

BEDIENUNGSANLEITUNG

NETZQUALITÄTSANALYSATOREN

PQM-702 • PQM-702T • PQM-703
PQM-710 • PQM-711



BEDIENUNGSANLEITUNG

NETZQUALITÄTSANALYSATOREN

PQM-702
PQM-702T
PQM-703
PQM-710
PQM-711



SONEL S.A.
Wokulskiego 11
58-100 Świdnica
Polen

Version 1.58 25.04.2025



Aufgrund der kontinuierlichen Produktentwicklung behält sich der Hersteller das Recht vor, Änderungen an Funktionalität, Bedienung und technischen Parametern vorzunehmen. Die vorliegende Bedienungsanleitung beschreibt Analysatoren mit der Firmware-Version 1.58 und der Sonel Analysis Software Version 4.7.1.

INHALT

| | | |
|----------|---|--|
| 1 | Allgemeine Angaben | 6 |
| 1.1 | Sicherheit | 6 |
| 1.2 | Allgemeine Charakteristik | 8 |
| 1.3 | Stromversorgung für den Analysator | 11 |
| 1.4 | Dichtheit und die Arbeit draußen | 12 |
| 1.5 | Montage der Verbindungsstücke | 13 |
| 1.6 | Hutschienenmontage | 14 |
| 1.7 | Gemessene Parameter | 15 |
| 2 | Bedienung des Analysators | 17 |
| 2.1 | Tasten | 17 |
| 2.2 | Ein- und Ausschalten | 17 |
| 2.3 | Automatische Abschaltung | 17 |
| 2.4 | Bildschirme | 18 |
| 2.5 | Überprüfung einer korrekten Verbindung | 23 |
| 2.6 | Programm „Sonel Analysis“ | 24 |
| 2.7 | PC-Verbindung und Datenübertragung | 24 |
| 2.7.1 | USB-Kommunikation | 25 |
| 2.7.2 | Funkverbindung über OR-1 | PQM-702 PQM-702T PQM-703 26 |
| 2.7.3 | Kommunikation über das GSM-Netz | 26 |
| 2.7.4 | Funkverbindung über Wi-Fi | PQM-710 PQM-711 27 |
| 2.8 | Durchführen von Messungen | 28 |
| 2.8.1 | Messkonfigurationen | 28 |
| 2.8.2 | Starten und Stoppen der Aufnahme | 29 |
| 2.8.3 | Konfiguration der Aufzeichnung | 29 |
| 2.8.4 | Ungefähre Aufzeichnungszeiten | 30 |
| 2.9 | Messsysteme | 32 |
| 2.10 | Einschaltstrom | 39 |
| 2.11 | Anwendungsbeispiel | 39 |
| 2.12 | Zeitsynchronisation | 45 |
| 2.12.1 | Anforderungen der Norm IEC 61000-4-30 | 45 |
| 2.12.2 | GPS-Empfänger | 45 |
| 2.12.3 | Markieren der Messdaten | 45 |
| 2.12.4 | Zeitresynchronisation | 46 |
| 2.13 | Unterstützung des GSM-Kommunikations-Modus | 47 |
| 2.13.1 | Allgemeine Informationen über die GSM-Verbindung | 47 |
| 2.13.2 | Modem-Konfiguration | 47 |
| 2.13.3 | Überprüfen der GSM-Verbindung | 49 |
| 2.13.4 | Mögliche Probleme mit der GSM-Konfiguration und Hinweise zur Vorgehensweise | 50 |
| 2.14 | Bedienung der drahtlosen Wi-Fi-Kommunikation | PQM-710 PQM-711 52 |
| 2.14.1 | Allgemeine Angaben | 52 |
| 2.14.2 | Werkseitige Konfiguration | 52 |
| 2.14.3 | Zugangspunkt-Modus | 52 |
| 2.14.4 | Client-Modus | 55 |
| 2.14.5 | Überprüfen der Wi-Fi-Verbindung | 59 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.14.6 | Mögliche Probleme mit der Wi-Fi-Konfiguration und Hinweise zur Vorgehensweise | 60 |
| 2.15 | Mitteilung über den Positionswechsel des Analysators | 61 |
| 2.16 | Tastensperre | 62 |
| 2.17 | Sleep-Modus des Displays | 63 |
| 2.18 | Temperaturschutz | 63 |
| 2.19 | Noteinstellung der Zeit | 63 |
| 3 | Aufbau und Messmethoden | 64 |
| 3.1 | Spannungseingänge | 64 |
| 3.2 | Stromeingänge | 64 |
| 3.3 | Digitaler Integrator | 64 |
| 3.4 | Signalabtastung | 65 |
| 3.5 | PLL-Synchronisation | 65 |
| 3.6 | Frequenzmessung | 66 |
| 3.7 | Messung der Steuersignale | 66 |
| 3.8 | Messung der Transienten PQM-703 PQM-711 | 66 |
| 3.8.1 | Grenzwertmethode | 67 |
| 3.8.2 | dV/dt-Methode | 68 |
| 3.9 | Funktionalität der Strombegrenzung | 68 |
| 3.10 | Erkennung der Ereignisse | 69 |
| 3.10.1 | Ereignisse anhand von Hüllkurvenformänderungen | 72 |
| 3.10.2 | Ereignisse anhand von Phasensprung | 72 |
| 3.10.3 | Ereignisse mit schnellen Spannungsschwankungen (RVC) | 72 |
| 3.11 | Mittelungsmethoden der Parameter | 73 |
| 4 | Berechnungsformeln | 74 |
| 4.1 | Einphasen-Netz | 74 |
| 4.2 | Zweiphasennetz | 78 |
| 4.3 | Dreiphasen-Stern-Netzwerk mit N (Dreiphasen-Vierleiter) | 80 |
| 4.4 | Dreiphasen-Netzwerk Dreieck und Stern ohne N (Dreiphasen-Dreileiter) | 82 |
| 5 | Technische Daten | 84 |
| 5.1 | Eingänge | 84 |
| 5.2 | Abtastung und RTC-Uhr | 85 |
| 5.3 | Modul der Transienten PQM-703 PQM-711 | 85 |
| 5.4 | Gemessene Parameter - Genauigkeit, Auflösung und Bereiche | 86 |
| 5.4.1 | Bezugsbedingungen | 86 |
| 5.4.2 | Die Messunsicherheit abhängig von der Umgebungstemperatur | 86 |
| 5.4.3 | Spannung | 86 |
| 5.4.4 | Strom | 87 |
| 5.4.5 | Frequenz | 87 |
| 5.4.6 | Oberwellen | 88 |
| 5.4.7 | Zwischenharmonische | 88 |
| 5.4.8 | Leistungen der Oberwellen | 88 |
| 5.4.9 | Leistung und Energie | 89 |
| 5.4.10 | Schätzung der Messunsicherheit der Leistung und Energie | 89 |
| 5.4.11 | Lichtflimmern (Flicker) | 91 |
| 5.4.12 | Unsymmetrie | 91 |
| 5.4.13 | Die Steuersignale | 91 |
| 5.4.14 | Transienten PQM-703 PQM-711 | 92 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 5.4.15 | Außentemperatur PQM-702T | 92 |
| 5.5 | Ereigniserkennung – Einbrüche , Überspannungen, Unterbrechungen, RVC, effektiver Strom | 92 |
| 5.6 | Ereigniserkennung - sonstige Parameter | 93 |
| 5.6.1 | Hysterese der Ereigniserkennung | 94 |
| 5.7 | Aufzeichnung..... | 94 |
| 5.8 | Stromversorgung, Akku, Heizung | 96 |
| 5.9 | Unterstützte Netztypen | 97 |
| 5.10 | Unterstützte Stromzangen | 97 |
| 5.11 | Kommunikation..... | 98 |
| 5.12 | Umweltbedingungen und andere technische Daten | 98 |
| 5.13 | Sicherheit und elektromagnetische Verträglichkeit | 99 |
| 5.14 | Standards, Normen | 100 |
| 5.14.1 | Übereinstimmung mit den Normen..... | 100 |
| 5.14.2 | Gerätespezifikationen nach IEC 62586 | 102 |
| 6 | Reinigung und Wartung..... | 103 |
| 7 | Lagerung | 103 |
| 8 | Demontage und Entsorgung | 103 |
| 9 | Zusätzliches Zubehör..... | 104 |
| 10 | Hersteller | 105 |

