

MANUAL DE USO

ANALIZADOR DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

PQM-750



MANUAL DE USO

ANALIZADOR DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA PQM-750



**SONEL S.A.
Wokulskiego 11
58-100 Świdnica
Polonia**



- Debido al constante desarrollo de los productos, el fabricante se reserva el derecho de hacer cambios en las funcionalidades, el uso y los datos técnicos. El fabricante ofrece soporte técnico a largo plazo para el producto, agregando nuevas funcionalidades y eliminando errores detectados.
- Algunas funcionalidades o funciones de medición solo están disponibles desde los protocolos de comunicación, y no a través de la interfaz de red integrada (servidor web).
- Este manual de uso describe los analizadores en la versión del firmware 1.03.

ÍNDICE









1 Información general	6
1.1 Seguridad.....	7
1.2 Característica general	8
1.3 Montaje del analizador.....	11
1.3.1 Montaje en el carril DIN.....	11
1.3.2 Montaje en la pared.....	11
1.3.3 Sellado de entradas de medición	12
1.4 Conexiones de terminales de tornillo	13
1.5 Alimentación del analizador	14
1.6 Parámetros medidos	14
2 Funcionamiento del analizador.....	18
2.1 Pantalla táctil.....	18
2.2 Activación y desactivación del analizador	18
2.3 Restricción de acceso a la GUI.....	19
2.4 Control de la corrección de conexión	20
2.5 Comunicación y transmisión de datos.....	21
2.6 Configuración de conexión de red.....	21
2.7 Vista previa de los parámetros medidos	22
2.8 Realización de medidas	23
2.8.1 Inicio y detención del registro	23
2.8.2 Configuración de registro	24
2.8.3 Configuración básica a través de la GUI.....	24
2.9 Interfaz de red (servidor web)	25
2.10 Sistemas de medición	26
2.11 Guardar datos	30
2.12 Registro normativo	31
2.13 Medición en las redes de 400 Hx.....	32
2.14 Cambios de configuración y multiacceso	33
2.14.1 Cargando configuración desde pendrive.....	34
2.15 Cliente FTP.....	35
2.16 Modbus RTU y Modbus TCP	35
2.17 Protocolo IEC 61850.....	36
2.18 Notificaciones por correo electrónico	36
2.19 Sincronización de tiempo	37
2.19.1 Requisitos de la norma IEC 61000-4-30	37
2.19.2 Priorización de fuentes de tiempo	37
2.19.3 Módulo GPS-1.....	38
2.19.4 Entrada IRIG-B	38
2.19.5 Determinación de los datos de medición	39
2.19.6 Resincronización de tiempo	39
2.20 Configuración de sensores de temperatura 1-wire.....	40
2.21 Salidas digitales	40
2.22 Entradas digitales.....	41
2.23 Apagado automático	41

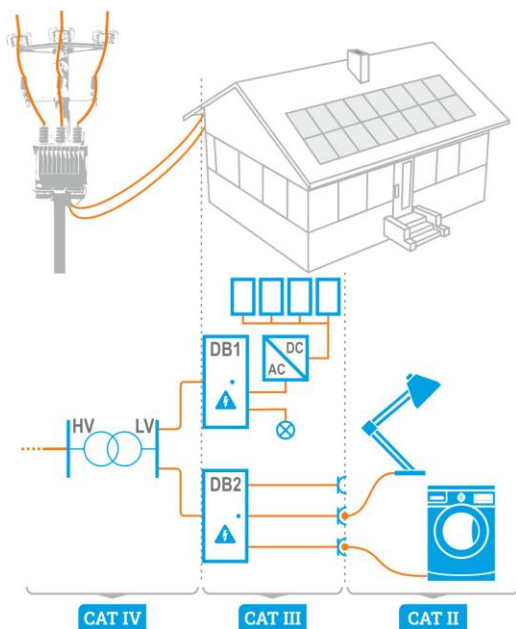
2.24 Actualización de firmware	42
2.25 Servicio de descarga de registros del sistema	42
2.26 Batería tipo botón RTC	42
2.27 Reinicio de emergencia.....	43
3 Ciberseguridad.....	44
3.1 Recomendaciones	44
3.2 Gestión de contraseñas	44
3.3 Puertos TCP/UDP utilizados.....	45
4 Estructura y métodos de medición.....	46
4.1 Entradas de tensión	46
4.2 Entradas de corriente.....	46
4.3 Muestreo de señal en la ruta principal de tensión y corriente	46
4.4 Sincronización PLL	46
4.5 Medición de frecuencia	47
4.6 Medición de las señales de control	47
4.7 Medición de emisiones en la banda de 2 a 9 kHz.....	47
4.8 Medición de emisiones en la banda de 9 a 150 kHz.....	48
4.9 Detección de eventos.....	49
4.9.1 Cambio de la forma de envolvente.....	51
4.9.2 Eventos de salto de fase.....	52
4.9.3 Eventos de cambios rápidos de tensión (RVC).....	52
4.9.4 Detección de transitorios.....	53
5 Fórmulas de cálculo	56
5.1 Red monofásica	56
5.2 Red bifásica	61
5.3 Red 3-fásica con 4 hilos.....	63
5.4 Red 3-fásica con 3 hilos.....	66
6 Datos técnicos	67
6.1 Entradas de tensión	67
6.2 Entradas de corriente.....	68
6.3 Muestreo de la pista principal y reloj RTC.....	68
6.4 Módulo de transitorios (módulo interno opcional).....	68
6.5 Parámetros medidos: precisión, resolución y rango.....	69
6.5.1 Condiciones de referencia.....	69
6.5.2 La incertidumbre de medición depende de la temperatura ambiente	69
6.5.3 Tensión eficaz	70
6.5.4 Factor de pico de tensión	70
6.5.5 Corriente eficaz	70
6.5.6 Factor de pico de corriente.....	70
6.5.7 Frecuencia.....	70
6.5.8 Armónicos de tensión, THD U.....	70
6.5.9 Armónicos de corriente, THD I, TDD, K-Factor, Factor K	71
6.5.10 Ángulos entre los armónicos de tensión y corriente.....	71
6.5.11 Interarmónicos de tensión, TID U.....	71
6.5.12 Interarmónicos de corriente, TID I.....	72
6.5.13 Potencia y energía activa (modo 50 Hz y 60 Hz)	72
6.5.14 Potencia y energía activa (modo 400 Hz)	72

6.5.15	Potencia y energía reactiva (modo 50 Hz y 60 Hz)	72
6.5.16	Potencia y energía reactiva (modo 400 Hz)	73
6.5.17	Potencia y energía aparente	73
6.5.18	Factor de desplazamiento de fase ($\cos\phi$ /DPF) y factor de potencia (PF)	73
6.5.19	Potencias activas y reactivas de armónicos	73
6.5.20	Estimación de incertidumbre de medición de potencia y energía	74
6.5.21	Parpadeo de luz (Flicker)	75
6.5.22	Asimetría	75
6.5.23	Señales de control	76
6.5.24	Transitorios	76
6.5.25	Emisiones en la banda de 2-9 kHz	76
6.5.26	Emisiones en la banda de 8-150 kHz	76
6.6	Detección de eventos	76
6.6.1	Huecos, subidas, interrupciones	76
6.6.2	Cambios rápidos de tensión (RVC)	76
6.6.3	Corriente efectiva (mín., máx.)	77
6.6.4	Otros eventos	77
6.6.5	Histéresis de detección de eventos	78
6.7	Registro	79
6.8	Alimentación	80
6.9	Batería	80
6.10	Redes compatibles	81
6.11	Protocolos de comunicación	81
6.12	Ethernet	81
6.13	Puertos RS-485	82
6.14	Salidas digitales	82
6.15	Entradas digitales	82
6.16	Salida digital "watchdog"	82
6.17	Entrada de sensores de temperatura 1-wire	83
6.18	Batería tipo botón	83
6.19	Condiciones ambientales y otros datos técnicos	83
6.20	Seguridad	83
6.21	Compatibilidad electromagnética (EMC)	84
6.22	Ensayos mecánicos	85
6.23	Estándares	86
6.23.1	Conformidad con las normas	86
6.23.2	Especificación del dispositivo según IEC 62586	88
7	Limpieza y mantenimiento	89
8	Almacenamiento	89
9	Desmontaje y utilización	89
10	Fabricante	89

1 Información general

Los siguientes símbolos internacionales se utilizan en el analizador y en este manual:

	Consulte el manual del uso para obtener información y explicaciones adicionales		Información relativa al reciclaje		Declaración de conformidad con las directivas de la Unión Europea (Conformité Européenne)
	Corriente/tensión continua		No eliminar junto con otros residuos urbanos		Conformidad con las normas australianas
	Corriente/tensión alterna		Terminal de toma de tierra de protección		



Categorías de medición según la norma EN IEC 61010-2-030:

- **CAT II** – se aplica a las mediciones realizadas en circuitos conectados directamente a instalaciones de baja tensión,
- **CAT III** – se aplica a las mediciones realizadas en instalaciones de edificios,
- **CAT IV** – se aplica a las mediciones realizadas en la fuente de la instalación de baja tensión.

1.1 Seguridad

Para evitar descargas eléctricas o fuego, cumplir con las siguientes recomendaciones:

- Antes de utilizar el analizador asegúrese de leer estas instrucciones y siga las normas de seguridad y las recomendaciones del fabricante.
- Un uso del analizador distinto del especificado en este manual puede dañar el dispositivo y ser fuente de grave peligro para el usuario.
- Los analizadores pueden ser utilizados sólo por las personas cualificadas que estén facultadas para trabajar con las instalaciones eléctricas. El uso del dispositivo por personas no autorizadas puede causar su deterioro y ser fuente de grave peligro para el usuario.
- Se prohíbe utilizar el dispositivo en redes y equipos donde haya condiciones especiales, por ejemplo, donde exista el riesgo de explosión e incendio.
- Antes de iniciar el trabajo, se debe comprobar si el analizador, conductores, sondas de corriente y otros accesorios están libres de daños mecánicos. Prestar especial atención a las conexiones.
- Se prohíbe utilizar:
 - ⇒ el dispositivo deteriorado y que no funciona total o parcialmente,
 - ⇒ los cables con el aislamiento dañado,
 - ⇒ aparato y accesorios dañados mecánicamente.
- Conecte siempre el terminal de toma de tierra PE a la tierra local. Utilice los terminales de horquilla o de ojal y apriete el tornillo firmemente. ¡Este terminal no debe dejarse desconectado! Dispositivo de clase de protección I.
- En la instalación del edificio debe haber un interruptor o disyuntor automático que debe estar cerca del dispositivo y ser fácilmente accesible para el operario. El interruptor debe estar marcado como dispositivo de desconexión.
- Se prohíbe alimentar el dispositivo con otras fuentes de energía que las mencionadas en este manual.
- No conectar las entradas del analizador a voltajes más altos que los valores nominales.
- Utilizar accesorios y sondas de medición con los parámetros nominales adecuados y la categoría de medición apropiada para el circuito examinado.
- No exceder los parámetros nominales de la categoría de medición más baja (CAT) del equipo de medición utilizado que se compone del analizador, sondas y accesorios. En la situación en la que el producto trabaja en combinación con otros instrumentos o accesorios, es necesario seleccionar la categoría de medición más baja en el dispositivo conectado.
- Si es posible, se debe conectar el analizador a los circuitos con la alimentación apagada.
- Utilizar el terminal de toma de tierra sólo para conectar a la toma de tierra local, no lo conectar a ningún tensión.
- No trasladar el analizador sujetándolo por los cables.
- Las reparaciones pueden ser realizadas sólo por el servicio autorizado.

El analizador está equipado con una batería interna de Li-Ion que ha sido probada por un laboratorio independiente y tiene el certificado de ensayos de compatibilidad de parámetros con la norma 38.3 – *"Recomendaciones de la ONU para el transporte de mercancías peligrosas. Manual de Pruebas y Criterios"*, quinta edición publicada por las Naciones Unidas (ST/SG/AC.10/11/Rev.5). Por lo tanto, el analizador está aprobado para el transporte aéreo, marítimo y por carretera.

1.2 Característica general

El analizador fijo de calidad de energía PQM-750 (Fig. 1) es un producto de tecnología avanzada que permite la medición universal, el análisis y el registro de los parámetros de las redes eléctricas de 50/60/400 Hz y la calidad de la energía eléctrica de acuerdo con la normativa europea EN 50160 y otras normas. El analizador cumple totalmente con los requisitos de la norma IEC 61000-4-30:2015 para clase A e IEC 62586 (clasificación PQI-A-FI1).

El analizador está equipado con cuatro canales de tensión de entrada disponibles como terminales de tornillo marcados como U1, U2, U3 y N. Estos canales están relacionados con el terminal de toma de tierra PE. El rango de tensión medida por cuatro canales de medición es de hasta 1000 V_{RMS} respecto a tierra. Este rango se puede aumentar usando los transductores de tensión adicionales externos.

Se utilizan cinco entradas de corriente para medir corrientes, salidas como terminales de tornillo marcados I1-I5. Estas entradas tienen un rango nominal dependiendo de la versión del analizador, ej. 5 A_{RMS} en la opción CT5A o 1 A_{RMS} en la opción CT1A.

La alta frecuencia de muestreo en los canales principales (81,92 kHz) asegura un amplio ancho de banda, lo que se traduce en la posibilidad de capturar perturbaciones de alta frecuencia, además permite medir armónicos e interarmónicos hasta el orden de 256 (en modo 50 Hz y 60 Hz) y controlar perturbaciones en la banda de 2-9 kHz.

La zona de medición de tensión adicional está destinada a monitorear perturbaciones en la banda de 8-150 kHz.

En una versión, el analizador está equipado con un módulo interno opcional para medir transitorios de tensión rápidos y que permite capturar y registrar sobretensiones en el rango de ± 6 kV con una frecuencia de muestreo de hasta 10 MHz.

El analizador cumple con la clase 0,2S según la norma IEC 62053-22 para la precisión de la medición de energía activa y la clase 0,5S según la norma IEC 62053-24 para la precisión de medición de energía reactiva.

Las entradas de tensión y corriente pueden sellarse para evitar manipulaciones y acceso a los terminales de estas entradas por personas no autorizadas.

El dispositivo tiene dos tarjetas de memoria: una tarjeta incorporada de 8 GB y una tarjeta externa extraíble también con una capacidad de 8 GB (microSD).

Los parámetros registrados se dividen en grupos que se pueden incluir o excluir del registro de forma independiente, lo que permite el uso racional de espacio en la tarjeta de memoria. Los parámetros no registrados no ocupan espacio por lo que se prolonga bastante el tiempo de registro de los otros parámetros.

Los resultados de mediciones se pueden convertir al formato PQDIF y enviarse al sistema maestro mediante el protocolo FTP/FTPS.

La configuración del analizador y la parametrización de medición se pueden realizar utilizando el servidor web integrado o utilizando uno de los protocolos de comunicación implementados (por ejemplo, Modbus RTU, Modbus TCP, IEC 61850, SonelFrame).

La interfaz de usuario incluye una pantalla LCD en color de 2,4" con una resolución de 320x240 píxeles y un panel táctil resistivo.

Una de las ventajas del analizador es la posibilidad de conectar módulos adicionales a la toma de expansión ubicado en la pared derecha de la carcasa. Se pueden conectar tres tipos de módulos:

- Módulo GPS-1 – receptor GPS con conector SMA para antena externa. Están disponibles tres variantes de antena de: 10 / 20 / 30 metros. El receptor GPS garantiza la sincronización de la hora del analizador con la hora universal coordinada UTC y garantiza la precisión del marcado temporal de mediciones en el orden de microsegundos.
- Módulo GSM-1 – módem GSM (LTE) con conector SMA para conectar una antena externa.
- Módulo IOM-1 – módulo de expansión de entradas/salidas con entradas y salidas digitales y entradas y salidas en el estándar de bucle de corriente de 4-20 mA.



- No se pueden conectar dos módulos de expansión del mismo tipo al analizador.
- El analizador admite un máximo de tres módulos de expansión de diferentes tipos.



Fig. 1. Analizador de la calidad de energía eléctrica PQM-750. Vista general.

Fig. 2 y Fig. 3 muestran vistas laterales del analizador con descripción de los terminales de entrada y salida. La tercera fila de tablas contiene el número asignado a un terminal determinado. Ver también: Tab. 1.



Supervisor, salidas digitales							
WR		DO1		DO2			
1	2	3	4	5	6	7	8

Entradas de corriente									
I1		I2		I3		I4		I5	
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Fig. 2. Analizador de la calidad de energía eléctrica PQM-750. Vista desde la parte inferior. También se ve la entrada RJ-45 LAN1.



Entradas de tensión			
N	U3	U2	U1
19	20	21	22

Entradas de termómetro y digitales					
DQ	GND	DI2	DI1		
23	24	25	26	27	28

RS-485-2			RS-485-1		
A	B	SH	A	B	SH
29	30	31	32	33	34

Alimentación		
PE	N	L
35	36	37

Fig. 3. Analizador de la calidad de energía eléctrica PQM-750. Vista de la parte superior. También se ven la entrada RJ-45 LAN2 y la toma de la batería del reloj RTC.

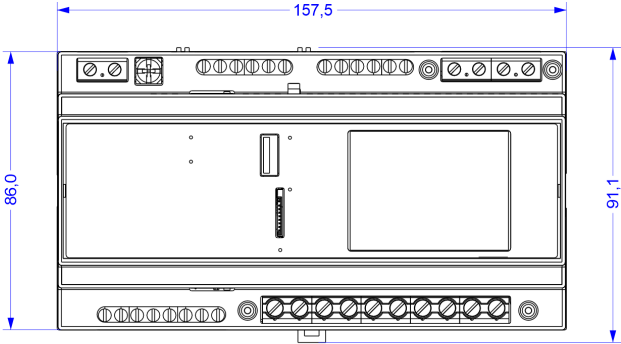
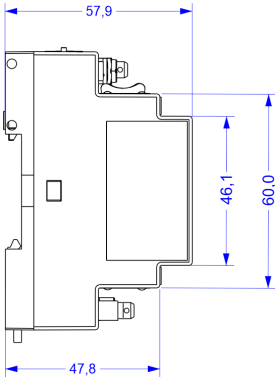


Fig. 4. Dimensiones externas del analizador (en milímetros).

1.3 Montaje del analizador

1.3.1 Montaje en el carril DIN

El analizador es un dispositivo estándar y está montado en un riel DIN EN 60715 de 35 mm. Primero se cuelga el analizador en los ganchos superiores y luego se fija al gancho inferior. Esto se muestra en la Fig. 5.

Para desmontar el analizador, utilice una herramienta para tirar del gancho inferior hacia abajo y luego incline la parte inferior del analizador hacia sí mismo.



Fig. 5. Montaje del analizador en el riel DIN EN 60715 de 35 mm.

1.3.2 Montaje en la pared

El analizador se puede montar en una pared u otra superficie plana utilizando soportes adicionales (incluidos). Las asas se presionan en ambos lados de la carcasa inferior y luego se atornillan a la superficie con los tornillos suministrados o con los suyos propios. Esto se muestra en la Fig. 6.

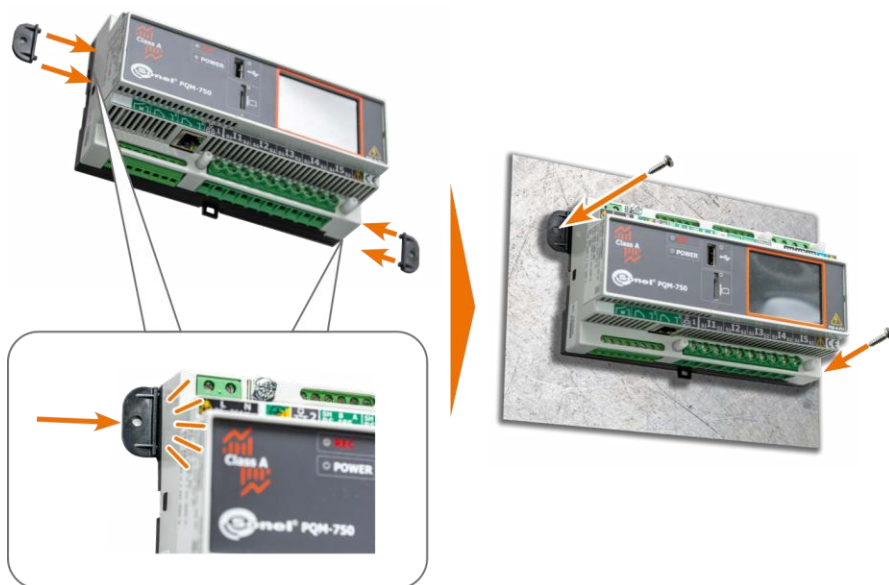


Fig. 6. Montaje del analizador en la pared utilizando los soportes suministrados.

1.3.3 Sellado de entradas de medición

Para proteger los terminales de medición de las entradas de tensión y corriente contra interferencias de personas no autorizadas, se pueden sellar con las tiras de sellado suministradas. Esto se muestra en la Fig. 7. Después de instalar las tiras, pase una cuerda selladora a través de los orificios de postes a ambos lados de las tiras.



Fig. 7. Sellado de entradas de medición.

1.4 Conexiones de terminales de tornillo

En la Tab. 1 se enumeran todos los terminales de tornillo del analizador PQM-750.

Tab. 1. Terminales de tornillo del analizador PQM-750.

Nombre de conexión	Número de abrazadera	Símbolo	Sección del cable en mm ²	Longitud del aislamiento en mm
Relé del supervisor (WR)	1	Abierto de forma normal (NO)	0,5 – 3,3	6
	2	Abierto de forma normal (NO)		
Relé de salida digital 1 (DO1)	3	Normalmente cerrado (NC)	0,5 – 3,3	6
	4	Combinado Normal		
	5	de forma normal (NO)		
Relé de salida digital 2 (DO2)	6	Cerrado normal (NC)	0,5 – 3,3	6
	7	Combinado Normal		
	8	de forma normal (NO)		
Corriente I1	9	S1	0,5 – 6 (alambre)	8
	10	S2	0,5 – 4 (cuerda)	
Corriente I2	11	S1	0,5 – 6 (alambre)	8
	12	S2	0,5 – 4 (cuerda)	
Corriente I3	13	S1	0,5 – 6 (alambre)	8
	14	S2	0,5 – 4 (cuerda)	
Corriente I4 / I _N / neutro	15	S1	0,5 – 6 (alambre)	8
	16	S2	0,5 – 4 (cuerda)	
Corriente I5 / I _E / de fuga	17	S1	0,5 – 6 (alambre)	8
	18	S2	0,5 – 4 (cuerda)	
Tensión Conductor neutro	19	N	0,5 – 4 (alambre) 0,5 – 2,5 (cuerda)	8
Tensión U3	20	U3	0,5 – 4 (alambre) 0,5 – 2,5 (cuerda)	8
Tensión U2	21	U2	0,5 – 4 (alambre) 0,5 – 2,5 (cuerda)	8
Tensión U1	22	U1	0,5 – 4 (alambre) 0,5 – 2,5 (cuerda)	8
Entrada de termómetro (TI)	23	DQ	0,5 – 3,3	6
	24	GND		
Entrada digital 2 (DI2)	25	-/+ (sin polarización)	0,5 – 3,3	6
	26	+/- (sin polarización)		
Entrada digital 1 (DI1)	27	-/+ (sin polarización)	0,5 – 3,3	6
	28	+/- (sin polarización)		
RS-485 Puerto 2 (RS-485-1)	29	A/+	0,5 – 3,3	6
	30	B/-		
	31	blindaje		
RS-485 Puerto 1 (RS-485-2)	32	A/+	0,5 – 3,3	6
	33	B/-		
	34	blindaje		
Puesta a tierra de protección	35	PE	Utilice una abrazadera de horquilla o de ojal	–
Fuente de alimentación – neutro	36	N	0,5 – 4 (alambre) 0,5 – 2,5 (cuerda)	8
Fuente de alimentación – fase	37	L		

1.5 Alimentación del analizador

El analizador tiene una fuente de alimentación incorporada con el rango de tensiones nominales de 85...264 V AC / 120...300 V DC (opción "AC") o 18...60 V DC (opción "DC"). La fuente de alimentación tiene terminales de entrada independientes (36, 37).

El analizador también tiene la entrada PoE (*Power over Ethernet*) en el puerto RJ-45 LAN1 y puede alimentarse desde conmutadores de red que cumplan con el estándar IEEE 802.3 at/af. La fuente de alimentación PoE se puede utilizar como principal o de reserva.

Para mantener la alimentación durante los cortes de energía (falta de alimentación AC/DC y PoE) sirve la batería interna Li-Ion. Se recarga cuando hay energía AC/DC o PoE disponible. La batería cargada puede mantener el funcionamiento del analizador durante aproximadamente 1 hora. Cuando la batería está completamente descargada, el analizador deja de funcionar y se apaga en caso de emergencia. Una vez que vuelve la energía, el analizador reanuda su funcionamiento.

La presencia de la fuente de alimentación principal AC/DC y PoE se puede verificar en la pantalla del analizador seleccionando **AJUSTES**→**FUENTE DE ALIMENT.**



La batería puede cambiarse solamente en el servicio autorizado.

1.6 Parámetros medidos

El analizador permite medir y registrar los siguientes parámetros:

- tensiones efectivas entre fases y entre fases de hasta $1000 V_{RMS}$ con respecto a tierra,
- transitorios de tensión (sobretensiones) en el rango de hasta ± 6 kV (módulo interno opcional),
- interferencias conducidas en la banda de frecuencias de 2-9 kHz y 8-150 kHz,
- corrientes efectivas usando transformadores aislados:
 - versión CT5A: rango nominal de $5 A_{RMS}$ (rango de pico medible ± 70 A),
 - versión CT1A: rango nominal de $1 A_{RMS}$ (rango de pico medible $\pm 17,5$ A),
 - son posibles versiones del analizador con un rango nominal diferente,
- factores de cresta de corriente y tensión,
- frecuencia de red en el rango de 40...70 Hz (redes de 50/60 Hz) o 340...460 Hz (redes de 400 Hz),
- potencias y energías activas, reactivas, aparentes, potencia de distorsión,
- componentes armónicas de tensiones y corrientes (hasta 256^a para redes de 50/60 Hz, hasta 50^a para redes de 400 Hz),
- factor de distorsión armónica THD_F y THD_R para corriente y tensión,
- factor de distorsión TDD,
- factor de pérdidas K causadas por armónicos más altos (K-Factor),
- factor de pérdidas en el transformador según la norma HD 538.3.S1 (Factor K),
- potencias activas y reactivas de armónicos,
- ángulos entre los armónicos de tensión y corriente,
- factor de potencia PF, $\cos\varphi$, $\tan\varphi$,
- factores de desequilibrio de redes trifásicas y componentes simétricas,
- indicadores de parpadeo de luz P_{ST} y P_{LT} (no disponible para redes de 400 Hz),
- componentes interarmónicas de tensiones y corrientes (hasta 256^a para redes de 50/60 Hz, hasta 50^a para redes de 400 Hz),
- factor de distorsión interarmónica TID_F y TID_R para corriente y tensión,
- señales de control de tensión en el rango de frecuencia de 5...30000 Hz,
- cambios rápidos de tensión (RVC),
- otros no mencionados aquí.

Los parámetros escogidos se agregan (promedian) según el tiempo elegido por el usuario y pueden ser guardados en la tarjeta de memoria. Además del valor medio se puede registrar el valor mínimo y máximo durante el intervalo de promediación.

El bloque de detección de eventos también está desarrollado. Los eventos típicos en la norma EN 50160 son: hueco (es decir, disminución del valor eficaz de tensión por debajo del 90% del valor nominal de tensión), subida (aumento por encima del 110% del valor nominal) e interrupción (bajada de tensión por debajo del umbral del 5% del valor nominal). El usuario no necesita introducir por sí mismo los ajustes definidos en la norma EN 50160, el dispositivo permite la configuración automática del instrumento en modo de medición de calidad de energía de acuerdo con la norma EN 50160. La tensión es sólo uno de muchos parámetros, para los cuales se pueden definir los umbrales de detección de eventos. Por ejemplo, es posible configurar el analizador para que detecte la bajada del factor de potencia por debajo del umbral definido, también puede detectar cuando THD excede otro umbral. El evento se guarda junto con el tiempo en el que apareció. En el caso de eventos seleccionados, la información sobre la ocurrencia del evento se puede complementar con un oscilograma de formas de onda de tensión y corriente. Se pueden guardar 5 períodos de red hasta 60 segundos con el tiempo de predisparo regulado (en inglés *pretrigger*) hasta máx. 1 segundo. Junto con la forma de onda se almacena el valor RMS de semiperíodo ($RMS_{1/2}$), con el tiempo de registro ajustable de 1 s a 60 s.

Además, el analizador puede detectar los eventos causados por el cambio de la forma de los envolventes de tensión y el salto del ángulo de fase comparando los sucesivos períodos sucesivos de la red.

