Mahda
EMBEDDED SYSTEMS

شرکت مهندسی مهدا

راهنمای کاربر

پاورآنالایزرهای سری MA-PA3

MA-PA3 Series Power Analyzer
User Guide

ویرایش ۳

تیر ۱۴۰۰

چکیده

شرکت مهندسی مهدا، به عنوان عضو کوچکی از مجموعه شرکت‌های دانش‌بنیان، خود را قدردان حمایت شما هم‌میهن عزیز می‌داند.

در این نوشتار، مشخصات فنی، قابلیت‌ها، نحوه راه‌اندازی و استفاده از پاورآنالایزرهای سری MA-PA3 ساخت شرکت مهندسی مهدا به تفصیل بیان شده است.

فهرست مطالب

۱ معرفی ۶
۱-۱ ویژگی‌های بارز..... ۶
۱-۱-۱ ویژگی‌های عمومی دستگاه..... ۶
۲ مشخصات سخت‌افزاری ۷
۲-۱ نحوه اتصال انواع سیگنال‌ها به کانال‌های ورودی پاورآنالایزر..... ۷
۳ مشخصات نرم‌افزاری ۱۰
۳-۱ سربرگ Dashboard..... ۱۱
۳-۱-۱ سربرگ Overview..... ۱۱
۳-۱-۲ سربرگ Waveforms..... ۱۲
۳-۲ سربرگ Analyzer..... ۱۲
۳-۲-۱ سربرگ Vector..... ۱۳
۳-۲-۲ سربرگ Trend View..... ۱۳
۳-۲-۳ سربرگ Scalar View..... ۱۷
۳-۲-۴ سربرگ Power..... ۱۷
۳-۳ سربرگ Harmonics..... ۱۸
۳-۴ سربرگ Setting..... ۱۸
۳-۴-۱ سربرگ Configuration..... ۱۸
۳-۴-۲ سربرگ Scaling..... ۱۹
۳-۴-۳ سربرگ Log Setting..... ۲۰
۳-۴-۴ سربرگ Network..... ۲۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۱–۱: دستگاه پاورآنالایزر مدل MA-PA3-08 ۶
شکل ۲–۱: نمای پنل جلویی دستگاه پاورآنالایزر ۸
شکل ۲–۱: انتخاب نوع سیم‌بندی در نرم‌افزار mPAS ۸
شکل ۲–۲: سیگنال‌های کانکتور DB9 ۹
شکل ۳–۱: نمایش اتصال یا عدم اتصال دستگاه به نرم‌افزار ۱۰
شکل ۳–۲: نمای کلی نرم‌افزار mPAS ۱۱
شکل ۳–۳: سربرگ Overview ۱۲
شکل ۳–۴: سربرگ Waveform ۱۲
شکل ۳–۵: سربرگ Vector ۱۳
شکل ۳–۶: شروع نمایش سیگنال‌ها ۱۳
شکل ۳–۷: ابزارک‌های پیمایش نمودار ۱۴
شکل ۳–۸: تنظیمات نمودار ۱۴
شکل ۳–۹: روند مقیاس‌گذاری نمودار به صورت دستی ۱۵
شکل ۳–۱۰: تغییرات اعمال شده روی نمودار پس از مقیاس‌گذاری دستی ۱۶
شکل ۳–۱۱: روند ذخیره نمودار به صورت گرافیکی ۱۶
شکل ۳–۱۲: پنجره ذخیره نمودار به صورت گرافیکی ۱۶
شکل ۳–۱۳: سربرگ Scalar View ۱۷
شکل ۳–۱۴: سربرگ Power ۱۷
شکل ۳–۱۵: سربرگ Harmonics ۱۸
شکل ۳–۱۶: سربرگ Configuration ۱۹
شکل ۳–۱۷: سربرگ Scaling ۱۹
شکل ۳–۱۸: نحوه تنظیم حساسیت کلمپ ها در نرم‌فزار ۲۰
شکل ۳–۱۹: سربرگ Log Setting ۲۱
شکل ۳–۲۰: سربرگ Network ۲۱

فهرست جداول

جدول ۲–۱: پین های کانکتور DB9 و عملکرد آن ۹
جدول ۳–۱: حساسیت های پرکاربرد و معادل استاندارد آن ۲۰

۱ معرفی

پاورآنالایزرهای شرکت مهندسی مهدا ابزاری جهت بررسی و تحلیل پارامترهای مرتبط با ولتاژ، جریان، کیفیت توان و انرژی در سیستم‌های قدرت سه فاز و تک فاز است. شکل ۱–۱، نمونه‌ای از یک دستگاه پاورآنالایزر ساخت این شرکت را نشان می‌دهد.

شکل ۱–۱: دستگاه پاورآنالایزر مدل MA-PA3-08

۱-۱ ویژگی‌های بارز

۱-۱-۱ ویژگی‌های عمومی دستگاه

- سرعت نمونه‌برداری بالا

سرعت نمونه‌برداری یکی از مهم‌ترین پارامترها در بازسازی سیگنال نمونه‌برداری‌شده است. در صورت نامناسب بودن این پارامتر، سیگنال نمونه‌برداری شده تفاوت زیادی با سیگنال اصلی خواهد داشت. تمامی درگاه‌های ورودی این محصول قابلیت نمونه‌برداری 128 samples/cycle (در فرکانس 50Hz) و 107 samples/cycle (در فرکانس 60Hz) را داراست.

- قدرت تفکیک بالا

این دستگاه از مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال (ADC) با دقت و صحت بسیار بالا بهره می‌برد. این مبدل، توانایی نمونه‌برداری با قدرت تفکیک ۱۶ بیت از هر کانال ورودی دستگاه را فراهم می‌کند.

- نمونه‌برداری هم‌زمان

در فرآیندهایی که به مقایسه و تحلیل چندین سیگنال در یک لحظه مشخص نیاز است، نمونه‌برداری هم‌زمان از تمامی سیگنال‌ها، ویژگی بسیار مهمی است. در این دستگاه، برای نمونه‌برداری از کانال‌های ورودی، به ازای هر کانال، از یک واحد ADC استفاده شده است. این نوع نمونه‌برداری را اصطلاحا نمونه‌برداری همزمان (Simultaneous Sampling) می‌نامند.

- تطابق زمانی دقیق

صحت در زمان‌بندی نمونه‌های دریافت‌شده، یکی از پارامترهای مهم کیفی این دستگاه به شمار می‌رود. این موضوع به طور مستقیم با پایداری زمانی اسیلاتور استفاده شده در دستگاه مرتبط است. در پاورآنالایزر سری MA-PA3 از یک اسیلاتور TCXO با پایداری زمانی ±2.5ppm در محدوده دمایی ۳۰- الی ۸۵+ درجه سانتی‌گراد استفاده شده است.

- رابط شبکه (LAN)

جهت اتصال دستگاه پاورآنالایزر به رایانه، از واسط Ethernet بهره گرفته شده است. مهم‌ترین مزیت این نوع ارتباط، سرعت و امنیت بالای آن در انتقال داده‌های نمونه‌برداری شده است.