1 Allgemeine Angaben

PQM-711 Mit dem Symbol mit dem Namen des Analysators wurden die Textfragmente gekennzeichnet, die die jeweiligen Eigenschaften betreffen, insbesondere die Verfügbarkeit oder Nichtverfügbarkeit der jeweiligen Funktion des Programms.
Alle anderen Teile des Textes beziehen sich auf beide Typen des Analysators.

Die folgenden internationalen Symbole werden auf dem Analysegerät und in dieser Anleitung verwendet:

| | | | | | |
|---|--|---|------------------------------------|---|--|
|  | Warnung; Für Erklärungen schlagen Sie in der Bedienungsanleitung nach |  | Erdung |  | Wechselstrom/-spannung |
|  | Gleichstrom/-spannung |  | Doppelte Isolierung (Schutzklasse) |  | Erklärung der Konformität mit den Richtlinien der Europäischen Union (Conformité Européenne) |
|  | Nicht mit anderen Siedlungsabfällen entsorgen |  | Angaben zum Recycling: |  | Bestätigte Übereinstimmung mit australischen Normen |

1.1 Sicherheit



Warnung!

Um einen sicheren Betrieb und die Richtigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, sollten Folgendes beachtet werden:

- Bevor der Analysator in Betrieb genommen wird, sollten Sie sich mit der vorliegenden Bedienungsanleitung genau vertraut machen und die Sicherheitsregeln und Empfehlungen des Herstellers befolgen.
- Die Verwendung des Analysators auf andere, als die in der Bedienungsanleitung beschriebene, Weise, kann zur Beschädigung des Geräts führen und gefährlich für den Benutzer sein.
- Die Analysatoren können ausschließlich von entsprechend qualifizierten Personen bedient werden, die die entsprechende Befugnis zur Arbeit an elektrischen Installationen besitzen. Die Verwendung des Gerätes durch Unbefugte, kann zur Beschädigung des Geräts führen und gefährlich für den Benutzer sein.
- Das Messgerät darf nicht für Messungen von Netzen und Anlagen in Räumen mit besonderen Bedingungen eingesetzt werden, in denen z.B. eine Explosions- oder Brandgefahr besteht.
- Vergewissern Sie sich vor Beginn der Arbeiten, dass der Analysator, die Kabel, die Stromzangen und das sonstige Zubehör keine mechanischen Beschädigungen aufweisen. Achten Sie besonders auf Anschlüsse.
- Es ist unzulässig, das Gerät zu verwenden wenn:

1 Allgemeine Angaben

- ⇒ das Gerät beschädigt wurde und ganz oder teilweise nicht funktionsfähig ist,
- ⇒ die Isolierung der Leitungen beschädigt ist,
- ⇒ das Geräte und Zubehör mechanisch beschädigt sind.
- Das Gerät darf nicht mit anderen Stromquellen, als die die in dieser Anleitung erwähnt werden, betrieben werden.
- Schließen Sie die Eingänge des Analysators nicht an Spannungen an, die höher als die Nennwerte sind.
- Verwenden Sie Zubehör und Messfühler, die für den zu prüfenden Stromkreis geeignet sind und der entsprechenden Messkategorie entsprechen.
- Die Nennleistung der niedrigsten Messkategorie (CAT) des verwendeten Messgerätes, bestehend aus Analysator, Sonden und Zubehör, darf nicht überschritten werden. Die Messkategorie des gesamten Satzes ist die der Unterbaugruppe mit der niedrigsten Messkategorie.
- Wenn möglich, schließen Sie das Gerät an den Stromkreis bei ausgeschaltetem Strom an.
- Verwenden Sie die PE-Klemme nur für den lokalen Erdungsanschluss, schließen Sie keine Spannung an sie an.
- Das Öffnen der Abdeckungen der Buchsen am Gerät hat einen Verlust der Dichte des Geräts zur Folge, was bei ungünstigen Wetterbedingungen zur Beschädigung des Analysators führen kann und den Benutzer der Gefahr eines Stromschlags aussetzen kann.
- Tragen Sie nicht den Analysator, indem Sie die Kabel in der Hand halten.
- Lösen Sie nicht die Muttern der Kabelverschraubungen, sie sind festgeklebt. Beim Abschrauben erlischt die Garantie.
- **PQM-702T** Es ist nicht zulässig, den Temperaturfühler ST-2 an Objekte mit einer Spannung von mehr als 50 V gegen Erde anzuschließen. Es wird empfohlen, das Prüfobjekt vor dem Anbringen des Fühlers vorerst zu erden.
- Reparaturen dürfen nur von einem dazu befugten Reparaturservice durchgeführt werden.