Las amplias posibilidades de configuración y la multitud de parámetros medidos hacen que el analizador sea un dispositivo extraordinariamente útil y poderoso para medir y analizar todo tipo de redes de alimentación y alteraciones que aparecen en ellas. Algunas de las características únicas de este dispositivo lo distinguen entre otros analizadores de este tipo disponibles en el mercado.

En la Tab. 2 se presenta una especificación sumaria de los parámetros medidos por el analizador dependiendo del tipo de la red.



En el modo de medición de frecuencia nominal de 400 Hz, existen diferencias en los parámetros, las opciones disponibles, los métodos de medición y las incertidumbres en comparación con los modos de 50 Hz y 60 Hz. Estas diferencias se describen detalladamente en la **sección 2.13** y **sección 6**.

Tab. 2. Parámetros medidos para varias configuraciones de la red.

Tipo de red, canal		1-fásico			2 fases						3 fases 4 hilos									3 fases 3 hilos								
		U _{1N} I ₁ L1	U _{NE} I _N	I _E	U _{1N} I ₁ L1	U _{2N} I ₂ L2	U ₁₂	U _{NE} I _N	I _E	TOT	U _{1N} I ₁ L1	U _{2N} I ₂ L2	U _{3N} I ₃ L3	U ₁₂	U ₂₃	U ₃₁	U _{NE} I _N	I _E	TOT	U ₁₂	U ₂₃	U ₃₁	U _{1E} I ₁ L1	U _{2E} I ₂ L2	U _{3E} I ₃ L3	I _E	TOT	
U	Tensión eficaz	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓		
U _{DC}	Componente constante de tensión	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓		
I	Corriente eficaz	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓						✓	✓	✓	✓	
f	Frecuencia	✓			✓						✓										✓							
CF U	Factor de pico de tensión	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓								✓	✓	✓					
CF I	Factor de pico de corriente	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓						✓	✓	✓	✓	
P	Potencia activa	✓			✓	✓				✓	✓	✓	✓						✓					✓	✓	✓		✓
Q ₁ , Q _B	Potencia reactiva	✓			✓	✓				✓	✓	✓	✓						✓					✓	✓	✓		✓ ⁽¹⁾
D, S _N	Potencia de distorsión	✓			✓	✓					✓	✓	✓	✓					✓					✓	✓	✓		✓
S	Potencia aparente	✓			✓	✓					✓	✓	✓	✓					✓					✓	✓	✓		✓
PF	Factor de potencia	✓			✓	✓				✓	✓	✓	✓						✓					✓	✓	✓		✓
cosφ	Factor de desplazamiento de fase	✓			✓	✓				✓	✓	✓	✓						✓					✓	✓	✓		✓
tgφ _{C-} , tgφ _{L+} tgφ _{L-} , tgφ _{C+}	Factor de tangente φ (4 cuadrantes)	✓			✓	✓				✓	✓	✓	✓						✓					✓	✓	✓		✓ ⁽¹⁾
THD U	Factor de contenidos armónicas de tensión	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓				✓			✓	✓	✓						
THD I	Factor de contenidos armónicos de corriente	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓						✓	✓	✓	✓	
TDD I	Factor de distorsión de la corriente	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓				✓							✓	✓	✓		
K-Factor	Factor K	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓				✓							✓	✓	✓		
Factor K	Factor europeo de pérdida de carga K	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓				✓							✓	✓	✓		
E _{P+} , E _{P-}	Energía activa (consumida y devuelta)	✓			✓	✓				✓	✓	✓	✓						✓					✓	✓	✓		✓
E _{QC-} , E _{QL+} E _{QL-} , E _{QC+}	Energía reactiva (de cuatro cuadrantes)	✓			✓	✓				✓	✓	✓	✓						✓					✓	✓	✓		✓ ⁽¹⁾
E _s	Energía aparente	✓			✓	✓				✓	✓	✓	✓						✓					✓	✓	✓		✓
U _{h1} ..U _{h256}	Amplitudes de armónicos de tensión ⁽⁴⁾	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓				✓			✓	✓	✓						
I _{h1} ..I _{h256}	Amplitudes de armónicos de corriente ⁽⁴⁾	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓				✓							✓	✓	✓		
φ _{UI1} .. φ _{UI256}	Ángulos entre los armónicos de tensión y corriente ⁽⁴⁾	✓			✓	✓					✓	✓	✓											✓	✓	✓		

φ_U	Ángulos absolutos de armónicos de tensión	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓			✓					✓	✓	✓		
φ_I	Ángulos absolutos de armónicos de corriente	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓			✓					✓	✓	✓		
$P_{h1}...P_{h256}$	Potencias activas de armónicos ⁽⁴⁾	✓			✓	✓					✓	✓	✓								✓	✓	✓		
$Q_{h1}...Q_{h256}$	Potencias reactivas de armónicos ⁽⁴⁾	✓			✓	✓					✓	✓	✓								✓	✓	✓		
Asimetría U, I	Componentes simétricas y factores de asimetría																✓								✓
P_{ST}, P_{LT}	Indicadores de parpadeo de luz ⁽²⁾	✓			✓	✓					✓	✓	✓					✓	✓	✓					
TID-F U, TID-R U	Factor de contenidos interarmónicas de tensión	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓			✓			✓	✓	✓				
TID-F I, TID-R I	Factor de contenidos interarmónicas de corriente	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓			✓					✓	✓	✓		
$U_{ih0}...U_{ih256}$	Amplitudes de interarmónicos de tensión ⁽⁴⁾	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓			✓			✓	✓	✓				
$I_{ih0}...I_{ih256}$	Amplitudes de interarmónicos de la corriente ⁽⁴⁾	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓			✓					✓	✓	✓		
U_{R1}, U_{R2}	Señales de control en la tensión	✓			✓	✓					✓	✓	✓					✓	✓	✓					
U_{2-9k}	Perturbaciones conducidas de 2-9 kHz	✓			✓	✓					✓	✓	✓					✓	✓	✓					
U_{8-150k}	Perturbaciones conducidas de 8-150 kHz	✓			✓	✓					✓	✓	✓								✓	✓	✓		
U_t	Transitorios de tensión ⁽³⁾	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓			✓					✓	✓	✓		

Explicaciones: TOT significa el valor total del sistema multifásico.

- (1) En las redes de 3 fases y 3 conductores, como potencia reactiva total se calcula la potencia inactiva $N = \sqrt{S_e^2 - P^2}$ (ver discusión sobre potencia reactiva en el documento "Calidad de alimentación – manual").
- (2) Los indicadores de parpadeo no están disponibles en el modo de 400 Hz.
- (3) Los transitorios de voltaje se miden si se instala un módulo adicional (opción "TR").
- (4) En el modo de 400 Hz, el orden máximo medido es 50.

2 Funcionamiento del analizador

2.1 Pantalla táctil

El analizador se puede manejar a través de una interfaz de usuario simplificada (GUI) que se muestra en la pantalla táctil incorporada. Usando esta interfaz, el usuario puede realizar la configuración básica del analizador y ver algunos de los parámetros medidos.



Fig. 8. Menú principal.

El menú principal se muestra en la Fig. 8. La fecha y hora actuales del analizador y la fuente de la hora (RTC/GPS/NTP/IRIG) se muestran en la barra superior.

Se muestran seis botones en la pantalla principal:

- **MEDICIONES** – esta parte muestra los parámetros de red seleccionados en tiempo real.
- **EVENTOS** – permite ver eventos de tensión recientes.
- **MEMORIA** – presenta el tamaño y ocupación de las tarjetas de memoria.
- **LA RED** – permite verificar la configuración actual de la red Ethernet.
- **AJUSTES** – esta opción se puede utilizar para la configuración básica del analizador.
- **INFO** – muestra información sobre la versión y el fabricante del medidor.

2.2 Activación y desactivación del analizador

El analizador no tiene botón de encendido de alimentación. Comienza a funcionar inmediatamente después de aplicar tensión a la entrada de alimentación principal o conectar una fuente PoE a la toma LAN1.

Después de encenderlo, aparece una pantalla de bienvenida que muestra el nombre del medidor, el firmware y la versión del hardware. Luego, el analizador realiza una inicialización interna. Si se detectan errores, la pantalla mostrará un número de error con un pitido largo.

Mientras todos los servicios se están inicializando y ejecutando, el LED verde de POWER parpadeará una vez por segundo. Cuando el analizador esté completamente encendido y listo para funcionar, el LED verde de POWER estará encendido continuamente.

Si se produce un error durante la inicialización de la tarjeta de memoria o el sistema de archivos de la tarjeta está dañado (por ejemplo, cuando el usuario formateó la tarjeta manualmente), el analizador sugerirá el formateo (mensaje **¿FORMATEAR TARJETA SD?**). Al pulsar confirmación se iniciará el proceso de formateo. Después de formatear, el analizador comenzará automáticamente el registro.

Cuando se enciende el medidor por primera vez, se activa el asistente de configuración, a través del cual el usuario selecciona los parámetros básicos de la red: tipo de red, frecuencia nominal, tensión nominal, relación de tensión y corriente y el perfil del estándar registrado (ver también sección 2.8.3). Entonces también se puede habilitar la protección de la GUI contra el uso no autorizado y establecer códigos PIN (sección 2.3).

Después de encender el analizador, activa la última configuración de medición.

Para apagar el analizador es necesario desconectar primero las fuentes de alimentación: fuente de alimentación principal AC/DC y/o PoE. El analizador cambiará a la energía de batería y aparecerá el icono **AJUSTES**→ en la pantalla. ➡ se activará el botón **APAGADO**. Al pulsarlo se mostrará un mensaje de confirmación y el usuario podrá apagar el medidor. El apagado puede tardar unos cuantos segundos.

2.3 Restricción de acceso a la GUI

Es posible restringir el acceso a la GUI del medidor para que no sea posible cambiar la configuración y/o ver los parámetros. Para ello se han creado dos usuarios con diferentes niveles de autorización, a cada uno de los cuales se le puede asignar un código PIN que consta de 4 a 8 dígitos.

- El usuario 'Administrador' tiene acceso completo a la configuración y a la vista previa de datos en la GUI.
- El usuario 'Usuario' solo tiene acceso a la vista previa de los datos y no puede realizar ningún cambio en la configuración.

De forma predeterminada, los códigos PIN están deshabilitados para ambos usuarios enumerados. Por razones de seguridad, se recomienda habilitar el PIN del usuario 'Administrador' y poner su propio PIN para evitar que personas no autorizadas cambien la configuración del analizador. Habilitar el PIN para el usuario 'Usuario' obliga a habilitar el PIN para el usuario 'Administrador'.

Para ir a la configuración del código PIN, seleccione **AJUSTES**→**SEGURIDAD**. Se muestra la pantalla como en la Fig. 9. Para habilitar el PIN del Administrador, presione el interruptor a la posición '**ON**'. Al presionar el botón '**PIN**' accederá a la pantalla de configuración del propio PIN (Fig. 10). Hay que introducir dos veces un código de 4 a 8 dígitos.



Fig. 9. Pantalla de configuración de seguridad de la GUI.

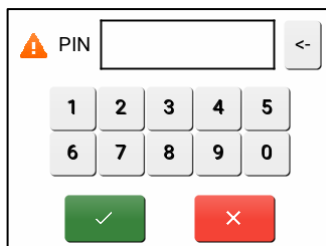


Fig. 10. Introducción del código PIN.

Al activar el PIN del Administrador, el acceso desde el menú principal a la sección **AJUSTES**, **LA RED** y **MEMORIA** requerirá introducir el PIN del Administrador. Al introducir el PIN del administrador se obtiene acceso a todas las opciones de la GUI.

Lo mismo se aplica al código PIN del Usuario. Después de activar el PIN del Usuario, se bloquean las secciones disponibles desde el menú principal: **MEDICIONES**, **EVENTOS**, **INFO**.

Al introducir el PIN del administrador se obtiene acceso a todas las opciones de la GUI. El método para restaurar el acceso a la GUI del medidor en caso de olvidar el PIN de administrador se presenta en la sección 3.2.

2.4 Control de la corrección de conexión

En la pantalla con un diagrama de fase, se muestran actuales indicadores de corrección de la conexión (Fig. 11) que dan información relevante sobre la conexión del analizador a la red de ensayo. Esta información ayuda al usuario a verificar el cumplimiento de la configuración actual del analizador con los parámetros de la red medida.

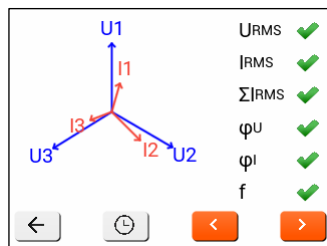


Fig. 11. El diagrama de fase con los indicadores de corrección de conexión.

Los indicadores se identifican en secuencia: U_{RMS} , I_{RMS} , ΣI_{RMS} , ϕ_U , ϕ_I , f .

- **U_{RMS} :** valores eficaces de tensión – dos iconos posibles:
 - – los valores eficaces de tensión son correctos, están dentro de la tolerancia del $\pm 15\%$ de la tensión nominal,
 - – los valores eficaces están fuera del rango $U_{nom} \pm 15\%$.
- **I_{RMS} :** valores eficaces de corriente – cuatro posibilidades:
 - – los valores eficaces de las corrientes están en el rango del $0,3\% I_{nom} \dots 115\% I_{nom}$,
 - – los valores eficaces de la corriente son más pequeños que el $0,3\% I_{nom}$,
 - – los valores eficaces de la corriente son más grandes que el $115\% I_{nom}$,
 - - - - los guiones se muestran cuando la medición de corriente está desactivada en la configuración.
- **ΣI_{RMS} :** El analizador verifica la corrección de la conexión de corrientes en base a la suma instantánea de todas las corrientes. En un sistema cerrado, el valor RMS de la suma instantánea de la corriente debe ser cercano a cero. La verificación solo se realiza cuando RMS de al menos una corriente medida supera el $0,3\% I_{nom}$. En sistemas de medición con cálculo analítico de la corriente I_n y en los sistemas de medición de Aron, esta comprobación está deshabilitada.
 - – corrientes conectadas correctamente – la suma instantánea de corrientes es cercana a cero,
 - – no se puede verificar la corrección de la suma de corrientes debido a valores de corriente demasiado bajos,
 - – el valor eficaz calculado de la suma instantánea de corrientes supera el $0,3\% I_{nom}$ y al mismo tiempo supera el 25% del valor máximo de todas las corrientes medidas. Esta situación puede ocurrir, por ejemplo, cuando se conecta incorrectamente el canal I_n .
- **ϕ_U :** vectores de tensiones – el analizador verifica la corrección de los ángulos de componentes fundamentales y muestra el icono correspondiente:
 - – los vectores tienen los ángulos correctos en el rango de $\pm 30^\circ$ del valor teórico para la carga resistiva y el circuito simétrico (en los sistemas de 3 fases),
 - – no se puede verificar la corrección de ángulos debido a demasiado pequeña tensión eficaz (menos del $1\% U_{nom}$),
 - – ángulos incorrectos de vectores. En los sistemas trifásicos aparece este icono, entre otros, en caso de secuencia inversa de rotación de fases de tensión.

- Φ : vectores de corrientes – se verifica la corrección de ángulos de vectores de componentes fundamentales de corrientes respecto a los vectores de tensión. Se muestran los iconos:
 - – los vectores caben en los límites de $\pm 55^\circ$ respecto a los ángulos correspondientes de los vectores de tensión,
 - – no se puede verificar la corrección de ángulos de vectores de corriente debido a demasiado pequeña corriente eficaz (menos del $0,3\% I_{nom}$),
 - – los vectores están fuera del rango permisible de ángulos ($\pm 55^\circ$),
 - - - - los guiones se muestran cuando la medición de corriente está desactivada en la configuración.
- f: frecuencia:
 - – la frecuencia de red medida está en el rango de $f_{nom} \pm 10\%$,
 - – el valor eficaz de la tensión de fase de referencia es menor que 10 V (el analizador trabaja en con el generador interno) y sin sincronización PLL,
 - – la frecuencia medida está fuera del rango $f_{nom} \pm 10\%$.

2.5 Comunicación y transmisión de datos

El analizador proporciona varios métodos diferentes de comunicación con un PC o un sistema superior. Estos son, respectivamente:

- Comunicación a través del protocolo Modbus RTU y el puerto RS-485-1 (lectura/registro) y opcionalmente RS-485-2 (solo lectura),
- Comunicación a través del protocolo Modbus TCP/IP y el puerto Ethernet (LAN1, LAN2),
- Comunicación a través del protocolo IEC 61850 (conexión Ethernet),
- Comunicación a través de HTTPS y un navegador web utilizando el servidor web integrado (conexión Ethernet),
- Comunicación a través del protocolo SonelFrame propio de Sonel S.A. (conexión Ethernet).

Cada uno de los métodos de comunicación mencionados anteriormente tiene diferentes propiedades y posibilidades. Estas posibilidades se presentan en los siguientes capítulos.

2.6 Configuración de conexión de red

PQM-750 tiene dos conectores LAN RJ-45 independientes: LAN1 y LAN2. Ambos están conectados internamente al mismo conmutador Ethernet. El analizador admite una dirección IP común en ambos puertos físicos. El segundo puerto LAN se puede usar para simplificar las conexiones de red cuando otro dispositivo necesita una conexión de red, o se puede usar para conectar un panel de visualización externo y conectarse al servidor web integrado del medidor.

Para que el analizador se comuniquen con la red Ethernet, es necesario configurar la dirección IP, la máscara de red y la puerta de enlace. El usuario puede configurar estas direcciones manualmente o, si hay un servidor DHCP presente en la red, el analizador puede obtener estos datos automáticamente.

De forma predeterminada, el analizador está configurado con una dirección IP estática de 192.168.75.2, una puerta de enlace de 192.168.75.1 y una máscara de red de 255.255.255.0.

Para cambiar los ajustes de red, seleccione: **AJUSTES** → → **LA RED**.

2024-10-11		08:39:14 RTC	
DHCP:			
IP:	<input type="text" value="192.168.75.2"/>		
Máscara:	<input type="text" value="255.255.255.0"/>		
Puerta:	<input type="text" value="192.168.75.1"/>		

Fig. 12. Ajustes de la red predeterminados.

Los ajustes de la red predeterminados mostrados en Fig. 12 se pueden cambiar interactuando con los campos. Al presionar el control deslizante DHCP, el usuario puede activar y desactivar DHCP, es decir, cambiar entre la configuración de direcciones automática y manual. Cuando la opción DHCP está activa, debe haber un servidor DHCP en la red que asigne direcciones IP a los dispositivos. La dirección IP obtenida se puede comprobar seleccionando la opción **LA RED** en el menú principal.

Cuando el usuario quiera asignar sus propias direcciones, debe presionar cada campo e introducir las direcciones manualmente mediante el teclado que se muestra en la pantalla.

Una vez que se hayan introducido los ajustes de red correctos en el analizador, será posible comunicarse con el analizador utilizando los diversos protocolos Ethernet integrados que se enumeran en la sección 2.5.

2.7 Vista previa de los parámetros medidos

La pantalla LCD permite ver algunos parámetros medidos en tiempo real. Esto es posible después de seleccionar **MEDICIONES** en la pantalla principal. Los datos de medición se dividen en varias pantallas separadas:

- **U, THDU, F** – diagrama de fases, indicadores de corrección de conexión, tensiones efectivas, THD de tensiones, frecuencia,
- **I, THDI, HARM** – corrientes efectivas, THD de corrientes, armónicos de tensiones y corrientes (gráficos de barras hasta el orden 50),
- **ASIMETRÍA** – factores de asimetría de tensión y corriente y componentes simétricos,
- **FLICKER** – indicadores de parpadeo P_{ST} , P_{LT} y P_{INST} ,
- **P, Q, S** – potencia activa, reactiva y aparente, potencia aparente de distorsión,
- **COSΦ, PF** – factor $\cos\phi$ y factor de potencia,
- **TGΦ** – tangente de 4 cuadrantes ϕ : $\text{tg}\phi_{L+}$, $\text{tg}\phi_{C-}$, $\text{tg}\phi_{L-}$, $\text{tg}\phi_{C+}$,
- **ENERGÍA** – energía activa (absorbida y liberada), energía reactiva de 4 cuadrantes, energía aparente,
- **2-150 kHz** – proporciona información sobre las emisiones máximas y sus frecuencias y canales en las bandas de 2-9 kHz y 8-150 kHz,
- **I/O** – vista previa de los estados de entradas y salidas digitales.

Los botones de flecha izquierda y derecha permiten recorrer todas las pantallas de forma circular. Las pantallas de ejemplo se muestran en la Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15 y Fig. 16.

	U-N [V]	THDU [%]	f [Hz]
L1	232.80	2.93	50.019
L2	237.50	2.86	50.021
L3	235.50	2.71	
N	----	----	
E	0.03	33.36	










Fig. 13. Pantalla “U, THDU, f”. La frecuencia superior es una medición de 10/12 periodos, la frecuencia inferior es una medición de 10 segundos.

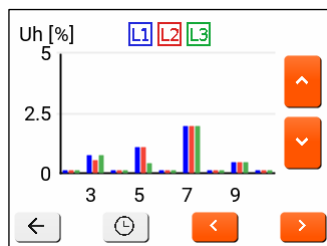


Fig. 14. Pantalla de tensiones armónicas. Se muestran 9 armónicos en cada pantalla y presionar las flechas hacia arriba y hacia abajo permite pasar a los 9 armónicos siguientes o anteriores. Pulsando la flecha derecha se pasa a corrientes armónicas.

	P [kW]	Q [kvar]	S [kVA]
L1	0.263	0.079	0.277
L2	0.359	0.090	0.373
L3	0.210	0.037	0.214
TOT	0.832	0.206	0.884

Fig. 15 shows a table of power measurements for three phases (L1, L2, L3) and a total (TOT). The columns are P [kW], Q [kvar], and S [kVA]. Navigation buttons are at the bottom.

Fig. 15. Pantalla con potencias.

	2-9kHz	8-150kHz
Max U [V]	0.02	0.01
f [kHz]	4.90	10
Input	L1-N	L2-E

Fig. 16 shows a table of emission measurements for two frequency bands: 2-9kHz and 8-150kHz. The rows are Max U [V], f [kHz], and Input. Navigation buttons are at the bottom.

Fig. 16. Pantalla de emisión en las bandas de 2-150 kHz.

2.8 Realización de medidas

2.8.1 Inicio y detención del registro

En el medidor PQM-750, el registro comienza automáticamente después de iniciar el medidor si no se detectan errores que impidan el registro (ej. falta una tarjeta de memoria).

Cuando el registro está activo, el LED rojo **REC** se ilumina continuamente.

Detener el registro es posible en varios casos:

- Cuando el usuario utiliza la opción de expulsar una tarjeta de memoria externa cuando el registro está guardado en esta tarjeta – seleccione **MEMORIA→EXPULSAR**. Después de reinsertar la tarjeta, el registro continuará.
- Cuando toda la tarjeta de memoria está llena en caso de organización de memoria lineal.
- Cuando la batería del analizador que funciona con batería está completamente descargada. En tal situación, el analizador dejará de registrar y se apagará. Después de aplicar voltaje externo, el medidor se encenderá nuevamente y continuará registrando.

Es posible un control avanzado sobre el proceso de registro mediante protocolos remotos.

2.8.2 Configuración de registro

Antes de iniciar el registro, deberá configurar la medición para realizar el proceso de registro de acuerdo a sus requerimientos. La configuración básica mediante la GUI se describe en la sección 2.8.3. La configuración completa se realiza de forma remota a través de uno de los protocolos o el servidor web integrado.

En el proceso completo de configuración, además de los ajustes básicos, el usuario también puede especificar, entre otros: el tiempo de cálculo de la media y los parámetros a registrar en la configuración del usuario, activa la detección de eventos, etc.

Después de registrar el cumplimiento de la norma indicada se puede generar un informe de conformidad que se utiliza para evaluar la calidad de la fuente de alimentación en el punto de la red que se examina.

Si el usuario solo desea registrar datos para cumplir con el estándar y no desea que el analizador registre otros parámetros adicionales (y, por lo tanto, aumente innecesariamente el tamaño de los datos registrados), todos los demás parámetros deben desactivarse (deseleccionándolos en el sitio web). Alternativamente, se puede seleccionar un tiempo largo del cálculo de la media de la lista, entonces los datos ocuparán relativamente poco espacio. Sin embargo, esto no se aplica a los eventos, por lo que la mejor solución es desactivar los parámetros innecesarios.

2.8.3 Configuración básica a través de la GUI

Una de las opciones de configuración más importantes es configurar los parámetros del sistema de red. Esta configuración básica se puede realizar utilizando la GUI en la pantalla LCD del analizador.

Desde el menú principal, seleccione **AJUSTES**, luego **MEDICIONES** para iniciar el asistente de configuración de varios pasos. Utilice las flechas izquierda/derecha para cambiar entre pantallas.



Fig. 17

1. Selección de la norma. Seleccione el perfil estándar apropiado de la lista, por ejemplo una de las variantes EN 50160. Esto permitirá que el analizador genere informes sobre el cumplimiento del perfil estándar seleccionado.

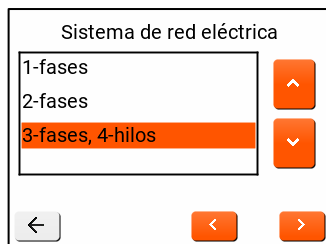


Fig. 18

2. Tipo de red. En esta pantalla se puede seleccionar el tipo de red a medir.

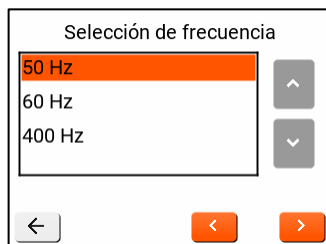


Fig. 19

3. Selección de la frecuencia nominal.

Fig. 20

4. Tensión nominal y relación de tensión. Después de presionar los campos de valores, aparecerá un teclado numérico que permitirá introducir los valores deseados de tensión nominal y relación de transmisión.

Fig. 21

5. Esta pantalla permite introducir las proporciones de las rutas actuales. Las marchas para las vías $I1-I3$, la vía $I_N/I4$ y $I_E/I5$ se ajustan de forma independiente. La corriente nominal se calcula como el producto de las relaciones de transmisión introducidas y el rango nominal de entradas de corriente instaladas en el analizador.

Fig. 22

6. La parte final del asistente de configuración muestra un resumen de los ajustes (dividido en dos subpantallas). Los ajustes se pueden confirmar o cancelar.

Fig. 23

7. La siguiente pantalla después de la confirmación informa sobre el correcto guardado de la configuración y el inicio del registro de datos.

2.9 Interfaz de red (servidor web)

El analizador está equipado con un sitio web integrado (servidor web) que permite:

- la configuración del medidor,
- la vista previa del estado del analizador y los parámetros medidos en tiempo real,
- ver la lista de eventos registrados junto con formas de onda, gráficos $RMS_{1/2}$ y transitorios,
- la gestión de usuarios del servicio www.

La servicio www utiliza el protocolo HTTPS cifrado. Detalles de inicio de sesión del sitio web predeterminado:

- nombre de usuario: **admin**
- contraseña: **pqm**

Las instrucciones detalladas para utilizar el sitio web están disponibles en un documento separado.



Fig. 24. Pantalla de inicio de sesión en el sitio web del PQM-750.

2.10 Sistemas de medición

El analizador puede ser conectado directamente a los siguientes tipos de red:

- monofásica (Fig. 25)
- bifásica (con bobinado dividido del transformador llamado en inglés *split-phase*) (Fig. 26),
- de 3 fases 4 hilos (Fig. 27),
- de 3 fases 3 hilos (Fig. 28),

Medición indirecta en redes de la tensión media es posible en las redes:

- de 3 fases 3 hilos (Fig. 30).

En los sistemas de 3 fases 3 hilos se pueden medir las corrientes con el método de Aron (Fig. 29), usando sólo dos canales que miden las corrientes lineales I_{L1} y I_{L3} . La corriente I_{L2} se calcula entonces según la relación:

$$I_{L2} = -I_{L1} - I_{L3}$$

En los sistemas con el conductor neutro se puede activar adicionalmente la medición de la corriente en este conductor después de conectar la pinza adicional en el canal I_4 / I_N . Esta medición se realiza cuando se activa en la configuración la **CORRIENTE I4**.



Para calcular correctamente la potencia aparente total S_e y el factor de potencia total PF en el sistema trifásico con 4 conductores, es necesaria la medición de corriente en el conductor neutro. En este caso, active siempre la opción de registro de la corriente I_N y conecte el canal 4 de la corriente. Más información sobre la potencia aparente total S_e se puede encontrar en el documento "Calidad de alimentación – manual".

Preste atención a la dirección de conexión de las corrientes. Los terminales S1 de las entradas de corriente deben conectarse al lado de la fuente de alimentación y S2 al lado del receptor. La verificación puede realizarse controlando la medición de la potencia activa, en la mayoría de tipos de receptores pasivos la potencia activa tiene el signo positivo.

