



## 图腾柱 TPFC 测试报告

乔凯

2020年7月

# 目录

1. 设计规格.....	3
2. 实验设备.....	3
3. 上电操作注意事项 .....	3
4. 测试结果.....	4
4.1. 稳态波形.....	4
4.2. 缓起启机.....	6
4.3. 负载突切.....	7
4.4. 输入交流电压突变 .....	10
4.5. 不同功率段下的效率、PF 和 THD .....	12

## 1. 设计规格

输入 AC 电压范围	85 到 265 Vrms
电网频率范围	50-60 Hz
最大输入电流	5.2 Arms (600 W at 115 Vrms; 1.2 kW at 230 Vrms)
输出母线电压	390 V
最大功率	600 W at 115 Vrms; 1.2 kW at 230 Vrms
启机负载条件	0 W
最大负载阶跃	支持全功率段负载阶跃

## 2. 实验设备

- 输入 AC Source
- 输出可调电子负载 (可工作在 CC mode 下, 至少可承受 400 V、3.1 A)
- 功率分析仪
- 示波器
- 差分电压探头
- 电流探头

## 3. 上电操作注意事项

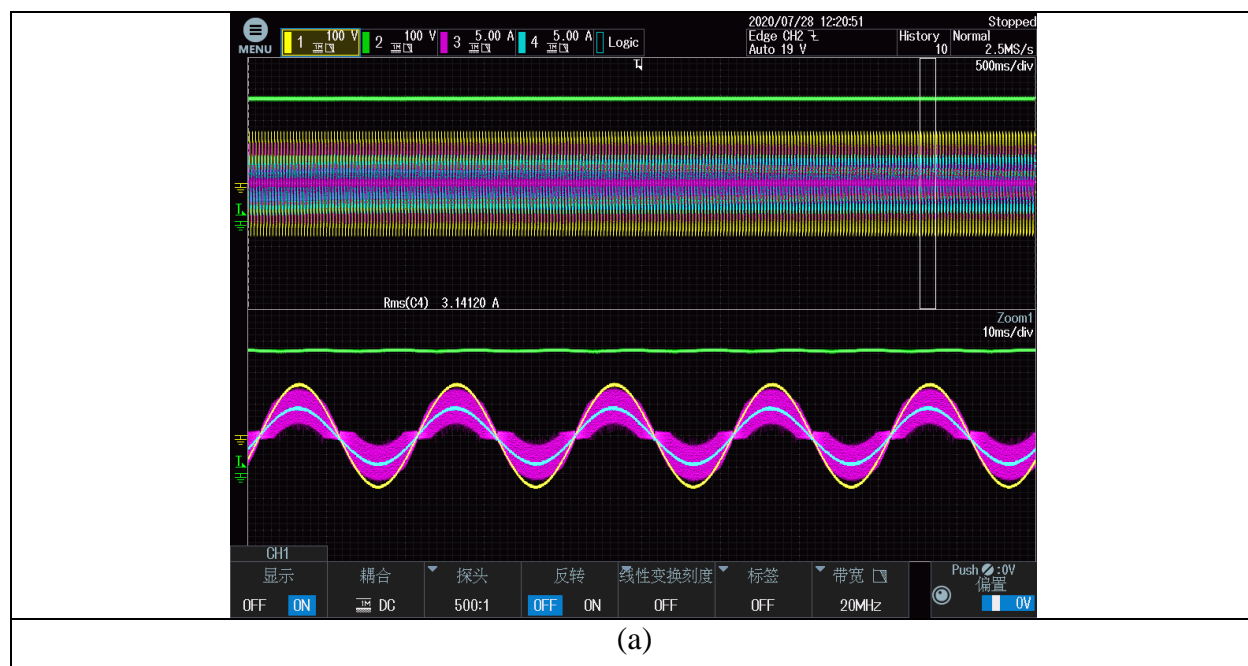
- 输入交流电源和电子负载必须与地面至少隔离 1 kV。
- 对于电压测量, 必须使用差分探头或带有隔离通道的浮动示波器。 还需要至少 1 kV 的隔离。 因此, 不应使用无源探头。
- 电子负载应处于恒定电流模式 (CC 模式)。 对于启动, 您可以将电流设置为 0~0.3A。
- 在接通输入交流电源之前, 请打开电子负载。

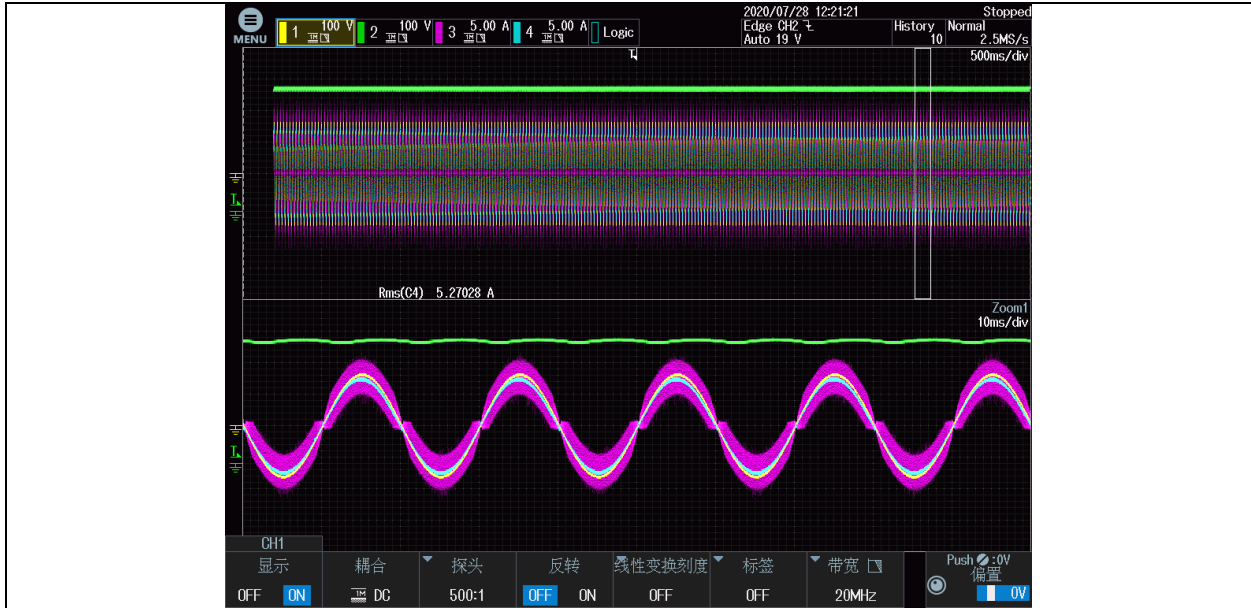
- 切勿在操作时触摸电路板。如果您需要进行任何更改，则必须先关闭输入交流电源。电子负载应保持开启状态，直到输出直流电容器完全放电为止（TPPFC 没有机载负载）。将电子负载电流设置为 0 A，然后将其关闭。然后，您可以在触碰电路板。
- 将负载保持在建议的操作限制内（600 W @ 115 Vrms； 1.2 kW @ 230 Vrms），这意味着在不同电压水平下的最大输入电流为 5.2 Arms。
- 在关闭输入交流电源之前，请勿关闭电子负载。请始终先关闭输入交流电源，然后等待直到输出电容器完全放电。

