入的情况下，10111 柜的 3 次、5 次和 7 次谐波含量均较低，但 11 次、13 次谐波含量较大，当无功补偿兼滤波装置（3 次和 5 次滤波支路）投入的情况下，3 次、5 次和 7 次谐波含量均较低，11 次和 13 次谐波均有所降低（5 次滤波支路对 11 次及以上谐波有一定的滤波效果，但较弱），但仍较大。

2、主井提升机

从测试数据来看，由于主井提升机为 2 组 6 脉冲整流组成 12 脉冲的整流，故单组的低压 6 脉冲的整流系统谐波非常严重。但当两组 6 脉冲的整流器合成的系统中，通过移相抵消了大部分的谐波，故在提升机的 10KV 侧，3 次、5 次、7 次谐波已经被系统很好的抵消，11 次及以上谐波也大大的降低。故主井提升机系统的谐波含量较为理想。

3、变频器

从测试数据来看，变频器产生的谐波较大，5次、7次、11次谐波均超标或接近标准值，13次、17次和19次谐波含量也较大，谐波含量较为复杂，严重影响了系统的电压，导致系统电压畸变率较大，从而影响了整个选煤厂低压系统的正常运行。

第四篇 解决方案

1、10KV 侧

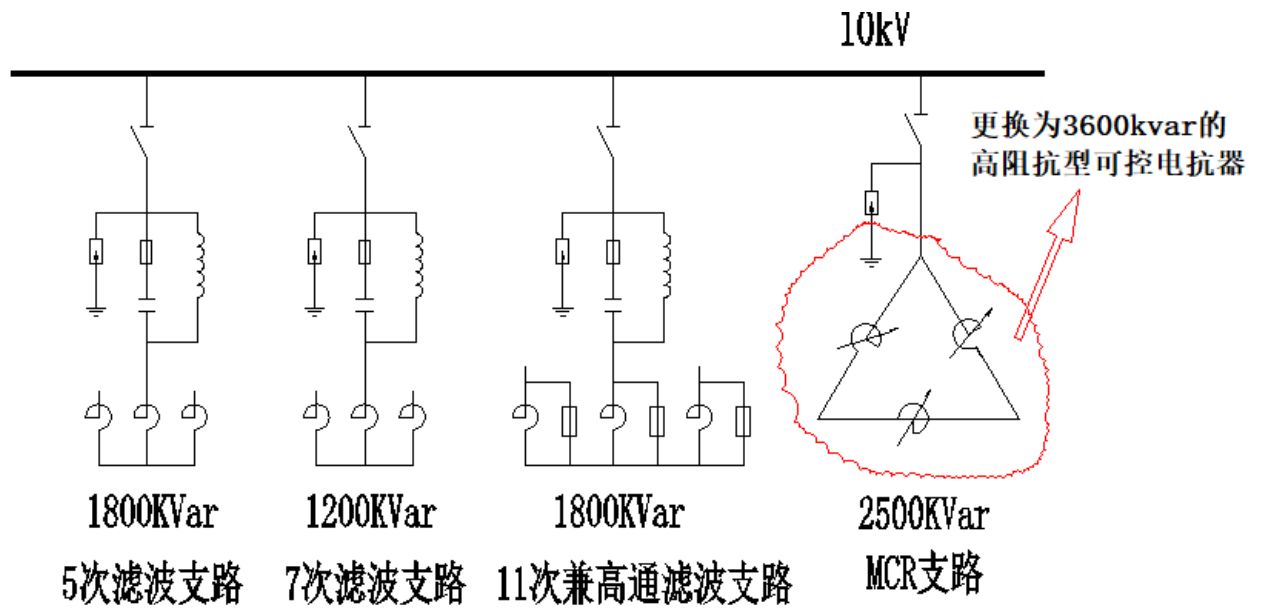
10KV 侧谐波主要为 11 次及 13 次谐波，由于系统中的补偿兼滤波装置，设 3 次、5 次、7 次和 11 次兼高通 4 次滤波通道，故建议将来的投入方案进行改动，将原来的 3 次和 5 次投入改为 5 次、7 次和 11 次兼高通投入。

通过现场投切试验和仪器测试，在不投入 3 次滤波支路的情况，对系统的 3 次谐波无放大情况。故在不投入 3 次滤波支路的情况下，整套无功补偿兼滤波装置的运行时安全可靠的。

当投入 5 次、7 次和 11 次支路时，根据补偿装置的参数，整个电容器组的输出容量达到了 3400kvar，而磁控电抗器的容量为 2500kvar，故在低负荷时容易出现电容过补，且磁控电抗器的响应时间较慢。故，给出以下两种方案供选择：