- نرم‌افزار قدرتمند با کارایی بالا

نرم‌افزار mPAS یک نرم‌افزار جامع و اختصاصی برای پاورآنالایزرهای شرکت مهندسی مهدا می‌باشد. این نرم‌افزار برای مشاهده و ذخیره‌سازی سیگنال‌های دریافت‌شده در کانال‌های ورودی دستگاه‌های پاورآنالایزر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ مشخصات سخت‌افزاری

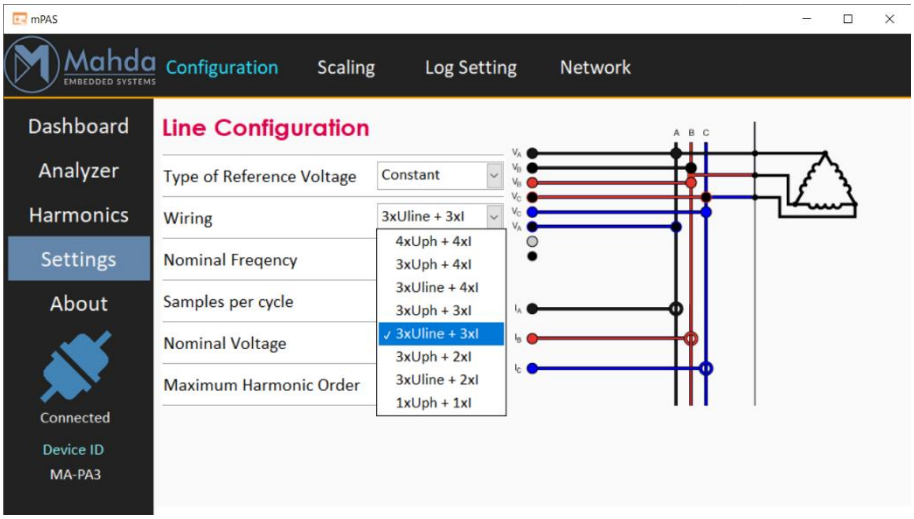
در این بخش، اطلاعات لازم در خصوص معرفی سخت‌افزار دستگاه پاورآنالایزر سری MA-PA3 و نحوه راه‌اندازی آن ارائه شده است. تصاویر انتخاب شده برای شرح سخت‌افزار، مربوط به دستگاه پاورآنالایزر (MA-PA3-08) است.

۲-۱ نحوه اتصال انواع سیگنال‌ها به کانال‌های ورودی پاورآنالایزر

همانطور که در شکل ۲-۱، مشاهده می‌کنید، دستگاه پاورآنالایزر دارای ۴ ورودی ولتاژی و ۴ ورودی جریانی است. برای ورودی‌های ولتاژی از کانکتور موزی عایق و برای ورودی‌های جریانی از کانکتور DB9 استفاده شده است.

شکل ۲–۱: نمای پنل جلویی دستگاه پاورآنالایزر

برای اتصال انواع سیم‌بندی جریانی و ولتاژی باید با توجه به نوع استاندارد در قسمت Wiring نرم‌افزار اقدام نمود. برای مثال، در شکل ۲–۲، سیم‌بندی 3xUline + 3xI جهت اندازه‌گیری پارامترهای خطوط در اتصال مثلث، انتخاب شده است.



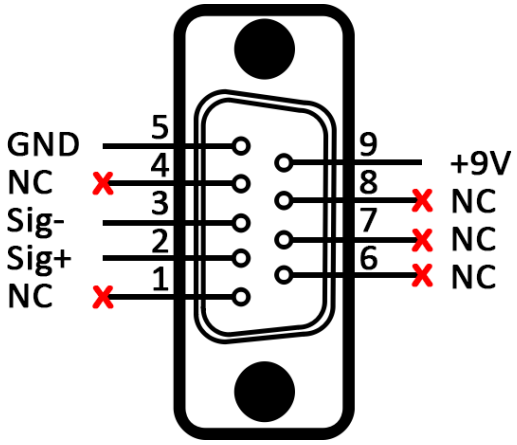
شکل ۲–۲: انتخاب نوع سیم‌بندی در نرم‌افزار mPAS

همانطور که قبلا اشاره شد، برای اتصال کلمپ جریانی به ورودی‌های این دستگاه، از کانکتور DB9 استفاده شده است. در شکل ۲–۳ و جدول ۲–۱ سیگنال‌های کانکتور DB9 را مشاهده می‌کنید.

تغذیه کلمپ‌های جریانی توسط دستگاه تعمین می‌شود. در نتیجه نیازی به استفاده از باتری نیست.

جدول ۲–۱: پین های کانکتور DB9 و عملکرد آن

Pin No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pin Name	NC	Sig+ (up to 1V)	Sig- (up to 1V)	NC	GND	NC	NC	NC	+9V (out)

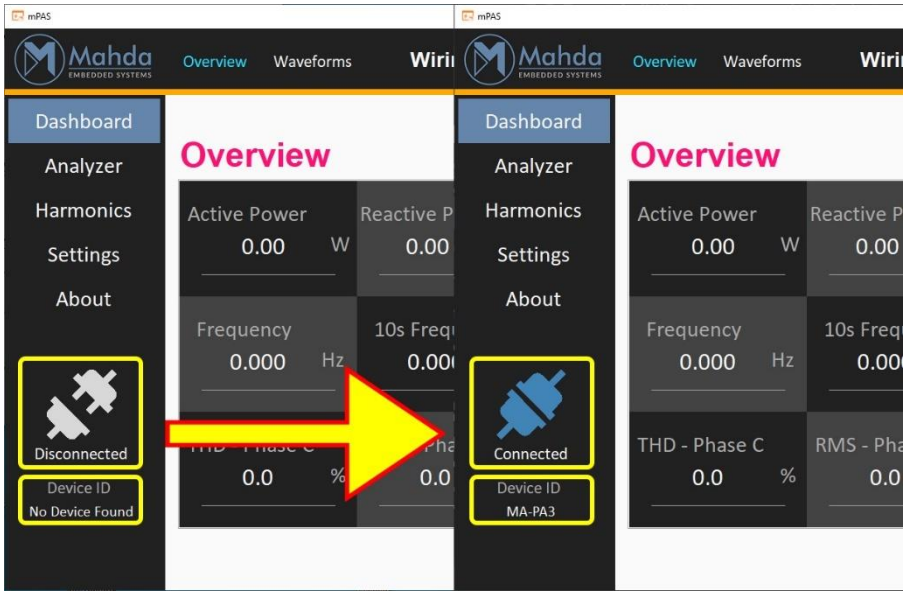


شکل ۲–۳: سیگنال‌های کانکتور DB9

۳ مشخصات نرم‌افزاری

نرم‌افزار mPAS یک نرم‌افزار جامع برای پاورآنالایزرهای شرکت مهندسی مهدا می‌باشد. این نرم‌افزار برای دریافت، مشاهده و ذخیره‌سازی سیگنال‌های اعمالی به کانال‌های ورودی دستگاه پاورآنالایزر مورد استفاده قرار می‌گیرد و اتصال آن به دستگاه از طریق بستر شبکه Ethernet و پروتکل UDP فراهم شده است.