## 4. 测试结果

### 4.1. 稳态波形

下图 1 是稳态的测试波形，分别测试了电网电压为 115v 时的 300w 和 600w 以及电网电压为 230v 时的 600w 和 1200w 波形。

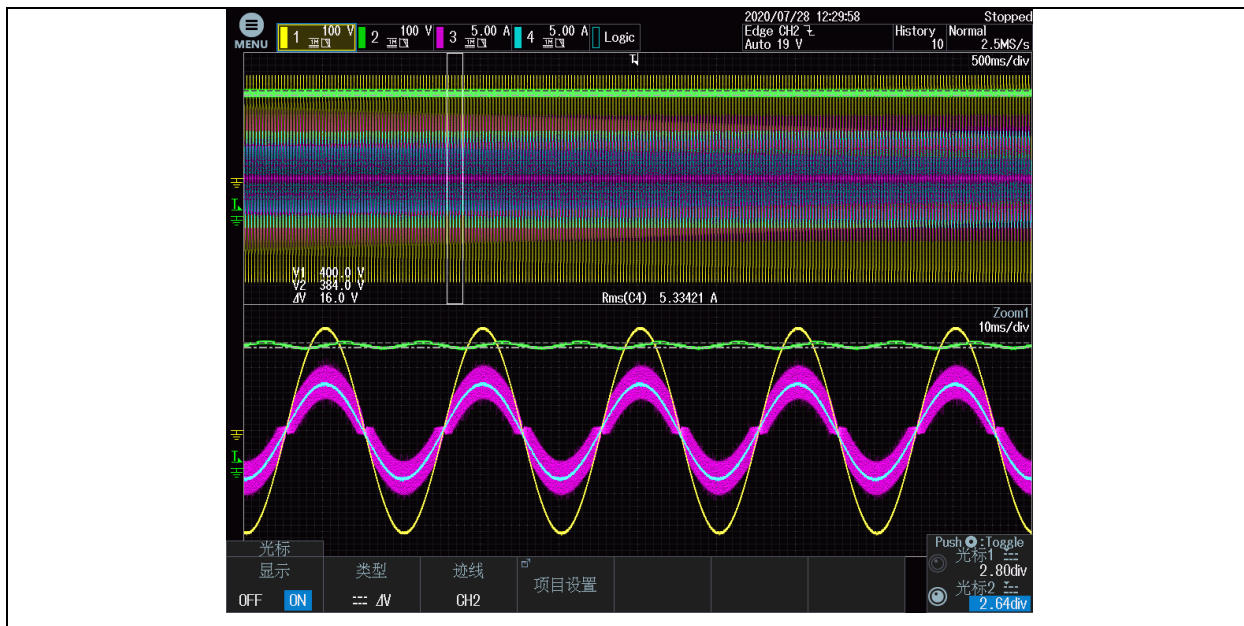




(b)



(c)