En todos los sistemas de red, se puede activar la medición de corriente en el canal I5. Esta medición se realiza cuando se activa en la configuración la **CORRIENTE I5**. Este canal se puede utilizar, por ejemplo, para medir la corriente de fuga.

Las figuras siguientes presentan esquemáticamente los modos de conexión del analizador a la red examinada según su tipo.

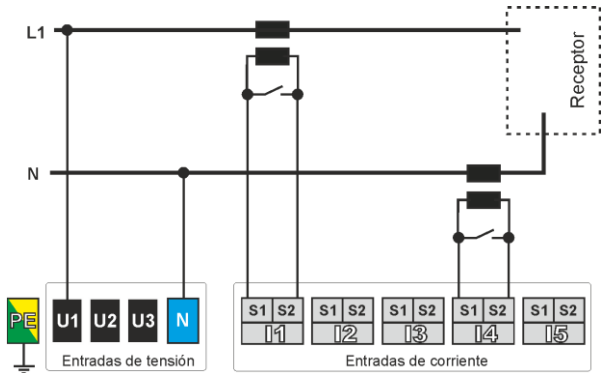


Fig. 25. Esquema de conexión – sistema monofásico, conexión directa de tensiones.

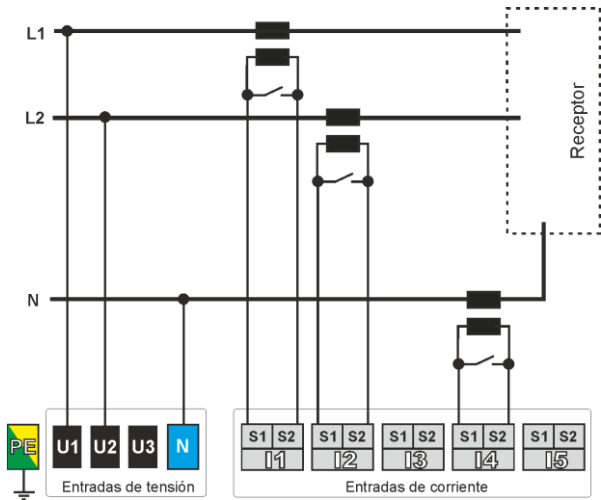


Fig. 26. Esquema de conexión – sistema bifásico, conexión directa de tensiones.

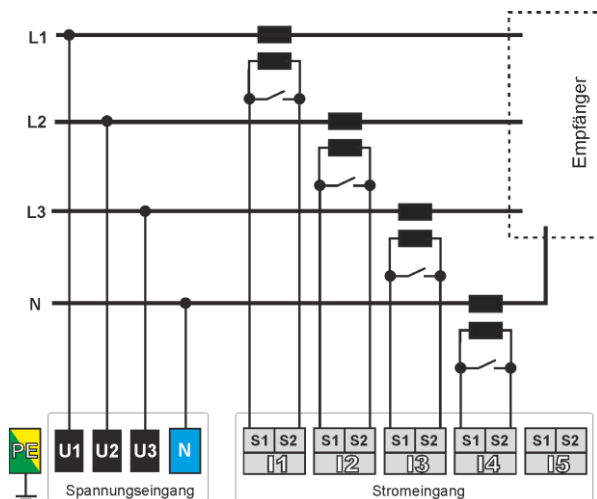


Fig. 27. Esquema de conexión – sistema trifásico de 4 hilos, conexión directa de tensiones.

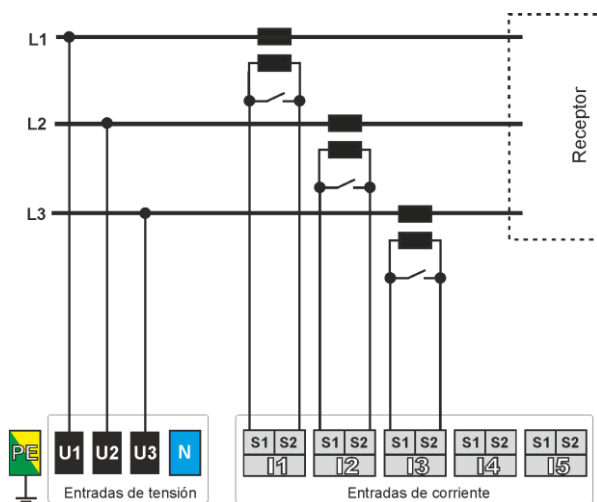


Fig. 28. Esquema de conexión – sistema trifásico de 3 hilos, conexión directa de tensiones.

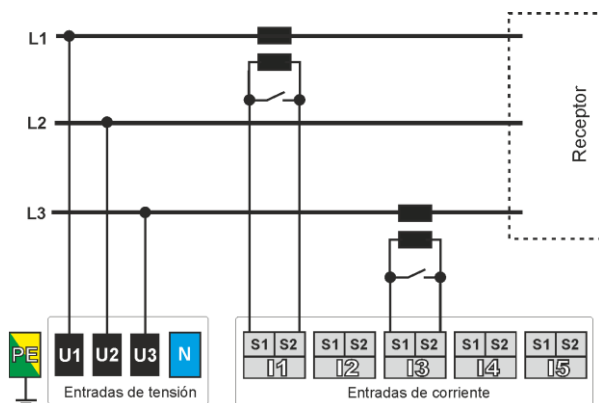


Fig. 29. Esquema de conexión – sistema trifásico de 3 hilos, el método de medición de Aron.

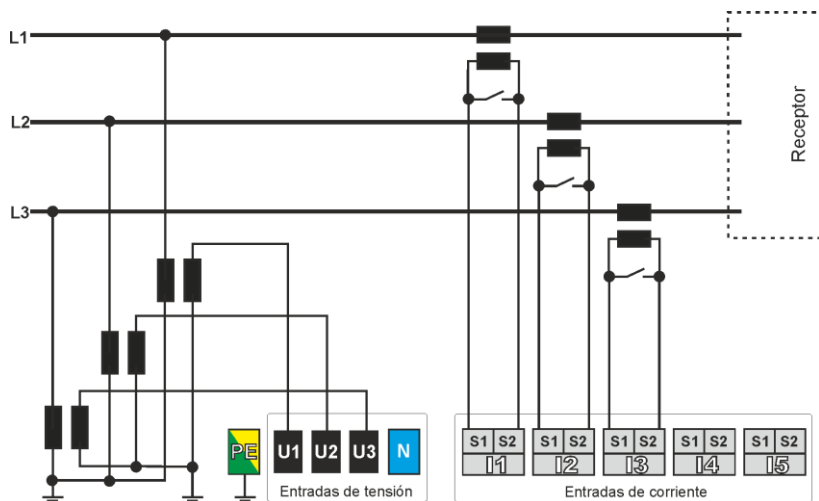


Fig. 30. Esquema de conexión – sistema indirecto trifásico de 3 hilos con transformadores de tensión.



La transmisión de los transformadores es generalmente muy pequeña, por lo que las perturbaciones de la red con frecuencias altas, como por ejemplo, las sobretensiones causadas por rayos, están en gran medida atenuadas y distorsionadas en el lado secundario del transformador. Esto debe tenerse en cuenta cuando se miden los transitorios en las configuraciones con transformadores.

2.11 Guardar datos

El analizador guarda los datos de medición en una tarjeta de memoria (en la versión actual del firmware, en una tarjeta externa), todo el espacio disponible se divide en tres áreas:

- área de datos normativos,
- área de datos del usuario,
- área de medidores de energía.

La asignación de espacio a áreas individuales se configura a través del sitio web. Además, cada uno de estos espacios se puede configurar en uno de dos tipos de registro:

- registro circular, donde en caso de falta de espacio, se eliminan los datos más antiguos,
- registro lineal, donde el registro de un determinado tipo de datos se detiene cuando se agota el espacio.

Independientemente del modo de registro seleccionado, el analizador puede almacenar datos durante un máximo de 200 días; si se excede este tiempo, se eliminan los datos de los días más antiguos.

Diagramas de oscilogramas, $RMS_{1/2}$, transitorios y otros se guardan en el área de datos del usuario, incluso si los eventos relacionados proceden de datos normativos.

2.12 Registro normativo

El analizador registra automáticamente los parámetros de red requeridos por el perfil EN 50160 seleccionado. Estos parámetros junto con el intervalo de tiempo (promediado) correspondiente se enumeran en la Tab. 3.

Tab. 3. Parámetros registrados para datos normativos.

Parámetro	Intervalo de tiempo			
	10 s	10 min	15 min	2 h
frecuencia	✓			
tensión eficaz		✓		
corrientes eficaces		✓		
armónicos de tensión		✓		
armónicos de corriente		✓		
interarmónicos de tensión		✓		
interarmónicos de corriente		✓		
THD-F de tensión		✓		
THD-F de corriente		✓		
asimetría de tensiones		✓		
asimetría de corrientes		✓		
indicador de parpadeo de luz $P_{ST}^{(1)}$		✓		
potencia activa			✓	
potencia reactiva Q1			✓	
potencia aparente			✓	
potencia aparente de distorsión			✓	
energía activa			✓	
energía reactiva de 4 cuadrantes			✓	
energía aparente			✓	
tangente ϕ 4 cuadrantes			✓	
indicador de parpadeo de luz $P_{LT}^{(1)}$				✓

(1) P_{ST} y P_{LT} no están disponibles en el modo de 400 Hz.

Además de los parámetros enumerados en la Tab. 3 el analizador registra eventos definidos en la norma EN 50160: caídas, subidas e interrupciones de tensión, cambios rápidos de tensión (RVC).

2.13 Medición en las redes de 400 Hx

El analizador PQM-750 permite realizar mediciones en redes con una frecuencia nominal de 400 Hz que se utilizan en los sectores militar, aeronáutico, marítimo y ferroviario. Una mayor frecuencia de la red permite el uso de transformadores y motores más pequeños y ligeros, lo cual es de gran importancia en los sectores relacionados con el transporte mencionados anteriormente. El analizador PQM-750 es muy versátil en el modo de 400 Hz porque casi todas las funciones de medición disponibles en los modos estándar de 50 Hz y 60 Hz también están disponibles en el modo de 400 Hz. La alta frecuencia de muestreo y el amplio ancho de banda del analizador permiten la medición de componentes armónicos e interarmónicos hasta el orden 50, lo que distingue al PQM-750 de otros analizadores de calidad de energía.

La Tab. 4 describe las diferencias en los métodos de funcionamiento y medición en el modo de 400 Hz en comparación con los modos de 50 Hz y 60 Hz. Las diferencias en las incertidumbres de medición se detallan en las secciones de datos técnicos.

Tab. 4. Resumen de diferencias en el funcionamiento del analizador en el modo de 400 Hz en comparación con los modos de 50 Hz y 60 Hz.

Tipo de medición	Descripción de diferencias
Armónicos de tensión y corriente	Medición hasta un máximo de 50. Se utiliza el método de subgrupos armónicos descrito en IEC 61000-4-7: el valor armónico es igual al valor efectivo de la barra principal y dos barras laterales, ej. 395, 400 y 405 Hz para el armónico fundamental de 400 Hz.
Interarmónicos de tensión y corriente	Medición hasta un máximo de 50. Se utiliza el método de subgrupos interarmónicos descrito en IEC 61000-4-7: el valor interarmónico se calcula como el valor efectivo de todas las barras entre los componentes armónicos, por ejemplo, un interarmónico de orden 1 contiene barras desde 410 hasta 790 Hz incluido.
THD	Los parámetros THD-F U_{256} , THD-R U_{256} , THD-F I_{256} , THD-R I_{256} no están disponibles.
TID	Los parámetros TID-F U_{256} , TID-R U_{256} , TID-F I_{256} , TID-R I_{256} no están disponibles.
TDD	La medición de este parámetro tiene en cuenta los armónicos hasta el orden 50.
Parpadeo de luz P_{ST} i P_{LT}	La medición de estos parámetros no está disponible en el modo de 400 Hz.
Potencias activa y reactiva de los armónicos, ángulos entre los armónicos de corriente y tensión	Medición hasta un máximo de 50.
Detección de eventos como caída de tensión, sobretensión, interrupción, RVC, corriente mínima y máxima	En los modos de 50 y 60 Hz, la detección se basa en valores $RMS_{(1/2)}$, que es un valor efectivo de un solo ciclo que se actualiza cada medio período. En el modo de 400 Hz, se utiliza el valor eficaz de 8 ciclos que se actualiza cada 4 períodos.
Salto de la fase	En el modo de 400 Hz, el salto de fase mínimo que se puede detectar es de aproximadamente 8 grados. Si el umbral de detección se establece por debajo de este valor, no se detectarán los saltos de fase.
Registro normativo	Aunque la norma EN 50160 no se aplica a las redes de 400 Hz, el analizador en modo de 400 Hz registra todos los parámetros enumerados en la Tab. 3 excepto P_{ST} y P_{LT} .

2.14 Cambios de configuración y multiacceso

El analizador PQM-750 ofrece varias formas de cambiar sus ajustes. Los ajustes deben entenderse como todos los parámetros de configuración del analizador, incluidos:

- ajustes generales del analizador (ej. zona horaria o idioma GUI) guardados en la memoria EEPROM,
- ajustes relacionados con la red Ethernet (ej. dirección IP, servidores NTP o configuraciones de cliente FTP) que se almacenan en la memoria EEPROM,
- ajustes de medición (ej. tipo de red, tensión nominal, parámetros registrados), almacenados en la tarjeta de memoria.

Los canales que puede utilizar para cambiar los ajustes enumerados a continuación:

- cambiar los ajustes a través de la GUI del medidor (en alcance limitado),
- cambiar los ajustes usando el servidor web (cuenta de administrador, alcance incompleto),
- cambiar los ajustes utilizando el protocolo Modbus RTU (alcance completo de ajustes),
- cambiar los ajustes utilizando el protocolo Modbus TCP (alcance completo de ajustes),
- cambiar los ajustes utilizando el protocolo SonelFrame (alcance completo de ajustes),

Para garantizar la posibilidad de cambiar los ajustes desde el nivel de cada una de las interfaces mencionadas anteriormente, fue necesario introducir un mecanismo para cambiar los ajustes, así como protección contra cambios accidentales o no autorizados. La transacción de cambio de ajustes siempre consta de los siguientes pasos:

- 1) paso opcional – introducir el PIN del administrador.
- 2) desbloquear los ajustes para modificar,
- 3) cambio de parámetros de configuración,
- 4) paso opcional – verificación si recargar la configuración requerirá reiniciar el registro,
- 5) recarga y bloqueo de ajustes.

Cuando se desbloquean los ajustes, cada canal funciona con su propia copia de ajustes que se crea en el momento del desbloqueo. Después de realizar cambios en la configuración, los ajustes se bloquean y se copian a la configuración global del medidor.

El tiempo necesario para completar la transacción se fijó en 3 minutos. Si hasta entonces no se vuelven a bloquear los ajustes, la transacción se cierra automáticamente y se abandonan los cambios realizados.

Si se entra al asistente de ajustes desde la GUI del medidor (**AJUSTES→MEDICIONES**) también se abre la transacción. Si el usuario no completa todo el asistente en 3 minutos, los cambios se abandonan y la GUI regresa a la pantalla principal.


Al usar protocolos de comunicación (Modbus RTU, Modbus TCP, SonelFrame), antes de recargar la configuración, el usuario puede leer un registro especial que informa si la recarga requiere el reinicio de registro. Es necesario reiniciar el registro cuando se han modificado los ajustes de medición, es decir, aquellos que afectan a los datos de medición guardados en la tarjeta de memoria.

Para proteger los ajustes contra cambios accidentales o no autorizados, es necesario introducir el PIN (idéntico al PIN del usuario administrador en la GUI) antes de desbloquear los ajustes. Esto solo se aplica a los siguientes protocolos: Modbus RTU, Modbus TCP y SonelFrame.



Debido a que en la versión actual del firmware del medidor, los datos de medición se guardan en una tarjeta de memoria externa, no es posible cambiar la configuración si se retira la tarjeta de memoria de la ranura. No importa si los cambios se refieren a los ajustes de medición u otros.

2.14.1 Cargando configuración desde pendrive

El usuario puede cargar una nueva configuración del medidor desde un archivo guardado en la memoria USB (pendrive). Los archivos con extensión PQC deben exportarse previamente desde la página web de cualquier medidor (panel **AJUSTES → EXPORTACIÓN / IMPORTACIÓN → EXPORTAR CONFIGURACIONES**). A continuación, el archivo descargado debe guardarse en el directorio raíz de la memoria USB. El nombre del archivo se puede cambiar, pero no debe exceder 40 caracteres y debe contener únicamente caracteres ASCII estándar. También se pueden guardar varios archivos con diferentes configuraciones. El siguiente paso es insertar la memoria en el puerto USB del analizador y seleccionar **AJUSTES → MEMORIA USB**. Si los archivos se reconocen correctamente, sus nombres se mostrarán en la pantalla. Hay que seleccionar el archivo apropiado y presionar el botón de flecha derecha  y confirmar o cancelar la selección. Tras la confirmación, el usuario será transferido al asistente de configuración, tal y como se describe en el apartado 2.8.3, donde podrá visualizar los parámetros básicos de la nueva configuración (con posibilidad de modificarlos). Después de la aprobación final, el registro se reiniciará con la nueva configuración.

Algunos aspectos a recordar al cargar la configuración desde un archivo (esto se aplica tanto a la carga desde un pendrive como a la importación de la configuración a través del sitio web):

- Las contraseñas, por ejemplo, del servidor FTP o del servidor de correo, no se exportan al archivo PQC.
- Los parámetros de Ethernet: dirección IP, máscara de subred, puerta de enlace, no se exportan al archivo PQC. Por lo tanto, no hay ningún peligro de que se carguen las mismas configuraciones de red en diferentes analizadores. Sin embargo, la configuración del cliente DHCP (activada o desactivada) se guarda.
- Dado que el archivo PQC contiene todas las configuraciones del analizador (con las excepciones mencionadas anteriormente), cargar una nueva configuración siempre provocará el reinicio de registro y la eliminación de todos los datos de la tarjeta de memoria.

2.15 Cliente FTP

El analizador tiene un cliente FTP/FTPS incorporado que permite cargar los archivos que se enumeran a continuación en un servidor externo que admita los protocolos mencionados. Se admiten los modos: no cifrado (FTP), cifrado (FTPS), activo y pasivo. Se configura al cliente FTP con el servicio del servidor web.

El analizador permite generar y enviar los siguientes archivos a través de FTP:

- archivos PQDIF diarios con datos normativos de 10 minutos,
- archivos PQDIF diarios con datos normativos (frecuencia) de 10 segundos,
- archivos PQDIF diarios con datos normativos de 15 minutos,
- archivos PQDIF diarios con datos normativos de 2 horas (flicker P_{LT}),
- archivos PQDIF de eventos normativos (huecos, subidas e interrupciones de tensión, RVC),
- archivos PQDIF diarios con datos del usuario (limitados a 100 MB de datos de origen por día),
- archivos PQDIF de eventos de usuario (huecos, subidas e interrupciones de tensión, saltos de fase, eventos de envolvente de tensión, eventos de sobreimpulso de tensión U_{N-E} , sobreimpulsos de corriente mínima y máxima).

Nombre de ejemplo del archivo PQDIF con datos de 10 minutos (combinación de número de serie, fecha y hora del primer registro de datos, tiempo de promedio, tipo de registro y tipo de datos):

CE0026_2024-09-11_T_00-10-00_10min_std_trends.pqd

Nombre de ejemplo del archivo PQDIF con un evento de sobretensión (combinación de número de serie, fecha y hora del inicio del evento, tipo de evento, tipo de registro y tipo de datos):

CE0026_2024-09-12_T_23-47-53-542_VoltageSwell_std_event.pqd

Nombre de ejemplo del archivo PQDIF con datos de registro de usuario de 3 minutos:

CE0026_2025-01-29_T_00-03-00_3min_user_trends.pqd

Debido a que el analizador registra datos divididos en días individuales sincronizados con la hora UTC, los datos completos del día están disponibles después de la medianoche, hora UTC. A partir de este punto, los datos se pueden convertir al formato PQDIF y enviarse a un servidor FTP remoto. En la configuración del servicio FTP, el usuario puede indicar la hora después de la medianoche UTC en la que debe comenzar la carga de archivos al servidor; puede seleccionar una hora de 1 a 23 horas después de la medianoche UTC, en pasos de una hora.

El panel de configuración de FTP permite realizar una prueba de conexión que implica intentar conectar el analizador al servidor FTP y cargar un pequeño archivo de prueba. Esto permite al usuario asegurarse de que la configuración se ha realizado correctamente. Esto también prueba que los cortafuegos entre el analizador y el servidor FTP remoto están configurados correctamente y no bloquean el tráfico FTP.

2.16 Modbus RTU y Modbus TCP

El analizador admite los protocolos Modbus RTU (interfaz física RS-485) y Modbus TCP (interfaz Ethernet). Proporcionan acceso a una amplia gama de parámetros medidos y de configuración del medidor. Están disponibles los siguientes parámetros:

- valores instantáneos medidos de 10/12 períodos (200 milisegundos),
- valores medios medidos de 150/180 períodos (3 segundos),
- valores medios medidos de 10 minutos,
- parámetros de configuración con posibilidad de guardarlos.

Es posible ejecutar dos interfaces Modbus RTU independientes con configuraciones independientes. La primera está disponible en la interfaz RS-485-1 y permite guardar y leer registros. Se puede ejecutar una segunda instancia de Modbus RTU en la interfaz RS-485-2 (la función de entrada IRIG-B no estará disponible), pero esta instancia solo permite leer registros, sin posibilidad de configurar el medidor.

La información detallada sobre estos protocolos, junto con una lista completa de registros disponibles, está disponible en el manual de uso específico.

2.17 Protocolo IEC 61850

La norma IEC 61850 basada en la interfaz Ethernet define el método de intercambio de información entre dispositivos de automatización de energía dentro de las centrales eléctricas. La norma IEC 61850 define un modelo de datos estándar y una convención de nomenclatura para dispositivos eléctricos inteligentes (IED – *Intelligent Electrical Devices*) y un lenguaje común para su configuración, lo que garantiza la interoperabilidad entre dispositivos y herramientas de ingeniería.

PQM-750 es compatible con la edición 2.1 de esta norma.

La información detallada sobre este protocolo y con la descripción del modelo de datos, están disponibles en el manual de uso específico.

2.18 Notificaciones por correo electrónico

El analizador que tiene acceso a Internet tiene la posibilidad de enviar mensajes de correo electrónico a usuarios designados con la siguiente información:

- notificaciones sobre la detección de eventos normativos,
- notificaciones sobre la detección de eventos de usuario,
- notificaciones de eventos del sistema.

Los mensajes de eventos de medición contienen una tabla con los eventos detectados desde la última notificación. El contenido de la tabla es muy similar a la tabla de eventos en el sitio web. Para el primer evento de la lista para el cual se activa el registro de oscilogramas y/o RMS_{1/2} (en el caso de transitorios, se envían gráficos de transitorios en lugar de gráficos RMS_{1/2} se agregan adjuntos con archivos gráficos (PNG) de ambos gráficos y archivos con muestras en formato CSV.

Para otros eventos que tengan gráficos guardados, el usuario puede obtener sus gráficos y archivos CSV de la siguiente manera:

- Haga clic en el enlace "Enviar imágenes y CSV (Send images & CSV)" en la fila del evento que le interesa.
- El enlace "mailto:" activará el programa de correo electrónico y creará un mensaje correo electrónico dirigido al buzón del analizador, con el ID de evento solicitado como asunto.
- El mensaje así preparado debe enviarse al analizador.
- El analizador revisa periódicamente el buzón y al recibir el mensaje, preparará un mensaje con gráficos y archivos CSV y lo enviará al usuario.
- Reenvío de archivos adjuntos możliwe jest tylko wtedy, gdy wymagane dane są dostępne na karcie pamięci.

PQM-750 (CE0026) events notification.										
Total detected standard events: 1										
Total detected user events: 236										
Events detected in the time range (Time Zone: local) 2025-08-05 10:10:22 - 2025-08-05 15:12:13										
• Detected standard events: 1										
• Detected user events: 4										
Standard events (1)										
ID	TYPE	SOURCE	FLAGS	START	END	DURATION	EXTREMUM	AVERAGE	THRESHOLD	EMAIL LINKS
1	Voltage - Dip	L3	FLAGGED ACC. TO IEC 61000-4-30, TIME OUT OF SYNC	2025-08-05 15:09:49 978	2025-08-05 15:09:55 201	5 s 223 ms	1.18 V	12.26 V	207.00 V	Send images & CSV
User events (4)										
ID	TYPE	SOURCE	FLAGS	START	END	DURATION	EXTREMUM	AVERAGE	THRESHOLD	EMAIL LINKS
236	Waveshape variations - Max	L3	FLAGGED ACC. TO IEC 61000-4-30, TIME OUT OF SYNC	2025-08-05 15:09:55 186	2025-08-05 15:09:55 226	40 ms	146.33 %	---	50.00 %	Send images & CSV
235	Voltage - Dip	L3	FLAGGED ACC. TO IEC 61000-4-30, TIME OUT OF SYNC	2025-08-05 15:09:49 978	2025-08-05 15:09:55 201	5 s 223 ms	1.18 V	12.26 V	223.10 V	Send images & CSV
234	Waveshape variations - Max	L3	FLAGGED ACC. TO IEC 61000-4-30, TIME OUT OF SYNC	2025-08-05 15:09:49 983	2025-08-05 15:09:50 023	40 ms	156.13 %	---	50.00 %	Send images & CSV
233	Phase jumps - Max	L3	FLAGGED ACC. TO IEC 61000-4-30, TIME OUT OF SYNC	2025-08-05 15:09:49 963	---	---	-22.32 *	---	2.00 *	Send images & CSV

Fig. 31. Ejemplo de notificación por correo electrónico enviada por el analizador.

El analizador utiliza un buzón externo, que debe ser creado previamente en cualquier servidor de correo que permita el acceso mediante los protocolos POP y SMTP. Un ejemplo de este tipo de

proveedor de servicios es Gmail. Es necesario crear una cuenta (buzón de correo) independiente para cada analizador.

El analizador tiene la posibilidad de enviar notificaciones por correo electrónico a 10 usuarios independientes. Para cada uno de ellos, se puede activar o desactivar de forma independiente el envío de notificaciones, y elegir cuáles de los tres tipos de notificaciones se envían.

El servicio de notificación por correo electrónico se configura mejor utilizando la herramienta incorporada en el analizador del sitio web. El método de configuración se proporciona en el manual del servidor web.

2.19 Sincronización de tiempo

2.19.1 Requisitos de la norma IEC 61000-4-30

La sincronización horaria del analizador con el tiempo universal UTC es requerida por la norma IEC 61000-4-30 para los dispositivos de la clase A para determinar los datos de medición. El error máximo de la determinación no puede ser mayor que 20 ms para 50 Hz y 16,7 ms para 60 Hz. Esto es necesario para que los diferentes analizadores conectados a la misma señal den las mismas lecturas. También se necesita la sincronización con el tiempo universal cuando la red de los analizadores está dispersa. Cuando la fuente de la señal de tiempo no está disponible, el reloj interno de tiempo real tiene que asegurar la exactitud de la medición de tiempo mejor que ± 1 s durante las 24 horas, pero incluso en estas condiciones, para el cumplimiento con la clase A la precisión de la medición debe ser la misma que se ha indicado anteriormente (es decir, un máximo de 1 período de red).

En el caso del analizador PQM-750 existen dos posibilidades para cumplir con estos requisitos:

- Sincronización GPS añadiendo un módulo GPS-1 externo al módulo principal,
- Sincronización IRIG-B a través de la fuente de señal IRIG-B externa en el estándar RS-485. La señal IRIG-B debe conectarse a la entrada RS-485-2 del analizador.

Con la sincronización NTP, la precisión del reloj puede variar significativamente según los servidores seleccionados, la configuración y la carga de la red Ethernet. Por lo tanto, no se puede garantizar que la fuente NTP cumpla con los requisitos de la clase A.

2.19.2 Priorización de fuentes de tiempo

Hay cuatro posibles fuentes de tiempo para el analizador:

- GPS
- IRIG-B
- NTP
- RTC

El GPS tiene la prioridad más alta y las siguientes fuentes de la lista tienen prioridad en el orden de esta lista. Esto significa que si otras fuentes horarias también están conectadas al analizador o activas, se le dará prioridad a la fuente GPS ya que es la más precisa de ellas.

Si no hay una fuente GPS, el analizador cambia a la siguiente fuente de mayor prioridad: IRIG-B, luego NTP y finalmente RTC que es la menos precisa.

Tenga en cuenta que configurar la fecha y la hora manualmente, por ejemplo a través de la GUI del analizador, solo es posible cuando la fuente de hora actual es RTC. Si hay otra fuente horaria activa, la hora y la fecha no se pueden cambiar. La única configuración que siempre se puede cambiar es la zona horaria.