در گوشه پایین سمت چپ نرم‌افزار، آیکن نمایش اتصال نرم‌افزار به سخت‌افزار قرار دارد. در صورت اتصال دستگاه به رایانه و اعمال تنظیمات لازم، دستگاه توسط نرم‌افزار شناسایی شده و علاوه بر نمایش مدل دستگاه، آیکن مربوطه به رنگ آبی در می‌آید. روند تغییرات مذکور در شکل ۳–۱ قابل مشاهده است.



شکل ۳–۱: نمایش اتصال یا عدم اتصال دستگاه به نرم‌افزار

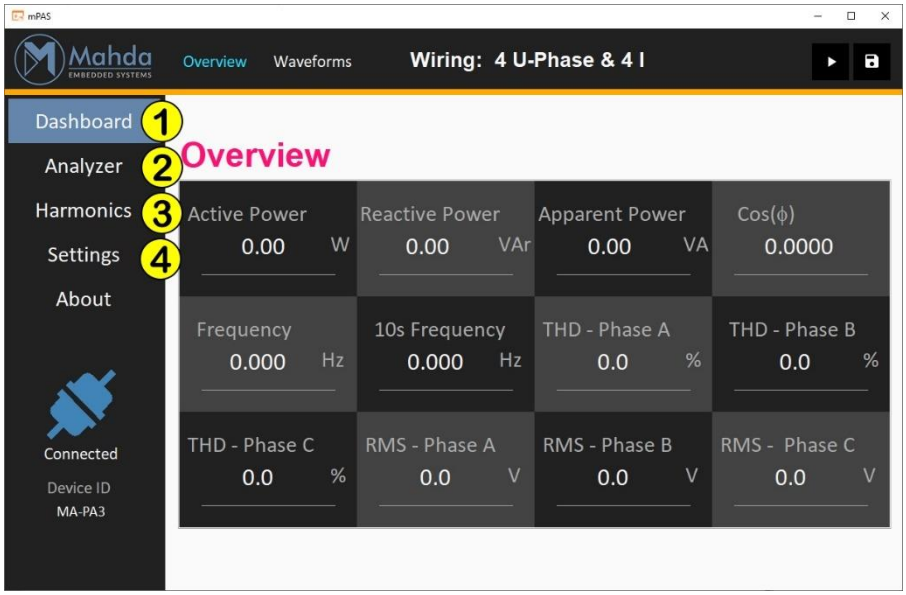
همان‌طور که در شکل ۳–۲ مشاهده می‌کنید، امکانات نرم‌افزار در چهار بخش دسته‌بندی شده است:

۱) **سربرگ Dashboard**: مشاهده خلاصه پارامترهای کیفیت توان و شکل موج‌های ولتاژ و جریان

۲) **سربرگ Analyzer**: مشاهده جزئی تر پارامترهای کیفیت توان

۳) **سربرگ Harmonics**: ابزارهایی برای مشاهده هارمونیک‌ها

۴) **سربرگ Settings**: تنظیمات کلی نرم‌افزار



شکل ۳–۲: نمای کلی نرم‌افزار mPAS

۳-۱ سربرگ Dashboard

از مهم‌ترین امکانات این بخش، می‌توان به مشاهده خلاصه پارامترهای کیفیت توان و شکل موج‌های ولتاژ و جریان اشاره کرد.

این بخش به دو قسمت Overview و Waveforms تقسیم‌بندی شده است.

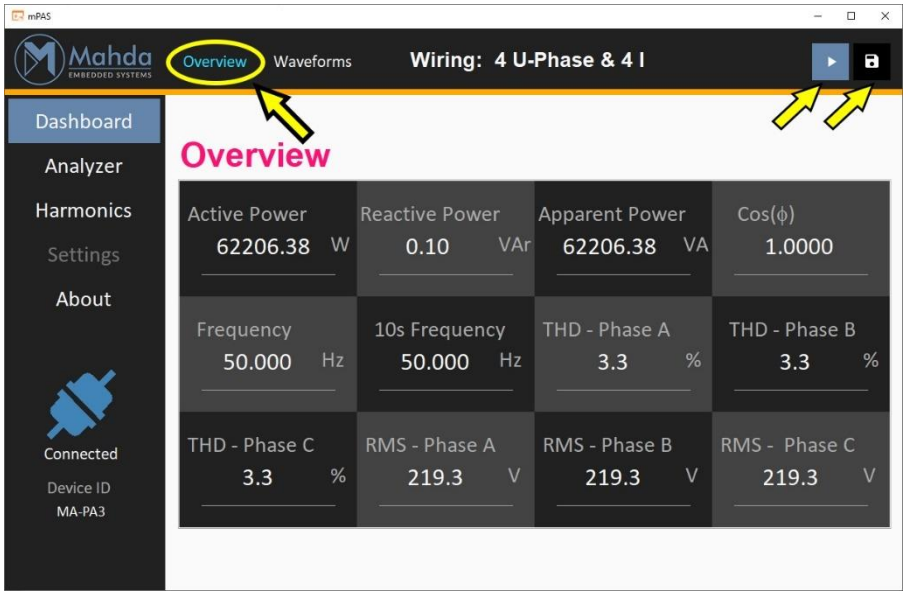
۳-۱-۱ سربرگ Overview

در این قسمت اطلاعات کلی همچون توان اکتیو، توان راکتیو، توان ظاهری، ضریب توان، فرکانس لحظه‌ای، میانگین فرکانس در هر ۱۰ ثانیه، THDهای ولتاژ هر فاز و ولتاژهای RMS هر فاز در اختیار کاربر قرار می‌گیرد.

فرآیند اندازه‌گیری و نمایش مقادیر با کلیک بر روی دکمه Play در گوشه بالا سمت راست نرم‌افزار آغاز می‌شود.

همچنین جهت شروع فرآیند ذخیره‌سازی داده‌ها بر روی کامپیوتر با کلیک بر روی دکمه Start Recording این عملیات آغاز می‌شود.