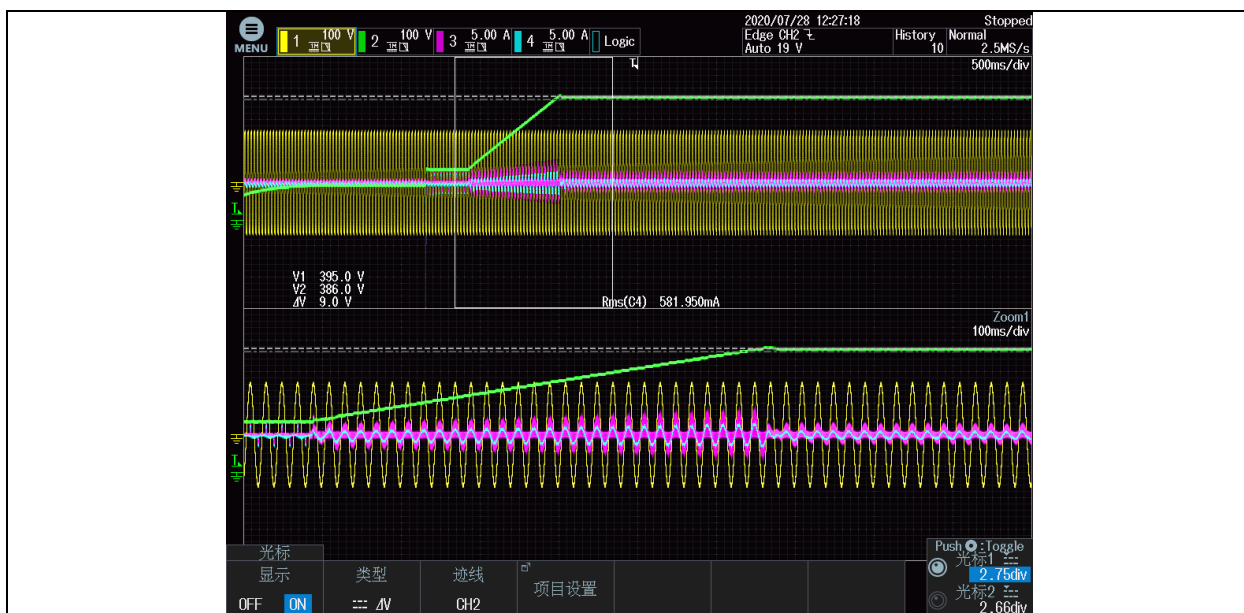


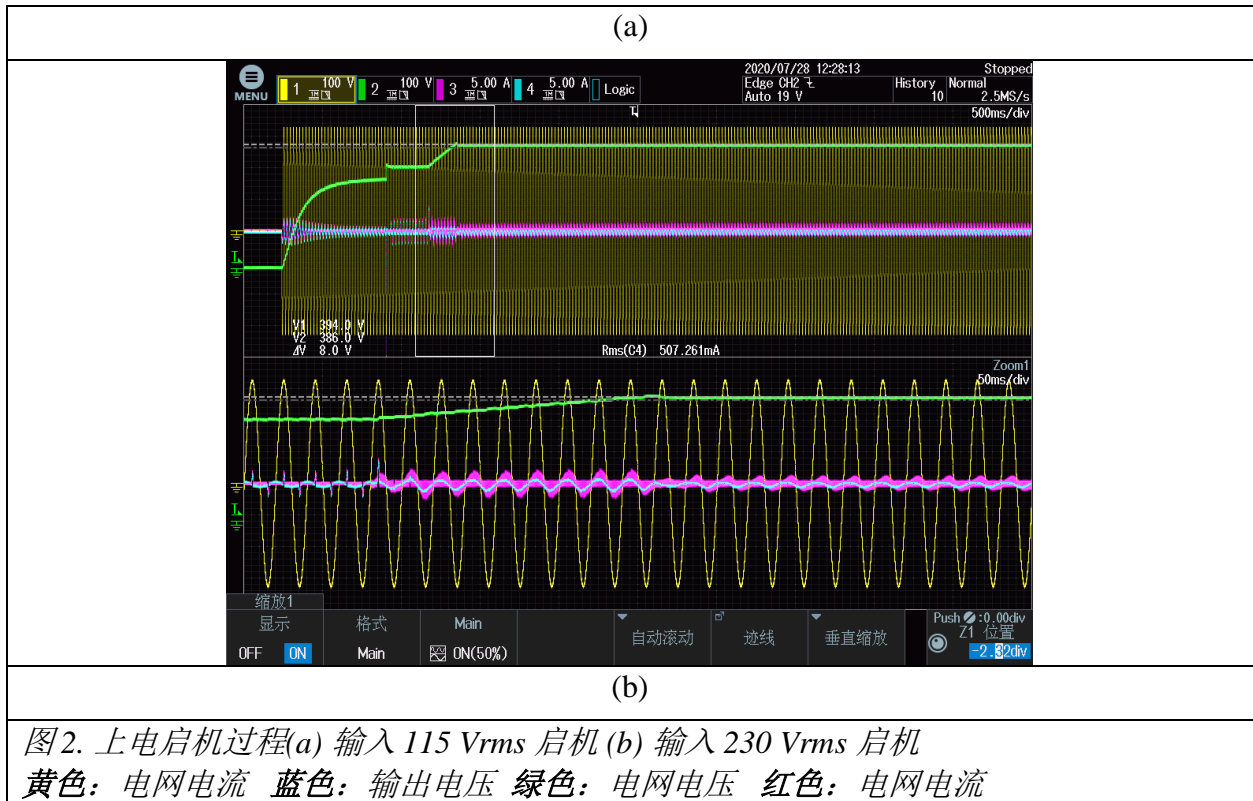
(d)

图1. 稳态工作波形(a) 输入 115 Vrms @300 w (b) 输入 115 Vrms @600 w  
(c)输入 230 Vrms @600 w (d) 输入 230 Vrms @1200 w  
黄色: 电网电压 蓝色: 电网电流 绿色: 输出电压 红色: 电感电流

## 4.2. 缓起启机

通过在软件中设置受控速率，将输出电压参考  $V_{out\_Ref}$  从初始实际电压略微增加到标称电压参考，TPPFC 可以满足软启动要求。这样可以防止过冲和过大的输入电流，并且还可以减小组件上的压力。





### 4.3. 负载突切

在操作过程中，PFC 的负载可能会立即变化。因此，应设计为在负载阶跃响应的情况下具有快速响应。用于阶跃响应测试的 TPPFC 的输入 AC 电压为 230 Vrms，在该电压下，实验了不同的负载阶跃：0%-50%-100%-50%-0%和 0%-100%-0%。