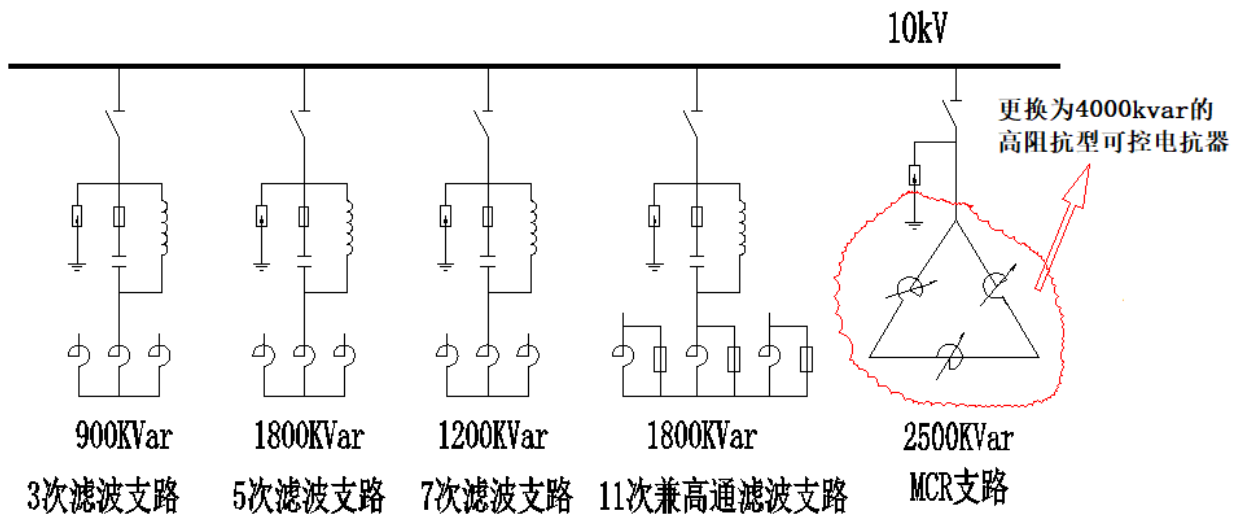
方案 1：

新换 1 套容量为 3600kvar 的高阻抗型可控电抗器，使整套装置实现 0~3400kvar 连续调节，且高阻抗型可控电抗器的响应时间 $<30\text{ms}$ ，即保证了功率因数，同时又保证了滤波效果（如下图）。



方案 2 :

如果后期需要增加负荷,而 3400kvar 的补偿容量无法达到系统无功需求的时候,则需要考虑投入 3 次滤波支路,故总的电容器组输出容量约为 4000kvar,则需新换 1 套容量为 4000kvar 的高阻抗型可控电抗器,使整套装置实现 0~4000kvar 连续调节(如下图)。



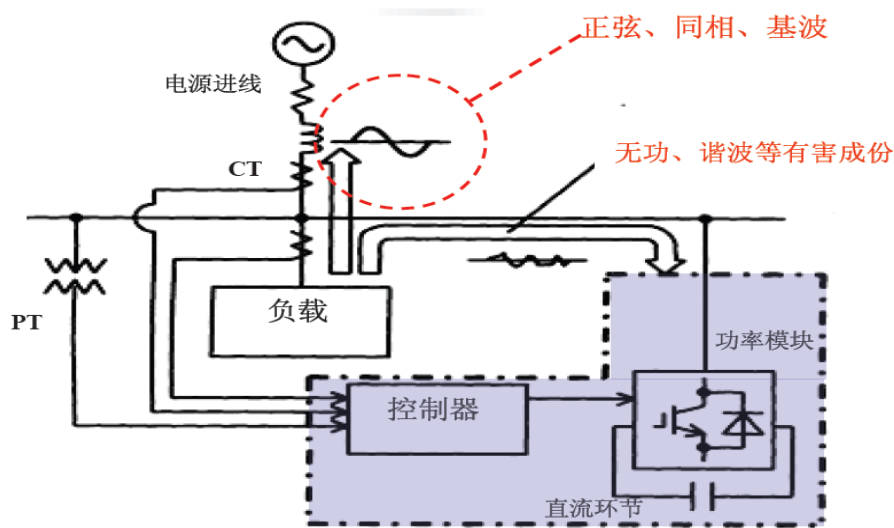
2、选煤厂变频系统

根据系统测试数据和整个系统的配置情况,目前谐波最严重的为选煤厂低压变频系统,由于本次低压端无 CT,通过甲方的钳形仪器的二次

侧转换而来，谐波经过了仪器有一定的损失，或对变比有一定的误差，故变频系统的谐波含量或许更严重。

由于系统谐波含量大，谐波情况复杂，普通的无源滤波装置较难解决此类问题，且现场空间有限，故建议对低压变频系统安装有源滤波装置，对系统谐波进行有效的治理。

有源滤波装置 APF 工作原理：YAPF 是一个三相输出灵活的受控电流源，通过控制装置交流侧输出的电流，向电网中注入一个与系统谐波电流大小相等、方向相反的补偿电流，就可以达到消除谐波电流，使电网侧电流成为正弦的目的。



测试的低压变频器的谐波总有效值为 140A，补偿裕度按 50%考虑，则 APF 的滤波容量=140A*1.5=210A，由于测试的数据存在一定的误差，故预留一定的误差余量，按 250A 配置。

杭州银湖电气设备有限公司

2018.7