Der Analysator ist mit einem internen Li-Ion-Akku ausgestattet, der von einem unabhängigen Labor getestet und für die Qualitätsparameter gemäß UN 38.3 - „*UN-Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter. Handbuch über Prüfungen und Kriterien*“, 5. Auflage, veröffentlicht von den Vereinten Nationen (ST/SG/AC.10/11/Rev.5), zertifiziert wurde. Der Analysator ist daher für den Luft-, See- und Straßentransport zugelassen.

1.2 Allgemeine Charakteristik

Die Netzqualitätsanalysatoren PQM-702(T), PQM-703, PQM-710 und PQM-711 (Abb. 1) sind ein technisch fortgeschrittenes Produkt, das eine Messung, Analyse und Aufzeichnung der Parameter von 50/60 Hz-Stromnetzen und der Qualität nach der europäischen Norm EN 50160 und der *Verordnung des Wirtschaftsministers vom 4. Mai 2007, über die detaillierten Bedingungen für den Betrieb eines Stromnetzes*. Die Analysatoren erfüllen in vollem Umfang die Anforderungen der Norm EN 61000-4-30:2015 Klasse A.

Die Analysatoren sind mit fünf Spannungsmesseingängen ausgestattet, die mit Kabeln ausgeleitet sind, die mit Bananensteckern beendet sind, und durch L1, L2, L3, N und PE markiert sind. Der Spannungsbereich der vier Messkanäle beträgt $760 V_{RMS}$ oder $1000 V_{RMS}$ gegen Erde (abhängig von der Ausführung). Dieser Bereich kann mit Hilfe von zusätzlichen externen Spannungswandlern erweitert werden.

Zur Strommessung dienen vier Stromeingänge, an kurzen Leitungen, die mit Zangenbuchsen beendet sind. Es können flexible Zangen mit einem Nennbereich von bis 6000 A und harte Zangen angeschlossen werden. Der Nennstrombereich kann mit zusätzlichen Messwandlern geändert werden.

Das Gerät verfügt über einen eingebauten 8 GB-Speicher. Um die Möglichkeit zu gewährleisten, dass die gespeicherten Daten schnell aufgerufen werden können, wurde der Analysator mit einem eingebauten Massenspeicherleser ausgestattet, eine Lesegeschwindigkeit von mehreren MB /S gewährleistet. Die Daten können über verfügbare Kommunikationsverbindungen gelesen werden: USB, per Funk mit dem Empfänger OR-1 (nur PQM-702(T) und PQM-703), per Funk Wi-Fi (nur PQM-710 und PQM-711) und GSM.

Das GSM-Modem wurde mit der Antenne in das Gerät integriert. Dies ermöglicht einen nahezu unbegrenzten Zugang zum Analysator von überall in der Welt, wo eine GSM-Abdeckung gewährleistet wird. Auf der linken Seite des Gehäuses befindet sich ein Schlitz für eine SIM-Karte zur Datenübertragung über GSM.

Die Analysatoren besitzen einen integrierten GPS-Empfänger mit Antenne, so dass sie ohne weiteres Zubehör die Anforderung der vollständigen Einhaltung der IEC 61000-4-30 Klasse A erfüllen. Der GPS-Empfänger ermöglicht die Synchronisierung mit der UTC-Weltzeit und eine Timing-Genauigkeit der Messung im Bereich von Nanosekunden. Im Falle von GPS-Empfängern ist der Empfang von Satellitensignalen auf offener Fläche möglich, deshalb ist Synchronisation über die eingebaute Antenne nur im Freien möglich. Wenn Sie den Analysator im Inneren eines Gebäudes verwendet, muss um die Verfügbarkeit des GPS-Signals zu gewährleisten der Analysator an eine externe GPS-Antenne (mit 10 m Kabellänge) angeschlossen werden und die Antenne sich außerhalb des Gebäudes befinden. Die externe Antenne ist ein zusätzliches Accessoire.

Tab. 1. Aufstellung der Hauptunterschiede zwischen den Analysatoren

| | PQM-702 | PQM-702T | PQM-703 | PQM-710 | PQM-711 |
|---|---------|----------|---------|---------|---------|
| Modul der Transienten | | | • | | • |
| 433 MHz-Funkmodul (mit dem Empfänger OR-1) | • | • | • | | |
| Wi-Fi-Funkmodul | | | | • | • |
| Messung der Außentemperatur (mit dem Fühler ST-2). | | • | | | |