负载响应动态测试验证了电源模块对干扰的响应能力。

下图 3、4、5、6、7、8 就展示了以上描述的负载突切的波形。



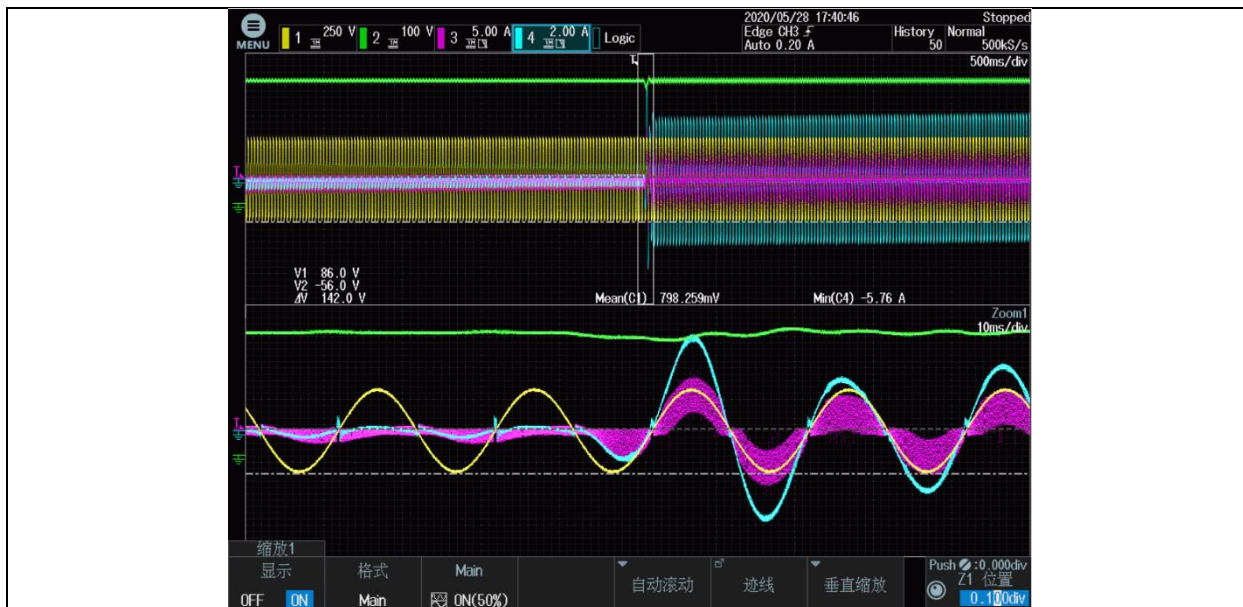


图3. 负载从0w 切到600w。  
 黄色：电网电压 蓝色：电网电流 红色：电感电流 绿色：输出电压。

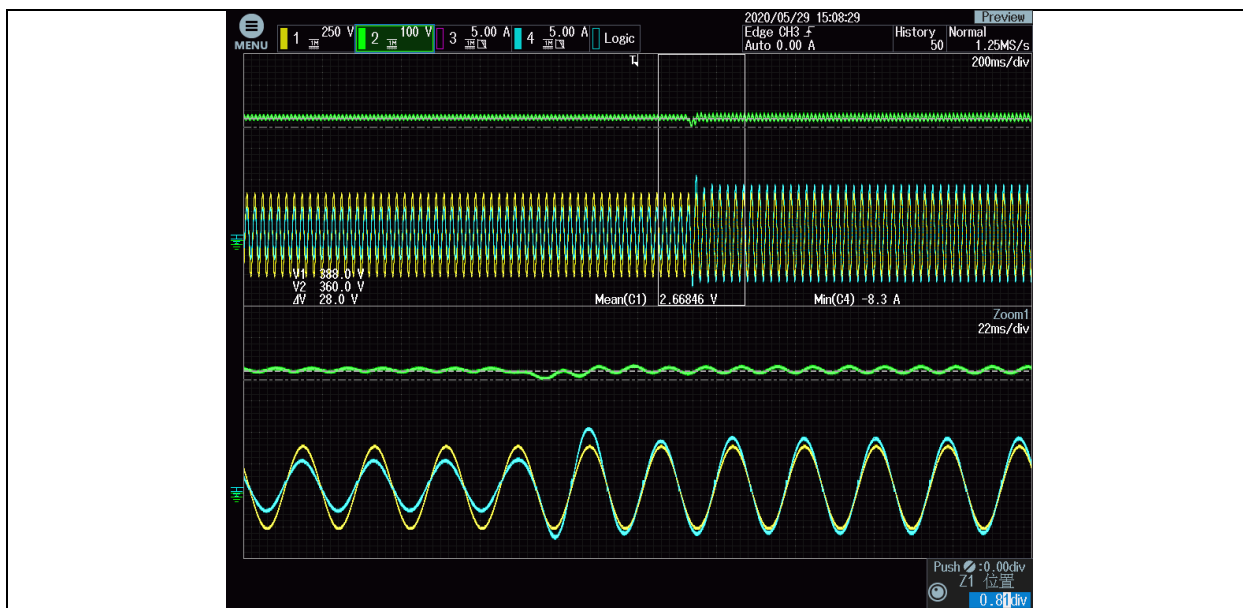


图4. 负载从600w 切到1200w。  
 黄色：电网电压 蓝色：电网电流 绿色：输出电压。