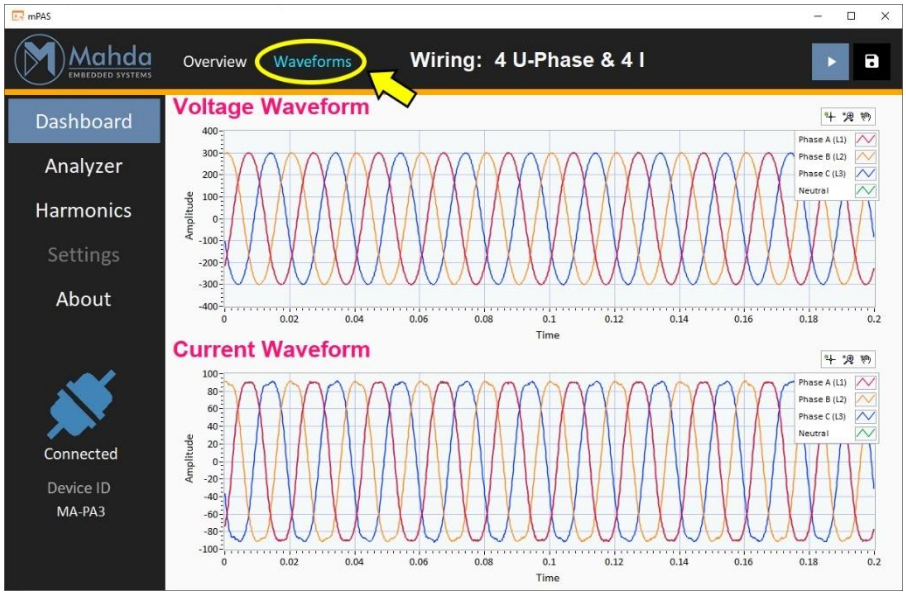
سربرگ Overview و دکمه Play و Start Recording در شکل ۳–۳ مشخص شده است.



شکل ۳-۳: سربرگ Overview

۳-۱-۲ سربرگ Waveforms

امکان نمایش شکل موج‌های ولتاژ و جریان تمامی فازها در این قسمت وجود دارد. در این قسمت نیز با کلیک بر روی دکمه Play مقادیر محاسبه شده و شکل موج‌ها به صورت بلادرنگ نمایش داده می‌شوند. شکل ۳-۴، سربرگ Waveform را نشان می‌دهد.



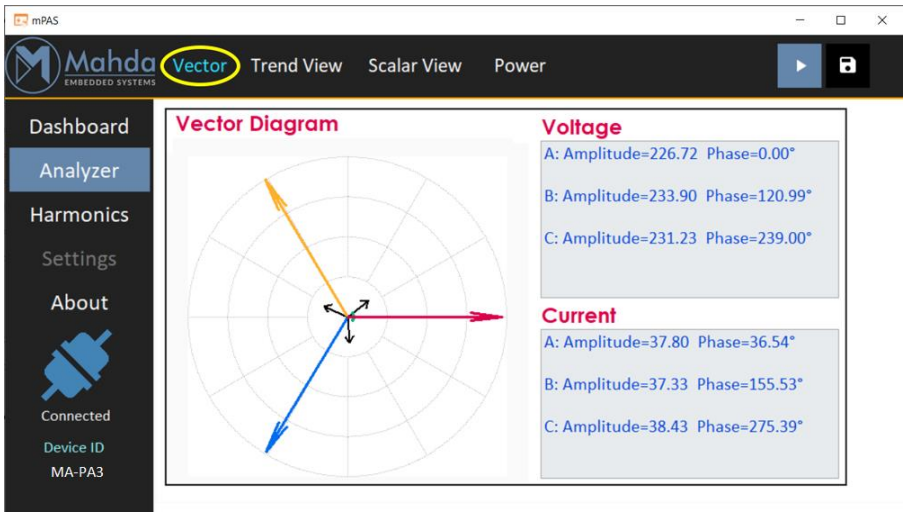
شکل ۳-۴: سربرگ Waveform

۳-۲ سربرگ Analyzer

این بخش به قسمت های Vector، Trend View، Scalar View و Power تقسیم شده است.

۳-۲-۱ سربرگ Vector

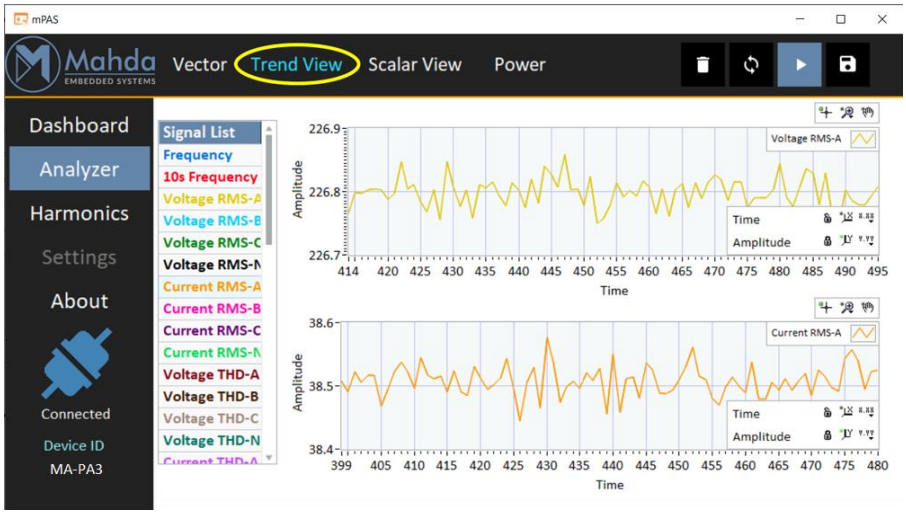
در سربرگ Vector امکان مشاهده اندازه و اختلاف فاز بردارهای فازهای جریان و ولتاژ وجود دارد. شکل ۳–۵، سربرگ Vector را نشان می‌دهد.



شکل ۳–۵: سربرگ Vector

۳-۲-۲ سربرگ Trend View

در این قسمت می‌توان تمامی پارامترهای مربوط به فازهای ولتاژ و جریان را در دو بلوک چارت تعبیه شده نمایش داد. لازم به ذکر است که در هر بلوک چارت می‌توان حداکثر چهار پارامتر را به صورت لحظه‌ای مشاهده نمود. برای نمایش یک سیگنال کافی است نام آن سیگنال را از لیست سیگنال‌ها «کشیده» و در یک بلوک چارت «رها» کنید. همانند شکل ۳–۶، نمایش سیگنال‌ها پس از فشردن دکمه Play شروع می‌شود. با فشردن دوباره دکمه Play نمایش سیگنال‌ها متوقف می‌شود.



شکل ۳–۶: شروع نمایش سیگنال‌ها

پس از فشردن دکمه Sync تمامی نمودارها هم‌زمان (Synchronized) می‌شوند.

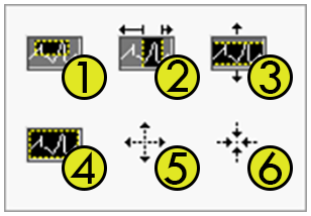
امکانات نمودار:

در نمودار نرم‌افزار mPAS می‌توان نمونه‌های دریافتی با ماهیت ولتاژی یا جریانی را مشاهده نمود. لازم به ذکر است که روند رسم در این نمودار نقطه به نقطه می باشد؛ در حالی که تمامی نقاط به هم متصل شده است.

ابزار پیمایش (Scaling):

در شکل ۳–۷ مجموعه‌ای از ابزارک‌های متنوع برای پیمایش و جابجایی نمودار قابل مشاهده است.