También es posible configurar el analizador en modo "solo RTC" en el que se ignoran las fuentes GPS/IRIG-B/NTP.

2.19.3 Módulo GPS-1

Se puede conectar un módulo receptor GPS-1 con una antena externa al módulo principal del analizador para permitir una sincronización horaria precisa según los satélites GPS.

El tiempo de sincronización GPS depende de las condiciones climáticas (nubes, precipitaciones) y de la posición de la antena receptora. Para obtener mejores resultados, la antena debe proporcionar una alta "visibilidad" del cielo. Para leer la hora con la precisión requerida, el receptor GPS primero debe determinar de forma independiente su ubicación geográfica actual (debe "ver" al menos 4 satélites: posición y altitud). Después de determinar la posición y sincronizar la hora con el UTC, el receptor pasa al modo de seguimiento. Para proporcionar la sincronización de tiempo en este modo se necesita la visibilidad de sólo un satélite GPS.

Una razón adicional importante para ampliar el tiempo de sincronización con UTC es la necesidad de leer información sobre los segundos intercalares. Un paquete con esta información es transmitido por los satélites GPS cada 12,5 minutos, lo que puede ser un factor decisivo para aumentar el tiempo necesario para lograr la sincronización.

El módulo GPS-1 tiene una salida incorporada que genera una señal de sincronización de tiempo IRIG-B no modulada en el estándar eléctrico RS-485. Esta salida se puede utilizar para sincronizar temporalmente otros analizadores PQM-750 a través de sus entradas IRIG-B.



¡ATENCIÓN!

Los módulos adicionales solo deben conectarse al medidor después de que se haya apagado la alimentación y el módulo principal. El incumplimiento con esta recomendación puede dañar el medidor.

2.19.4 Entrada IRIG-B

El analizador está equipado con una entrada de sincronización horaria compatible con el estándar IRIG-B. Para este propósito se utiliza la entrada RS-485-2 (predeterminada), por lo tanto, se aceptan fuentes que sean eléctricamente compatibles con el estándar de transmisión diferencial RS-485 y transmitan una señal no modulada. Se pueden sincronizar varios analizadores PQM-750 simultáneamente desde una única fuente de señal IRIG-B.

El generador IRIG-B transmite información de tiempo codificada en 100 bits y la duración de cada bit de 10 ms. Cada segundo se transmite información completa sobre la hora actual. La precisión de los servidores de tiempo IRIG-B suele ser mejor que ± 1 ms, lo que es más que suficiente para garantizar una sincronización horaria del analizador conforme a los requisitos de la clase A.

El módulo adicional para PQM-750 - GPS-1 tiene el generador de señal IRIG-B incorporado con la salida RS-485 que se puede utilizar para sincronizar otros analizadores PQM-750. La baja velocidad de bits del protocolo IRIG-B, junto con el estándar eléctrico y diferencial RS-485, permite la construcción del bus de sincronización de hasta 1200 m de longitud.

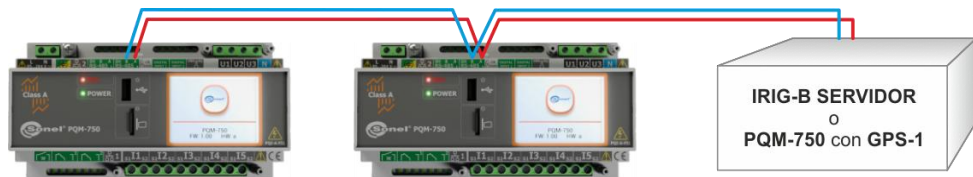


Fig. 32. Ejemplo de red de sincronización IRIG-B

2.19.5 Determinación de los datos de medición

El analizador almacena los registros de medición junto con la bandera de la falta de sincronización de tiempo. Si durante todo el intervalo de cálculo de la media el analizador era sincronizado con el UTC, entonces la bandera no está activada y durante el análisis de los datos no se visualiza el icono de falta de sincronización. La falta de este icono indica el pleno cumplimiento de los datos agregados a la clase A en cuanto a la indicación de tiempo.

Si el primer analizador se sincronizó con el tiempo UTC, y a continuación, se perdió la señal, esto no significa que el analizador perdió inmediatamente la sincronización de la hora. De hecho, durante cierto tiempo (puede ser de varios minutos o más) la exactitud interna de medición de tiempo es suficiente para cumplir los requisitos de la norma IEC 61000-4-30 en cuanto a la exactitud de la determinación de tiempo de los datos. Esto es debido a que el reloj interno del analizador se modifica muy lentamente respecto a la hora UTC (por falta de señal GPS), pero el error no es más de unos pocos milisegundos para un período de tiempo más largo. Por lo tanto, a pesar del estado que indica la falta de la señal GPS, los datos seguirán guardándose sin la bandera que señala la falta de sincronización con el tiempo UTC. Sólo cuando el error alcance el valor límite, esta bandera se activará.

2.19.6 Resincronización de tiempo

Ya que la señal de referencia para la sincronización horaria no está siempre disponible, es necesario gestionar apropiadamente el tiempo interno y cuando se dispone de señal que difiere del tiempo medido por el analizador.

En ausencia de registro, la situación es la más simple porque después de recibir el tiempo de satélite, el reloj del analizador se ajuste automáticamente sin ninguna condición adicional.

En el caso del registro activo, el cambio repentino de tiempo interno puede conducir a la pérdida de los datos de medición cuando se restablece el tiempo, o puede surgir una falta de hora en los datos cuando el tiempo UTC adelanta el tiempo del analizador. Para evitarlo se introdujo el mecanismo de ajuste lento de tiempo interno la hora de referencia. La aplicación se basa en la subida o dessubida del temporizador interno para que después de algún tiempo los dos relojes -interno y de referencia – se igualen y alcancen la sincronización. La ventaja es que no hay ninguna pérdida ni falta de continuidad en los datos de medición.

Para evitar los problemas relacionados con la medición del tiempo durante el registro, se deben recordar algunas cosas:

- El analizador debe tener la zona horaria correcta y el tiempo mostrado en la pantalla del analizador debe ser acorde a la hora local (si no hay señal de referencia antes de comenzar el registro).
- Si es posible, antes de empezar a registrar se debe recibir la señal GPS o IRIG-B para sincronizar el tiempo del analizador con el tiempo UTC. Esto asegurará los mínimos errores de tiempo durante el registro y el ajuste de tiempo rápido en caso de la pérdida temporal de señal de referencia.
- Para que toda la medición sea compatible con los requisitos de la norma IEC 61000-4-30 en términos de la determinación del tiempo para los dispositivos de la clase A, antes de iniciar el registro se debe sincronizar el reloj del analizador con el tiempo UTC y asegurar la disponibilidad de la señal GPS o IRIG-B durante todo el registro.

2.20 Configuración de sensores de temperatura 1-wire

Se pueden conectar hasta cuatro sensores de temperatura de 1-wire al medidor. Los sensores están conectados en paralelo a las entradas DQ y GND del analizador. Cada sensor tiene un número de serie interno único almacenado en la memoria ROM no volátil que se utiliza para identificar los sensores en el bus. El método para conectar los sensores al analizador se muestra en la Fig. 33.

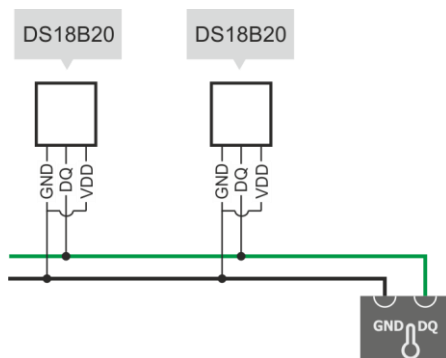


Fig. 33. Conexión de sensores de 1-wire al PQM-750.

Los valores de temperatura medidos por los sensores se asignan en el medidor a parámetros denominados T1, T2, T3, T4. El usuario asigna números de sensor únicos, marcados ROM1, ROM2, ROM3, ROM4, a los parámetros de temperatura T1-T4. Esta asignación se realiza utilizando la GUI del medidor y se describe a continuación.

Para proceder a la configuración de sensores de temperatura, seleccione en el menú principal: **AJUSTES→1-WIRE**. Después de conectar los sensores (de 1 a un máximo de 4), presione el botón **BUSCAR**. El analizador buscará sensores conectados correctamente y leerá sus números ROM1-ROM4 únicos que se mostrarán en la pantalla.

Por defecto, el sensor ROM1 está asignado a los parámetros T1, ROM2→T2, ROM3→T3, ROM4→T4. Sin embargo, el usuario puede cambiar esta asignación. Para hacerlo, en la pantalla de configuración de 1-wire, presione el botón **CAMBIAR** y use las flechas arriba-abajo para cambiar el número del parámetro T1-T4 asignado a un sensor ROM1-ROM4 determinado.

El botón **BORRAR** elimina todos los sensores encontrados de la lista.

Para visualizar en pantalla las temperaturas medidas por los sensores en tiempo real, seleccione **MEDICIONES→1-WIRE**. Esta pantalla muestra las temperaturas (en grados Celsius) de los sensores configurados.

2.21 Salidas digitales

El analizador dispone de dos salidas digitales independientes (de relé), cuyo funcionamiento puede ser configurado por el usuario. Es posible vincular el funcionamiento de las salidas con los eventos enumerados en la Tab. 5. La configuración se realiza a través del sitio web.

Tab. 5. Lista de eventos para los cuales se puede configurar la acción de activación de las salidas digitales.

Evento (configuración de usuario)	Canales ¹⁾ (cualquier combinación)
Caída de tensión	U1, U2, U3
Subida de tensión	U1, U2, U3
Interrupción de tensión	U1, U2, U3
Cambio de la forma de envolvente	U1, U2, U3
Salto de la fase	U1, U2, U3
Superación del umbral máximo de corriente	I1, I2, I3
Superación de la potencia activa consumida P+	L1, L2, L3, TOT (potencia total)
Superación de la potencia activa devuelta P-	L1, L2, L3, TOT (potencia total)
Superación de la potencia reactiva Q1	L1, L2, L3, TOT (potencia total)
Superación de la potencia aparente S	L1, L2, L3, TOT (potencia total)
Superación de THD-F de tensión	U1, U2, U3
Superación de THD-F de corriente	I1, I2, I3
Superación del factor de potencia PF	L1, L2, L3, TOT (PF total)
Superación de cosφ	L1, L2, L3, TOT (cosφ total)

¹⁾ En el caso de los parámetros de tensión, los canales 'U1, U2, U3' significan las tensiones U_{1N} , U_{2N} , U_{3N} o U_{12} , U_{23} , U_{31} según el tipo de red.

Para cada uno de los eventos enumerados en la Tab. 5 de eventos se pueden seleccionar los relés que se activarán. Es posible seleccionar uno o dos relés. También se pueden activar múltiples eventos para cada relé.

En el sitio web es posible configurar acciones de relés (de forma independiente para cada uno). Sólo es posible el funcionamiento por impulsos de los relés. Están disponibles las siguientes opciones:

- Duración del impulso después de la detección de eventos: de 10 ms a 1000 ms, cada 10 ms, por defecto 100 ms.
- Tiempo de pausa (inactividad) después de generar un impulso: de 0 a 10 segundos, cada 1 segundo, por defecto 2 segundos.
- Modo de generación de impulso: $A \rightarrow C \rightarrow A$ (contactos abiertos, contactos cerrados, contactos abiertos) o $C \rightarrow A \rightarrow C$ (contactos cerrados, contactos abiertos, contactos cerrados).

En el caso de relés de conmutación (SPDT), como los utilizados en PQM-750, el estado O (contactos abiertos) significa que el relé está apagado (contactos en la posición que se muestra en la etiqueta adhesiva de la carcasa), y el estado Z (contactos cerrados) significa que el relé está encendido.

2.22 Entradas digitales

El analizador está equipado con dos entradas digitales (binarias) aisladas galvánicamente. El analizador supervisa el estado de las entradas digitales; entre otros, el estado actual de las entradas se presenta en la pantalla del analizador. Es posible activar la función de detección de eventos para cambiar el estado de ambas entradas. El usuario también puede especificar el estado de disparo activo (bajo o alto) de forma independiente para ambas entradas.

2.23 Apagado automático


El analizador se apaga automáticamente cuando no hay alimentación principal de AC/DC y PoE y la batería está completamente descargada. Si el registro está en curso, será interrumpido. El apagado de emergencia se señala con el mensaje **BATERÍA BAJA. APAGANDO...** tras lo cual el analizador se apagará. Una vez que vuelva la energía, se reanudará el registro.

2.24 Actualización de firmware

Si se lanza un nuevo software interno (firmware), el analizador se puede actualizar de dos maneras:

- Actualización remota a través del navegador web utilizando el servidor web integrado,
- Actualización con el pendrive USB.

Si se utiliza el segundo método, el procedimiento es el siguiente:

- El primer paso es guardar el archivo de actualización (este es un archivo con un nombre como "pqm750-update-v1.03.pqf") en una unidad flash USB formateada en FAT32 / NTFS / exFAT. No se admiten otros sistemas de archivos. Para acelerar el proceso, elimine otros archivos de la unidad flash USB.
- Inserte el pendrive en el puerto USB del analizador. El diodo al lado del puerto debe iluminarse para indicar que hay una operación de lectura en progreso. Espere al menos 10 segundos para que el analizador decodifique el archivo para verificar la validez e integridad del archivo.
- El siguiente paso es seleccionar en el menú principal **AJUSTES** →  → **ACTUALIZACIÓN**. Si se encuentra un archivo nuevo, se mostrará un mensaje con el número de versión detectada. Después de confirmar con el botón se iniciará la actualización del analizador. Si aparece un mensaje que indica que falta el archivo de actualización, vuelva a seleccionar la pantalla **ACTUALIZACIÓN** unos segundos después.
- La actualización puede tardar hasta varios minutos. A continuación, el analizador se reiniciará. Puede verificar si la actualización fue exitosa revisando la pantalla **INFO** → **VERSIÓN**.

2.25 Servicio de descarga de registros del sistema

En algunas situaciones, puede ser necesario descargar registros del sistema desde el medidor. Para ello prepare una memoria Flash USB (pendrive) formateada en el sistema FAT32 / NTFS / exFAT con un directorio 'log' vacío en el directorio principal (si hay algún archivo en el directorio 'log', se eliminarán). La memoria preparada debe insertarse en el puerto USB del analizador. Si se cumplen las condiciones anteriores, se registrará un archivo del sistema en el directorio 'log' que se puede utilizar para el análisis.

2.26 Batería tipo botón RTC

El reloj RTC del analizador se mantiene también cuando el analizador está apagado y no hay ninguna fuente de alimentación externa conectada. En esta situación, en primer lugar, el reloj RTC funciona con la batería de iones de litio incorporada. Solo después de que se agota por completo, la energía del RTC se toma de la batería CR1025 colocada en la parte superior del analizador, al lado de la toma LAN2.

La tensión de esta batería es monitoreada por el analizador; su estado se puede verificar desde el menú del medidor seleccionando **AJUSTE** → **FUENTE DE ALIMENT.** En la fila de **RTC BATERÍA** muestra la siguiente información: **SÍ / DESCARGADA / FALTA** dependiendo del estado de la batería. Aparece una pantalla de advertencia en la pantalla si la batería está baja o retirada. El usuario puede marcar la casilla **NO VOLVER A MOSTRAR** para que el mensaje no se repita varias veces.

Para reemplazar una batería descargada, use una herramienta (por ejemplo, un destornillador) para deslizar la bandeja hacia afuera; se debe insertar un destornillador plano con un ancho de punta de aproximadamente 3 mm en la ranura en el lado del conector LAN2 y extraer la bandeja mientras sostiene la bandeja por el otro lado con el dedo. Después de insertar la nueva batería, inserte la bandeja en la toma del medidor, asegurándose de orientar correctamente la bandeja.

2.27 Reinicio de emergencia

El analizador está equipado con un botón de reinicio de hardware ubicado debajo de la ranura para tarjeta de memoria. En casos de emergencia, cuando el analizador no responde y está suspendido, es posible reiniciar el procesador del medidor usando un alfiler fino y presionando el botón ubicado debajo de la pegatina. Esta opción sólo debe utilizarse como último recurso. El primer uso requerirá perforar la pegatina. Inserte un alfiler en el orificio (no más profundo de 5 mm) y presione el botón durante al menos 4 segundos (se debe sentir una ligera presión del botón). Después de este tiempo, el medidor se reiniciará o se apagará dependiendo de si hay alimentación externa conectada o no.



¡ATENCIÓN!

Reiniciar el medidor durante el funcionamiento normal puede provocar la pérdida total o parcial de los datos registrados. El sistema de archivos de las tarjetas de memoria puede dañarse.



Una pulsación breve del botón de reinicio reinicia la pantalla LCD y no reinicia el procesador.

3 Ciberseguridad

3.1 Recomendaciones

El número cada vez mayor de dispositivos de medición conectados a diversos tipos de redes de infraestructura, cableadas e inalámbricas, sus crecientes capacidades, amplias funciones para controlar dispositivos externos, la posibilidad de acceso y configuración remotos, están indisolublemente relacionados a su mayor susceptibilidad a los ataques. Se puede proteger al:

- reducir las vulnerabilidades potenciales,
- reducir posibles métodos de ataque,
- reducir la funcionalidad y los permisos que se pueden utilizar en caso de un ataque exitoso,
- aumentar la probabilidad de detectar al atacante.

A continuación se presentan recomendaciones para aumentar la resistencia del analizador a los ataques:

- El producto debe funcionar en un área protegida sin acceso de personas no autorizadas.
- El producto debe funcionar en el segmento de la red Ethernet aislado con un firewall activo.
- Hay que limitar el acceso remoto al dispositivo a conexiones locales seguras o mediante conexiones VPN cifradas.
- Se deben desactivar los protocolos de comunicación no seguros y no cifrados: Modbus RTU, Modbus TCP, IEC 61850, SonelFrame.
- Se debe proteger el acceso a la GUI local habilitando un PIN para los usuarios 'administrador' y 'usuario'.
- Se debe proteger el acceso al sitio web estableciendo una contraseña segura para el usuario "admin". La contraseña recomendada debe tener al menos 8 caracteres, incluyendo al menos:
 - un carácter numérico
 - una letra mayúscula
 - una letra minúscula
 - un símbolo

3.2 Gestión de contraseñas

El PIN de usuario 'Administrador' protege la GUI del medidor contra cambios en la configuración del analizador por parte de personas no autorizadas. Si olvida este código, la única forma de recuperar el acceso a la GUI es utilizar un código de desbloqueo PUK individual especial de 8 dígitos que se entrega con el analizador en lugar del código PIN.

Una vez que el código PUK se introduce correctamente, los PIN de 'Administrador' y 'Usuario' se desactivarán y restablecerán, la GUI se desbloqueará y luego el usuario podrá entrar en la pantalla de configuración del PIN de 'Administrador' y establecer un nuevo PIN.

Si ha olvidado la contraseña del administrador del sitio web (usuario 'admin'), la única forma de desbloquear el acceso al sitio web es utilizar la GUI del medidor y entrar en la pantalla **AJUSTES→RESTABL. DE CONTRASEÑA** de contraseña y confirmar que desea restablecer la contraseña. Después de esta operación, la contraseña del administrador del sitio web se restablece a 'pqm'. Después de iniciar sesión nuevamente en el sitio web, establezca una contraseña nueva y segura siguiendo las pautas de la sección 3.1.

3.3 Puertos TCP/UDP utilizados

Tab. 6. Puertos TCP/UDP utilizados

Protocolo	Servidor/ Cliente	TCP/ UDP	Puerto	Activado por defecto	Descripción
HTTPS	servidor	TCP	443	sí	Conexión cifrada al sitio web para configuración y visualización
FTP/FTPS	cliente	TCP	>1024	sí	Cargar archivos al servidor FTP/FTPS remoto
NTP	cliente	UDP	123	sí	Sincronización de hora
Modbus TCP	servidor	TCP	502 ¹⁾	no	Comunicación con el sistema maestro a través del protocolo Modbus TCP
IEC 61850	servidor	TCP	102	no	Comunicación con el sistema maestro a través del protocolo IEC 61850
DHCP	cliente	UDP	68	no	Asignación dinámica de la dirección IP (Dynamic Host Configuration Protocol)
DNS	cliente	UDP	53	sí	Comunicación con el servidor DNS para traducir nombres de dominio en direcciones IP
Sonelframe	servidor	TCP	4005	sí	Comunicación con el sistema maestro a través del protocolo Sonelframe de la empresa Sonel S.A.

¹⁾ Posibilidad de cambiar el número de puerto

4 Estructura y métodos de medición

4.1 Entradas de tensión

El bloque de procesamiento de tensión contiene tres rutas. La ruta principal consta de cuatro canales de medición (U1, U2, U3 y el cable neutro N) que están relacionados con el terminal de tierra y se utilizan para la mayoría de las mediciones de tensión. La frecuencia de muestreo de esta ruta es de 81,92 kHz y el ADC es del tipo de 24 bits. Esta ruta tiene un rango único, con una tensión máxima medible de ± 1500 V.

La segunda ruta se utiliza para medir tensiones en la banda de 8-150 kHz. Esta ruta consta de tres canales (U1, U2, U3) que tienen la opción de cable de referencia: N o E. Las tensiones se convierten por el convertidor ADC de 16 bits con una frecuencia de muestreo de 1,024 MHz. En la ruta de medición se utiliza un filtro de paso de banda que corta las frecuencias más bajas (por debajo de unos pocos kHz), cuyo objetivo principal es cortar el componente fundamental de tensión de 50/60 Hz.

La tercera ruta se utiliza para una medición rápida de estados transitorios (disponible cuando se instala un módulo transitorio adicional). Esta ruta permite medir la tensión pico de ± 6 kV en 4 canales con una frecuencia de muestreo máxima de 10 MHz.

4.2 Entradas de corriente

El analizador tiene cinco entradas de corriente independientes y aisladas (transformadores de corriente internos) con parámetros idénticos. Se puede conectar un transformador externo con una corriente secundaria específica (5 A o 1 A según la versión del analizador) a cada entrada. Las rutas de medición están conectadas al mismo convertidor ADC que la ruta de medición de tensión principal: muestreo de 81,92 kHz y 24 bits.

4.3 Muestreo de señal en la ruta principal de tensión y corriente

La señal en la ruta principal se muestra simultáneamente en los 9 canales a una frecuencia sincronizada con la frecuencia de la tensión de alimentación en el canal de referencia. Esta frecuencia es de 81,92 kHz para todas las frecuencias nominales admitidas: 50 Hz, 60 Hz, 400 Hz. Por lo tanto, un único período de red contiene 1638,4 muestras para 50 Hz y 1365,3 para 60 Hz y 204,8 para 400 Hz.

Se utilizó un convertidor analógico-digital de 24 bits con sobremuestreo de 64 veces.

Se produce una atenuación de 3 decibelios aproximadamente a 170 kHz, y el error de amplitud para la frecuencia máxima utilizable de 15 kHz (es decir, la frecuencia de orden 256 del armónico para una red de 60 Hz) es de aproximadamente 0,1 dB.

Cabe señalar que para la correcta medición del desfase entre los armónicos de tensión en relación a los armónicos de corriente y la potencia de estos armónicos, el factor importante no es el desfase absoluto en relación a la frecuencia fundamental, sino la correspondencia de fase de la tensión y corriente. Para el analizador PQM-750, el error de fase entre la tensión de orden 256 y los armónicos de corriente es inferior a 4°.

Al estimar los errores de medición de los armónicos de potencia, también se debe tener en cuenta el error adicional introducido por los transformadores externos.

4.4 Sincronización PLL

La sincronización de frecuencia de muestreo se llevó a cabo por medio del equipo y programa. La señal de voltaje después de pasar a través de los circuitos de entrada se dirige al filtro de paso de banda, cuya misión es reducir el nivel de armónicos y pasar sólo la componente fundamental de tensión. Luego se mide la frecuencia de esta señal y se utiliza para generar una señal que controla el sistema de bucle de fase PLL que sincroniza el convertidor analógico a digital.

Otra cuestión es el rango de tensión de entrada para que el sistema PLL funcione correctamente. La norma IEC 61000-4-7 no menciona aquí indicaciones ni requisitos específicos. Sin embargo, la

norma IEC 61000-4-30 define el rango de tensión de alimentación en el que los parámetros metrológicos no se pueden empeorar y para la clase A se lo define en el 10%...150% U_{din} . El analizador cumple con los requisitos antes mencionados en relación con el funcionamiento del PLL también para la tensión $U_{din} \geq 100$ V, es decir, hasta unos 10 V.

4.5 Medición de frecuencia

La señal para medir la frecuencia de la red se toma del canal de referencia (puede ser la tensión U_{1N} , U_{2N} , U_{3N} , U_{12} , U_{23} , U_{31} dependiendo de la disponibilidad y tipo de red). Esta es la misma señal que se utiliza para sincronizar el bucle PLL. La señal de trayectoria L1 se aplica al filtro de paso de banda de segundo orden cuyo paso de banda se fijó en el rango de 40..70 Hz (para redes de 50/60 Hz) o aprox. 400 Hz (para redes de 400 Hz). Este filtro sirve para reducir el nivel de armónicos. A continuación, de la forma de onda filtrada se crea la señal cuadrada. Durante el ciclo de medición de 10 segundos se cuenta el número de períodos de la señal y su duración. Los intervalos de 10 segundos se determinan por el reloj de tiempo real (que es un múltiplo entero del tiempo de 10 segundos). La frecuencia se calcula como la relación del número de períodos contados y su duración. También está disponible una frecuencia más rápida de 10/12 períodos (~200 ms).

4.6 Medición de las señales de control

El analizador permite monitorizar dos frecuencias definidas por el usuario en el rango de hasta 30 kHz.

La norma IEC 61000-4-30 enumera dos métodos para medir los niveles de señal:

- una banda espectral, si la frecuencia definida por el usuario de la señal de control está en el medio de la banda,
- 4 bandas espectrales más cercanas (raíz de la suma de cuadrados) si la frecuencia no está en el centro de la banda.

PQM-750 utiliza ambos métodos y los selecciona dinámica y automáticamente dependiendo de la frecuencia de la red actual y la frecuencia de la señal monitoreada.

Cuando se supera un umbral definido por el usuario, el analizador registra el nivel de señal durante un periodo de tiempo determinado (hasta 120 segundos). Por defecto, el analizador mide los valores medios de las señales para el intervalo de tiempo seleccionado en los ajustes (periodo de promediado principal). De acuerdo con EN 50160, también se registran adicionalmente todos los valores medios de 3 segundos para ambas frecuencias y se comparan con los valores permitidos especificados en la norma.

4.7 Medición de emisiones en la banda de 2 a 9 kHz

El analizador permite medir interferencias en la banda de frecuencia de 2 kHz a 9 kHz de acuerdo con las directrices de las normas IEC 61000-4-30 e IEC 61000-4-7. Este rango se divide en 35 bandas, cada una de 200 Hz de ancho. Los datos de entrada al algoritmo provienen de los resultados de FFT para las rutas principales (tensiones y corrientes). Los valores armónicos e interarmónicos se calculan a partir de las mismas FFT.

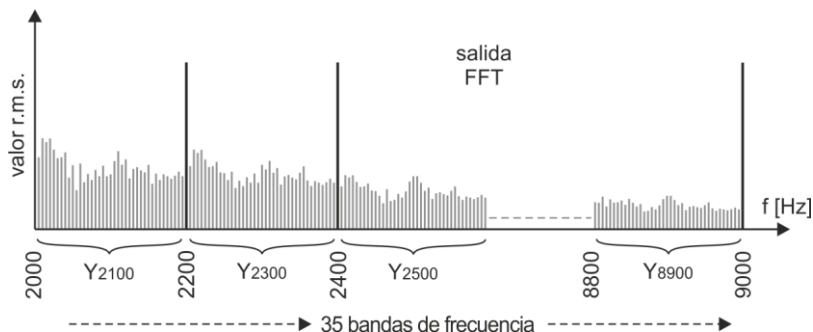


Fig. 34. Medición en la banda de frecuencia de 2-9 kHz.

Por ejemplo, para la primera subbanda de 200 Hz marcada como Y_{2100} , las bandas (de aproximadamente 5 Hz de ancho cada una) de 2005 Hz a 2200 Hz se agrupan y se calcula un único valor rms. Esto se muestra en la Fig. 34.

Se calculan treinta y cinco valores rms para cada uno de los canales medidos cada 10/12 períodos de red (aproximadamente 200 ms). Estos valores están sujetos a las mismas reglas de agregación y búsqueda de valores mínimos y máximos que otros parámetros de la red.

Además, para cada ventana de medición (~200 ms) se determina lo siguiente:

- Para cada canal se determina la banda con mayor amplitud,
- Entre todos los canales, se encuentra el canal con la banda de mayor amplitud y la frecuencia para esta banda.

Ambos datos se muestran en la pantalla "2-150 kHz" del analizador y están disponibles a través de canales de comunicación.