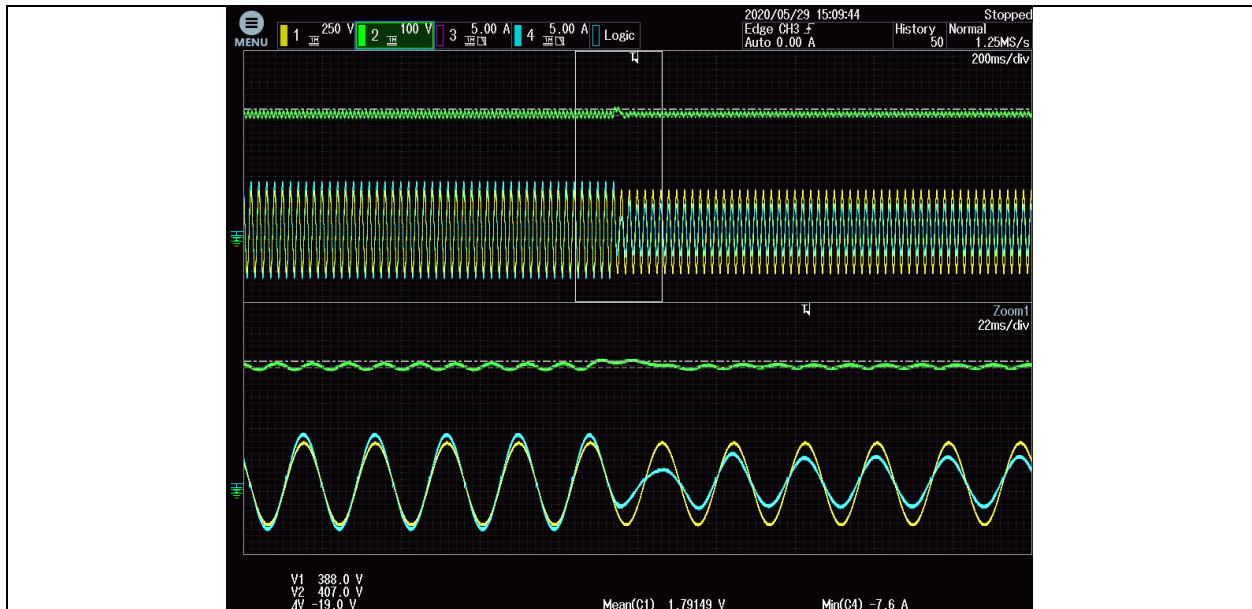


图5. 负载从1200w 切到600w。  
 黄色：电网电压 蓝色：电网电流 绿色：输出电压。

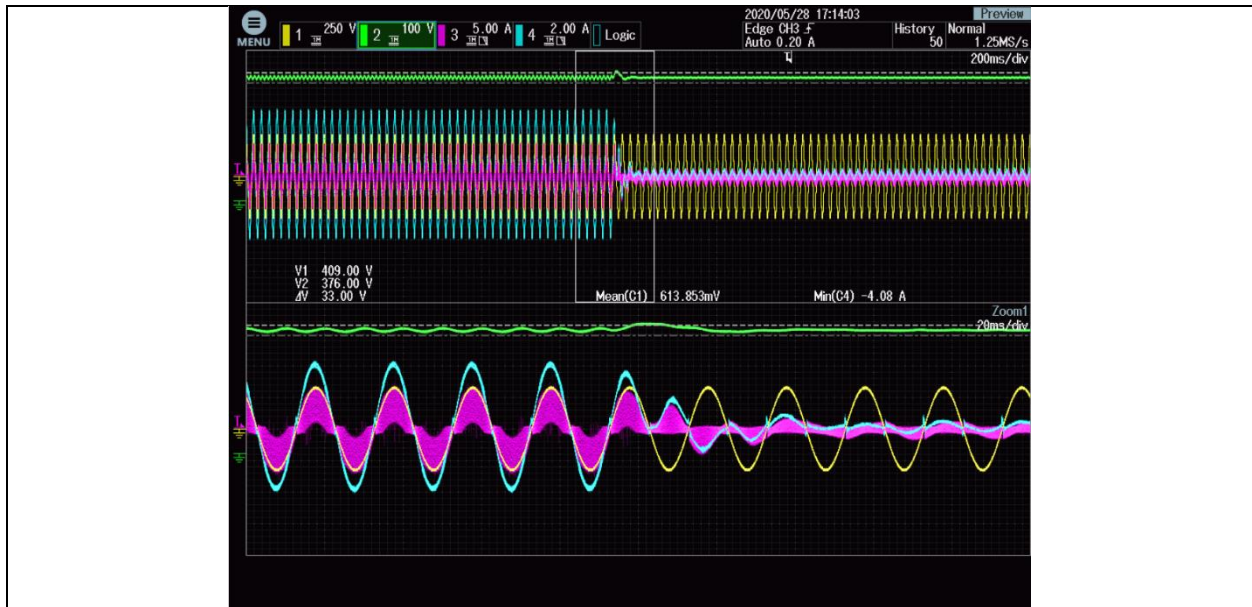


图6. 负载从600w 切到0w。  
 黄色：电网电压 蓝色：电网电流 红色：电感电流 绿色：输出电压。



图7. 负载从0w 切到1200w。

黄色：电网电压 蓝色：电网电流 红色：电感电流 绿色：输出电压。

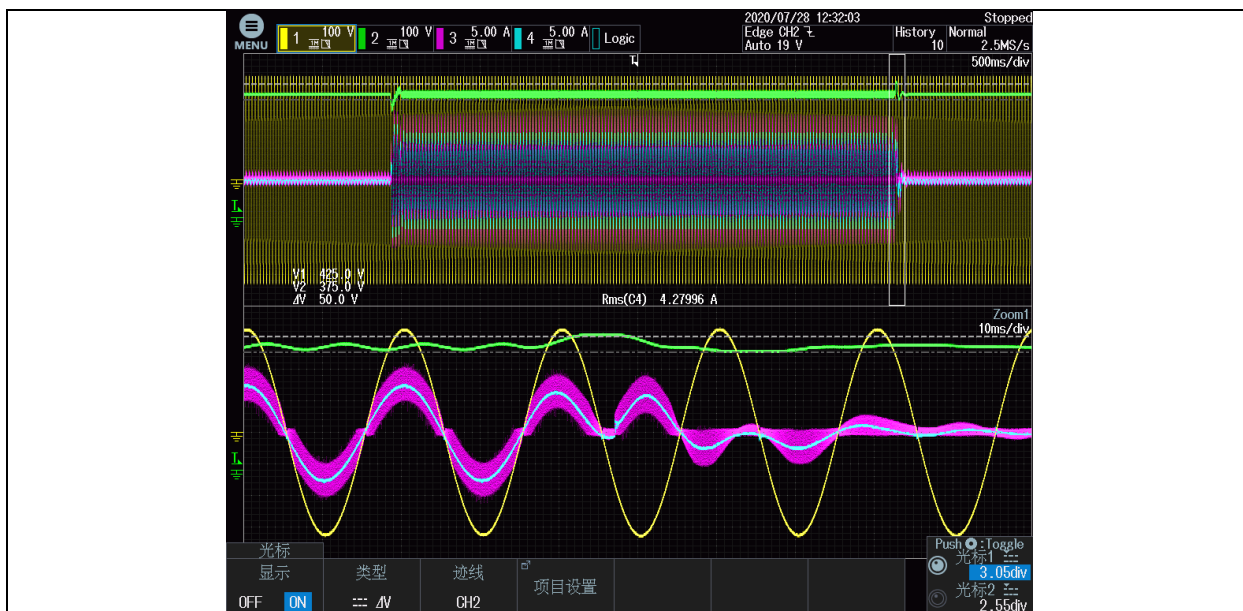