۱) پیمایش دوبعدی
۲) پیمایش زمانی
۳) پیمایش دامنه‌ای
۴) نمایش تمام مقیاس
۵) بزرگ‌نمایی
۶) کوچک‌نمایی



شکل ۳–۷: ابزارک‌های پیمایش نمودار

ابزار دست (Hand):

جابجایی دستی نمودار

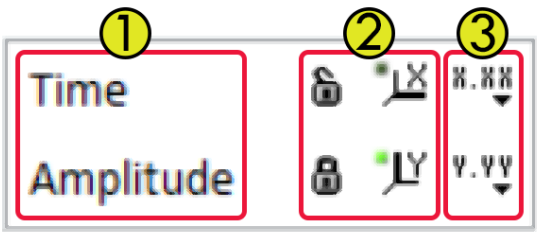
برای جابجایی در راستای محور X (محور زمان) می‌توان از امکان X Scrollbar نیز استفاده کرد. برای استفاده از این امکان، روی نمودار کلیک راست کرده و به زیرمنو Visible Items بروید. سپس گزینه X_Scrollbar را فعال کنید.

قبل از استفاده از این ابزار خاص، بایستی ثبت داده را متوقف کنید.

این ابزار فقط داده‌های مربوط به یک بازه زمانی محدود را در اختیار کاربر قرار می دهد.

تنظیمات نمودار:

در شکل ۳–۸ مجموعه‌ای از ابزارهای متنوع برای تنظیم قالب، دقت، نوع نمایش داده‌ها و تنظیمات گرافیکی نمودار نشان داده شده است.



شکل ۳–۸: تنظیمات نمودار

۱) تغییر نام محور زمان (X) و محور دامنه (Y)

برای ثبت تغییرات، در مکانی دیگر از نرم‌افزار کلیک چپ کنید.

۲) اعمال تمام مقیاس (AutoScale) در راستای محور های X و Y

برای هر محور ۲ گزینه در نظر گرفته شده است. گزینه اول، فقط «تمام مقیاس» را اعمال می‌کند. گزینه دوم (آیکن قفل)، پس از اعمال «تمام مقیاس»، قابلیت پیمایش در راستای آن محور را نیز قفل می‌کند.

۳) تنظیمات مربوط به قالب نمایش اعداد، دقت ارقام و گرافیک محورها

ویژگی‌های نمودار:

- امکان مقیاس‌گذاری خودکار (Auto Scale) برای محورهای دامنه (Y) و زمان (X)

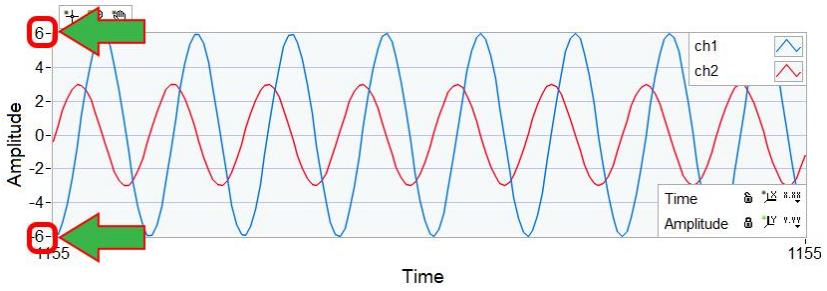
برای این منظور، روی نمودار کلیک راست کرده و انتخاب گزینه AutoScale X یا AutoScale Y کنید.

- نمایش کانال‌های مختلف به طور همزمان (تا ۴ کانال در هر نمودار)
- امکان حذف یک کانال از نمودارها

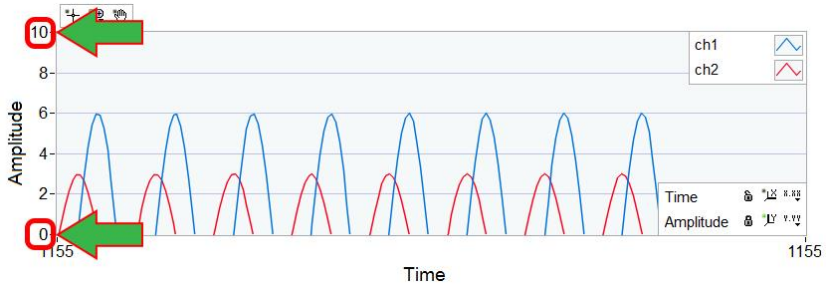
با کلیک راست روی نام یک کانال در لیست «کانال‌های فعال» و انتخاب گزینه Remove From Display می‌توان آن را از تمام نمودارها حذف کرد.

- نمایش کانال‌های اضافه شده در گوشه سمت راست نمودار
- تعیین رنگ مربوط به هر کانال در نمودار
- امکان مقیاس‌گذاری نمودار به صورت دستی

برای مقیاس‌گذاری محور دامنه (Y) قابلیت AutoScale این محور باید غیرفعال باشد. سپس می‌توان همانند شکل ۳–۹ روی بالاترین یا پایین‌ترین مقیاس نمودار کلیک کرده و آن را تغییر داد. فشردن کلید Enter این تغییرات را ثبت می‌کند. خروجی این تغییرات در شکل ۳–۱۰ قابل مشاهده است.



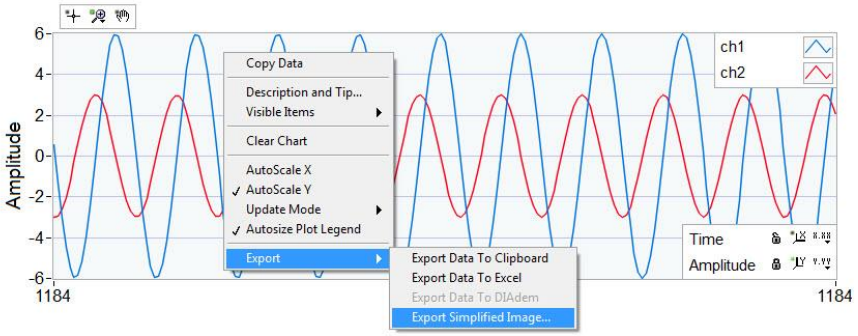
شکل ۳–۹: روند مقیاس‌گذاری نمودار به صورت دستی



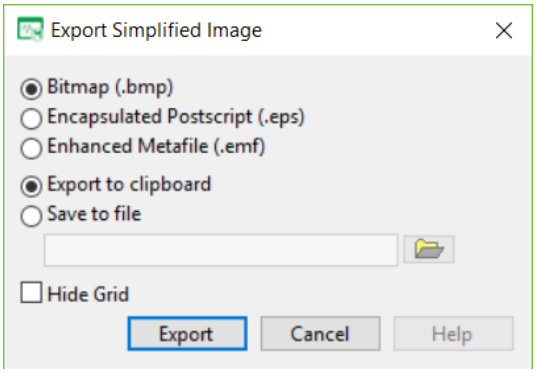
شکل ۳–۱۰: تغییرات اعمال شده روی نمودار پس از مقیاس‌گذاری دستی

- قابلیت ذخیره نمودار

مراحل ذخیره نمودار به عنوان یک شکل، در شکل ۳–۱۱ نشان داده شده است. همانند شکل ۳–۱۲، نرم‌افزار سه خروجی تصویری متفاوت در اختیار کاربر قرار می‌دهد.



