

ZLRS 上海工厂配电网 电能质量测试分析报告

1. 项目背景

ZLRS 与 FLUKE 公司有意向进行工厂预测性维护方面的合作，希望 FLUKE 公司给其提供相应测试解决方案，并指定 ZLRS 上海工厂作为试点企业。为此 FLUKE 公司组织有关技术人员，于 2014 年 11 月利用 FLUKE 435-II 电能质量测试分析仪对 ZLRS 融氏上海工厂的配电网 0.38kV 低压配电系统进行了电能质量测试与分析。

通过检测，展示了 FLUKE 435-II 电能质量测试分析仪对工厂配电网电能质量测试与分析的能力。

2. 测试概况

测试点见表 1。

表 1 ZLRS 上海工厂测试点分布

序号	测试点
1	年产 10 万吨 F55 果葡糖浆项目（1# 变压器）配电站

2.1 配电路线图如下：



2.2 测试仪器

FLUKE 435-II 高级电能质量分析仪

2.3 测试时间

2014 年 11 月 21 日

3 依据标准

- GB/T 14549-93 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 12325-2008 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 15945-2008 电能质量 电力系统频率偏差
- GB/T 12326-2008 电能质量 电压波动和闪变
- GB/T 15543-2008 电能质量 三相电压不平衡

4 数据分析、存在问题与建议解决方案

4.1 1# 变压器配电站 0.38kV 母线电压和总进线电流测试分析



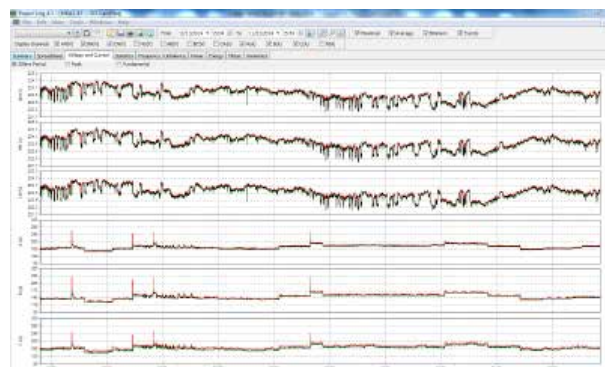
4.1.1 测试说明

此测试点位于工厂 1# 变压器 0.38kV 电压母线和总进线电流处，通过测试可以掌握该段 0.38kV 母线的电能质量状况。

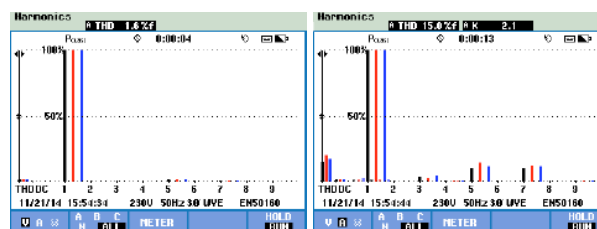
测试点下游负载包括大量的进料泵、出料泵、计量泵和水泵等工艺设备，其中部分加装了变频器用于工艺流程控制。

4.1.2 测试分析结果

测试工况下 1# 变压器 0.38kV 母线电压和馈线总电流测试分析结果如下：



电压电流趋势图



电压谐波柱状图

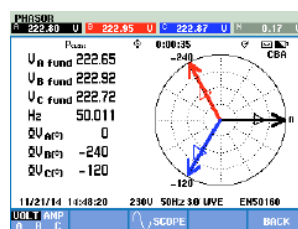
电流谐波柱状图

表 2 1# 变压器 0.38kV 母线电压谐波测试分析结果 (A 相为例)