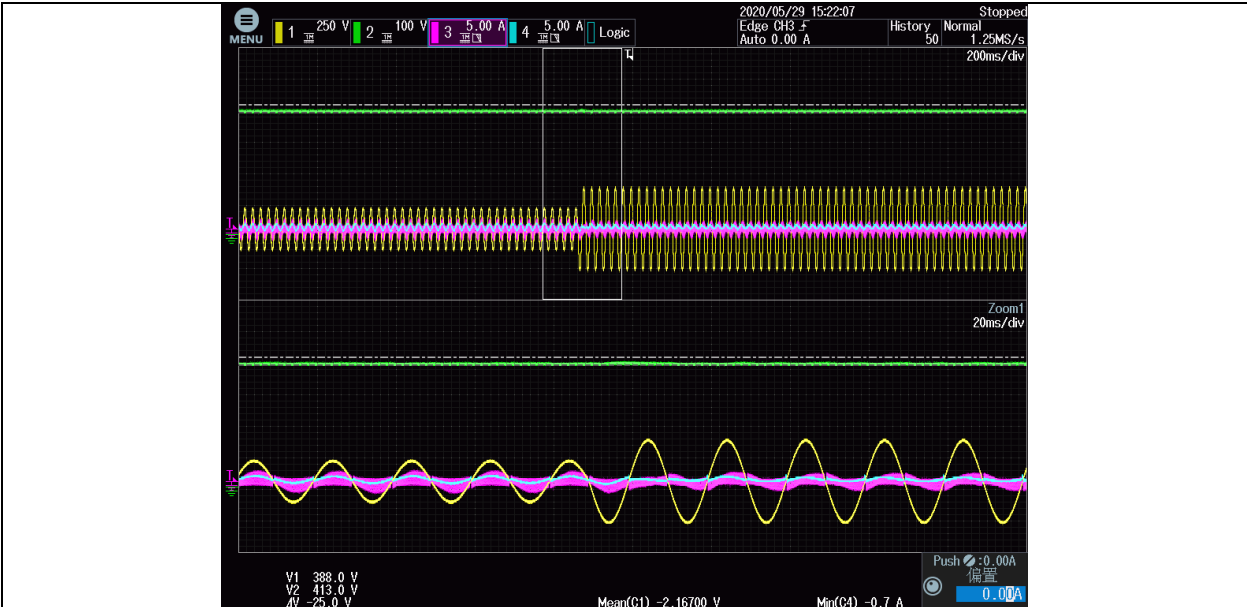
图8. 负载从1200w 切到0w。

黄色：电网电压 蓝色：电网电流 红色：电感电流 绿色：输出电压。

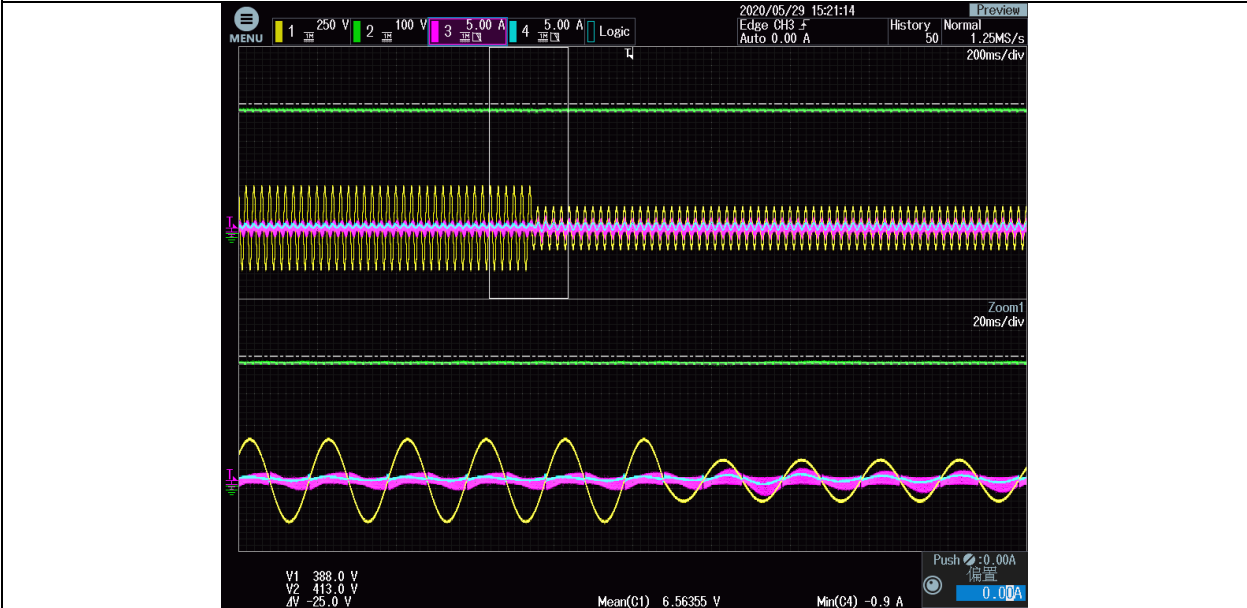
#### 4.4. 输入交流电压突变

本节展现了在无负载和 600 W 负载下，输入 AC 电压变化对 TPPFC 工作的影响。

图 15 和图 16 展示了负载分别为 0w 以及 600w 时输入电压突变的波形。



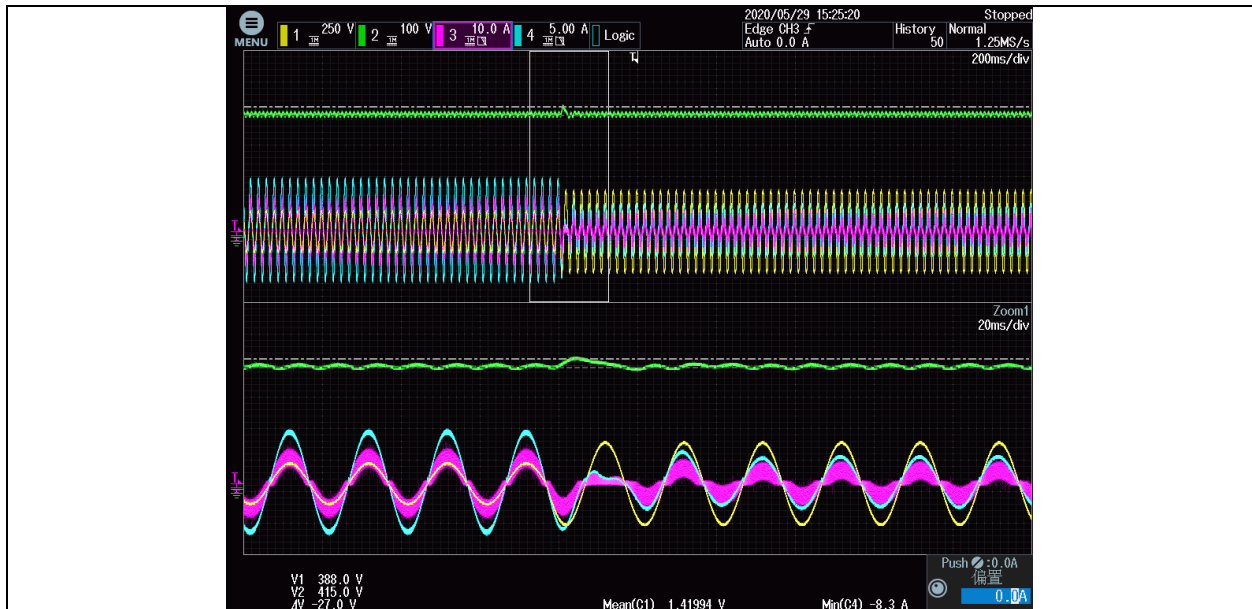