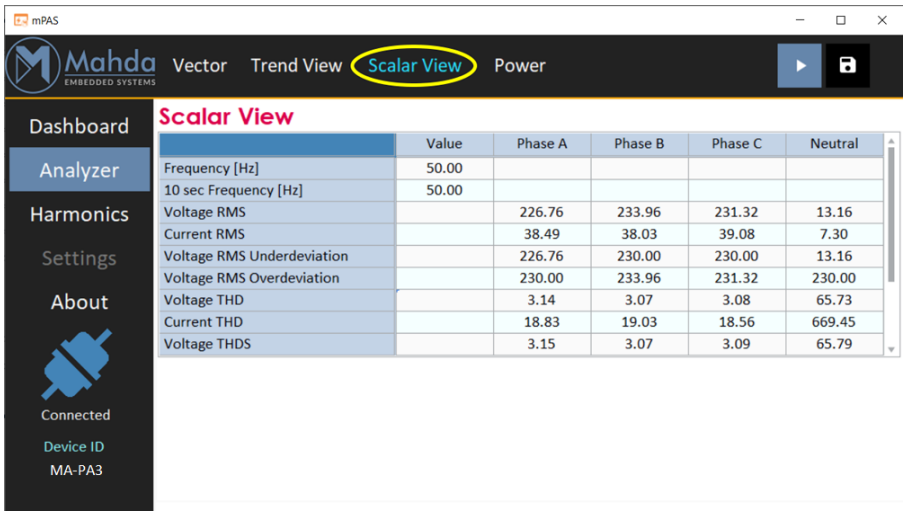
شکل ۳–۱۱: روند ذخیره نمودار به صورت گرافیکی



شکل ۳–۱۲: پنجره ذخیره نمودار به صورت گرافیکی

۳-۲-۳ سربرگ Scalar View

همانند شکل ۳–۱۳ می‌توان تمامی پارامترهای مربوط به فاز ولتاژ و جریان را به صورت لحظه‌ای مشاهده نمود.

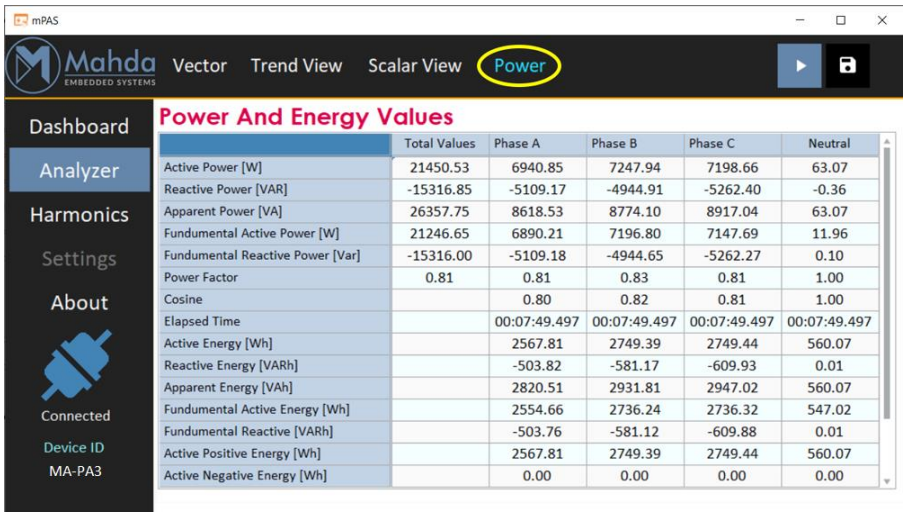


	Value	Phase A	Phase B	Phase C	Neutral
Frequency [Hz]	50.00				
10 sec Frequency [Hz]	50.00				
Voltage RMS		226.76	233.96	231.32	13.16
Current RMS		38.49	38.03	39.08	7.30
Voltage RMS Underdeviation		226.76	230.00	230.00	13.16
Voltage RMS Overdeviation		230.00	233.96	231.32	230.00
Voltage THD		3.14	3.07	3.08	65.73
Current THD		18.83	19.03	18.56	669.45
Voltage THDS		3.15	3.07	3.09	65.79

شکل ۳–۱۳: سربرگ Scalar View

۳-۲-۴ سربرگ Power

همانند شکل ۳–۱۴ می‌توان تمامی پارامترهای مربوط به توان و انرژی را به صورت لحظه‌ای مشاهده نمود.



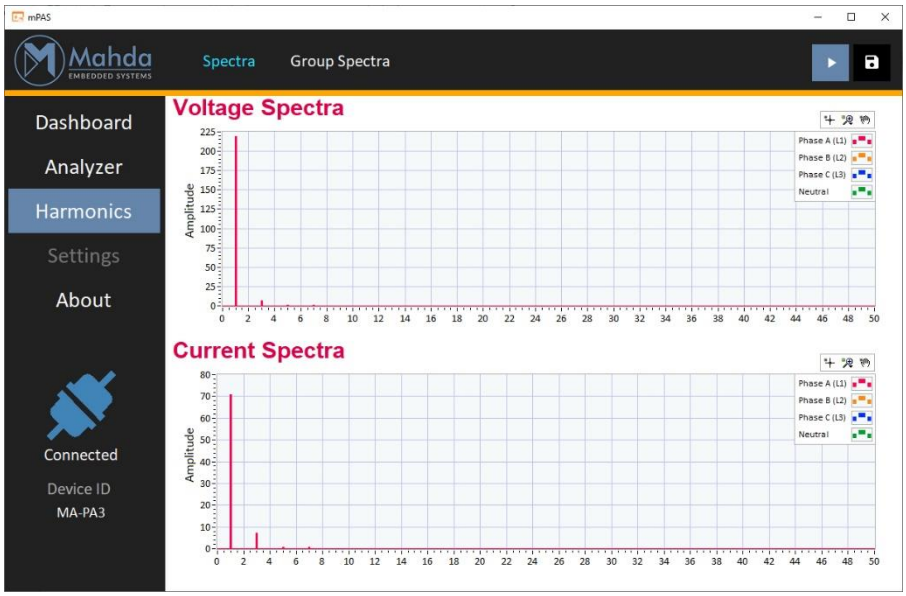
	Total Values	Phase A	Phase B	Phase C	Neutral
Active Power [W]	21450.53	6940.85	7247.94	7198.66	63.07
Reactive Power [VAR]	-15316.85	-5109.17	-4944.91	-5262.40	-0.36
Apparent Power [VA]	26357.75	8618.53	8774.10	8917.04	63.07
Fundumental Active Power [W]	21246.65	6890.21	7196.80	7147.69	11.96
Fundumental Reactive Power [Var]	-15316.00	-5109.18	-4944.65	-5262.27	0.10
Power Factor	0.81	0.81	0.83	0.81	1.00
Cosine		0.80	0.82	0.81	1.00
Elapsed Time		00:07:49.497	00:07:49.497	00:07:49.497	00:07:49.497
Active Energy [Wh]		2567.81	2749.39	2749.44	560.07
Reactive Energy [VARh]		-503.82	-581.17	-609.93	0.01
Apparent Energy [VAh]		2820.51	2931.81	2947.02	560.07
Fundumental Active Energy [Wh]		2554.66	2736.24	2736.32	547.02
Fundumental Reactive [VARh]		-503.76	-581.12	-609.88	0.01
Active Positive Energy [Wh]		2567.81	2749.39	2749.44	560.07
Active Negative Energy [Wh]		0.00	0.00	0.00	0.00