1 Allgemeine Angaben

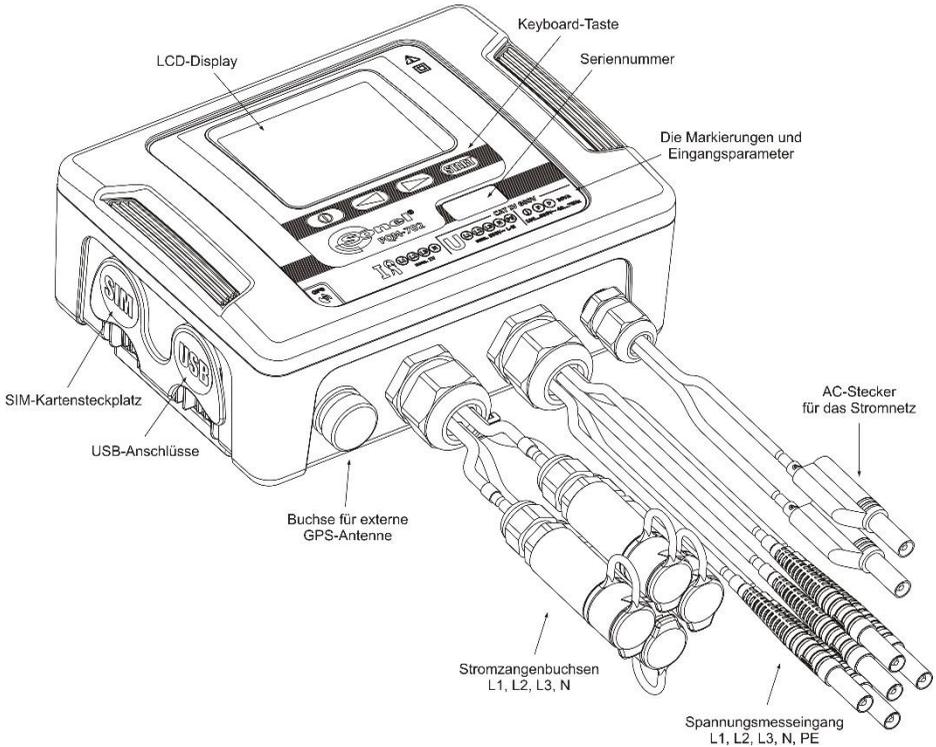


Abb. 1. Netzqualitätsanalysator. Außenansicht.

Die aufgenommenen Parameter werden in Gruppen aufgeteilt, die unabhängig voneinander für die Aufzeichnung ein- oder ausgeschaltet werden können, was eine effiziente Nutzung des Speicherplatzes ermöglicht. Somit wird kein Speicherplatz für die Aufzeichnung der Parameter, die nicht benötigt werden verschwendet und dadurch kann die Aufzeichnungszeit der anderen Parameter verlängert werden.

PQM-702T Der Netzqualitätsanalysator PQM-702T ist eine Variante des Analysators PQM-702 und ermöglicht zusätzlich die Messung der Temperatur von externen Objekten mit dem Fühler ST-2 (Standardzubehör). Die übrigen Möglichkeiten und Funktionen des Analysators PQM-702T sind identisch mit denen des PQM-702.

Die Buchse für den Anschluss der Sonde wird zusammen mit den Eingängen der Stromzange in der Leitung herausgeführt und ist mit einem „T“ gekennzeichnet.

Wenn nicht anders angegeben, gelten in den folgenden Abschnitten des Handbuchs alle Abschnitte, die sich auf den Analysator PQM-702 beziehen, auch für das Gerät PQM-702T.

Der Analysator PQM-702 verfügt über ein internes Netzteil mit einem weiten Eingangsspannungsbereich 100...690 V AC (140...690 V DC), das unabhängig ausgeführte Kabel mit Bananensteckern hat.

Ein wichtiges Merkmal ist, dass das Gerät unter schlechten Wetterbedingungen verwendet werden darf - es kann direkt an am Strommast installiert werden. Das Gerät bietet eine Abdichtung der Klasse IP65, und hat einen Betriebstemperaturbereich von -20°C...+55°C.

Dank des eingebauten Lithium-Ionen-Akkus wird ein unterbrechungsfreier Betrieb gewährleistet.

Die Benutzeroberfläche umfasst ein Farb-LCD-Display mit einer Auflösung von 320x240 Pixel und einer Größe von 3,5 Zoll und eine 4-Tasten-Tastatur.

Dank der speziell für das Gerät entwickelten Software PC *Sonel Analysis 2* kann die volle Funktionalität des Geräts genutzt werden.

Es ist möglich, das Gerät mit dem PC zu verbinden:

- über eine USB-Verbindung mit einer Übertragungsgeschwindigkeit bis zu 921,6 kbit/s; es ist ein Modus zum Ablesen von Daten von Speicherkarten mit einer Geschwindigkeit von mehreren MB/s verfügbar,
- **PQM-702 PQM-703** über eine Funkverbindung mit dem Empfänger OR-1, mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 57,6 kbit / s (Reichweite beschränkt auf etwa 5 m)
- **PQM-710 PQM-711** über eine Funkverbindung Wi-Fi mit einer effektiven Übertragungsgeschwindigkeit bis 300 kB/s (maximale Geschwindigkeit erhalten auf einer Strecke von bis zu 10 m)
- über eine GSM-Verbindung über das Internet.

PQM-702 PQM-703 Um den Modus der drahtlosen Übertragung nutzen zu können, muss an die USB-Schnittstelle des PCs das Empfangsgerät OR-1 angeschlossen sein. Der Datentransfer ist in diesem Modus langsamer, deshalb wird er zur gleichzeitigen Vorschau der gemessenen Netze und zur Einstellung und Steuerung des Geräts empfohlen. Die Übertragung von großen Datenmengen, die auf der Speicherkarte gespeichert sind, über die Funkverbindung, wird aufgrund der langsameren Datenübertragung nicht empfohlen.

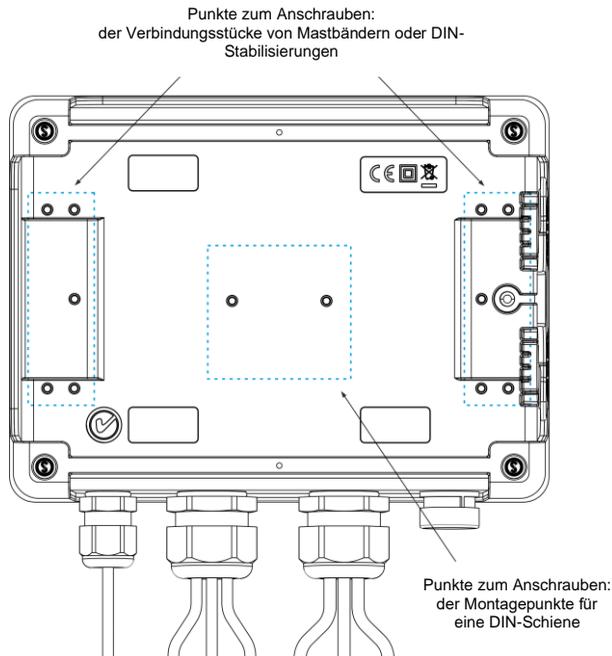


Abb. 2. Die Rückseite des Analysators.