(a)



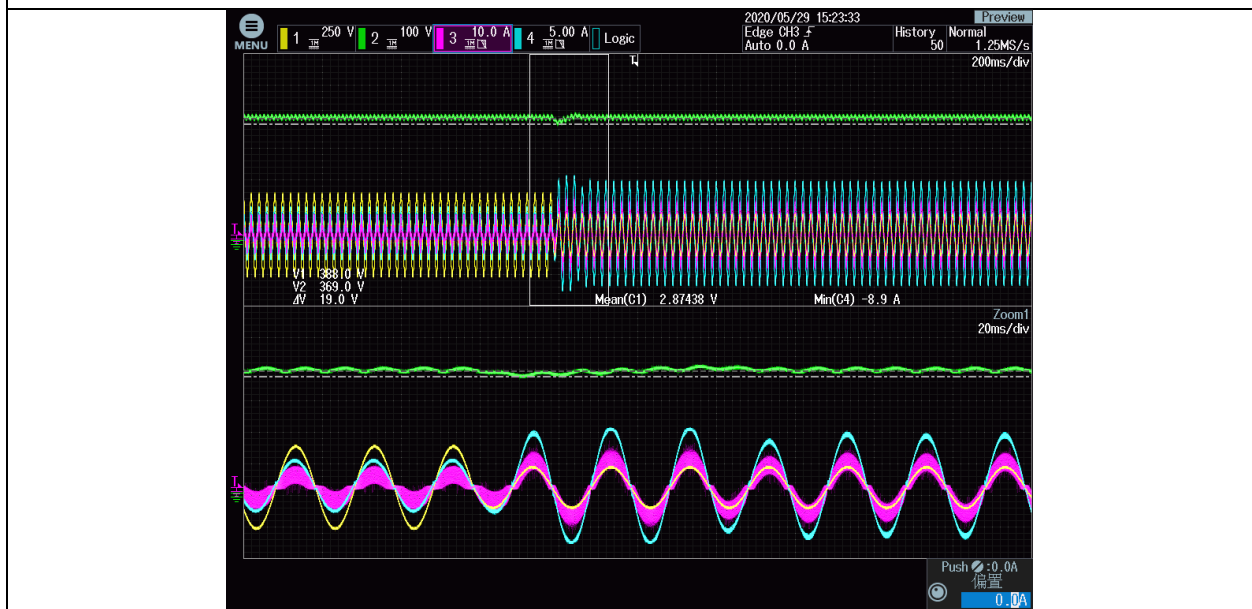
(b)

图 15. 输出为空载时输入电压突变时的波形 (a) 115 Vrms 切到 230 Vrms (b) 230 Vrms 切到 115 Vrms.

黄色：电网电压 蓝色：电网电流 红色：电感电流 绿色：输出电压。



(a)



(b)

图 15. 输出为 600w 时输入电压突变时的波形 (a) 115 Vrms 切到 230 Vrms (b) 230 Vrms 切到 115 Vrms.