شکل ۳–۱۴: سربرگ Power

۳-۳ سربرگ Harmonics

این بخش به دو قسمت Spectra و Group Spectra تقسیم‌بندی شده است.

همانند شکل ۳–۱۵ می‌توان هارمونیک‌های ولتاژ و جریان را به صورت لحظه‌ای در یک طیف فرکانسی مشاهده نمود. در قسمت Group Spectra می‌توان مضارب غیر صحیح از هارمونیک‌ها را مشاهد کرد.



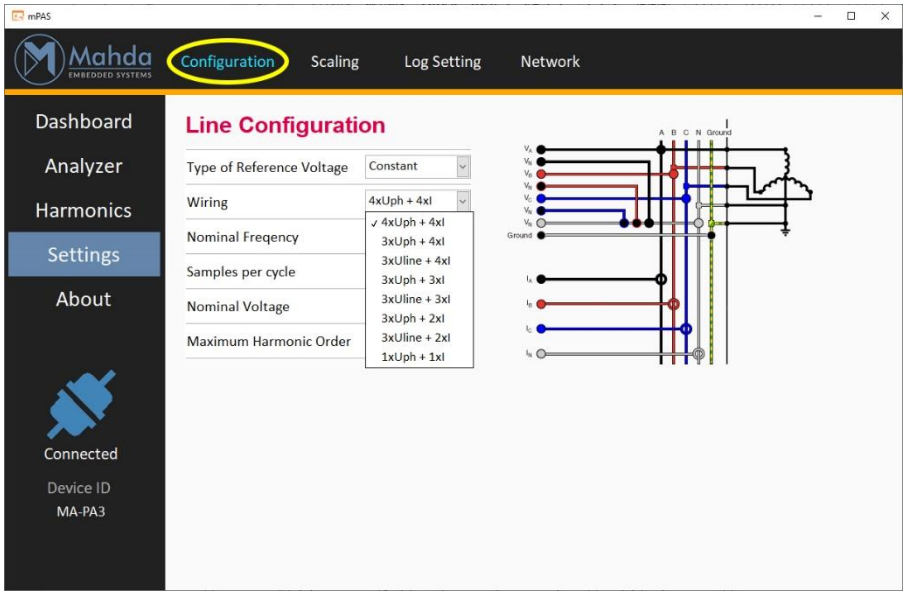
شکل ۳–۱۵: سربرگ Harmonics

۴-۳ سربرگ Setting

این بخش شامل تنظیمات کلی نرم‌افزار است که به تفصیل در ادامه بیان می‌شود.

۱-۴-۳ سربرگ Configuration

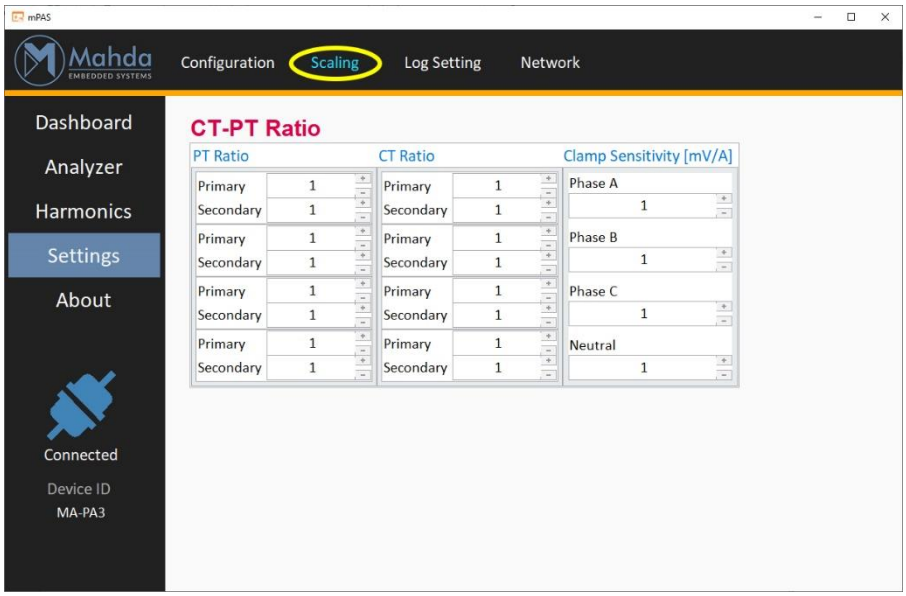
از مهمترین امکانات این بخش می‌توان به نحوه سیم‌بندی ورودی دستگاه اشاره کرد. همانند شکل ۳–۱۶ از منوی کشویی Wiring می‌توان انواع سیم‌بندی را طبق استاندارد انتخاب کرد.



شکل ۳–۱۶: سربرگ Configuration

۳-۴-۲ سربرگ Scaling

این قسمت شامل تنظیمات نسبت CT و PT و همچنین تنظیم حساسیت کلمپ جریانی می‌باشد. همانند شکل ۳–۱۷ در بخش Clamp Sensitivity می‌توان میزان حساسیت کلمپ‌های جریانی را تنظیم کرد.