El analizador proporciona valores de emisión calculados de 2 a 9 kHz: valores actuales de período 10/12, valores mínimo, promedio y máximo en el período de promediado.

4.8 Medición de emisiones en la banda de 9 a 150 kHz

El analizador puede medir perturbaciones de tensión en la banda de 9 kHz a 150 kHz. El método de medición se basa en las pautas dadas en la norma IEC 61000-4-30 Ed. 3.

Tres canales de medición dedicados están equipados con un filtro de banda que atenúa el componente fundamental de tensión para que no reduzca la dinámica en la banda medida, es decir, entre 9 y 150 kHz. Después de pasar por un filtro de paso de banda, las señales se dirigen a convertidores A/D dedicados con una frecuencia de muestreo de 1,024 MHz y una resolución de 16 bits.

Se miden las tensiones:

- U1-E
- U2-E
- U3-E

o

- U1-N
- U2-N
- U3-N

dependiendo del tipo de red seleccionado.

Las señales se muestran en ventanas de tiempo de 500 μ s. Esta longitud de ventanas se traduce en una resolución de frecuencia de 2 kHz. Antes de la transformada de Fourier, se aplica una ventana de Blackman a las muestras para minimizar el efecto de la fuga espectral. Como resultado de la operación FFT, el medidor calcula el valor efectivo de 72 bandas de frecuencia, desde 8 kHz hasta 150 kHz. En una ventana de medición de aproximadamente 200 ms de la ruta principal hay para cada uno de los tres canales medidos varias docenas de mediciones de 500 microsegundos.

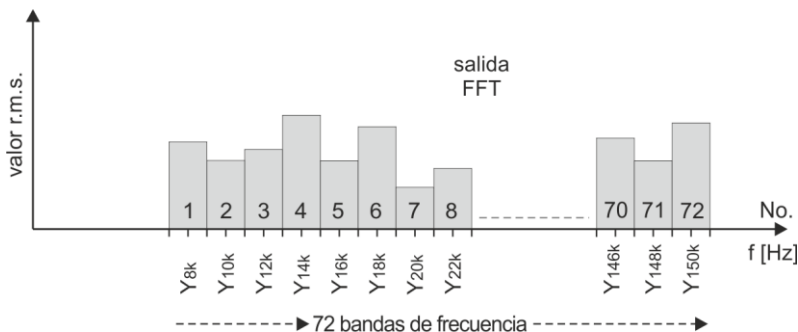


Fig. 35. Bandas de frecuencia en la medición de la banda de 9-150 kHz.

Para cada una de las 72 bandas en una ventana de 10/12 periodos (~200 ms), se calcula lo siguiente:

- Valor eficaz de la señal (rms promedio)
- Valor mínimo (el más pequeño entre mediciones de 500 μ s)
- Valor máximo (el más grande entre mediciones de 500 μ s)

Los valores promedios calculados para una ventana de 10/12 periodos se promedian adicionalmente de acuerdo con el tiempo de promediado seleccionado por el usuario.

Dado que la resolución de frecuencia en esta medición es de 2 kHz, las bandas están marcadas con un número par de la frecuencia central de la banda, por ejemplo, la banda de 8 kHz contiene componentes de 7 a 9 kHz, la banda de 10 kHz, de 9. a 11 kHz, y así sucesivamente, hasta la banda de 150 kHz que contiene componentes espectrales de 149 a 151 kHz.

De manera similar a la medición en la banda de 2-9 kHz, para cada ventana de medición (~200 ms) se determina lo siguiente:

- Para cada canal se determina la banda con mayor amplitud,
- Entre todos los canales, se encuentra el canal con la banda de mayor amplitud y la frecuencia para esta banda.

Ambos datos se muestran en la pantalla "2-150 kHz" del analizador y están disponibles a través de canales de comunicación.

El analizador proporciona valores de emisión calculados de 9 a 150 kHz: valores actuales de período 10/12, valores mínimo, promedio y máximo en el período de promediado.

4.9 Detección de eventos

El analizador ofrece una amplia gama de posibilidades de detección de eventos en la red medida. El evento es la situación en la que el valor del parámetro elegido de la red excede el umbral definido por el usuario.

El hecho de aparición del evento se registra en la tarjeta de memoria y contiene la información como:

- tipo de parámetro,
- canal en el que se produjo el evento,
- inicio y fin de evento,
- valor umbral fijado por el usuario,
- valor del parámetro extremo medido durante el evento,
- valor medio del parámetro medido durante el evento.

Dependiendo del tipo de parámetro se puede establecer uno, dos o tres umbrales, que serán controlados por el analizador. La tabla contiene todos los parámetros para que los eventos puedan ser detectados dependiendo del tipo de umbral. En la columna *Formas de onda* y *RMS1/2* se indican los tipos de eventos para los que es posible incluir el registro de formas de onda y gráficos $RMS_{1/2}$ (la lista de estos eventos puede ampliarse en futuras versiones de firmware).

Tab. 7. Tipos de umbrales de eventos para los parámetros particulares.

Parámetro		Interrupción	Hueco	Subida	Mínimo	Máximo	Formas de onda y RMS _{1/2}
U	Valor eficaz de tensión	✓	✓	✓		✓ ⁽¹⁾	✓
U _{waveshape}	Cambio de la forma de envolvente					✓	✓
U _{phase_jump}	Salto de la fase					✓	✓
RVC	Cambios rápidos de tensión					✓	✓
U _{DC}	Componente constante de tensión						
f	Frecuencia				✓	✓	
CF U	Factor de pico de tensión						
u ₂	Factor de desequilibrio de componente de secuencia negativa de tensión					✓	
P _{ST}	Indicador de parpadeo de luz P _{ST}					✓	
P _{LT}	Indicador de parpadeo de luz P _{LT}					✓	
I	Valor eficaz de corriente					✓	✓
CF I	Factor de pico de corriente						
i ₂	Factor de desequilibrio de componente de secuencia negativa de corriente						
P/P+/P-	Potencia activa					✓	
Q ₁ , Q _B	Potencia reactiva					✓	
S	Potencia aparente					✓	
D, S _N	Potencia de distorsión						
PF	Factor de potencia					✓	
cosφ	Factor de desplazamiento de fase					✓	
tgφ	Factor de tangenteφ						
E _{P+} , E _{P-}	Energía activa (consumida y devuelta)					✓	
E _Q	Energía reactiva (consumida y devuelta)					✓	
E _S	Energía aparente						
THD _F U	Factor THD _F de tensión					✓	
U _{h0} ..U _{h256}	Amplitudes de armónicos de tensión						
THD _F I	Factor THD _F de corriente					✓	
I _{h0} ..I _{h256}	Amplitudes de armónicos de corriente						
TID _F U	Factor TID _F de tensión						
U _{ih0} ..U _{ih256}	Amplitudes de interarmónicos de tensión						
TID _F I	Factor TID _F de corriente						
I _{ih0} ..I _{ih256}	Amplitudes de interarmónicos de corriente						
K-Factor	Factor de pérdidas en el transformador K						
Factor K	Factor de reducción de carga Factor K						
U _{R1} , U _{R2}	Señales de control						
U _t	Transitorios de tensión (solo opción „TR“)					✓	✓ ⁽²⁾

⁽¹⁾ se refiere a la tensión U_{NE}

⁽²⁾ registro del gráfico transitorio y oscilograma, sin gráfico RMS_{1/2}.

Algunos parámetros pueden tener tanto los valores positivos como negativos. Un ejemplo es la potencia activa, la potencia reactiva y el factor de potencia. Dado que el umbral de detección de eventos sólo puede ser positivo, con el fin de asegurar la correcta detección de eventos para estos parámetros, el analizador compara los valores absolutos de estos parámetros con el umbral establecido.

Ejemplo *El umbral de evento de la potencia activa se establece en 10 kW. Si la carga tiene el carácter de generador, la potencia activa tendrá un signo negativo después de conectar correctamente la pinza de corriente. Si el valor absoluto medido de la potencia activa supera el umbral, es decir, 10 kW (p.ej. 11 kW) se registrará el evento del que se ha superado el valor de la máxima potencia activa.*

Los tipos de parámetros seleccionados pueden generar eventos y el usuario puede completarlos con el registro de las ondas instantáneas (oscilogramas) y valores $RMS_{1/2}$.

Las formas de onda de canales activos (de tensión y corriente) se almacenan por el analizador al principio y al final del evento. El usuario puede ajustar en la configuración el tiempo de registro de transcurros de oscilogramas (de 100 ms a máx. 60 s) y $RMS_{1/2}$ (de 1 s a 60 s) y el tiempo de predisparo (para oscilogramas de 40 ms a máx. 960 ms, para $RMS_{1/2}$ de 0,1 s a 4,9 s). Los oscilogramas se guardan en el formato seleccionado.

La información sobre el evento es guardada en el momento de finalizar. En algunos casos puede ocurrir que en el momento de finalizar el registro algún evento estaba activo (p.ej. duraba el hueco de tensión). Información sobre este evento también se guarda pero con las siguientes modificaciones:

- no hay tiempo de finalización de evento,
- el valor extremo se calcula sólo para el período hasta la detención de registro,
- no se menciona el valor medio,
- para los eventos relacionados con la tensión o la corriente eficaz sólo está disponible el oscilograma y el gráfico $RMS_{1/2}$ del inicio.

Para evitar la detección repetida de eventos, cuando el valor del parámetro fluctúa en torno al umbral, se introdujo la histéresis de detección de eventos definida por el usuario. Se la define en porcentaje de la siguiente manera:

- para los eventos del valor eficaz de tensión es un porcentaje del valor nominal de tensión (p.ej. 2% de 230 V, es decir, 4,6 V),
- para los eventos del valor eficaz de corriente es el porcentaje del rango nominal de corriente (p.ej. si no hay transmisiones adicionales y entradas de analizador de 5 A, la histéresis del 2% es igual a $0,02 \times 5 \text{ A} = 0,1 \text{ A}$),
- para los acontecimientos de la tensión DC y la tensión U_{N-PE} histéresis se calcula como un porcentaje del umbral, pero no menos de 50 mV (sin transformadores).
- para los otros parámetros, la histéresis se define como el porcentaje del umbral máximo (p.ej. si el umbral máximo para el factor de cresta de corriente fue establecido a 4,0, entonces la histéresis es $0,02 \times 4,0 = 0,08$).

Para eventos provocados por el cambio de la forma de la envolvente, hay un parámetro de detención expresado en segundos (de 1 a 600 s). Determina cuanto tiempo el analizador no registrará los eventos posteriores causados por el cambio de la forma de la envolvente. Esto reduce el disparo en caso de una red muy inestable.

4.9.1 Cambio de la forma de envolvente

PQM-750 permite detectar perturbaciones en forma de onda de tensión, es decir, eventos que cambian la forma del envolvente.

En este método se comparan entre otros dos periodos adyacentes de la forma de onda de tensión: se calcula la diferencia entre ellos y se comprueba su amplitud máxima, que luego se compara con el umbral establecido por el usuario. El umbral en porcentaje se refiere a la tensión nominal. Si el cambio calculado en la amplitud excede el umbral, se dispara el evento respecto a la envolvente. Este evento se considera finalizado si durante al menos tres periodos consecutivos no se detecta el exceso del umbral de tolerancia.

Esta funcionalidad es muy útil en la detección de las perturbaciones no estacionarias en la red de alimentación. Se debe recordar que en caso de bajos valores del umbral de detección, el analizador puede detectar un gran número de eventos en un corto período de tiempo. Por esta razón el usuario puede usar el parámetro **TIEMPO DE INACTIVIDAD** en segundos. Después de detectar el evento, el analizador bloquea la detección de eventos (en este canal) para el tiempo especificado por este parámetro. Se puede ajustar en el rango de 1 s a 600 s.

4.9.2 Eventos de salto de fase

El analizador puede detectar cambios en la fase de la tensión. El algoritmo de detección compara los ángulos de la tensión de dos o tres períodos adyacentes. Si la diferencia de ángulos es mayor que el umbral establecido por el usuario, expresado en grados, se guarda la información sobre el evento detectado con el valor medido de salto del ángulo de fase. La información sobre el evento detectado incluye el tiempo del salto, y el valor expresado en grados (el ángulo φ en la figura). También es posible guardar de forma de onda y el gráfico de $RMS_{1/2}$. El valor más pequeño de los saltos de fase detectados es 1 grado de ángulo.

4.9.3 Eventos de cambios rápidos de tensión (RVC)

Los cambios rápidos de tensión (RVC) se describen con más detalle en el documento: Calidad de energía – Guía. El analizador puede detectar y registrar este tipo de eventos cuando se activa la opción correspondiente en la configuración de medición. El usuario introduce los siguientes parámetros:

- **UMBRAL** – expresado como un porcentaje de la tensión nominal, determina la sensibilidad de detección; cuanto menor sea el valor umbral, se detectará mayor sensibilidad y más eventos de este tipo. El valor típico del umbral es el 5% U_{NOM} . Este valor de umbral se refiere al valor ΔU_{MAX} de los eventos RVC.
- **HISTÉRESIS**, también se expresa como un porcentaje de la tensión nominal. Debe ser menor que el umbral. Cuanto la histéresis está más cerca del umbral, tanto más pequeño es el intervalo de cambios de tensión que se requiere para reconocer que la tensión vuelve a tener un valor estable. El valor típico de la histéresis es la mitad del umbral establecido.
- Si el usuario quiere junto con los eventos RVC registrar las formas de onda oscilográficas y los gráficos $RMS_{1/2}$ e tensiones y corrientes, entonces existe esta posibilidad si se selecciona la opción en la configuración. Las formas de onda guardadas se refieren únicamente al inicio del evento RVC.

Los eventos multifase se detectan de forma predeterminada. Cabe señalar que de acuerdo con el algoritmo especificado en la norma IEC 61000-4-30, como un evento de múltiples fases también se considera un evento que se ha producido sólo en una fase "múltiples fases" aquí se consideran como un fenómeno de "sistema", y no como el requisito de producirse en muchas fases simultáneamente).

En caso de cumplimiento de registro con el estándar seleccionado, que también incluye la medición de RVC, los parámetros de RVC se toman en cuenta de los ajustes por defecto de la norma.

4.9.4 Detección de transitorios



La opción de medición de transitorios está disponible en los analizadores PQM-750 en la opción "TR" con un módulo de transitorios interno adicional

Los transitorios son unas perturbaciones indeseadas, rápidas y breves en la red eléctrica. Están acompañados por un rápido cambio de tensión y corriente. La perturbación dura normalmente de unos pocos nanosegundos a unos pocos milisegundos. A menudo se las define como: sobretensiones, picos, oscilaciones.

Debido a la brevedad de estas perturbaciones y su amplio espectro de frecuencias, en los analizadores de calidad de energía se utilizan normalmente los convertidores analógico- digitales con una frecuencia de muestreo relativamente baja son insuficientes para registrar su progreso con suficiente precisión. Por esta razón, los analizadores PQM-750 con la opción "TR" utilizan un módulo de detección separado del convertidor analógico-digital de 4 canales con la frecuencia máxima de muestreo de 10 MHz. Esto se corresponde al tiempo entre las muestras individuales de 100 ns. En este modo es posible registrar los transitorios más rápidos, y el tiempo de registro es de hasta 2 ms (20 mil de muestras).

Tab. 8. Lista de frecuencia de muestreo para transitorios.

Frecuencia de muestreo	Tiempo de subida en el método dV/dt	Rango de tiempo de registro (2000...20000 muestras)
10 MHz	100 V/5 μ s	0,2...2 ms
5 MHz	100 V/10 μ s	0,4...4 ms
1 MHz	100 V/50 μ s	2...20 ms
500 kHz	100 V/100 μ s	4...40 ms
100 kHz	100 V/500 μ s	20...200 ms

Para configurar los transitorios, el usuario tiene a su disposición varias opciones:

- frecuencia principal de muestreo del convertidor A/C en el intervalo de 100 kHz a 10 MHz,
- método de detección:
 - amplitud V_{p-p} – basada en la amplitud transitoria mínima establecida (en el rango de 50 V a 5000 V),
 - tasa de aumento de la señal a lo largo del tiempo (método dV/dt),
 - umbral absoluto - basado en el valor de voltaje absoluto.
- activación o desactivación de registro de las formas de onda del transitorio y oscilogramas,
- tiempo de registro de transcurso temporal en el rango de 2000 a 20000 muestras,
- tiempo de predisparo de registro del transcurso temporal en el rango de 10% a 90% del tiempo de registro.

El analizador registra el transcurso temporal del transitorio sólo en los canales donde han sido cumplidos los criterios establecidos por el usuario. Después de detectar el transitorio, el analizador durante 3 segundos es insensible a otros transitorios (el tiempo muerto). Un caso especial es la situación en que se detecta un transitorio en un canal cunado entre su detección y el final del registro de transcurso temporal de acuerdo con el tiempo de registro establecido por el usuario, no producirán los siguientes transitorios en otros canales. En esta situación particular, el analizador registra las formas de onda de todos los canales en los que se ha detectado el transitorio. Los transitorios detectados más adelante en relación al primer canal no tendrán guardado precisamente el tiempo, llamado predisparo (registro de estos canales terminará al mismo tiempo que el registro del primer canal que primero ha activado el evento).

En la tabla de eventos, en el caso de transitorios se indican los parámetros:

- la columna **EXTREMO** muestra la amplitud transitoria máxima medida (entre los picos) para los métodos de amplitud y dV/dt , y el valor de voltaje absoluto máximo para el método del umbral absoluto.
- la columna **TIEMPO DE DURACIÓN** presenta la duración aproximada de la perturbación.

4.9.4.1 Método de amplitud V_{p-p}

En este método, el analizador detecta un transitorio cuando su amplitud excede el umbral establecido en voltios. En este modo no se tiene en cuenta el tiempo de subida de transcurso. Tanto los transitorios lentos como rápidos serán detectados siempre que se cumpla el criterio de la amplitud.

En la Fig. 36 se muestran dos ejemplos de los transitorios y sus amplitudes U_{T1} y U_{T2} . En el método de amplitud, el analizador detectará un evento si U_{T1} o U_{T2} es mayor que el umbral establecido por el usuario.

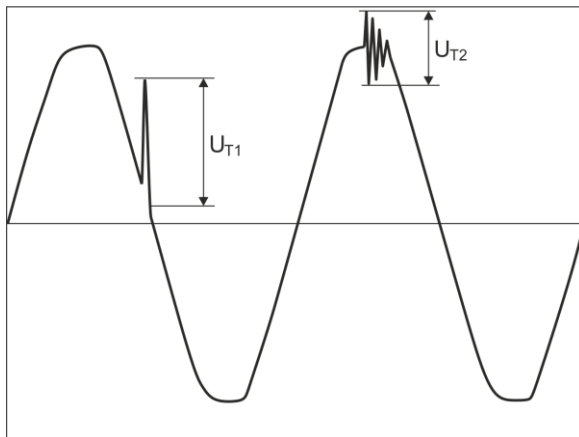


Fig. 36. Método para determinar las amplitudes de transientes.

4.9.4.2 Método dV/dt

El método de subida dV/dt se elige marcando la opción **TASA DE AUMENTO DE TENSION (dV/dt)** e indicando la frecuencia de muestreo correspondiente, que indirectamente selecciona la velocidad de subida entre varios valores posibles (ver Tab. 8). En el método dV/dt el analizador analiza las formas de onda de tensión en el tiempo específico y detecta un transitorio, si la velocidad de subida del transcurso supera el valor establecido por el usuario en la configuración. La amplitud absoluta del transitorio no es importante; cualquier muestra de tensión que exceda el umbral establecido activará el registro del evento. Con este método también se pueden detectar voltajes de CC o que cambian lentamente.

4.9.4.3 Método del umbral absoluto

El tercer método detecta cuándo el valor de voltaje absoluto relativo al terminal de referencia excede el umbral de voltaje establecido (por defecto, este es el terminal de tierra E). Se detectan tanto la polaridad positiva como la negativa. En este método, la amplitud del impulso o la tasa de aumento de tensión no son importantes; cualquier muestra de tensión que exceda el umbral establecido activará el registro del evento. Con este método también se pueden detectar voltajes de CC o que cambian lentamente.

El valor umbral más pequeño que se puede establecer está limitado de la siguiente manera:

- 150% U_{nom} para sistemas de red con cable neutro,
- U_{nom} para sistemas de red sin cable neutro,

Métodos para promediar los parámetros

Métodos para promediar los parámetros	
Parámetro	Método de cálculo de la media
Tensión eficaz	RMS
Tensión DC	media aritmética
Frecuencia	media aritmética
Factor de cresta de U, I	media aritmética
Componentes simétricas de U, I	RMS
Factor de asimetría de U, I	calculado de los valores medios de las componentes simétricas
Corriente eficaz	RMS
Potencia activa, reactiva, aparente, distorsiones	media aritmética
Factor de potencia PF	calculado de los valores medios de potencia
$\cos\varphi$	media aritmética
$\tan\varphi$	se calcula como la relación de la potencia reactiva y la potencia activa (en el cuadrante apropiado)
THD U, I	calculado como la relación entre el valor medio RMS de los armónicos altos y el valor medio RMS de componente fundamental (para THD-F), o la relación del valor medio RMS de los armónicos altos al valor medio de la tensión eficaz (para THD-R)
TID U, I	calculado como la relación entre el valor medio RMS de los interarmónicos altos y el valor medio RMS de componente fundamental (para TID-F), o la relación del valor medio RMS de los interarmónicos altos al valor medio de la tensión eficaz (para TID-R)
Amplitudes de los armónicos de U, I	RMS
Amplitudes de interarmónicos de U, I	RMS
Factor K	RMS
Ángulos entre los armónicos de tensiones y corrientes	media aritmética (método cartesiano)
Potencia activa y reactiva de armónicos	media aritmética

Notas:

El valor promedio RMS se calcula según la fórmula:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{y=1}^N X_y^2}$$

La media aritmética (AVG) se calcula según la fórmula:

$$AVG = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_y$$

donde:

- X_y es siguiente valor de parámetro sujeto a promediación,
- N es el número del valor sujeto a promediación.

5 Fórmulas de cálculo

5.1 Red monofásica

Red monofásica			
Parámetro			Método de cálculo
Nombre	Símbolo	Unidad	
Tensión eficaz (True RMS)	U_A	V	$U_A = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{y=1}^M U_y^2}$ <p>donde U_i es otra muestra de la tensión U_{A-N} $M = 16384$</p>
Componente constante de tensión	U_{ADC}	V	$U_{ADC} = \frac{1}{M} \sum_{y=1}^M U_y$ <p>donde U_i es otra muestra de la tensión U_{A-N} $M = 16384$</p>
Frecuencia	f_{10s}	Hz	número de los periodos enteros de tensión U_{A-N} contados durante el intervalo de 10 s de tiempo de reloj dividido por la duración total de los periodos completos
Corriente eficaz (True RMS)	I_A	A	$I_A = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{y=1}^M I_y^2}$ <p>donde I_i es siguiente muestra de la corriente I_A $M = 16384$</p>
Potencia activa	P	W	$P = \frac{1}{M} \sum_{y=1}^M U_y I_y$ <p>donde U_i es otra muestra de la tensión U_{A-N} I_i es la siguiente muestra de la corriente I_A $M = 16384$</p>
Potencia reactiva definida por Budeanu	Q_B	var	$Q_B = \sum_{h=1}^{256} U_h I_h \sin \varphi_h$ <p>donde U_h es h^o armónico de tensión U_{A-N} I_h es h^o armónico de corriente I_A φ_h es h^o ángulo entre los armónicos U_h y I_h</p>
Potencia reactiva de la componente fundamental	Q_1	var	<p>donde U_1 es la componente fundamental de tensión U_{A-N} I_1 es la componente fundamental de corriente I_A φ_1 es el ángulo entre las componentes fundamentales U_1 y I_1</p> $Q_1 = U_1 I_1 \sin \varphi_1$
Potencia aparente	S	VA	$S = U_{ARMS} I_{ARMS}$
Potencia aparente de distorsión	S_N	VA	$S_N = \sqrt{S^2 - (U_1 I_1)^2}$
Potencia de distorsión definida por Budeanu	D_B	var	$D_B = \sqrt{S^2 - P^2 - Q_B^2}$
Factor de potencia	PF	-	$PF = \frac{P}{S}$ <p>Si $PF < 0$ carga tiene el carácter de generador Si $PF > 0$ la carga tiene el carácter de receptor</p>
Factor de desplazamiento de fase	$\cos \varphi$ DPF	-	<p>donde φ_{U1} es el ángulo absoluto de la componente fundamental de la tensión U_{A-N} φ_{I1} es el ángulo absoluto de la componente fundamental de la corriente I_A</p> $\cos \varphi = DPF = \cos(\varphi_{U1} - \varphi_{I1})$

Tangente φ (4 cuadrantes)	$\tan \varphi_{(L+)}$	-	$\tan \varphi_{(L+)} = \frac{\Delta E_{Q(L+)}}{\Delta E_{P+}}$ donde: $\Delta E_{Q(L+)}$ es el aumento de la energía reactiva $E_{Q(L+)}$ (Budeanu/IEEE-1459) en este período de cálculo de la media, ΔE_{P+} es el aumento de la energía activa consumida E_{P+} en este período de cálculo de la media
	$\tan \varphi_{(C-)}$	-	$\tan \varphi_{(C-)} = -\frac{\Delta E_{Q(C-)}}{\Delta E_{P+}}$ donde: $\Delta E_{Q(C-)}$ es el aumento de la energía reactiva $E_{Q(C-)}$ (Budeanu/IEEE-1459) en este período de cálculo de la media, ΔE_{P+} es el aumento de la energía activa consumida E_{P+} en este período de cálculo de la media
	$\tan \varphi_{(L-)}$	-	$\tan \varphi_{(L-)} = \frac{\Delta E_{Q(L-)}}{\Delta E_{P+}}$ donde: $\Delta E_{Q(L-)}$ es el aumento de la energía reactiva $E_{Q(L-)}$ (Budeanu/IEEE-1459) en este período de cálculo de la media, ΔE_{P+} es el aumento de la energía activa consumida E_{P+} en este período de cálculo de la media
	$\tan \varphi_{(C+)}$	-	$\tan \varphi_{(C+)} = -\frac{\Delta E_{Q(C+)}}{\Delta E_{P+}}$ donde: $\Delta E_{Q(C+)}$ es el aumento de la energía reactiva $E_{Q(C+)}$ (Budeanu/IEEE-1459) en este período de cálculo de la media, ΔE_{P+} es el aumento de la energía activa consumida E_{P+} en este período de cálculo de la media
Componentes armónicas de tensión y corriente	U_{hx} I_{hx}	V A	método de los subgrupos armónicos según IEC 61000-4-7 x (orden del armónico) = 1..256 para f_{NOM} 50 y 60 Hz x (orden del armónico) = 1..50 para f_{NOM} 400 Hz
Factor de distorsión armónica de tensión se refiere a la componente fundamental	$THD-F U$	%	$THD F U = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^k U_h^2}}{U_1} \times 100\%$ donde U_h es h^o armónico de tensión U_{A-N} U_1 es la componente fundamental de tensión U_{A-N} $k = 40, 50, 256$ para f_{NOM} 50 y 60 Hz $k = 40, 50$ para f_{NOM} 400 Hz
Factor de distorsión armónica de tensión se refiere al valor eficaz	$THD-R U$	%	$THD R U = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^k U_h^2}}{U_{ARMS}} \times 100\%$ donde U_h es h^o armónico de tensión U_{A-N} $k = 40, 50, 256$ para f_{NOM} 50 y 60 Hz $k = 40, 50$ para f_{NOM} 400 Hz
Factor de distorsión armónica de corriente se refiere a la componente fundamental	$THD-F I$	%	$THD F I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^k I_h^2}}{I_1} \times 100\%$ donde I_h es h^o armónico de corriente I_A I_1 es la componente fundamental de corriente I_A $k = 40, 50, 256$ para f_{NOM} 50 y 60 Hz $k = 40, 50$ para f_{NOM} 400 Hz
Factor de distorsión armónica de corriente se refiere al valor eficaz	$THD-R I$	%	$THD R I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^k I_h^2}}{I_{ARMS}} \times 100\%$ donde I_h es h^o armónico de corriente I_A $k = 40, 50, 256$ para f_{NOM} 50 y 60 Hz $k = 40, 50$ para f_{NOM} 400 Hz
Factor de distorsión de corriente	TDD	%	$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}}{I_L} \times 100\%$ donde I_h es h^o armónico de corriente I_A I_L es la corriente demandada (en modo automático I_L es el valor medio máximo de la componente fundamental de corriente buscada entre todos los canales de corriente medidos de todo el rango de registro)