黄色：电网电压 蓝色：电网电流 红色：电感电流 绿色：输出电压。

#### 4.5. 不同功率段下的效率、PF 和 THD

本节显示了在 100 W 至满负载范围内的不同负载下的低压（115 Vrms）和高压（230 Vrms）条件的结果。

下图中图 19 和图 20 就展示了效率以及 PF 的情况。

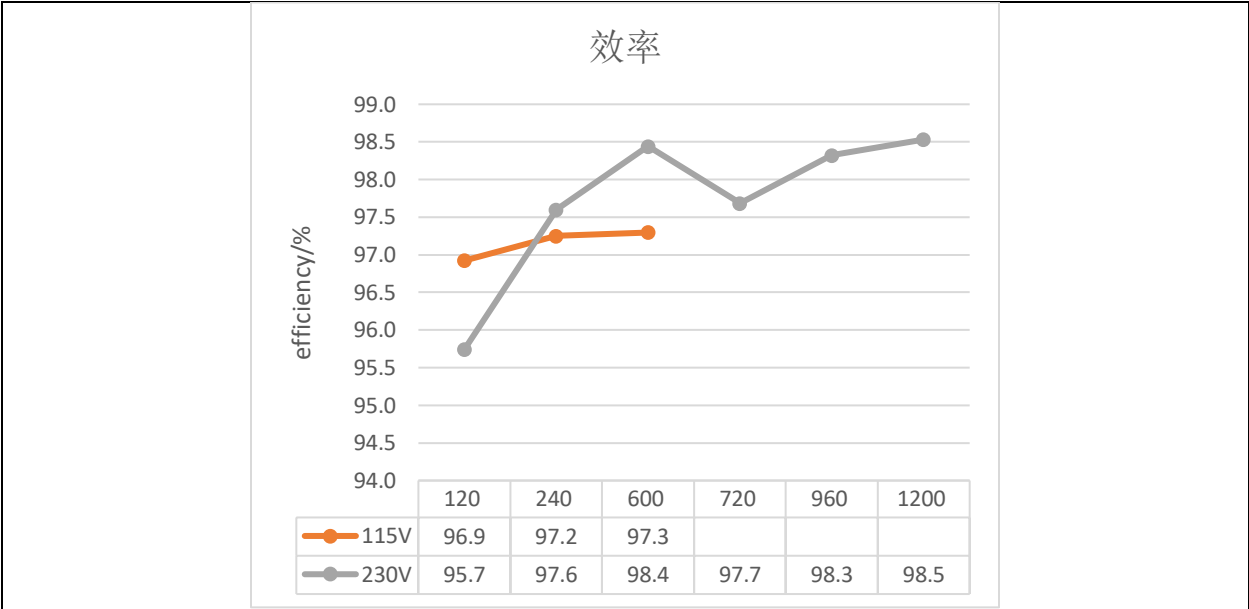


图19. TPPFC 效率

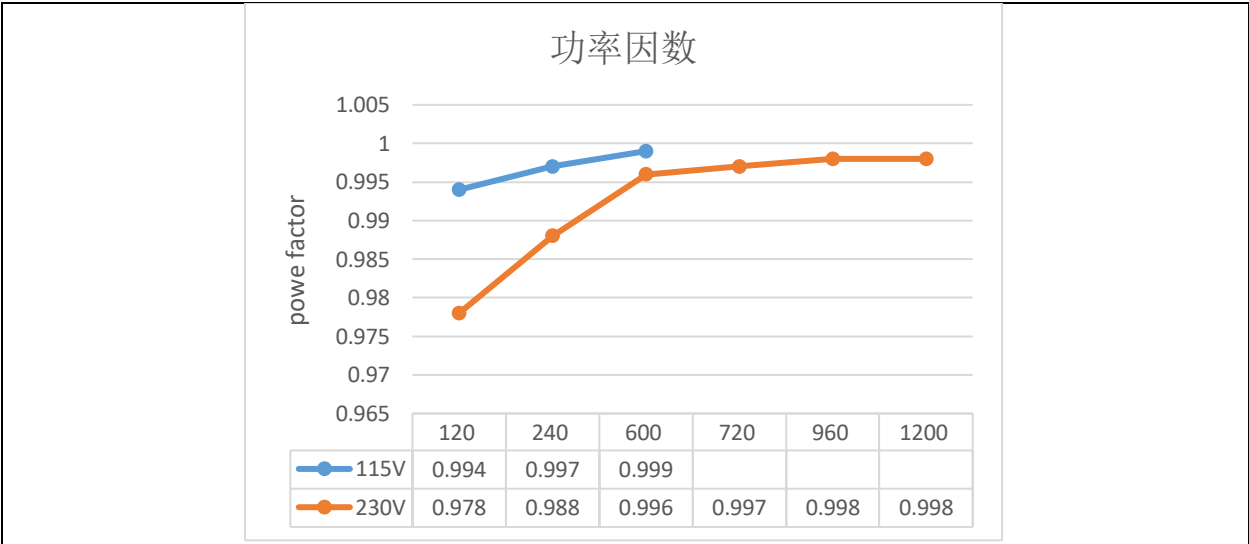


图20. TPPFC 功率因数

表一的数据是电网电流 THD 结果。

P <sub>out</sub> (W)	THD%		P <sub>out</sub> (W)
	230 V <sub>AC</sub>	115 V <sub>AC</sub>	
240	7.83%	7.3%	120
720	2.9%	3.53%	240
1200	2.1%	1.83%	600

No	%ofload	V <sub>in</sub> (V)	I <sub>in</sub> (A)	V <sub>out</sub> (V)	I <sub>out</sub> (A)	P <sub>in</sub> (W)	P <sub>out</sub> (W)	Eff%	THD	PF
1	10%	115	1.13	390	0.323	130	126	0.969	7.30%	0.994
2	20%	115	2.19	389.9	0.626	250.9	244	0.972	3.53%	0.997
3	50%	115	5.48	389.9	1.55	625	608.1	0.973	1.83%	0.999
4	60%	115								
5	80%	115								
6	100%	115								
7	10%	230	0.57	229	0.311	131.5	125.9	0.957	17%	0.978
8	20%	230	1.09	229.7	0.62	249.8	243.8	0.976	7.83%	0.988
9	50%	230	2.67	229.2	1.55	623	613.3	0.984	3.30%	0.996
10	60%	230	3.2	229.4	1.85	743.3	726.1	0.977	2.90%	0.997
11	80%	230	4.23	229.2	2.46	977.8	961.4	0.983	2.40%	0.998
12	100%	230	5.16	229.1	3.1	1226	1208	0.985	2.10%	0.998