参数	A 相					限值	
	最大值	平均值	最小值	95% 值	结论		
基波电压 (kV)	224.70	223.59	222.00	224.40	—	—	
2 至 50 次谐波电压含有率 (%)	2	0.10	0.04	0.02	0.06	合格	2.00
	3	0.20	0.13	0.10	0.15	合格	4.00
	4	0.03	0.01	0.00	0.02	合格	2.00
	5	1.47	1.23	0.90	1.40	合格	4.00
	6	0.08	0.02	0.01	0.03	合格	2.00
	7	0.89	0.66	0.52	0.79	合格	4.00
	8	0.06	0.02	0.00	0.03	合格	2.00
	9	0.07	0.04	0.01	0.05	合格	4.00
	10	0.02	0.01	0.00	0.01	合格	2.00
	11	0.43	0.25	0.11	0.34	合格	4.00
	12	0.02	0.00	0.00	0.01	合格	2.00
	13	0.24	0.13	0.04	0.19	合格	4.00
	14	0.02	0.01	0.00	0.01	合格	2.00
	15	0.06	0.03	0.01	0.05	合格	4.00
	16	0.02	0.01	0.00	0.01	合格	2.00
	17	0.19	0.13	0.07	0.17	合格	4.00
	18	0.01	0.01	0.00	0.01	合格	2.00
	19	0.19	0.15	0.10	0.18	合格	4.00
	20	0.01	0.00	0.00	0.01	合格	2.00
	21	0.05	0.03	0.02	0.04	合格	4.00
	22	0.01	0.00	0.00	0.01	合格	2.00
	23	0.11	0.06	0.03	0.08	合格	4.00
	24	0.01	0.01	0.00	0.01	合格	2.00
	25	0.16	0.13	0.09	0.15	合格	4.00
	26	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	27	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	4.00
	28	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	29	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	4.00
	30	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	31	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	4.00
	32	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	33	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	4.00
	34	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	35	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	4.00
	36	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	37	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	4.00
	38	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	39	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	4.00
	40	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	41	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	4.00
	42	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	43	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	4.00
	44	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	45	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	4.00
	46	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	47	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	4.00
	48	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	49	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	4.00
	50	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	2.00
	电压总畸变率 (%)	1.73	1.47	1.19	1.63	合格	5.00
短时间闪变 (1)	0.17	0.13	0.00	0.17	—	—	
长时间闪变 (1)	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.00	

表 3 1# 变压器 0.38kV 馈线总电流谐波测试分析结果 (B 相为例)

参数	A 相					限值	
	最大值	平均值	最小值	95% 值	结论		
基波电压 (kV)	224.70	223.59	222.00	224.40	—	—	
2 至 50 次谐波电压含有率 (%)	2	1.81	0.49	0.18	0.80	合格	39.00
	3	5.13	2.56	1.56	3.14	合格	31.00
	4	2.29	0.90	0.15	1.48	合格	19.50
	5	37.29	18.21	13.67	21.59	合格	31.00
	6	0.72	0.27	0.08	0.39	合格	13.00
	7	30.62	16.07	12.45	18.33	合格	22.00
	8	0.60	0.26	0.13	0.34	合格	9.50
	9	1.54	0.53	0.31	0.66	合格	10.50
	10	0.34	0.11	0.05	0.17	合格	8.00
	11	8.32	4.82	3.19	5.75	合格	14.00
	12	0.23	0.07	0.03	0.09	合格	6.50
	13	2.90	1.36	0.41	1.94	合格	12.00
	14	0.19	0.06	0.03	0.11	合格	5.50
	15	0.60	0.30	0.11	0.42	合格	6.00
	16	0.20	0.07	0.03	0.13	合格	4.85
	17	3.85	2.08	1.39	2.53	合格	9.00
	18	0.13	0.04	0.02	0.06	合格	4.30
	19	2.73	1.63	0.95	1.98	合格	8.00
	20	0.15	0.05	0.03	0.08	合格	3.90
	21	0.76	0.39	0.24	0.46	合格	4.45
	22	0.13	0.06	0.03	0.08	合格	3.55
	23	1.10	0.72	0.39	0.91	合格	7.00
	24	0.16	0.06	0.03	0.08	合格	3.25
	25	1.41	0.96	0.73	1.09	合格	6.00
	26	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65
	27	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	3.50
	28	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65
	29	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	3.50
	30	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65
	31	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	3.50
	32	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65
	33	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	3.50
	34	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65
	35	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	3.50
	36	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65
	37	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	3.50
	38	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65
	39	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	3.50
	40	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65
	41	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	3.50
	42	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65
	43	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	3.50
	44	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65
	45	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	3.50
	46	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65
	47	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	3.50
	48	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65
	49	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	3.50
	50	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.65