Componentes interarmónicas de tensión y corriente	U_{ihx} I_{ihx}	V A	método de subgrupos de interarmónicos según IEC 61000-4-7 x (orden del interarmónico) = 0..256 para f_{NOM} 50 y 60 Hz x (orden del interarmónico) = 0..50 para f_{NOM} 400 Hz (subarmónico incluye también 5 Hz)
Factor de distorsión interarmónica de tensión se refiere a la componente fundamental	$TID-F U$	%	$TIDF U = \frac{\sqrt{\sum_{ih=0}^k U_{ih}^2}}{U_1} \times 100\%$ donde U_{ih} es ih^o interarmónico de tensión U_{A-N} U_1 es la componente fundamental de tensión U_{A-N} $k = 40, 50, 256$ para f_{NOM} 50 y 60 Hz $k = 40, 50$ para f_{NOM} 400 Hz
Factor de distorsión interarmónica de tensión se refiere al valor eficaz	$TID-R U$	%	$TIDR U = \frac{\sqrt{\sum_{ih=0}^k U_{ih}^2}}{U_{ARMS}} \times 100\%$ donde U_{ih} es ih^o interarmónico de tensión U_{A-N} $k = 40, 50, 256$ para f_{NOM} 50 y 60 Hz $k = 40, 50$ para f_{NOM} 400 Hz
Factor de distorsión interarmónica de corriente se refiere a la componente fundamental	$TID-F I$	%	$TIDF I = \frac{\sqrt{\sum_{ih=0}^k I_{ih}^2}}{I_1} \times 100\%$ donde I_{ih} es ih^o interarmónico de corriente I_A I_1 es la componente fundamental de corriente I_A $k = 40, 50, 256$ para f_{NOM} 50 y 60 Hz $k = 40, 50$ para f_{NOM} 400 Hz
Factor de distorsión interarmónica de corriente se refiere al valor eficaz	$TID-R I$	%	$TIDR I = \frac{\sqrt{\sum_{ih=0}^k I_{ih}^2}}{I_{ARMS}} \times 100\%$ donde I_{ih} es ih^o interarmónico de corriente I_A $k = 40, 50, 256$ para f_{NOM} 50 y 60 Hz $k = 40, 50$ para f_{NOM} 400 Hz
Factor de pico de tensión	CFU	-	$CFU = \frac{\max. U_y }{U_{ARMS}}$ donde el operario $\max. U_y $ expresa el valor más grande de los valores absolutos de muestras de tensión U_{A-N} $i = 16384$
Factor de pico de corriente	CFI	-	$CFI = \frac{\max. I_y }{I_{ARMS}}$ donde el operario $\max. I_y $ expresa el valor más grande de los valores absolutos de muestras de corriente I_A $i = 16384$
Factor de pérdidas en el transformador K	$K\text{-Factor}$	-	$KFactor = \frac{\sum_{h=1}^k I_h^2 h^2}{I_1^2}$ donde I_h es h^o orden de corriente I_A I_1 es la componente fundamental de corriente I_A $k = 40, 50, 256$ para f_{NOM} 50 y 60 Hz $k = 40, 50$ para f_{NOM} 400 Hz
Factor de reducción de carga Factor K	$Factor K$	-	$FactorK = \sqrt{1 + \frac{e}{1+e} \left(\frac{I_1}{I}\right)^2 \sum_{h=2}^n \left(h^q \left(\frac{I_h}{I_1}\right)^2\right)}$ $n = 40, 50, 256$ para f_{NOM} 50 y 60 Hz $k = 40, 50$ para f_{NOM} 400 Hz Para más detalles, consulte el documento Calidad de alimentación – manual.
Potencia activa del armónico	P_h	W	$P_h = U_h I_h \cos \varphi_h$ donde U_h es h^o armónico de tensión U_{A-N} I_h es h^o armónico de corriente I_A φ_h es el ángulo entre los armónicos U_h y I_h $h = 1...256$ para f_{NOM} 50 y 60 Hz $h = 1...50$ para f_{NOM} 400 Hz

Potencia reactiva del armónico	Q_h	var	$Q_h = U_h I_h \sin \varphi_h$ <p>donde U_h es h^o armónico de tensión U_{A-N} I_h es h^o armónico de corriente I_A φ_h es el ángulo entre los armónicos U_h y I_h $h = 1 \dots 256$ para f_{NOM} 50 y 60 Hz $h = 1 \dots 50$ para f_{NOM} 400 Hz</p>
Flicker de corta duración	P_{ST}	-	calculado de acuerdo con la norma IEC 61000-4-15 (no disponible para f_{NOM} 400 Hz)
Flicker de larga duración	P_{LT}	-	$P_{LT} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^N P_{STi}^3}{N}}$ <p>donde P_{STi} es el siguiente indicador de parpadeo de corta duración (no disponible para f_{NOM} 400 Hz)</p>
Energía activa (consumida y devuelta)	E_{P+} E_{P-}	Wh	$E_{P+} = \sum_{y=1}^m P_+(y)T(y)$ $P_+(y) = \begin{cases} P(y) & \text{para } P(y) > 0 \\ 0 & \text{para } P(y) \leq 0 \end{cases}$ $E_{P-} = \sum_{y=1}^m P_-(y)T(y)$ $P_-(y) = \begin{cases} P(y) & \text{para } P(y) < 0 \\ 0 & \text{para } P(y) \geq 0 \end{cases}$ <p>donde: i es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 períodos $P(i)$ representa el valor de la potencia activa P calculada en la i^a ventana de medición $T(i)$ representa el tiempo de duración de i^a ventana de medición en las horas</p>
Energía reactiva (4 cuadrantes)	$E_{Q(L+)}$ $E_{Q(C-)}$ $E_{Q(L-)}$ $E_{Q(C+)}$	varh	$E_{Q(L+)} = \sum_{i=1}^m Q_{L+}(y)T(i)$ $Q_{L+}(i) = Q(i) \text{ si } Q(i) > 0 \text{ y } P(i) > 0$ $Q_{L+}(i) = 0 \text{ en otros casos}$ $E_{Q(C-)} = \sum_{i=1}^m Q_{C-}(y)T(i)$ $Q_{C-}(i) = Q(i) \text{ si } Q(i) > 0 \text{ y } P(i) < 0$ $Q_{C-}(i) = 0 \text{ en otros casos}$ $E_{Q(L-)} = \sum_{i=1}^m Q_{L-}(y)T(i)$ $Q_{L-}(i) = Q(i) \text{ si } Q(i) < 0 \text{ y } P(i) < 0$ $Q_{L-}(i) = 0 \text{ en otros casos}$ $E_{Q(C+)} = \sum_{i=1}^m Q_{C+}(y)T(i)$ $Q_{C+}(i) = Q(i) \text{ si } Q(i) < 0 \text{ y } P(i) > 0$ $Q_{C+}(i) = 0 \text{ en otros casos}$ <p>donde: i es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 períodos , $Q(i)$ representa el valor de la potencia reactiva (Budeanu o IEEE 1459) calculada en i^a ventana de medición $P(i)$ representa el valor de la potencia activa calculada en i^a ventana de medición $T(i)$ representa el tiempo de duración de i^a ventana de medición en las horas</p>

Energía aparente	E_s	VAh	$E_s = \sum_{i=1}^m S(y)T(i)$ <p>donde: <i>i</i> es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 periodos <i>S(i)</i> representa el valor de la potencia aparente <i>S</i> calculada en <i>i</i>ª ventana de medición, <i>T(i)</i> representa el tiempo de duración de <i>i</i>ª ventana de medición en las horas</p>
------------------	-------	-----	--

5.2 Red bifásica

Red bifásica (los parámetros no mencionados se calculan como para la red monofásica)			
Parámetro			Método de cálculo
Nombre	Símbolo	Unidad	
Potencia activa total	P_{tot}	W	$P_{tot} = P_A + P_B$
Potencia reactiva total definida por Budeanu	Q_{Btot}	var	$Q_{Btot} = Q_{BA} + Q_{BB}$
Potencia reactiva total de componente fundamental	Q_{1tot}	var	$Q_{1tot} = Q_{1A} + Q_{1B}$
Potencia aparente total	S_{tot}	VA	$S_{tot} = S_A + S_B$
Potencia aparente total de distorsión	S_{Ntot}	VA	$S_{Ntot} = S_{NA} + S_{NB}$
Potencia de distorsión total definida por Budeanu	D_{Btot}	var	$D_{Btot} = D_{BA} + D_{BB}$
Factor de potencia total	PF_{tot}	-	$PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_{tot}}$
Factor total de desplazamiento de fase	$\cos \varphi_{tot}$ DPF_{tot}	-	$\cos \varphi_{tot} = DPF_{tot} = \frac{1}{2} (\cos \varphi_A + \cos \varphi_B)$
Tangente total φ (4 cuadrantes)	$\tan \varphi_{tot(L+)}$	-	$\tan \varphi_{tot(L+)} = \frac{\Delta E_{Q_{tot}(L+)}}{\Delta E_{P_{tot+}}}$ donde: $\Delta E_{Q_{tot}(L+)}$ es el aumento de la energía reactiva total $E_{Q_{tot}(L+)}$ (Budeanu/IEEE-1459) en este período de cálculo de la media, $\Delta E_{P_{tot+}}$ es el aumento de la energía activa consumida total $E_{P_{tot+}}$ en este período de cálculo de la media
	$\tan \varphi_{tot(C-)}$	-	$\tan \varphi_{tot(C-)} = - \frac{\Delta E_{Q_{tot}(C-)}}{\Delta E_{P_{tot+}}}$ donde: $\Delta E_{Q_{tot}(C-)}$ es el aumento de la energía reactiva total $E_{Q_{tot}(C-)}$ (Budeanu/IEEE-1459) en este período de cálculo de la media, $\Delta E_{P_{tot+}}$ es el aumento de la energía activa consumida total $E_{P_{tot+}}$ en este período de cálculo de la media
	$\tan \varphi_{tot(L-)}$	-	$\tan \varphi_{tot(L-)} = \frac{\Delta E_{Q_{tot}(L-)}}{\Delta E_{P_{tot+}}}$ donde: $\Delta E_{Q_{tot}(L-)}$ es el aumento de la energía reactiva total $E_{Q_{tot}(L-)}$ (Budeanu/IEEE-1459) en este período de cálculo de la media, $\Delta E_{P_{tot+}}$ es el aumento de la energía activa consumida total $E_{P_{tot+}}$ en este período de cálculo de la media
	$\tan \varphi_{tot(C+)}$	-	$\tan \varphi_{tot(C+)} = - \frac{\Delta E_{Q_{tot}(C+)}}{\Delta E_{P_{tot+}}}$ donde: $\Delta E_{Q_{tot}(C+)}$ es el aumento de la energía reactiva total $E_{Q_{tot}(C+)}$ (Budeanu/IEEE-1459) en este período de cálculo de la media, $\Delta E_{P_{tot+}}$ es el aumento de la energía activa consumida total $E_{P_{tot+}}$ en este período de cálculo de la media

Energía activa total (consumida y devuelta)	E_{Ptot+} E_{Ptot-}	Wh	$E_{Ptot+} = \sum_{i=1}^m P_{tot+}(i)T(i)$ $P_{tot+}(i) = \begin{cases} P_{tot}(y) & \text{para } P_{tot}(y) > 0 \\ 0 & \text{para } P_{tot}(y) \leq 0 \end{cases}$ $E_{Ptot-} = \sum_{i=1}^m P_{tot-}(i)T(i)$ $P_{tot-}(i) = \begin{cases} P_{tot}(y) & \text{para } P_{tot}(y) < 0 \\ 0 & \text{para } P_{tot}(y) \geq 0 \end{cases}$ <p>donde: <i>i</i> es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 períodos, <i>P_{tot}(i)</i> representa el valor de la potencia total activa <i>P_{tot}</i> calculada en <i>n</i>ª ventana de medición, <i>T(i)</i> representa el tiempo de duración de <i>n</i>ª ventana de medición en las horas</p>
Energía reactiva total (4 cuadrantes)	$E_{Qtot(L+)}$ $E_{Qtot(C-)}$ $E_{Qtot(L-)}$ $E_{Qtot(C+)}$	varh	$E_{Qtot(L+)} = \sum_{i=1}^m Q_{L+}(y)T(i)$ $Q_{L+}(i) = Q(i) \text{ si } Q(i)>0 \text{ y } P(i)>0$ $Q_{L+}(i) = 0 \text{ en otros casos}$ $E_{Qtot(C-)} = \sum_{i=1}^m Q_{C-}(y)T(i)$ $Q_{C-}(i) = Q(i) \text{ si } Q(i)>0 \text{ y } P(i)<0$ $Q_{C-}(i) = 0 \text{ en otros casos}$ $E_{Qtot(L-)} = \sum_{i=1}^m Q_{L-}(y)T(i)$ $Q_{L-}(i) = Q(i) \text{ si } Q(i)<0 \text{ y } P(i)<0$ $Q_{L-}(i) = 0 \text{ en otros casos}$ $E_{Qtot(C+)} = \sum_{i=1}^m Q_{C+}(y)T(i)$ $Q_{C+}(i) = Q(i) \text{ si } Q(i)<0 \text{ y } P(i)>0$ $Q_{C+}(i) = 0 \text{ en otros casos}$ <p>donde: <i>i</i> es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 períodos, <i>Q(i)</i> representa el valor de la potencia reactiva total (Budeanu o IEEE1459) calculada en <i>n</i>ª ventana de medición <i>P(i)</i> representa el valor de la potencia activa calculada en <i>n</i>ª ventana de medición <i>T(i)</i> representa el tiempo de duración de <i>n</i>ª ventana de medición en las horas</p>
Energía aparente total	E_{Stot}	VAh	$E_{Stot} = \sum_{i=1}^m S_{tot}(y)T(i)$ <p>donde: <i>i</i> es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 períodos <i>S_{tot}(i)</i> representa el valor de la potencia aparente total <i>S_{tot}</i> calculada en <i>n</i>ª ventana de medición <i>T(i)</i> representa el tiempo de duración de <i>n</i>ª ventana de medición en las horas</p>

5.3 Red 3-fásica con 4 hilos

Red 3-fásica con 4 hilos (parámetros no mencionados se calculan como para la red monofásica)			
Parámetro			Método de cálculo
Nombre	Símbolo	Unidad	
Potencia activa total	P_{tot}	W	$P_{tot} = P_A + P_B + P_C$
Potencia reactiva total definida por Budeanu	Q_{Btot}	var	$Q_{Btot} = Q_{BA} + Q_{BB} + Q_{BC}$
Potencia reactiva total según IEEE 1459	Q_{I^+}	var	$Q_{I^+} = 3U_{I^+} I_{I^+} \sin \varphi_{I^+}$ donde: U_{I^+} es componente de secuencia positiva de tensión (de componente fundamental) I_{I^+} es componente de secuencia positiva de corriente (de componente fundamental) φ_{I^+} es el ángulo entre las componentes U_{I^+} y I_{I^+}
Potencia aparente eficaz	S_e	VA	$S_e = 3U_e I_e$ donde: $U_e = \sqrt{\frac{3(U_A^2 + U_B^2 + U_C^2) + U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{18}}$ $I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + I_N^2}{3}}$
Potencia aparente eficaz de distorsión	S_{eN}	VA	$S_{eN} = \sqrt{S_e^2 + S_{e1}^2}$ donde: $S_{e1} = 3U_{e1} I_{e1}$ $U_{e1} = \sqrt{\frac{3(U_{A1}^2 + U_{B1}^2 + U_{C1}^2) + U_{AB1}^2 + U_{BC1}^2 + U_{CA1}^2}{18}}$ $I_{e1} = \sqrt{\frac{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2 + I_{N1}^2}{3}}$
Potencia de distorsión total definida por Budeanu	D_{Btot}	var	$D_{Btot} = D_{BA} + D_{BB} + D_{BC}$
Factor de potencia total	PF_{tot}	-	$PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_e}$
Factor total de desplazamiento de fase	$\cos \varphi_{tot}$ DPF_{tot}	-	$\cos \varphi_{tot} = DPF_{tot} = \frac{1}{3}(\cos \varphi_A + \cos \varphi_B + \cos \varphi_C)$
Tangente total φ (4 cuadrantes)	$\tan \varphi_{tot(L+)}$ $\tan \varphi_{tot(C-)}$ $\tan \varphi_{tot(L-)}$ $\tan \varphi_{tot(C+)}$	-	relación como para la red de 2 fases
Energía activa total (consumida y devuelta)	E_{P+tot} E_{P-tot}	Wh	relación como para la red de 2 fases
Energía reactiva total (4 cuadrantes)	$E_{Qtot(L+)}$ $E_{Qtot(C-)}$ $E_{Qtot(L-)}$ $E_{Qtot(C+)}$	varh	relación como para la red de 2 fases

Energía aparente total	E_{Stot}	VAh	$E_{Stot} = \sum_{i=1}^m S_e(y)T(i)$ <p>donde: <i>i</i> es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 períodos $S_e(i)$ representa el valor de la potencia aparente eficaz S_e calcula en \bar{P} ventana de medición $T(i)$ representa el tiempo de duración de \bar{P} ventana de medición en las horas</p>
Valor eficaz de tensión de componente de secuencia cero	U_0	V	$\underline{U}_0 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + \underline{U}_{B1} + \underline{U}_{C1})$ $U_0 = mag(\underline{U}_0)$ <p>donde \underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1} son vectores de las componentes fundamentales de las tensiones de fase U_A, U_B, U_C Operador <i>mag()</i> significa el módulo del vector</p>
Valor eficaz de tensión de componente de secuencia positiva	U_1	V	$\underline{U}_1 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + a\underline{U}_{B1} + a^2\underline{U}_{C1})$ $U_1 = mag(\underline{U}_1)$ <p>donde \underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1} son vectores de las componentes fundamentales de las tensiones de fase U_A, U_B, U_C Operador <i>mag()</i> significa el módulo del vector</p> $a = 1e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j$ $a^2 = 1e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j$
Valor eficaz de tensión de componente de secuencia negativa	U_2	V	$\underline{U}_2 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + a^2\underline{U}_{B1} + a\underline{U}_{C1})$ $U_2 = mag(\underline{U}_2)$ <p>donde \underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1} son vectores de las componentes fundamentales de las tensiones de fase U_A, U_B, U_C Operador <i>mag()</i> significa el módulo del vector</p> $a = 1e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j$ $a^2 = 1e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j$
Factor de desequilibrio de tensión de componente de secuencia cero	u_0	%	$u_0 = \frac{U_0}{U_1} \cdot 100\%$
Factor de desequilibrio de tensión de componente de secuencia negativa	u_2	%	$u_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100\%$
Componente de secuencia cero de corriente	I_0	A	$\underline{I}_0 = \frac{1}{3}(\underline{I}_{A1} + \underline{I}_{B1} + \underline{I}_{C1})$ $I_0 = mag(\underline{I}_0)$ <p>donde \underline{I}_{A1}, \underline{I}_{B1}, \underline{I}_{C1} son vectores de las componentes fundamentales de las corrientes de fase I_A, I_B, I_C Operador <i>mag()</i> significa el módulo del vector</p>

Valor eficaz de corriente de componente de secuencia positiva	I_1	A	$\underline{I}_1 = \frac{1}{3}(\underline{I}_{A1} + a\underline{I}_{B1} + a^2\underline{I}_{C1})$ $I_1 = \text{mag}(\underline{I}_1)$ <p>donde \underline{I}_{A1}, \underline{I}_{B1}, \underline{I}_{C1} son vectores de las componentes fundamentales de las corrientes I_A, I_B, I_C Operador $\text{mag}()$ significa el módulo del vector</p>
Valor eficaz de corriente de componente de secuencia negativa	I_2	A	$\underline{I}_2 = \frac{1}{3}(\underline{I}_{A1} + a^2\underline{I}_{B1} + a\underline{I}_{C1})$ $I_2 = \text{mag}(\underline{I}_2)$ <p>donde \underline{I}_{A1}, \underline{I}_{B1}, \underline{I}_{C1} son vectores de las componentes fundamentales de las tensiones de fase I_A, I_B, I_C Operador $\text{mag}()$ significa el módulo del vector</p>
Factor de desequilibrio de corriente de componente de secuencia cero	i_0	%	$y_0 = \frac{I_0}{I_1} \cdot 100\%$
Factor de desequilibrio de corriente de componente de secuencia negativa	i_2	%	$y_2 = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100\%$

5.4 Red 3-fásica con 3 hilos

Red 3-fásica con 3 hilos			
(parámetros: tensión y corriente eficaces, componentes constantes de tensiones, factores THD y K, componentes simétricas y factores de asimetría, indicadores de parpadeo de luz, se calculan igual que en los circuitos monofásicos; en lugar de las tensiones de fase se utilizan las tensiones entre fases)			
Parámetro			Método de cálculo
Nombre	Símbolo	Unidad	
Tensión entre fases U_{CA}	U_{CA}	V	$U_{CA} = -(U_{AB} + U_{BC})$
Corriente I_2 (sistemas de medición de Aron)	I_2	A	$I_2 = -(I_1 + I_3)$
Potencia activa total	P_{tot}	W	$P_{tot} = \frac{1}{M} \left(\sum_{i=1}^M U_{iAC} I_{iA} + \sum_{i=1}^M U_{iBC} I_{iB} \right)$ <p>donde: U_{AC} es la siguiente muestra de la tensión U_{A-C} U_{BC} es la siguiente muestra de la tensión U_{B-C} I_{iA} es la siguiente muestra de la corriente I_A I_{iB} es la siguiente muestra de la corriente I_B $M = 16384$</p>
Potencia aparente total	S_e	VA	$S_e = 3U_e I_e$ <p>donde:</p> $U_e = \sqrt{\frac{U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{9}}$ $I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{3}}$
Potencia reactiva total (Budeanu e IEEE 1459)	Q_{Btot}	var	$Q = N = \text{sign} \sqrt{S_e^2 - P^2}$ <p>donde <i>sign</i> es igual a 1 o -1. El signo se determina por el ángulo de cambio de fase entre las componentes simétricas normalizadas de tensiones y corrientes compatibles.</p>
Potencia de distorsión total definida por Budeanu	D_{Btot}	var	$D_{Btot} = 0$
Potencia aparente eficaz de distorsión	S_{eN}	VA	$S_{eN} = \sqrt{S_e^2 + S_{e1}^2}$ <p>donde:</p> $S_{e1} = 3U_{e1} I_{e1}$ $U_{e1} = \sqrt{\frac{U_{AB1}^2 + U_{BC1}^2 + U_{CA1}^2}{9}}$ $I_{e1} = \sqrt{\frac{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2}{3}}$
Factor de potencia total	PF_{tot}	-	$PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_e}$
Energía activa (consumida y devuelta)	E_{Plot+} E_{Plot-}	Wh	relación como para la red de 2 fases
Energía aparente total	E_{Stot}	VAh	$E_{Stot} = \sum_{i=1}^m S_e(y) T(i)$ <p>donde: i es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 periodos $S_e(i)$ representa el valor de la potencia aparente total S_e calculada en i^a ventana de medición $T(i)$ representa el tiempo de duración de i^a ventana de medición en las horas</p>

6 Datos técnicos

- Las especificaciones técnicas pueden modificarse sin previo aviso. Las últimas ediciones de la documentación técnica están disponibles en el sitio web del fabricante.
- La incertidumbre básica es la incertidumbre del instrumento de medición en condiciones de referencia dadas en la Tab. 9.
- Las incertidumbres dadas conciernen al analizador sin transformadores.
- Tiempo de calentamiento necesario para alcanzar las incertidumbres declaradas: mín. 30 minutos.
- Abreviaturas:
 - v.m. – valor medido patrón,
 - U_{din} (en inglés *declared input voltage*) – valor obtenido dividiendo la tensión nominal U_{nom} por la relación de tensión.
 - I_{rin} (en inglés *rated input current*) – valor obtenido dividiendo la corriente nominal I_{nom} por la relación de corriente.
 - $I_{rin} = 5$ A para versión CT5A
 - $I_{rin} = 1$ A para versión CT1A
 - I_{max} – corriente continua máxima permitida. Para PQM-750 $I_{m\acute{a}x.} = 4 \times I_{rin}$.
 - I_{min} – la corriente más pequeña para la cual se especifica la precisión de la medición.
 - $I_{min} = 0,05$ A para versión CT5A
 - $I_{min} = 0,01$ A para versión CT1A
 - U_{nom} – valor nominal de tensión (incluidos transformadores),
 - I_{nom} – rango nominal de corriente (incluidos transformadores),
 - RMS – valor eficaz,
 - n – orden de armónico,
 - c.s. – cifras significativas – respecto a la resolución del resultado de medición es el registro del valor que indica el número de dígitos significativos, por ejemplo la resolución para el voltaje de 230 V y 4 c.s. es igual a 0,1 V (pone 230,0 V); la resolución para la corriente 5 A y 4 c.s. es 0 0,001 A (pone 5,000 A).
 - δ_{ph} – incertidumbre adicional resultante del error de medición de la fase entre armónicos de tensión y de corriente.

6.1 Entradas de tensión

Entradas de tensión	
Número de entradas	5 – U1, U2, U3, N, E (puesta a tierra), 4 trayectos de medición
Tensión máxima de entrada respecto a la tierra	1000 V _{RMS} , 40...70 Hz, 320...480 Hz o DC
Categoría de medición	CAT IV 300 V / CAT III 600 V / CAT II 1000 V (altitud hasta 2000 m s.n.m.) CAT III 300 V / CAT II 600 V (altitud desde 2000 m hasta 4000 m s.n.m.)
Tensión de cresta de entrada (sin recortes la señal)	±1500 V
Banda analógica de transmisión (pista principal; -3 dB)	170 kHz
Convertidor	definidos por el usuario
Impedancia de entradas de medición (al terminal de tierra)	6 MΩ 15 pF
CMRR	>70 dB (50 Hz)

6.2 Entradas de corriente

Entradas de corriente	
Número de entradas	5 (I1...I5)
Tipo de entradas	Aislados, diferenciales (transformador de corriente)
Categorías de medición	CAT IV 150 V / CAT III 300 V
Rango de corriente nominal I_{nom}	5 A _{RMS} (CT5A) 1 A _{RMS} (CT1A)
Corriente máxima de sobrecarga de entrada continua I_{limit}	20 A _{RMS}
Corriente máxima (sin recorte de señal)	±70 A (CT5A) ±17,5 A (CT1A)
Sobrecargas permitidas	continuas: 20 A _{RMS} < 10 s: 50 A _{RMS} < 1 s: 200 A _{RMS}
Banda analógica de transmisión (-3 dB)	170 kHz
Impedancia de entrada (terminales S1-S2)	≤ 4 mΩ
Convertidor	definidos por el usuario

6.3 Muestreo de la pista principal y reloj RTC

Muestreo y RTC	
Módulo A/C (pista principal)	24-bit , 9 canales
Velocidad de muestreo	81,92 kHz para 50 Hz, 60 Hz y 400 Hz Muestreo simultáneo en todos los canales
Muestras por período de red	1638,4 para 50 Hz; 1365,3 para 60 Hz; 204,8 para 400 Hz
Sincronización PLL	40...70 Hz (red de 50/60 Hz), 340...460 Hz (red de 400 Hz)
Canal de referencia para PLL	U1 (por defecto; posibilidad de cambiar a otros canales)
Reloj de tiempo real (RTC)	±3,5 ppm máx. (aprox. ±9 segundos/mes) en el rango de temperatura ambiente -20°C...+55°C

6.4 Módulo de transitorios (módulo interno opcional)

Módulo de detección de transitorios w	
Número de canales de entrada	4 (U1-E, U2-E, U3-E, N-E)
Tensión de cresta de entrada (sin cortar)	± 6000 V
Banda analógica de transmisión (-3 dB)	2,5 MHz
Transductor A/C	4 canales, 12 bits, muestreo simultáneo en todos los canales
Frecuencia de muestreo	10 MHz, 5 MHz, 1 MHz, 500 kHz, 100 kHz (seleccionable por el usuario)
Tiempo de registro de transcurso	de 2000 a 20000 muestras (de 200 μs a 200 ms, dependiendo de la configuración)
Tiempo de disparo (pretrigger)	del 10% al 90% del tiempo de registro
Método de detección	- amplitud de transitorio V_{p-p} (50 V ... 5000 V) - velocidad de subida (dV/dt; 100 V/500 μs a 100 V/5 μs) - umbral de tensión absoluta (de 1,5 U_{nom} a 5000 V o de U_{nom} a 5000 V, según el tipo de red)
Tiempo de inactividad tras la detección de transitorio	3 s

6.5 Parámetros medidos: precisión, resolución y rango

6.5.1 Condiciones de referencia

Tab. 9. Condiciones de referencia para pruebas según IEC 62586-1.