1 Allgemeine Angaben

Die GSM-Datenübertragung erfordert, dass sich im Analysator eine aktive SIM-Karte mit einem Datenübertragungstarif und einer statischen IP-Adresse befindet. Ein Computer, der mit dem Analysator eine Verbindung aufbauen soll, muss Zugang zum Internet haben.

PQM-703 **PQM-711** In Vergleich zu PQM-702 und PQM-710, ermöglichen die Analysatoren PQM-703 und PQM-711 eine Messung der Transienten im Spannungsbereich ± 8 kV mit einer Abtastrate von 100 kHz bis 10 MHz. Messbahnen der Transienten sind unabhängig von den restlichen Spannungsbahnen und sind an die Spannungsleitungen L1, L2, L3, N, PE angeschlossen. Der Analysator hat vier Messkanäle: L1-PE, L2-PE, L3-PE und N-PE. Die Aufnahme der Zeitverläufe erfolgt mit einer durch den Benutzer definierten Vorlaufzeit (eng. pretrigger) und Erkennungsschwelle, und die Anzahl der gespeicherten Proben beträgt bis 20000 pro Kanal (2 ms für eine Abtastrate von 10 MHz).

1.3 Stromversorgung für den Analysator

Der Analysator verfügt über eine integrierte Stromversorgung mit einem Nennspannungsbereich von 100...690 V AC oder 140...690 V DC (90...760 V AC oder 127...760 V DC nach Berücksichtigung der Fluktuation). Das Netzteil verfügt über unabhängige Leitungen (in rot), markiert mit dem Buchstaben P (eng. power - Stromversorgung). Um das Netzteil vor Beschädigungen zu schützen im Falle eines Versuchs der Versorgung mit einer Spannung unterhalb des angegebenen Bereichs, wird es ausgeschaltet, wenn die Eingangsspannungen unter ca. 80V AC (ca. 110V DC) liegen.

Dank des eingebauten Akkus wird die Stromversorgung bei Energieausfall aufrecht erhalten. Es lädt, wenn Spannung an den Klemmen des AC-Adapter vorhanden ist. Es hält die Stromversorgung für 2 h (PQM-702, PQM-710) bei einer Temperatur von $-20...+55^{\circ}\text{C}$ aufrecht. Nachdem der Akku leer ist, wird das Gerät alle Vorgänge abbrechen (z.B. die Aufzeichnung) und in den Not-Modus umschalten. Nachdem die Spannung wieder hergestellt wurde, wenn das Gerät zuvor im Aufzeichnungsmodus war, wird der Analysator mit der Aufzeichnung fortfahren.

Hinweis

Der Akku darf nur in autorisierten Servicestellen ausgetauscht werden.

1.4 Dichtigkeit und die Arbeit draußen

Der Analysator darf unter schlechten Wetterbedingungen verwendet werden - es kann direkt an am Strommast installiert werden. Zur Montage dienen zwei Bänder mit Schnallen und zwei Kunststoffverbindungsstücke. Die Verbindungsstücke werden an die Rückwand des Gehäuses geschraubt, und durch die Schlitze sind die Bänder durchzuführen.

Das Messgerät bietet eine Abdichtung der Klasse IP65, und hat einen Betriebstemperaturenbereich von -20°C...+55°C.

Hinweis

Um die angegebene Dichteklasse IP65 zu gewährleisten, müssen unbedingt folgende Regeln beachtet werden:

- Verschließen Sie die Abdeckungen der USB-Schnittstelle und SIM-Schnittstelle,
- Ungenutzte Anschlussbuchsen müssen mit Silikonstöpseln gesichert werden.
- Die Buchse der externen GPS-Antenne ist zuzuschrauben (oder die externe GPS-Antenne fest einschrauben).



Bei einer Umgebungstemperatur von weniger als 0°C und wenn die Innentemperatur auch unterhalb diese Schwelle fällt, wird die Heizung des Geräts eingeschaltet, deren Aufgabe es ist eine betriebsgerechte Innentemperatur bei einer Umgebungstemperatur von -20°C...0°C zu gewährleisten.

Die Heizung wird über den eingebauten Netzadapter versorgt, und ihre Leistung ist auf ca. 5 W begrenzt.

Aufgrund der Eigenschaften des eingebauten Lithium-Ionen-Akkus ist deren Aufladen deaktiviert, wenn die Temperatur des Akkus sich außerhalb des Bereichs von -10°C...60°C befindet (der Ladezustand in *Sonel Analysis* wird dann als „Ladevorgang eingestellt“ ausgegeben und das Steckersymbol im LCD-Display des Analysators wird rot angezeigt).

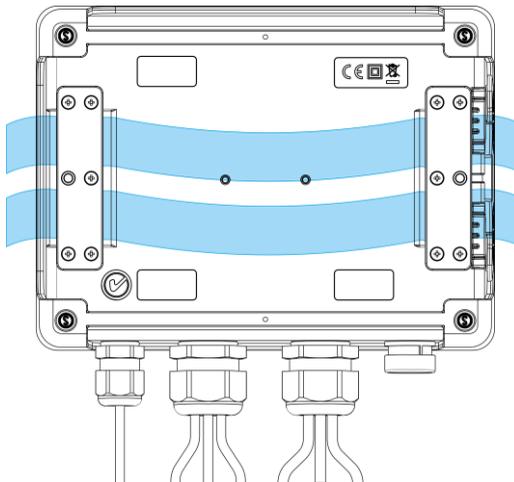
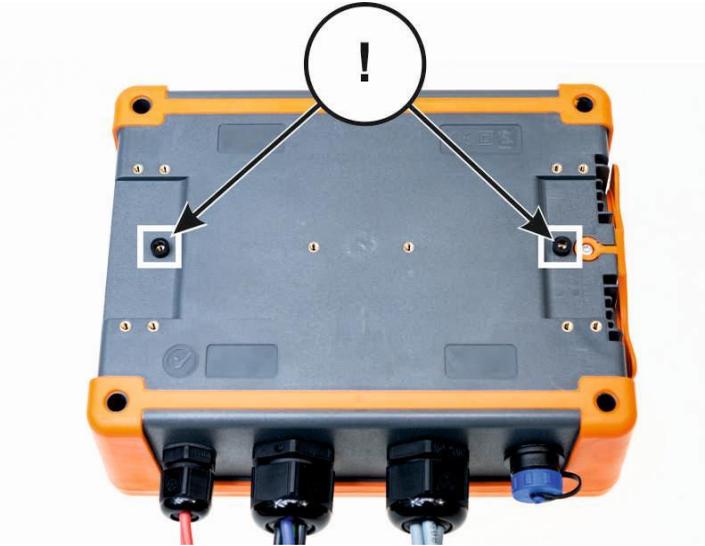