شکل ۳–۱۷: سربرگ Scaling

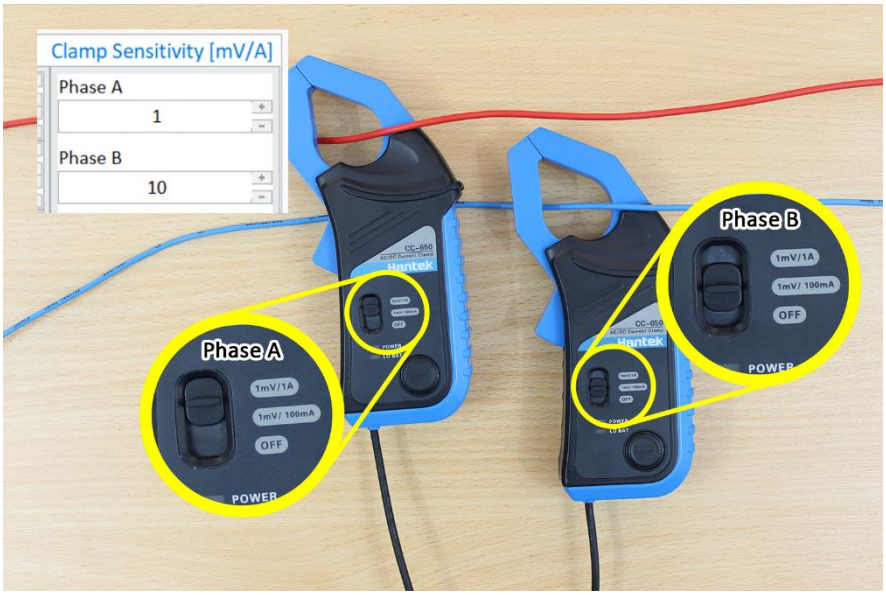
توجه کنید که واحد حساسیت، بر حسب mV/A است. به این معنی که میزان حساسیت کلمپ باید نسبت به 1A سنجیده شود. به عنوان مثال خروجی یک کلمپ جریانی با حساسیت 1mV/100mA را در نظر بگیرید.

کافی است صورت و مخرج این کسر را در ۱۰ ضرب کنیم تا حساسیت به شکل استاندارد نرم‌افزار درآید. در شکل ۳–۱۸و جدول ۳–۱، نحوه تنظیم حساسیت کلمپ‌های جریانی را مشاهده می‌کنید.

$$Sensitivity = \frac{1mV}{100mA} \xrightarrow{\times\frac{10}{10}} Sensitivity = \frac{10mV}{1000mA} = \frac{10mV}{1A} = 10\ [mV/A]$$

جدول ۳–۱: حساسیت های پرکاربرد و معادل استاندارد آن

Sensitivity	Standard Value [mV/A]
1mV/1A	1
1mV/100mA	10

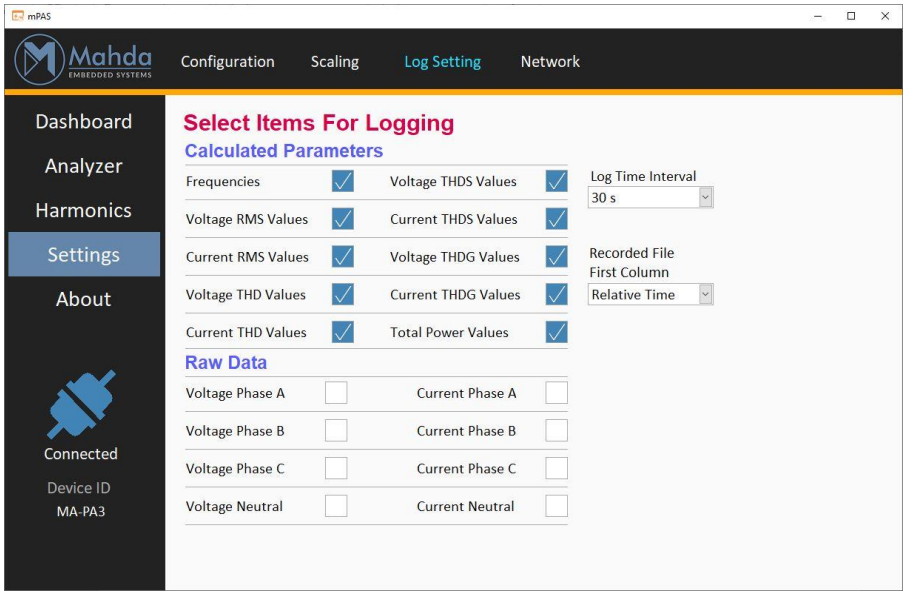


شکل ۳–۱۸: نحوه تنظیم حساسیت کلمپ ها در نرم‌فزار

۳-۴-۳ سربرگ Log Setting

این قسمت شامل تنظیمات ذخیره سازی داده‌ها می‌باشد. همانند شکل ۳–۱۷ این قسمت به دو بخش Calculated Parameters و Raw Data تقسیم بندی شده است. فایل خروجی نرم افزار با فرمت TDMS می‌باشد . واضح است که تنها پارامترهایی که انتخاب شده باشند در فایل ذخیره شده قرار می‌گیرند.

در حالی که پارامترهای Raw Data با نرخ نمونه برداری ۶۴۰۰ نمونه در ثانیه ذخیره می‌شوند. می‌توان با استفاده از امکان Log Time Interval، نمونه‌برداری Calculated Parameters را زمان‌بندی کرد. برای مثال، با تنظیم فاصله زمانی روی 1 min، دستگاه هر ۱ دقیقه یک بار مقادیر انتخاب شده را در فایل Log ذخیره می‌کند. این قابلیت به کاربر این امکان را می‌دهد که حجم فایل های Log را مدیریت کند.

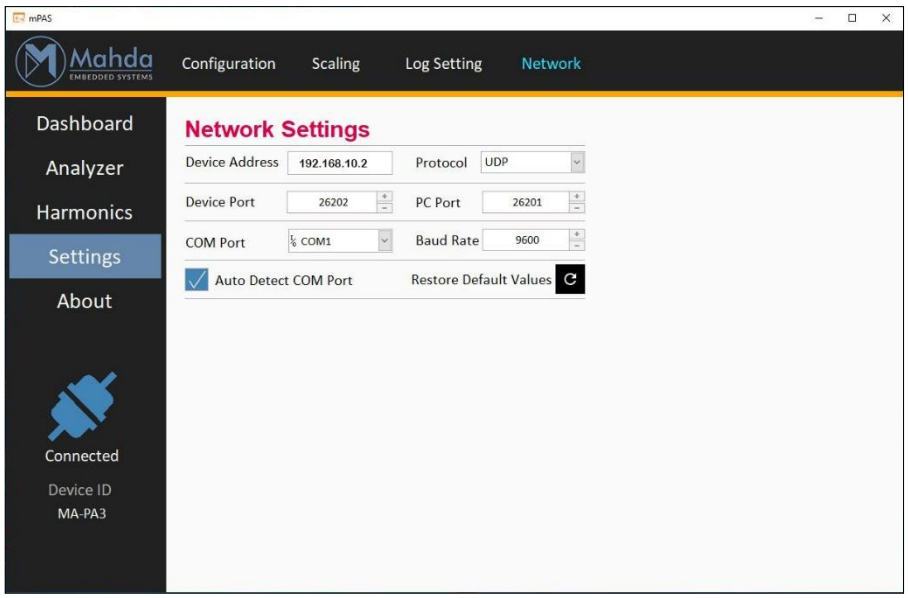


شکل ۳–۱۹: سربرگ Log Setting

۳-۴-۴ سربرگ Network

در شکل ۳–۲۰ تنظیمات مربوط به شبکه دستگاه قرار گرفته است.

لازم به ذکر است که IP دستگاه پاورآنالایزر 192.168.10.2 است و باید این مقدار در نرم‌افزار وارد شود.



شکل ۳–۲۰: سربرگ Network