Condiciones de referencia	
Temperatura ambiente	23°C ±2°C
Humedad relativa	40...60%
Tensión de alimentación externa	en el rango nominal ±1%
Parpadeo de luz (Flicker)	$P_{ST} < 0,1$
Desequilibrio de tensión	100% ±0,5% U_{din} en todas las fases
Campo magnético externo continuo	≤ 40 A/m (continuo) ≤ 3 A/m (variable) para la frecuencia 50/60 Hz
Componente constante de tensión y corriente	cero
Formas de onda	sinusoidales
Frecuencia	50 Hz ±0,5 Hz o 60 Hz ±0,5 Hz o 400 Hz ±0,5 Hz
Armónicos	0% al 3% U_{din}
Interarmónicos	0% al 0,5% U_{din}

6.5.2 La incertidumbre de medición depende de la temperatura ambiente

La incertidumbre básica mencionada en las características técnicas está garantizada en la temperatura de referencia indicada en la Tab. 9. Fuera de este rango, la desviación máxima de medición causada por el cambio de temperatura no puede ser mayor que la incertidumbre fundamental multiplicada por el multiplicador adicional M que se muestra en la Fig. 37. La imagen muestra un gráfico del multiplicador M dependiendo de la temperatura ambiente en el rango de la temperatura nominal de funcionamiento. El multiplicador tiene el valor 1,0 en el rango de temperatura de 0°C...+45°C. Por encima de +45°C hasta +55°C el multiplicador aumenta linealmente hasta el valor de 2,0. En las temperaturas por debajo de 0°C (hasta -20°C) el multiplicador aumenta linealmente hasta el valor 1,8. Ejemplo: Incertidumbre básica de medición de tensión RMS es de ±0,1% U_{din} . La incertidumbre de una medición de referencia realizada en condiciones de referencia debe estar en el rango de ±0,1% U_{din} . Luego, cuando cambia la temperatura ambiente, la medición puede desviarse como máximo de:

- a -20°C puede variar en un máximo de ±0,18% U_{din} (multiplicador 1,8)
- a -10°C puede variar en un máximo de ±0,14% U_{din} (multiplicador 1,4)
- a 0°C puede variar en un máximo de ±0,1% U_{din} (multiplicador 1,0)
- a +45°C puede variar en un máximo de ±0,1% U_{din} (multiplicador 1,0)
- a +55°C puede variar en un máximo de ±0,2% U_{din} (multiplicador 2,0)

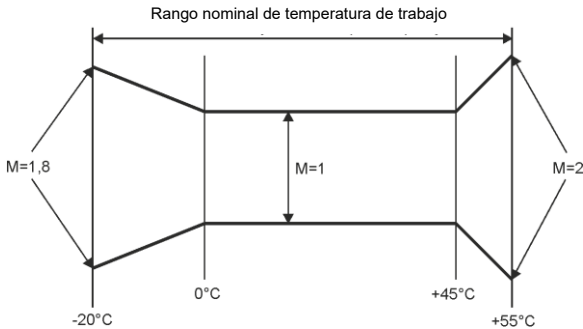


Fig. 37. El multiplicador de la desviación de medición dependiendo de la temperatura ambiente.

6.5.3 Tensión eficaz

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
U_{RMS} (AC+DC)	$10\% U_{din} \leq U_{RMS} \leq 150\% U_{din}$ para $64 V \leq U_{din} \leq 690 V$	4 c.s.	$\pm 0,1\% U_{din}$

6.5.4 Factor de pico de tensión

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
CF U	1...6,5 para $64 V \leq U_{din} \leq 230 V$ 1...1,65 para $64 V \leq U_{din} \leq 690 V$	0,01	$\pm 5\%$

6.5.5 Corriente eficaz

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
I_{RMS} (AC)	$I_{RMS} \leq 1\% I_{rin}$	4 c.s.	$\pm 0,01\% I_{rin}$
	$1\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq 5\% I_{rin}$		$\pm 0,4\%$
	$5\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq 400\% I_{rin}$		$\pm 0,2\%$

6.5.6 Factor de pico de corriente

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
CF I	1...10 para $1\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq 100\% I_{rin}$	0,01	$\pm 5\%$

6.5.7 Frecuencia

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
f_{10s} medición de 10 segundos f_{NOM} 50 / 60 Hz	40...70 Hz $10\% U_{din} \leq U_{RMS} \leq 150\% U_{din}$ $64 V \leq U_{din} \leq 690 V$	0,001 Hz	$\pm 0,01$ Hz
f_{10s} medición de 10 segundos f_{NOM} 400 Hz	340...460 Hz $10\% U_{din} \leq U_{RMS} \leq 150\% U_{din}$ $64 V \leq U_{din} \leq 690 V$	0,01 Hz	$\pm 0,1$ Hz

6.5.8 Armónicos de tensión, THD U

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
Amplitud U_{hRMS} Orden del armónico de secuencia 0...256 (f_{NOM} 50 / 60 Hz) 0...50 (f_{NOM} 400 Hz)	$U_{RMS} \leq 120\% U_{din}$ para $64 V \leq U_{din} \leq 690 V$	4 c.s.	$\pm 0,05\% U_{din}$ si v.m. < 1% U_{din} $\pm 5\%$ si v.m. $\geq 1\% U_{din}$ subgrupos armónicos según IEC 61000-4-7, clase I
THD-F U_{50} THD-R U_{50} (armónicos 1...50) THD-F U_{256} THD-R U_{256} (armónicos 1...256) (no disponible en modo 400 Hz)	0 %...20% $80\% U_{din} \leq U_{RMS} \leq 120\% U_{din}$ para $64 V \leq U_{din} \leq 690 V$	0,01%	$\pm 0,3\%$ (incertidumbre absoluta)

6.5.9 Armónicos de corriente, THD I, TDD, K-Factor, Factor K

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
Amplitud I_{hRMS} Orden del armónico de secuencia 0...256 (f_{NOM} 50 / 60 Hz) 0...50 (f_{NOM} 400 Hz)	$I_{RMS} \leq 120\% I_{rin}$	4 c.s.	$\pm 0,15\% I_{rin}$ si v.m. $< 3\% I_{rin}$ $\pm 5\%$ si v.m. $\geq 3\% I_{rin}$ subgrupos armónicos según IEC 61000-4-7, clase I
THD-F I_{50} THD-R I_{50} (armónicos 1...50)	0%...100% $10\% I_{rin} \leq I_{RMS} < I_{rin}$	0,01%	$\pm 0,3\%$ (incertidumbre absoluta)
THD-F I_{256} THD-R I_{256} (armónicos 1...256) (no disponible con f_{NOM} 400 Hz)	100%...200% $10\% I_{rin} \leq I_{RMS} < I_{rin}$	0,01%	$\pm 0,3\% \times THD/100$ (incertidumbre absoluta)
TDD armónicos 2...256 para f_{NOM} 50 / 60 Hz armónicos 2...50 para f_{NOM} 400 Hz	0%...100% $10\% I_{rin} \leq I_L < I_{rin}$	0,01%	$\pm 0,3\%$ (incertidumbre absoluta)
K-Factor (armónicos 1...50)	1...50 para $I_{RMS} \geq 1\% I_{rin}$	0,01	$\pm 10\%$
Factor K (armónicos 1...50)	1...50 para $I_{RMS} \geq 1\% I_{rin}$	0,01	$\pm 10\%$
Parámetros configurables e y q.			

6.5.10 Ángulos entre los armónicos de tensión y corriente

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Frecuencia nominal	Incertidumbre básica
φ_{HUI}	-180°...+180° $80\% U_{din} \leq U_{RMS} < 150\% U_{din}$ $10\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq I_{rin}$ $64 V \leq U_{din} \leq 690 V$ orden $n \leq 256$ para f_{NOM} 50 / 60 Hz orden $n \leq 50$ para f_{NOM} 400 Hz	0,1 °	50 Hz	$\leq 0,05^\circ$ para $n = 1$ $\leq 1^\circ$ para $2 \leq n \leq 60$ $\leq 4^\circ$ para $61 \leq n \leq 256$
			60 Hz	$\leq 0,05^\circ$ para $n = 1$ $\leq 1^\circ$ para $2 \leq n \leq 50$ $\leq 4^\circ$ para $51 \leq n \leq 256$
			400 Hz	$\leq 0,1^\circ$ para $n = 1$ $\leq 1^\circ$ para $n \leq 7$ $\leq 8^\circ$ para $8 \leq n \leq 50$

6.5.11 Interarmónicos de tensión, TID U

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
Amplitud U_{iRMS} Orden del interarmónico 0...256 (f_{NOM} 50 / 60 Hz) 0...50 (f_{NOM} 400 Hz) El interarmónico de orden cero también contiene una banda de 5 Hz	$U_{RMS} \leq 120\% U_{din}$ para $64 V \leq U_{din} \leq 690 V$	4 c.s.	$\pm 0,05\% U_{din}$ si v.m. $< 1\% U_{din}$ $\pm 5\%$ si v.m. $\geq 1\% U_{din}$ subgrupos interarmónicos según IEC 61000-4-7, clase I
TID-F U_{50} TID-R U_{50} (interarmónicos 0...50)	0%...20%	0,01%	$\pm 0,3\%$ (incertidumbre absoluta)
TID-F U_{256} TID-R U_{256} (interarmónicos 0...256) (no disponible con f_{NOM} 400 Hz)	$80\% U_{din} \leq U_{RMS} \leq 120\% U_{din}$ para $64 V \leq U_{din} \leq 690 V$		

6.5.12 Interarmónicos de corriente, TID I

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
Amplitud I_{hRMS} Orden del interarmónico 0...256 (f_{NOM} 50 / 60 Hz) 0...50 (f_{NOM} 400 Hz) El interarmónico de orden cero también contiene una banda de 5 Hz	$I_{RMS} \leq 120\% I_{rin}$	4 c.s.	$\pm 0,15\% I_{rin}$ si v.m. $< 3\% I_{rin}$ $\pm 5\%$ si v.m. $\geq 3\% I_{rin}$ subgrupos interarmónicos según IEC 61000-4-7, clase I
TID-F I_{50} TID-R I_{50} (interarmónicos 0...50) TID-F I_{256} TID-R I_{256} (interarmónicos 0...256) (no disponible con f_{NOM} 400 Hz)	0%...20% $10\% I_{rin} \leq I_{RMS} < I_{rin}$	0,01%	$\pm 0,3\%$ (incertidumbre absoluta)

6.5.13 Potencia y energía activa (modo 50 Hz y 60 Hz)

Parámetro	Condiciones (64 V $\leq U_{din} \leq$ 690 V)	Power Factor / cos φ	Incertidumbre básica
Potencia activa P Energía activa E_P	$I_{min} \leq I_{RMS} < 5\% I_{rin}$	1	$\pm 0,4\%$
	$5\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq I_{max}$	1	$\pm 0,2\%$
IEC 62053-22 clase 0,2S	$2\% I_{rin} \leq I_{RMS} < 10\% I_{rin}$	0,5 inductivo 0,8 capacitivo	$\pm 0,5\%$
	$10\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq I_{max}$	0,5 inductivo 0,8 capacitivo	$\pm 0,3\%$
	$10\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq I_{max}$	0,25 inductivo 0,5 capacitivo	$\pm 0,5\%$

6.5.14 Potencia y energía activa (modo 400 Hz)

Parámetro	Condiciones (64 V $\leq U_{din} \leq$ 690 V)	Power Factor / cos φ	Incertidumbre básica
Potencia activa P Energía activa E_P	$I_{min} \leq I_{RMS} < 5\% I_{rin}$	1	$\pm 1,0\%$
	$5\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq I_{max}$	1	$\pm 0,5\%$
	$2\% I_{rin} \leq I_{RMS} < 10\% I_{rin}$	0,5 inductivo 0,8 capacitivo	$\pm 1,0\%$
	$10\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq I_{max}$	0,5 inductivo 0,8 capacitivo	$\pm 0,6\%$
	$10\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq I_{max}$	0,25 inductivo 0,5 capacitivo	$\pm 1,0\%$

6.5.15 Potencia y energía reactiva (modo 50 Hz y 60 Hz)

Parámetro	Condiciones (64 V $\leq U_{din} \leq$ 690 V)	sin φ (inductivo o capacitivo)	Incertidumbre básica
Potencia reactiva Q1/QB Energía reactiva E_Q	$I_{min} \leq I_{RMS} < 5\% I_{rin}$	1	$\pm 1,0\%$
	$5\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq I_{max}$	1	$\pm 0,5\%$
IEC 62053-24 clase 0,5S	$5\% I_{rin} \leq I_{RMS} < 10\% I_{rin}$	0,5	$\pm 1,0\%$
	$10\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq I_{max}$	0,5	$\pm 0,5\%$
	$10\% I_{rin} \leq I_{RMS} \leq I_{max}$	0,25	$\pm 1,0\%$

6.5.16 Potencia y energía reactiva (modo 400 Hz)

Parámetro	Condiciones (64 V ≤ U _{din} ≤ 690 V)	sin φ (inductivo o capacitivo)	Incertidumbre básica
Potencia reactiva Q1/QB Energía reactiva E _Q	I _{rin} ≤ I _{RMS} < 5% I _{rin}	1	±1,5 %
	5% I _{rin} ≤ I _{RMS} ≤ I _{max}	1	±1,0 %
	5% I _{rin} ≤ I _{RMS} < 10% I _{rin}	0,5	±1,5 %
	10% I _{rin} ≤ I _{RMS} ≤ I _{max}	0,5	±1,0 %
	10% I _{rin} ≤ I _{RMS} ≤ I _{max}	0,25	±2,0 %

6.5.17 Potencia y energía aparente

Parámetro	Condiciones (64 V ≤ U _{din} ≤ 690 V)	Incertidumbre básica
Potencia aparente S	2% I _{rin} ≤ I _{RMS} < 5% I _{rin}	±0,4 %
Energía aparente E _s	5% I _{rin} ≤ I _{RMS} ≤ I _{max}	±0,2 %

6.5.18 Factor de desplazamiento de fase (cosφ/DPF) y factor de potencia (PF)

Parámetro	Condiciones	Incertidumbre básica
cosφ / DPF PF clase de precisión: 0,5 (para f _{NOM} 50 / 60 Hz) 1,0 (para f _{NOM} 400 Hz)	64 V ≤ U _{din} ≤ 690 V 50% U _{din} ≤ U _{RMS} < 150% U _{din} 10% I _{rin} ≤ I _{RMS} ≤ I _{max} cosφ ≥ 0,5 PF ≥ 0,5	±0,05 (para f _{NOM} 50 / 60 Hz) ±0,1 (para f _{NOM} 400 Hz)

6.5.19 Potencias activas y reactivas de armónicos

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica ⁽¹⁾
Potencias activas y reactivas de armónicos	80% U _{din} ≤ U _{RMS} < 150% U _{din} 5% I _{rin} ≤ I _{RMS} ≤ I _{rin} 64 V ≤ U _{din} ≤ 690 V	4 c.s.	$\pm \sqrt{\delta_{P1}^2 + \delta_{ph}^2}$ % para potencias activas de armónicos $\pm \sqrt{\delta_{Q1}^2 + \delta_{ph}^2}$ % para potencias reactivas de armónicos donde: δ _{P1} – incertidumbre básica de la medición de potencia activa (formas de onda sinusoidales), δ _{Q1} – incertidumbre básica de la medición de potencia reactiva (formas de onda sinusoidales), δ _{ph} – incertidumbre resultante del ángulo de cambio entre los armónicos de tensión y corriente

(1) Ver sección 6.5.20 Estimación de incertidumbre de medición de potencia y energía.

6.5.20 Estimación de incertidumbre de medición de potencia y energía

Incertidumbre total de medición de potencia y de energía activa y reactiva (componente fundamental) y la potencia de armónicos se basa en general en la siguiente relación (para la energía se omite la incertidumbre adicional de la medición resultante de tiempo por ser mucho menor que otras incertidumbres):

$$\delta_{P,Q} \cong \sqrt{\delta_{Uh}^2 + \delta_{Ih}^2 + \delta_{ph}^2}$$

donde: $\delta_{P,Q}$ – incertidumbre de medición de potencia activa o reactiva,
 δ_{Uh} – incertidumbre sumaria de medición de amplitud armónica de tensión (analizador, transformadores, pinzas),
 δ_{Ih} – incertidumbre sumaria de medición de amplitud armónica de corriente (analizador, transformadores, pinzas),
 δ_{ph} – incertidumbre adicional resultante de error de medición de la fase entre armónicos de tensión y corriente.

La incertidumbre δ_{ph} puede ser determinada, si se conoce el ángulo de desplazamiento de fase para el rango de frecuencia que nos interesa. En la Tab. 10 se presenta error de diferencia de fases entre armónicos de tensión y de corriente para los analizadores (sin pinzas y transformadores).

Tab. 10. Error de fase del analizador PQM-750 dependiendo de la frecuencia.

Rango de frecuencia [kHz]	f<0,1	0,1 ≤ f < 0,5	0,5 ≤ f < 3	3 ≤ f < 16	16 ≤ f ≤ 20
Error [°]	≤0,05	≤0,1	≤1	≤4	≤8

El error de fase introducido por transformadores y pinzas utilizados en general se puede encontrar en su documentación técnica. En tal caso es necesario estimar el error resultante de fase entre tensión y corriente para la frecuencia que nos interesa e introducido por todos los elementos de medición como: transformadores de tensión y corriente, pinzas y analizador.

La incertidumbre de medición resultante de error de fase para la potencia activa de armónicos se puede determinar a base de la relación:

$$\delta_{ph} = 100 \left(1 - \frac{\cos(\varphi + \Delta\varphi)}{\cos\varphi} \right) [\%], \cos\varphi \neq 0$$

En cambio, la incertidumbre de medición de potencia reactiva de armónicos se puede determinar a base de la relación:

$$\delta_{ph} = 100 \left(1 - \frac{\sin(\varphi - \Delta\varphi)}{\sin\varphi} \right) [\%], \sin\varphi \neq 0$$

En ambas fórmulas φ significa el ángulo real de desplazamiento entre armónicos de corriente y tensión, y $\Delta\varphi$ el error sumario de fase para la frecuencia dada. De las relaciones presentadas se puede deducir que la incertidumbre de medición de potencia, para el mismo error de fase, depende evidentemente del factor de desplazamiento de fase entre corriente y tensión. Esto se presenta en la Fig. 38.

Ejemplo | Cálculo de incertidumbre de medición de potencia activa del armónico 15.
Condiciones: $\varphi = 60^\circ$ ($\cos\varphi=0,5$), $U_{RMS} \equiv U_{din}$, $I_{RMS} = 5\% I_{in}$.

Incertidumbre básica es $\pm \sqrt{0,5^2 + \delta_{ph}^2} \%$.

Para una frecuencia de 750 Hz (armónico 15 a $f_{nom} = 50$ Hz) el error de fase del analizador no es superior a $1,0^\circ$. Después de sustituir a la relación:

$$\delta_{ph} = 100 \left(1 - \frac{\cos(\varphi + \Delta\varphi)}{\cos\varphi} \right) = 100 \left(1 - \frac{\cos(61^\circ)}{\cos(60^\circ)} \right) = 3,04\%$$

por lo tanto, la incertidumbre de la medición es:

$$\delta = \pm \sqrt{0,5^2 + 3,04^2} = \pm 3,08\%$$

Estos cálculos no tienen en cuenta los errores adicionales introducidos por las pinzas los transformadores externos.

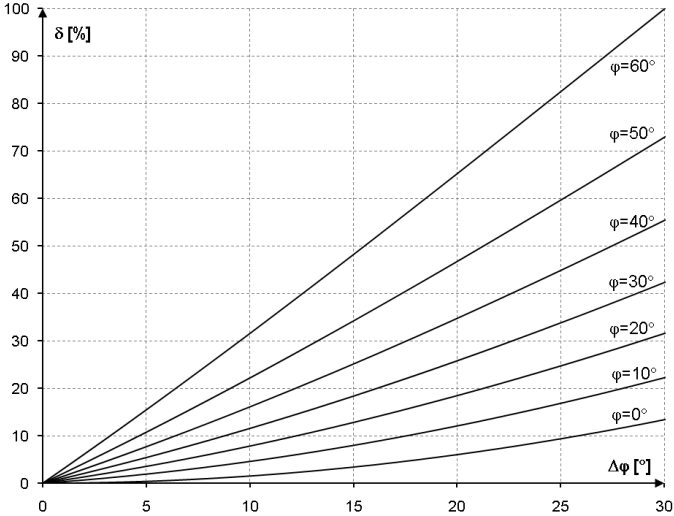


Fig. 38. La incertidumbre adicional resultante del error de fase, dependiendo del ángulo de desplazamiento de fase.

6.5.21 Parpadeo de luz (Flicker)

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
P _{ST} (10 min.) P _{LT} (2 h) Clase F1 según IEC 61000-4-15 (no disponible con f _{NOM} 400 Hz)	0,2...10 80% U _{din} ≤ U _{RMS} < 150% U _{din} 64 V ≤ U _{din} ≤ 690 V	0,01	±5% dentro de límites de valores presentados en la tabla según la norma IEC 61000-4-15

6.5.22 Asimetría

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
Factor de asimetría del componente de secuencia negativa u ₂ Factor de asimetría del componente de secuencia positiva u ₀	0,0%...20,0% para 80% U _{din} ≤ U _{RMS} < 150% U _{din} 64 V ≤ U _{din} ≤ 690 V	0,1%	±0,15% (incertidumbre absoluta)

6.5.23 Señales de control

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
Amplitud de la señal de control U_{R1}, U_{R2}	$5 \text{ Hz} \leq f_R \leq 30000 \text{ Hz}$	4 c.s.	$\pm 0,15\% U_{din}$ si $1\% U_{din} \leq U_R < 3\% U_{din}$ $\pm 5\%$ si $3\% U_{din} \leq U_R \leq 15\% U_{din}$

6.5.24 Transitorios

Parámetro	Rango y condiciones	Resolución	Incertidumbre básica
Transitorios de tensión	$\pm 6000 \text{ V}$	4 c.s.	$\pm (5\% + 25 \text{ V})$

6.5.25 Emisiones en la banda de 2-9 kHz

Parámetro	Rango y condiciones	Incertidumbre básica
Amplitud U_{xkHz} $x=2100$ de 8900 cada 200 35 bandas	Una sola banda con una frecuencia en el rango de 2 a 9 kHz, un múltiplo de 200 Hz $64 \text{ V} \leq U_{din} \leq 690 \text{ V}$	$\pm 0,1\% U_{din}$ si v.m. $< 2\% U_{din}$ $\pm 5\%$ si v.m. $\geq 2\% U_{din}$

6.5.26 Emisiones en la banda de 8-150 kHz

Parámetro	Rango y condiciones	Incertidumbre básica
Amplitud U_{xkHz} $x=8$ de 150 cada 2 72 bandas	Una sola banda con una frecuencia en el rango de 8-150 kHz, un múltiplo de 2 kHz Máx. 100 V_{rms} $64 \text{ V} \leq U_{din} \leq 690 \text{ V}$	$\pm (5\% \text{ v.m.} + 0,1 \text{ V})$

6.6 Detección de eventos

6.6.1 Huecos, subidas, interrupciones

Parámetro	Rango	Resolución	Incertidumbre básica
Tensión de subida Tensión residual	$0,0\% \dots 150,0\% U_{din}$	4 c.s.	$\pm 0,2\% U_{din}$
Duración del evento	hh:mm:ss.ms	Semiperíodo ($f_{NOM} 50 / 60 \text{ Hz}$) 10 ms ($f_{NOM} 400 \text{ Hz}$)	Un período ($f_{NOM} 50 / 60 \text{ Hz}$) 20 ms ($f_{NOM} 400 \text{ Hz}$)
Umbral de detección	Ajustados por el usuario en porcentaje U_{din} o valores absolutos. Para $f_{NOM} 50 / 60 \text{ Hz}$ detección de eventos se basa en la medición $U_{RMS(1/2)}$ (valor eficaz de 1 período actualizado cada $\frac{1}{2}$ período).		

6.6.2 Cambios rápidos de tensión (RVC)

Parámetro	Rango	Resolución	Incertidumbre básica
ΔU_{ss} ΔU_{MAX}	$0,0\% \dots 150,0\% U_{din}$	4 c.s.	$\pm 0,2\% U_{din}$
Duración del evento	hh:mm:ss.ms	Semiperíodo ($f_{NOM} 50 / 60 \text{ Hz}$) 10 ms ($f_{NOM} 400 \text{ Hz}$)	Un período ($f_{NOM} 50 / 60 \text{ Hz}$) 20 ms ($f_{NOM} 400 \text{ Hz}$)
Umbral de detección	Establecido por el usuario en porcentaje U_{din} . Para $f_{NOM} 50 / 60 \text{ Hz}$ detección de eventos se basa en la medición $U_{RMS(1/2)}$ (valor eficaz de 1 período actualizado cada $\frac{1}{2}$ período).		

6.6.3 Corriente efectiva (mín., máx.)

Parámetro	Rango	Resolución	Incertidumbre básica
$I_{MIN.}$ $I_{MAX.}$	0,0%...100,0% $I_{máx.}$	4 c.s.	$\pm 0,2\%$ I_{rin}
Duración del evento	hh:mm:ss.ms	Semiperíodo (f_{NOM} 50 / 60 Hz) 10 ms (f_{NOM} 400 Hz)	Un período (f_{NOM} 50 / 60 Hz) 20 ms (f_{NOM} 400 Hz)
Umbral de detección	Ajustados por el usuario en porcentaje I_{NOM} o valores absolutos. Para f_{NOM} 50 / 60 Hz detección de eventos se basa en la medición $I_{RMS(1/2)}$ (valor eficaz de 1 período actualizado cada $\frac{1}{2}$ período).		

6.6.4 Otros eventos

Parámetro	Rango	Método de detección
Frecuencia	40...70 Hz (f_{NOM} 50 / 60 Hz) 320...480 Hz (f_{NOM} 400 Hz) (porcentual o absoluta)	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Factor de pico de tensión	1,0...10,0	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Factor de pico de corriente	1,0...10,0	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Factor de desequilibrio de componente de secuencia negativa de tensión	0,0...20,0%	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Factor de desequilibrio de componente de secuencia negativa de corriente	0,0...20,0%	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Flicker de corta duración P_{ST}	0...20	Basándose en el valor de 10 minutos
Flicker de larga duración P_{LT}	0...20	Basándose en el valor de 2 horas
Potencia activa P	Dependiendo de la configuración	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Potencia reactiva Q	Dependiendo de la configuración	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Potencia aparente S	Dependiendo de la configuración	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Potencia de distorsión D/Potencia aparente de distorsión S_N	Dependiendo de la configuración	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Factor de potencia PF	-1...1	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Factor de desplazamiento de fase $\cos\phi$ /DPF	-1...1	Basándose en el valor de 10/12 períodos
$\tan\phi$ 4 cuadrantes	-10...10	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Energía activa E_P	Dependiendo de la configuración	Si excede, se comprueba cada 10/12 períodos
Energía reactiva E_Q 4 cuadrantes	Dependiendo de la configuración	Si excede, se comprueba cada 10/12 períodos
Energía aparente E_S	Dependiendo de la configuración	Si excede, se comprueba cada 10/12 períodos
Factor de contenidos armónicos THD-F de tensión	0...100%	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Factor de contenidos armónicos THD-F de corriente	0...200%	Basándose en el valor de 10/12 períodos
Amplitudes de armónicos de tensión	0...100% o en absoluto	Basándose en el valor de 10/12 períodos; Umbral independiente para armónicos seleccionados
Amplitudes de armónicos de corriente	0...200% o en absoluto	Basándose en el valor de 10/12 períodos; Umbral independiente para armónicos seleccionados

Factor de contenidos interarmónicos TID-F de tensión	0...100%	Basándose en el valor de 10/12 periodos
Factor de contenidos interarmónicos TID-F de corriente	0...100%	Basándose en el valor de 10/12 periodos
Amplitudes de interarmónicos de tensión	0...100% o en absoluto	Basándose en el valor de 10/12 periodos; Umbrales independientes para interarmónicos seleccionados
Amplitudes de interarmónicos de la corriente	0...100% o en absoluto	Basándose en el valor de 10/12 periodos; Umbrales independientes para interarmónicos seleccionados
Factor K (K-Factor)	1...50	Basándose en el valor de 10/12 periodos
Señales de control	0...U _{nom}	Basándose en el valor de 10/12 periodos
Transitorios de tensión (opción TR)	50...5000 V o dV/dt	Módulo independiente de detección de transitorios, Método de amplitud o velocidad de subida
Cambios en la forma de la envolvente (sólo tensión)	1,0...100% U _{nom}	Modo 50 Hz y 60 Hz: comparación de dos periodos adyacentes de la forma de onda de tensión. Modo 400 Hz: comparación de dos bloques adyacentes de 8 periodos en la curva de tensión. Ver también la sección 4.9.1.
Salto de la fase (solo la tensión)	1...359° (grados de ángulo)	Modo 50 Hz y 60 Hz: comparación de dos o tres ángulos de la componente fundamental calculados a partir de los periodos siguientes de la forma de onda de tensión. Modo 400 Hz: comparación de dos o tres ángulos medios del componente fundamental calculados a partir de bloques sucesivos de 8 periodos de la curva de tensión.