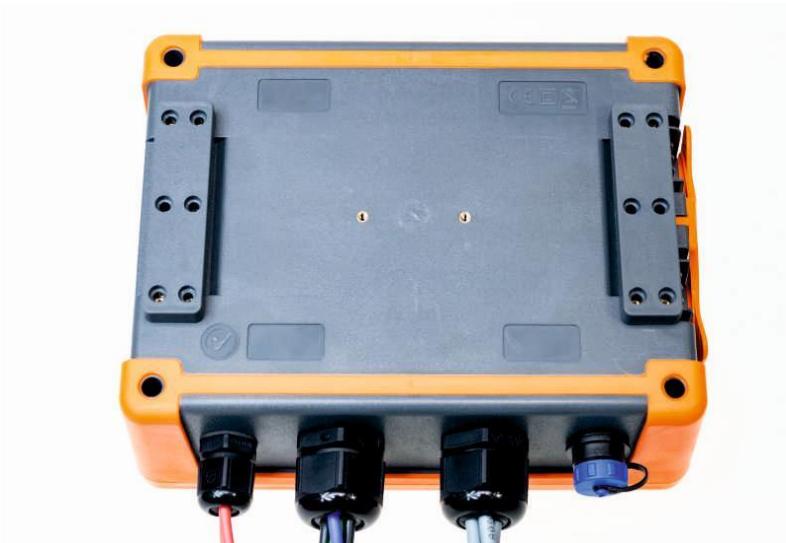
Abb. 3. Verbindungsstücke und Bänder zur Montage des Analysators auf einer Stange.

1.5 Montage der Verbindungsstücke

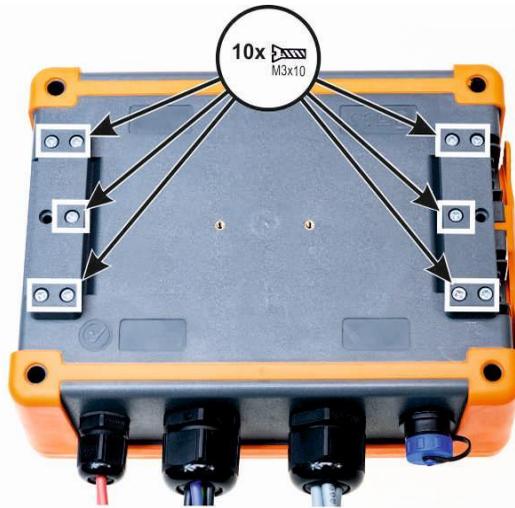
1. Platzieren Sie 3 mm Kunststoff-Distanzhülsen auf der Unterseite des unteren Gehäuses an den auf dem Foto markierten Stellen.



2. Bringen Sie die Schellenverbinder an der Unterseite des unteren Gehäuses an den auf dem Foto markierten Stellen an.



3. Schrauben Sie die Stecker mit 10 Stück M3x10-Schrauben an das Gehäuse. **Es dürfen nur Schrauben mit den in diesem Handbuch angegebenen Abmessungen verwendet werden.**



1.6 Hutschiennenmontage

Zusammen mit dem Analysator wird ein Halter zur Montage des Analysators auf einer Standard DIN-Schiene geliefert. Die Halterung muss an die Rückwand des Analysators mithilfe der Schrauben geschraubt werden. Zum Lieferumfang gehören auch Positionierungshalterungen (außer Montagehalterungen zur Montage des Analysators an einem Mast), die montiert werden sollten, um die Stabilität zu steigern. Die Halterungen verfügen über spezielle Haken, die sich an die DIN-Schiene lehnen.

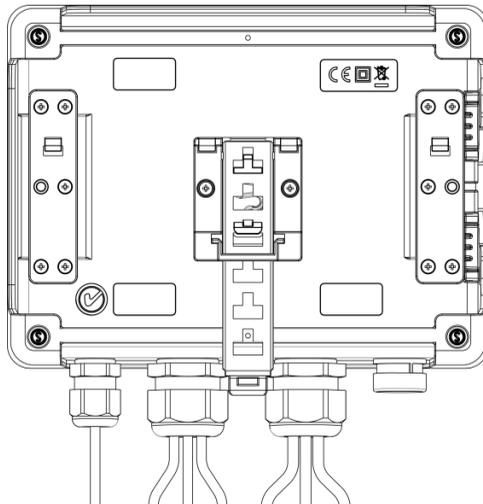


Abb. 4. Die Rückseite des Analysators mit Montageelementen für DIN-Schienen.