电压矢量图

表 4 2#0.38kV 母线其他电能质量参数分析结果

参数	最大值	平均值	最小值	95% 值	结论	限值
电压总畸变率 (%)	1.73	1.47	1.19	1.63	合格	5.00
短时间闪变 (1)	0.17	0.13	0.00	0.17	—	—
长时间闪变 (1)	0.00	0.00	0.00	0.00	合格	1.00
负序电压不平衡度 (%)	0.21	0.02	0.00	0.04	合格	2.00
有功功率 (kW)	154.40	107.52	90.57	119.17	—	—
频率偏差 (Hz)	50.03	50.00	49.96	±0.03	合格	±2.00

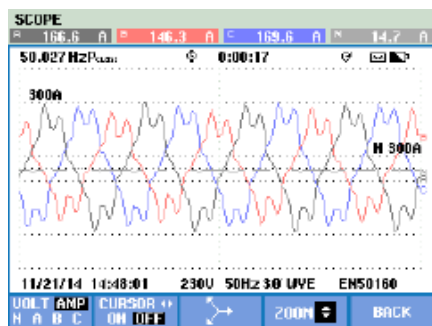
从以上可以看出：

在测试工况下，1# 变压器 0.38kV 母线电压偏差、电压总谐波畸变率和各次谐波电压含有率、负序电压和电压闪变均满足国标标准要求。但 1# 变压器 0.38kV 谐波电流偏高，5 次和 7 次谐波电流的 95% 概率大值已经接近限值。这主要是由于馈线下大量的变频器产生了 5 次和 7 次谐波电流，并注入系统所造成。

4.2 存在问题与解决方案

(1) 存在问题

1# 变压器 0.38kV 母线馈线电流的时域波形如下图所示。



由左图可以看出 1# 变压器馈线电流的时域波形已经严重畸变了，这是由于变频器的 6 脉冲整流电路所产生的较为严重的谐波问题。

(2) 谐波的危害

1) 对通信线路的影响：

谐波会对邻近的通信系统产生干扰，引进噪声，降低通信质量，甚至造成故障。

2) 对机房安全的影响：

谐波会引起局部的并联谐振和串联谐振，导致供电的安全性严重下降，谐振会导致电容柜电容及保护元器件、母排烧毁。通过谐波治理，可降低发生故障概率。

3) 对变压器的影响：

变压器由于过大的谐波电流而产生附加损耗，从而引起过热，使绝缘介质老化加速，导致绝缘损坏。

4) 对电力电容器的影响：

电力电容器的容性阻抗特性，以及阻抗和频率成反比的特性，使得电容器容易吸收谐波电流而引起过载发热；容易构成谐波谐振，使电容器发热导致绝缘击穿的故障增多。

5) 对断路器的影响：

谐波电流的发热作用大于有效值相等的工频电流，能降低热元件的发热动作电流。因此谐波含量较高的电流能使断路器的开断能力降低。因此加大了断路器容量的配置。

6) 对继电保护的影响：

使低压配电系统低压进线柜的电压保护由于相位变化而误动或拒动。

7) 对电缆线的影响：

在电力系统中，因为趋肤效应，高的谐波频率增加了导线的谐波电阻。因此谐波电流会增加线路损耗，并降低线路的传输能力。此外谐波还可能引起浸渍绝缘局部放电，加速电缆绝缘老化，缩短电缆的使用寿命。

8) 对电度表的影响：

如果加于电度表的电压、电流的波形为非正弦波，使工作磁通的波形变为非正弦波，任何非正弦波均可分解为一系列高次谐波，同频高次谐波磁通之间相互作用会产生附加力矩，因而引起附加误差，甚至造成计量混乱。

(3) 建议解决方案

由表 4 可以计算出配电馈线谐波电流含量约为 40A，考虑到经济性，可以在 1# 变压器 0.38kV 母线靠近馈线附近设置 30A 有源滤波器 (APF)，以滤除变频器产生的 75% 的谐波电流。不过此次测试并非在满载工况下，因此还需要进一步检测并分析，以了解负载状况，给出最佳的解决方案。