6.6.5 Histéresis de detección de eventos

Parámetro	Rango	Método de cálculo
Histéresis del evento	0..10%	Para cada uno de los parámetros se calcula como porcentaje del umbral máx. (excepciones – ver la sección 4.9)

6.7 Registro

Registrador	
Tiempo del cálculo de la media ⁽¹⁾	200 ms, 1 s, 3 s, 5 s, 10 s, 15 s, 30 s, 1 min, 3 min, 5 min, 10 min, 15 min, 30 min
Captura de formas de onda	Posibilidad de registro de 3 períodos de formas de onda de canales activos después de cada período de cálculo de la media
Tiempo de registro	Dependiendo de la configuración
Memoria de datos	8 GB de memoria interna, 8 GB de tarjeta microSD extraíble (estándar), ampliable hasta 32 GB (opcional)
Modelo de almacenamiento de memoria	Lineal, circular

(1) Los tiempos de cálculo de la media menores a 10 s, de hecho, son iguales al múltiplo del período de red:

200 ms – 10/12 períodos, 1 s – 50/60 períodos, 3 s – 150/180 períodos, 5 s – 250/300 períodos. Para f_{NOM} 400 Hz los números de períodos dados son: 80, 400, 1200, 2000, respectivamente.

Parámetros registrados (juego de datos del usuario)	Valor medio	Valor mínimo	Valor máximo	Valor instantáneo
Tensión eficaz de fase/entre fases (dependiendo del tipo de sistema) U_{RMS}	✓	✓	✓	
Tensión eficaz entre fases U_{RMS}	✓	✓	✓	
Componente constante de tensión U_{DC}	✓	✓	✓	
Corriente eficaz I_{RMS}	✓	✓	✓	
Frecuencia f	✓	✓	✓	
Factor de pico de tensión CF U	✓	✓	✓	
Factor de pico de corriente CF I	✓	✓	✓	
Factores de desequilibrio de secuencia positiva y negativa, componentes equilibradas de secuencia: positiva, negativa, cero (tensión) U_0, U_1, U_2, u_0, u_2	✓	✓	✓	
Factores de desequilibrio de secuencia positiva y negativa, componentes equilibradas de secuencia: positiva, negativa, cero (corriente) I_0, I_1, I_2, i_0, i_2	✓	✓	✓	
Indicadores de parpadeo de luz P_{ST} y P_{LT} (no disponible con $f_{NOM} = 400$ Hz)	✓	✓	✓	
Potencia activa (consumida y devuelta) P_+, P_-	✓	✓	✓	
Potencia reactiva (4 cuadrantes) Q_1/Q_5	✓	✓	✓	
Potencia aparente S	✓	✓	✓	
Potencia de distorsión D/ Potencia aparente de distorsión S_N	✓	✓	✓	
Factor de potencia PF	✓	✓	✓	
Factor de desplazamiento de fase $\cos\phi$ /DPF	✓	✓	✓	
Coefficiente $\tan\phi$ (4 cuadrantes) $\tan\phi$	✓	✓	✓	
Energía activa (consumida y devuelta) E_{P+}, E_{P-}				✓
Energía reactiva (4 cuadrantes) E_Q				✓
Energía aparente E_S				✓
Factor de distorsiones armónicas de tensión THD-F U, THD-R U	✓	✓	✓	
Factor de distorsiones armónicas de corriente THD-F I, THD-R I	✓	✓	✓	
Factor de distorsión de la corriente TDD	✓	✓	✓	
Amplitudes de armónicos de tensión $U_{h0} \dots U_{hmax}^{(1)}$	✓	✓	✓	
Amplitudes de armónicos de corriente $I_{h0} \dots I_{hmax}^{(1)}$	✓	✓	✓	
Factor de distorsiones interarmónicas de tensión TID-F U, TID-R U	✓	✓	✓	
Factor de distorsiones interarmónicas de corriente TID-F I, TID-R I	✓	✓	✓	
Amplitudes de interarmónicos de tensión $U_{ih0} \dots U_{ihmax}^{(1)}$	✓	✓	✓	
Amplitudes de interarmónicos de corriente $I_{ih0} \dots I_{ihmax}^{(1)}$	✓	✓	✓	
Factor K (K-Factor)	✓	✓	✓	
Factor K	✓	✓	✓	

Potencias activas de armónicos $P_{h1} \dots P_{hmax}^{(1)}$	✓	✓	✓	
Potencias reactivas de armónicos $Q_{h1} \dots Q_{hmax}^{(1)}$	✓	✓	✓	
Ángulos entre los armónicos de tensión y corriente $\phi_{h1} \dots \phi_{hmax}^{(1)}$	✓	✓	✓	
Señales de control U_{R1}, U_{R2}	✓	✓	✓	
Emisiones en la banda de 2-9 kHz (35 bandas)	✓	✓	✓	
Emisiones en la banda de 8-150 kHz (72 bandas)	✓	✓	✓	

(1) Los órdenes máximos $U_{hmax}, I_{hmax}, U_{ihmax}, I_{ihmax}, P_{hmax}, Q_{hmax}, \phi_{hmax}$ el usuario puede configurar de forma independiente en el rango

- de 1 a 256 para $f_{NOM}=50 / 60$ Hz,
- de 1 a 50 para $f_{NOM}=400$ Hz.

6.8 Alimentación

Alimentación		
Rango de tensión nominal de alimentación Opción "AC"	85...264 V AC, 40...70 Hz 120...300 V DC	
Rango de tensión de alimentación admisible (en configuraciones sin módulo GSM e I/O externo) Opción "AC"	60...264 V AC, 40...70 Hz 90...300 V DC	
Rango de tensión nominal de alimentación) Opción "DC"	18...60 V DC Protegido contra inversión de polaridad	
Categoría de sobretensión del alimentador (opción "AC")	CAT III 300 V	
Tensión de aislamiento del alimentador (opción "AC", opción "DC")	1000 V _{RMS}	
Consumo máximo de energía	10 W (sin módulos adicionales externos)	
Consumo típico de energía	Módulo principal sin módulos adicionales (internos y externos), opción "AC", tensión de alimentación 230 V 50 Hz, sin carga de batería, LCD apagado	6,8 W
	Módulo principal sin módulos adicionales (internos y externos), opción "AC", tensión de alimentación 230 V 50 Hz, sin carga de batería, brillo LCD 50%	7,0 W
	Módulo principal sin módulos adicionales (internos y externos), opción "AC", tensión de alimentación 230 V 50 Hz, carga de batería, brillo LCD 50%	8,8 W
	Módulo principal sin módulos, módulo de transitorios instalado, opción "AC", tensión de alimentación 230 V 50 Hz, sin carga de batería, brillo LCD 50%	7,8 W

6.9 Batería

Batería	
Tipo	Li-Ion 3,67 V, 5,5 Ah
Tiempo de funcionamiento con alimentación de batería	ca. 1 h
Tiempo de carga de batería (completamente descargada)	< 12 h
Rango de temperatura admisible de la carga	0°C ...+60°C
Consumo de corriente de la batería cuando el medidor está apagado (fuente de alimentación externa desconectada)	< 1 mA
Norma de transporte	Certificado según UN 38.8

6.10 Redes compatibles

Tipos de redes compatibles (directa e indirectamente)	
monofásica	Monofásica con cable neutro (terminales de tensión: U1, N, E) $I_1, I_4/I_N, I_5/I_E$
bifásica	Monofásica con cable neutro (terminales de tensión: U1, U2, N, E) $I_1, I_2, I_4/I_N, I_5/I_E$
trifásica de cuatro hilos	Trifásica de 4 hilos con cable neutro (terminales de tensión: U1, U2, U3, N, E) $I_1, I_2, I_3, I_4/I_N, I_5/I_E$
trifásica de tres hilos	Trifásica de 3 hilos con cable neutro (terminales de tensión: U1, U2, U3, E) I_1, I_2, I_3
trifásica de tres hilos (Aron)	Trifásica de 3 hilos con cable neutro (terminales de tensión: U1, U2, U3, E) I_1, I_2, I_3 (I_2 se calcula analíticamente)

6.11 Protocolos de comunicación

Protocolos de comunicación	
HTTPS	Puerto TCP 443, sitio web integrado para configuración y visualización
MODBUS RTU n.º 1 (puerto RS-485-1, escritura y lectura)	Aislado galvánicamente (1000 V _{RMS}) Velocidad máxima de transmisión: 921,6 kbit/s Velocidades de transmisión: 57600, 115200 (por defecto), 128000, 230400, 256000, 460800, 921600 Configuración predeterminada: 8 bits de datos, 1 bit de parada, paridad uniforme
MODBUS RTU n.º 2 (puerto RS-485-2, solo lectura) (puerto compartido con IRIG-B)	Aislado galvánicamente (1000 V _{RMS}) Velocidad máxima de transmisión 921,6 kbit/s Velocidades de transmisión: 57600, 115200 (por defecto), 128000, 230400, 256000, 460800, 921600 Configuración predeterminada: 8 bits de datos, 1 bit de parada, paridad uniforme
MODBUS TCP/IP	Puerto TCP 502 (predeterminado), máx. 5 clientes
IEC 61850	Puerto TCP 102
Sonelframe	Puerto TCP 4005, protocolo Sonel para operar el medidor

6.12 Ethernet

Ethernet	
Conector	2x RJ45 10/100 Base-T según IEEE 802.3 LED verde: <ul style="list-style-type: none"> Intermitente: transmisión de paquetes Luz continua: conexión (enlace) Apagado: sin conexión LED amarillo: <ul style="list-style-type: none"> Luz continua: conexión 10 Base-T Sin luz: conexión 100 Base-T
Tensión de aislamiento	1000 V rms
Velocidad de transmisión	10 / 100 Mbit/s
Tipo de cable	CAT 5/6 STP/FTP (blindado)
Longitud máxima del cable 10/100 Base-T	100 m
PoE PD	Puerto LAN1, compatible con IEEE 802.3 at (25,5 W) e IEEE 802.3 af (15,4 W)

6.13 Puertos RS-485

Puertos RS-485	
Número de interfaces	2 (RS-485-1, RS-485-2)
Tipo de aislamiento	Aislador digital (separado para ambas interfaces)
Tensión de aislamiento	1000 V rms
Velocidad máxima de transmisión	921,6 kbit/s
Número máx. de receptores	256
Longitud máxima del cable	1200 m (do 100 m @ 921,6 kbit/s)
Resistencias terminales	Posibilidad de encender ambas interfaces – "ON" (arriba) significa una resistencia conectada (120 Ω entre A y B)
Funciones disponibles	RS-485-1: MODBUS RTU n.º 1 RS-485-2: entrada IRIG-B / MODBUS RTU n.º 2
Función predeterminada	RS-485-1: MODBUS RTU n.º 1 RS-485-2: entrada IRIG-B

6.14 Salidas digitales

Salidas digitales	
Número de salidas	2
Tipo de salidas	Relé mecánico
Configuración de contactos	SPDT (conmutable, 3 terminales)
Tensión nominal	250 V AC
Corriente nominal	6 A
Carga nominal AC1	1500 VA
Carga nominal AC15	300 VA
Capacidad de desconexión DC1: 30/110/220 V	6 A / 0,2 A / 0,12 A
Tensión de aislamiento	1000 V rms

6.15 Entradas digitales

Entradas digitales	
Número de entradas	2
Rango de tensión	0...250 V AC rms o DC
Polarización de tensión	Cualquier
Nivel H (alto)	20...250 V AC rms o DC
Nivel L (bajo)	0...10 V AC rms o DC
Tipo de aislamiento	Transoptor
Tensión de aislamiento	1000 V rms
Impedancia de entrada	200 k Ω
Frecuencia de la señal	DC ... 70 Hz

6.16 Salida digital "watchdog"

Salida "watchdog"		
Modo de trabajo	El relé está encendido (contactos cerrados) cuando el analizador está encendido	
Tipo de salida	Relé mecánico	
Configuración de contactos	SPST-NO	
Tensión nominal	250 V AC	
Corriente nominal	5 A	
Carga nominal	Carga resistiva:	Carga inductiva ($\cos\varphi = 0,4$):
	5 A a 250 V AC 5 A a 30 V DC	2 A a 250 V AC 2 A a 30 V DC
Tensión de aislamiento	1000 V rms	

6.17 Entrada de sensores de temperatura 1-wire

Entrada de sensores de temperatura 1-wire	
Modo de trabajo	Red aislada de 1-wire con alimentación parásita
Número máx. de sensores	4
Longitud máx. del bus	100 m
Sensores compatibles	DS18B20, DS18B20-PAR
Tipo de aislamiento	Aislador digital
Tensión de aislamiento	1000 V rms

6.18 Batería tipo botón

Batería tipo botón	
Tipo de batería	Lithium 3 V CR1025
Tiempo de vida	5 años

6.19 Condiciones ambientales y otros datos técnicos

Condiciones ambientales y otros datos técnicos	
Rango de temperatura de trabajo	-20°C...+55°C
Rango de temperatura de almacenamiento	-30°C...+60°C
Humedad	10...90%
Estanqueidad (según IEC 60529)	IP30, para uso en interiores
Resistencia a la radiación solar	No utilizar en la exposición directa al sol, se deben usar protectores solares
Condiciones de referencia	Ver en el sección 6.5.1
Altura de trabajo	hasta 2000 m s.n.m. (hasta 4000 m s.n.m. con categoría de medición rebajada, ver en el sección 6.1)
Dimensiones	157 x 87 x 59 mm
Peso	0,55 kg
Pantalla	De colores LCD TFT, 320 x 240 píxeles, diagonal 2,4", panel táctil resistivo
Memoria de datos	8 GB de memoria interna, 8 GB de tarjeta microSD extraíble (estándar), ampliable hasta 32 GB (opcional)

6.20 Seguridad

Seguridad	
Seguridad conforme a	IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 (Ed. 3.0) IEC 61010-2-030:2017 (Ed. 2.0)
Categoría de medición	CAT IV 300 V / CAT III 600 V / CAT II 1000 V (entradas de tensión, ver en el sección 6.1) CAT IV 150 V / CAT III 300 V (entradas de corriente) Clase de contaminación 2
Categoría de sobretensión (alimentador interno AC/DC, opción "AC")	III 300 V Clase de contaminación 2
Aislamiento	simple + terminal de tierra de protección (Clase de protección I)

6.21 Compatibilidad electromagnética (EMC)

Compatibilidad electromagnética (EMC)	
Conformidad con	IEC 61000-6-5:2015 EN 55032 (CISPR 32)
Resistencia a descargas electrostáticas	IEC 61000-4-2 Descarga en aire: 8 kV Descarga al contacto: 6 kV
Resistencia a alteraciones con frecuencias de radio	IEC 61000-4-3 Modulación sinusoidal 80% AM, 1 kHz 80...1000 MHz, 10 V/m 1,4...2,0 GHz, 3 V/m 2,0...2,7 GHz, 1 V/m
Resistencia a series de estados rápidos transitorios	IEC 61000-4-4 Amplitud 2 kV, 100 kHz (entradas de tensión y corriente, entradas de fuente de alimentación) Amplitud 2 kV, 100 kHz (puertos RS-485, entradas digitales, entrada de 1-wire, salidas de relé)
Resistencia a hipertermias	IEC 61000-4-5 Amplitud 6 kV (entradas de tensión L-L), Amplitud 6 kV (entradas de tensión L-E), Amplitud 1 kV (línea-tierra; puertos RS-485, entradas y salidas digitales, entrada de 1-wire) Amplitud 2 kV (línea-tierra; entradas de corriente)
Resistencia a perturbaciones conducidas, inducidas por campos de radiofrecuencia	IEC 61000-4-6 modulación sinusoidal 80% AM, 1 kHz 0,15...80 MHz, 10 V (entradas de tensión, fuente de alimentación, puertos RS-485, entradas y salidas digitales, entrada de 1-wire)
Resistencia a huecos y cortes de energía.	IEC 61000-4-11 Puerto del alimentador AC/DC (opción "AC") 70% U_T , 1 período 40% U_T , 50 períodos prueba para $U_T=85$ V y $U_T=264$ V
	IEC 61000-4-29 Puerto del alimentador DC (opción "DC") 70% U_T , 0,1 s 40% U_T , 0,1 s 0% U_T , 0,05 s prueba para $U_T=18$ V y $U_T=60$ V
Resistencia a tensiones de señalización y a interferencias conducidas en modo común	IEC 61000-4-16 Puertos RS-485, entradas de tensión, entradas digitales, puertos LAN Tensiones de señalización: 10 V continua 100 V durante 1 s Interferencia conducida en modo común: Nivel 3: 15-150 Hz: 10 V hasta 1 V 150 Hz-1,5 kHz: 1 V 1,5-15 kHz: 1 V hasta 10 V 15-150 kHz: 10 V
Emisión de interferencias radiadas	CISPR 32, clase A: 30...230 MHz, 40 dB(μ V/m) de 10 m 230...1000 MHz, 47 dB(μ V/m) de 10 m 1...3 GHz: 56 dB(μ V/m), media, 76 dB(μ V/m), pico, de 3 m 3...6 GHz: 60 dB(μ V/m), media, 80 dB(μ V/m), pico., de 3 m
Emisión de alteraciones conducidas	CISPR 32, clase A: Alimentador AC/DC (opción "AC") Niveles para el detector quasi-peak: 0,15 kHz...0,5 MHz: 66 dB μ V media 0,5 MHz...30 MHz: 60 dB μ V media

Declaración de conformidad EN 55032 (CISPR 32)

El PQM-750 es un dispositivo de Clase A. En un entorno doméstico, este producto puede causar interferencias de radio, lo cual puede requerir que el usuario tome las medidas adecuadas (p. ej. aumento de la distancia entre los dispositivos).

6.22 Ensayos mecánicos

Ensayo mecánico, dispositivo apagado	Norma y nivel de prueba	Requisitos de prueba
Resistencia a vibraciones	IEC 60068-2-6 Prueba Fc	Rango de frecuencia: 10 Hz hasta 150 Hz Rango de frecuencia de barrido: 58 Hz hasta 60 Hz 0,075 mm, 2 Hz hasta 9 Hz, 20 ciclos 0,5 g _n , 9 Hz hasta 150 Hz, 20 ciclos
Resistencia a terremotos	IEC 60068-2-57	1-35 Hz, aceleración horizontal 1 g _n , vertical 0,5 g _n
Ensayo mecánico, dispositivo apagado (transporte)	Norma y nivel de prueba	Requisitos de prueba
Resistencia a vibraciones	IEC 60068-2-6 Prueba Fc	Rango de frecuencia: 5 Hz hasta 150 Hz Rango de frecuencia de barrido: 8 Hz hasta 9 Hz 7,5 mm, 2 Hz hasta 9 Hz, 20 ciclos 2 g _n , 9 Hz hasta 150 Hz, 20 ciclos
Resistencia a golpes	IEC 60068-2-27 Prueba Ea	15 g _n / 11 ms, 3 impulsos
Caída libre	IEC 60068-2-31 Prueba CE, procedimiento 1	Ensayo realizado en embalaje de transporte Caída desde una altura de 500 mm Número de intentos: 2 de cada lado

6.23 Estándares



Declaración de conformidad

SONEL S.A. declara que el tipo de dispositivo de radio PQM-750 cumple con la Directiva 2014/53/UE. El texto completo de la declaración UE de conformidad está disponible en la siguiente dirección web: <https://sonel.pl/es/descargar/declaraciones-de-conformidad/>

Estándares	
Producto estándar	IEC 62586-1:2017 (Ed. 2.0) IEC 62586-2:2017/COR1:2018 (Ed. 2.0) Clasificación del producto: PQI-A-FI1 (medición de clase A según IEC 61000-4-30, fijo (eng. Fixed), interior (eng. Indoor), entorno EMC G)
Métodos de medición	IEC 61000-4-30:2015/COR1:2016 (Ed. 3.0) clase A
Precisión de medición	IEC 61000-4-30:2015/COR1:2016 (Ed. 3.0) clase A
Calidad de alimentación	EN 50160:2010
Parpadeo de luz / Flicker	IEC 61000-4-15:2010/COR1:2012 (Ed. 2.0)
Armónicos	IEC 61000-4-7:2002/AMD1:2008 (Ed. 2.0)
Seguridad	IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 (Ed. 3.0) IEC 61010-2-030:2017 (Ed. 2.0)
EMC	EN 55032 (CISPR 32):2015 IEC 61000-6-5:2015
Estándar de calidad	elaboración, proyecto y producción de acuerdo con ISO 9001

6.23.1 Conformidad con las normas

El analizador está diseñado para cumplir con los requisitos de las siguientes normas.

Normas de producto:

- IEC 62586-1:2017 – Medición de la calidad de la energía en sistemas de suministro de energía. Parte 1: Instrumentos de calidad de la energía (PQI).
- IEC 62586-2:2017 – Medición de la calidad de la energía en sistemas de suministro de energía. Parte 2: Pruebas funcionales y requisitos de incertidumbre.

Normas de medición de los parámetros de la red:

- IEC 61000-4-30:2015/COR1:2016 (Ed. 3.0) – Compatibilidad electromagnética (EMC) – Técnicas de ensayo y de medida – Métodos de medida de la calidad de energía,
- IEC 61000-4-7:2002/AMD1:2008 (Ed. 2.0) – Compatibilidad electromagnética (EMC) – Técnicas de ensayo y de medida – Manual general de mediciones de armónicos e interarmónicos, así como de los instrumentos de medición aplicados para las redes de alimentación y los dispositivos conectados a estas redes,
- IEC 61000-4-15:2010/COR1:2012 (Ed. 2.0) – Compatibilidad electromagnética (EMC) – Técnicas de ensayo y de medida – Medidor de parpadeo de luz – Especificaciones funcionales y de diseño,
- EN 50160:2010 – Parámetros de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.

Normas de seguridad eléctrica:

- IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 (Ed. 3.0) – Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio. Parte 1: Requisitos generales

- IEC 61010-2-030:2017 (Ed. 2.0) – Requisitos de seguridad para equipos eléctricos para medición, control y uso en laboratorio. Parte 2-030: Requisitos particulares para equipos con circuitos de prueba o de medición.

Normas de compatibilidad electromagnética:

- EN 55032:2015 – Compatibilidad electromagnética de equipos multimedia – Requisitos de emisión.
- IEC 61000-6-5:2015 – Compatibilidad electromagnética (EMC) – Parte 6-5: Normas genéricas – Inmunidad para equipos utilizados en entornos de centrales eléctricas y subestaciones.

El dispositivo cumple en su totalidad con los requisitos de la clase A según la norma IEC 61000-4-30. Los datos se resumen en la tabla presentada a continuación.

Tab. 11. Resumen del cumplimiento de las normas de los parámetros seleccionados

Agregación de mediciones en intervalos de tiempo	<p>IEC 61000-4-30 Clase A:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El tiempo básico de medición de parámetros (tensión, corriente, armónicos, asimetría) es el intervalo de 10 ciclos para el sistema de alimentación de 50 Hz y de 12 ciclos para el sistema de 60 Hz, • Intervalo de 3 s (150 ciclos para la frecuencia nominal de 50 Hz y 180 ciclos para 60 Hz), • Intervalo de 10 minutos, • Intervalo de 2 h, <p>Se resincronizan y coinciden los intervalos de 10/12 ciclos.</p>
Incertidumbre del tiempo de reloj	<p>IEC 61000-4-30 Clase A:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sincronización del reloj con la hora GPS a través del módulo GPS-1 externo con antena externa, • Sincronización horaria desde una fuente IRIG-B externa (muchos analizadores se pueden sincronizar desde la fuente IRIG-B utilizando el módulo GPS-1 con antena externa), • El reloj de tiempo real incorporado, • Exactitud del reloj después de la pérdida de la señal GPS o IRIG-B superior a $\pm 0,3$ s/día
Frecuencia	Cumple con los requisitos de la norma IEC 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición
Valor de la tensión de alimentación	Cumple con los requisitos de la norma IEC 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición
Fluctuaciones de tensión (parpadeo de luz)	Método de medición e incertidumbre cumplen con los requisitos de la norma IEC 61000-4-15
Huecos, subidas e interrupciones de tensión de alimentación	Cumple con los requisitos de la norma IEC 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición
Desequilibrio de tensión de alimentación	Cumple con los requisitos de la norma IEC 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición
Armónicos de tensión y corriente	Cumple con los requisitos de la norma IEC 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición (IEC 61000-4-7 clase I)
Interarmónicas de tensión y corriente	Cumple con los requisitos de la norma IEC 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición (IEC 61000-4-7 clase I)
Señales de control en tensión de alimentación	Cumple con los requisitos de la norma IEC 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición
Cambios rápidos de tensión (RVC)	Cumple con los requisitos de la norma IEC 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición
Corriente RMS	Cumple con los requisitos de la norma IEC 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición

6.23.2 Especificación del dispositivo según IEC 62586

Clasificación del producto		PQI-A-F11 (medición de clase A según IEC 61000-4-30, montaje fijo, apto para uso en interiores, entorno EMC G)		
Símbolo	Función	Clase según IEC 61000-4-30	Rango	Información Adicional
f	Frecuencia	A	40...70 Hz	
U	Tensión eficaz	A	10%...150% U_{din}	6,4...1000 V $64 V \leq U_{din} \leq 665 V$
P_{ST}, P_{LT}	Indicadores de parpadeo de luz	A	P_{ST} 0,2...10	clase F1
U_{dip}, U_{swl}	huecos y subidas de tensión	A	–	
U_{int}	interrupción de la tensión	A	–	
u_0, u_2	Asimetría de tensión	A	0,0%...20,0%	
U_h	Armónicos de tensión	A	200% de los niveles de compatibilidad de clase 3 de IEC 61000-2-4	
U_{lh}	Interarmónicos de tensión	A	200% de los niveles de compatibilidad de clase 3 de IEC 61000-2-4	
MSV	Señales de control en la tensión	A	0...15% U_{din}	$64 V \leq U_{din} \leq 665 V$
$Under/over$	desviación de tensión en la dirección arriba y abajo	<i>no aplicable</i>	–	
RVC	Cambios rápidos de tensión	A	–	
I	Corriente RMS	A	0%...150% I_{nom}	
i_0, i_2	Asimetría de la corriente	A	0,0%...20,0%	
I_h	Armónicos de corriente	A	200% de los niveles de compatibilidad de clase 3 de IEC 61000-2-4	
I_{lh}	Interarmónicos de la corriente	A	200% de los niveles de compatibilidad de clase 3 de IEC 61000-2-4	

Comentarios:

- U_{din} es la tensión de entrada declarada del medidor, es decir, incluye los transformadores de tensión. Si los transformadores no fueron usados, entonces $U_{nom} = U_{din}$. Si se usan transformadores, $U_{nom} = k \times U_{din}$, donde k es una proporción de transformador, por ejemplo para un transformador de 15 kV: $100 V \Rightarrow k = 150$, $U_{nom} = 15 kV$, $U_{din} = 100 V$.
- I_{rin} es la corriente de entrada nominal del medidor, es decir, incluidos los transformadores de corriente. Para PQM-750 con las entradas de corriente de 5 A $I_{rin}=5 A$ y si no se utilizan transformadores entonces $I_{nom} = I_{rin}$. Si se utilizan transformadores, entonces $I_{nom} = k \times I_{rin}$, donde k es la relación del transformador, por ejemplo para un transformador de 100 A : 5 A $\Rightarrow k=20$, $I_{nom}=100 A$, $I_{rin}=5 A$.

7 Limpieza y mantenimiento



¡ATENCIÓN!

Se deben utilizar únicamente los métodos de conservación proporcionados por el fabricante en este manual.

La carcasa del analizador puede ser limpiada con un paño suave y humedecido con detergentes comúnmente utilizados. No utilizar disolventes ni productos de limpieza que puedan rayar la carcasa (polvos, pastas, etc.).

Los cables se pueden limpiar con agua y detergentes, luego deben ser secados.

El sistema electrónico del analizador no requiere mantenimiento.

8 Almacenamiento

Durante el almacenamiento del dispositivo, hay que seguir las siguientes instrucciones:

- desconectar todos los cables del medidor,
- limpiar bien el medidor y todos los accesorios,
- para evitar la descarga total de las baterías durante el almacenamiento prolongado, las baterías deben ser recargadas periódicamente.

9 Desmontaje y utilización

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos deben ser recogidos por separado, es decir, no se depositan con los residuos de otro tipo.

El dispositivo electrónico debe ser llevado a un punto de recogida conforme con la Ley de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Antes de enviar el equipo a un punto de recolección no intente desarmar cualquier parte del equipo.

Hay que seguir las normativas locales en cuanto a la eliminación de envases, pilas usadas y baterías.

10 Fabricante

El fabricante del dispositivo que presta el servicio de garantía y postgarantía es:

SONEL S.A.

Wokulskiego 11

58-100 Świdnica

Polonia

tel. +48 74 884 10 53 (Servicio al cliente)

e-mail: customerservice@sonel.com

internet: www.sonel.com



¡ATENCIÓN!

Para el servicio de reparaciones sólo está autorizado el fabricante.

NOTAS

NOTAS



SONEL S.A.

Wokulskiego 11
58-100 Świdnica
Polonia

Servicio al cliente

tel. +48 74 884 10 53
e-mail: customerservice@sonel.com

www.sonel.com