1.7 Gemessene Parameter

Der Analysator ermöglicht die Messung und Aufzeichnung folgender Parameter:

- effektive Phasenspannungen und Leiterspannungen im Bereich bis 760 V (max. bis ± 1500 V), die maximal zulässige Spannung gegen Erde ist auf dem Frontetikett angegeben,
- **PQM-703** **PQM-711** Spannungstransienten (Überspannungen) im Bereich bis ± 8 kV,
- effektive Ströme:
 - bis 6000 A (max. ± 20 kA) bei Verwendung der flexiblen Zangen,
 - bis 1400 A mit harten Zangen,
- maximaler Strom- und Spannungsfaktor,
- die Frequenz des Netzes im Bereich von 40..70Hz
- Wirk-, Blind-, Vierquadranten-, Scheinleistungen und -energien und Leistungen und Energien der Verzerrung,
- harmonische Komponente der Spannungen und Ströme (bis zur 50.),
- gesamte harmonische Verzerrung THD_F und THD_R für Strom und Spannung,
- TDD-Faktor des Stromes,
- K-Verlustkoeffizient verursacht durch die Oberwellen (K-Faktor),
- Wirk- und Blindleistungen der Oberwellen,
- Winkel zwischen den Oberwellen der Spannung und des Stromes,
- Vierquadranten-Leistungsfaktor, $\cos\phi$, $\tan\phi$,
- Unsymmetriefaktor der Dreiphasennetze und symmetrische Komponenten,
- Flicker-Faktor P_{ST} und P_{LT},
- interharmonische Komponenten der Spannungen und Ströme (bis zur 50.),
- gesamte zwischenharmonische Verzerrung TID_F und TID_R für Strom und Spannung,
- Spannungssteuersignale im Frequenzbereich 5 Hz ... 3000 Hz,
- schnelle Spannungsänderungen (RVC).

Die ausgewählten Parameter werden aggregiert (Durchschnittswert), gemäß der vom Benutzer ausgewählten Zeit, und können auf der Speicherkarte gespeichert werden. Zusätzlich zu dem Durchschnittswert kann der minimale und maximale Wert innerhalb der Zeitspanne des Durchschnittswerts und der momentane Wert, zum Zeitpunkt der Speicherung des Datensatzes, aufgezeichnet werden.

Der Bereich der Ereigniserkennung wurde auch erweitert. Typische Ereignisse im Standard EN 50160 sind für die Spannung: der Spannungseinbruch (sog. Dips, d.h. Verringerung des effektiven Wertes der Spannung unter 90% der Nennspannung), Überspannung (sog. Swells, d.h. 110% Steigerung gegenüber dem Nennwert) und der Spannungsausfall (sog. Interruptions, d.h. Reduzierung der Spannung unter die Schwelle von 5% des Nennwertes). Der Benutzer muss die in der Norm EN 50160 definierten Einstellungen nicht selbstständig ändern – die Software erlaubt eine automatische Konfiguration des Geräts für den Messmodus der Energiequalität nach EN 50160. Dem Benutzer steht auch die Möglichkeit der selbstständigen Konfiguration zur Verfügung – die Software bietet in dieser Hinsicht volle Flexibilität. Die Spannung ist einer der vielen Parameter, für die die Schwellenwerte der Ereigniserkennung definiert werden können. Somit ist es z.B. möglich den Analysator so zu konfigurieren, dass er den Fall des Leistungsfaktors ab einem bestimmten Schwellenwert, die Überschreitung eines Schwellenwerts durch die THD-Schwelle und ähnlich die Überschreitung durch die 9. Oberwellen der Spannung des Prozentwerts, den der Benutzer definiert hat, erkennt. Das Ereignis wird zusammen mit dem Zeitpunkt des Auftretens erfasst. Im Falle von Ereignissen, die die Überschreitung von Schwellenwerten des Falls, der Unterbrechung und Steigerung betreffen, und bei der Überschreitung des Minimal- und Maximalwerts des Stromes, kann die Information zum Auftreten des Ereignisses um ein Oszillogramm des Spannungs- und Stromverlaufs ergänzt werden. Sie können aus 5 Perioden des Netzes bis 1 Sekunde mit einstellbarer Vorlaufzeit (eng. *pretrigger*) gespeichert werden. Zusammen mit dem Oszillogramm wird auch der Verlauf der halbperiodischen RMS-Werte (RMS1/2), mit einer Zeit von 1 Sek. bis 30 Sek., gespeichert.

Darüber hinaus ist der Analysator in der Lage, Ereignisse zu erkennen, die durch Änderungen der Hüllkurvenform der Spannung und Phasenwinkelsprünge verursacht werden, indem er aufeinanderfolgende Perioden des Netzes miteinander vergleicht.

Die umfangreichen Konfigurationsmöglichkeiten zusammen mit einer Vielzahl der gemessenen Parameter tragen dazu bei, dass der Analysator ein unglaublich nützliches und leistungsfähiges Werkzeug zur Messung und Analyse aller Arten von Stromversorgungsnetzen und Netzstörungen ist. Einige der einzigartigen Funktionen dieses Tools heben dieses Gerät von anderen auf dem Markt erhältlichen Analysatoren ab.

Die Tab. 2 enthält eine Zusammenfassung der Parameter, die der Analysator, abhängig von der Netzwerkart, erfassen kann.

Tab. 2. Gemessene Parameter für verschiedene Netzwerk-Konfigurationen.

| Parameter \ Netzwerkart Kanal | | 1-Phasen | | 2-Phasen | | | | 3-Phasen-Stern mit N | | | | | 3-Phasen-Dreieck 3-Phasen-Stern ohne N | | | | |
|--|---|----------|---|----------|----|---|---|----------------------|----|----|---|---|---|-----|-----|---|------------------|
| | | L1 | N | L1 | L2 | N | Σ | L1 | L2 | L3 | N | Σ | L12 | L23 | L31 | Σ | |
| U | Effektive Spannung | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| U _{DC} | Konstante Komponente der Spannung | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| I | Effektiver Strom | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| I _{DC} | Konstante Komponente des Stromes | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| f | Frequenz | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| CF U | Scheitelfaktor der Spannung (Crestfaktor) | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| CF I | Scheitelfaktor des Stromes | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| P | Wirkleistung | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Q ₁ , Q _B | Blindleistung | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • ⁽¹⁾ |
| D, S _N | Leistungen der Verzerrung | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| S | Scheinleistung | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| PF | Leistungsfaktor | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| cosφ | Phasenverschiebungsfaktor | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| tgφ _{C-} , tgφ _{L+} tgφ _{L-} , tgφ _{C+} | Tangens-Faktor φ (Vierquadranten) | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • ⁽¹⁾ |
| THD U | Faktor des Inhalts der Oberwellen des Stromes | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| THD I | Faktor des Inhalts der Oberwellen des Stromes | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| TDD I | Verzerrungsfaktor des Stromes | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| K | K-Faktor | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| E _{P+} , E _{P-} | Wirkenergie (aufgezeichnet und abgegeben) | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| E _{OC+} , E _{OL+} E _{OL-} , E _{OC+} | Blindenergie (Vierquadranten) | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • ⁽¹⁾ |
| E _S | Scheinenergie | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| U _{n1..n50} | Amplituden der Oberwellen der Spannung | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| I _{n1..n50} | Amplituden der Oberwellen des Stromes | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| φ _{U1.. φ_{U50}} | Winkel zwischen den Oberwellen der Spannung und des Stromes | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| φ _U | Absolute Winkel der Oberwellen der Spannung | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| φ _I | Absolute Winkel der Oberwellen des Stroms | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| P _{n1..P_{n50}} | Wirkleistungen der Oberwellen | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Q _{n1..Q_{n50}} | Blindleistungen der Oberwellen | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Unsymmetrie U, I | Symmetrischen Komponenten und die Unsymmetriefaktoren | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| P _{st} , P _{It} | Flicker-Faktor | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| TID U | Faktor des Inhalts der Zwischenharmonischen der Spannung | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| TID I | Faktor des Inhalts der Zwischenharmonischen des Stromes | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| U _{in0.. U_{in50}} | Amplituden der Zwischenharmonischen der Spannung | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| I _{in0.. I_{in50}} | Amplituden der interharmonischen Komponenten des Stromes | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| UR1, UR2 | Steuersignale in der Spannung | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| PQM-703 PQM-711 U _t | Spannungstransienten ⁽²⁾ | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |

Erläuterung:

L1, L2, L3 (L12, L23, L31) bezeichnen die folgenden Phasen,

N bezeichnet eine Messung für den Spannungskanal N-PE oder Stromkanal I_N, abhängig von der Art des Parameters, Σ ist es der Gesamtwert des Systems.

(1) In 3-Phasennetzwerken wird als gesamte Blindleistung die inaktive Leistung berechnet $N = \sqrt{S^2 - P^2}$ (siehe die Diskussion bezüglich der Blindleistung im Dokument „Qualität der Stromversorgung – Leitfaden“).

(2) Spannungstransienten werden in den Kanälen L1-PE, L2-PE, L3-PE und N-PE gemessen.

2 Bedienung des Analysators

2.1 Tasten

Die Tastatur des Analysators besteht aus vier Tasten: EIN/AUS , LINKS , RECHTS , START/STOP . Um den Analysator einzuschalten drücken Sie die Taste EIN/AUS. Richtungstasten LINKS und RECHTS dienen in erster Linie, zur Änderung der Informationsbildschirme. Die Bildschirme verändern sich zirkular, d.h. wenn die Taste RECHTS gedrückt wird, wird auf dem letzten Bildschirm zu ersten Bildschirm gewechselt. Mit der Taste LINKS wird ein Bildschirmwechsel in umgekehrter Reihenfolge erreicht. Die Taste START/STOP dient zum Starten und Stoppen der Aufnahme gemäß der Konfiguration des aktuell ausgewählten Messpunktes.

2.2 Ein- und Ausschalten

- Der Analysator wird durch einen kurzen Tastendruck eingeschaltet . Der Startbildschirm wird angezeigt, auf dem der Name des Messgeräts, die Version der internen Software (eng. *firmware*), die Hardware-Version und Seriennummer angezeigt wird. Danach führt der Analysator einen Autotest durch und falls Fehler gefunden werden, erscheint auf dem Display eine Entsprechende Fehlermeldung, und ein langer Tonsignal ausgegeben. Sollte ein Fehler beim Versuch die Karte zu aktivieren auftreten, erscheint die Meldung **FEHLER DER SPEICKERKARTE**. Falls die auf der Karte gespeicherten Datensätze beschädigt sind (oder z.B. der Benutzer die Karte im Massenspeichermodus, in dem der Benutzer vollen Zugriff auf den Inhalt der Karte hat, formatiert hat) wird der Analysator empfehlen die Speickerkarte zu formatieren (Meldung **SPEICKERKARTE FORMATIEREN?**), mit der Taste  kann die Formatierung gestartet werden (es werden 3 kurze Tonsignale ausgegeben). Das Messgerät wird automatisch neu gestartet, wenn der Benutzer für 15 Sekunden keine Taste betätigt. Nach der Formatierung wird der Analysator erneut versuchen die Karte zu aktivieren.
- Wenn der Analysator bei der Aktivierung der Karte die Datei FIRMWARE.PQF im Root-Verzeichnis, das die *Firmware* des Analysators enthält (interne Software) findet und die Version der Datei eine neuere Version der Software des Analysatoren enthält, wird eine Aktualisierung der Software empfohlen – die Meldung **FIRMWARE AKTUALISIEREN?**. Die Taste  startet die Aktualisierung (es werden 3 kurze Tonsignale ausgegeben), deren Fortschritt auf dem Display angezeigt wird. Das Update kann übersprungen werden, indem die Taste  kurz gedrückt wird. Die Aktualisierung wird auch übersprungen, wenn der Benutzer 10 Sekunden lang keine Taste betätigt hat. Wenn die Aktualisierung erfolgreich abgeschlossen wird, wird die Meldung **AKTUALISIERUNG ERFOLGREICH!** ausgegeben, andernfalls wird die Meldung **AKTUALISIERUNG FEHLGESCHLAGEN!** ausgegeben. Der Analysator wird dann neu gestartet.
- Der Analysator wird sich auf der zuletzt verwendeten Messstelle einstellen und wechselt zur Anzeige des Bildschirms1 mit einem Diagramm.
- Der Analysator wird durch halten der Taste  für 2 Sekunden ausgeschaltet, wenn die Tastensperre oder eine Aufnahme nicht aktiv ist.
- Nach Drücken einer aktiven Taste wird ein kurzes Tonsignal mit einem höheren Ton ausgegeben; bei einer inaktiven Taste ist es ein längeres Tonsignal mit niedrigerer Tonhöhe.
- Wenn die Taste  oder  mindestens 1,5 Sek. lang gehalten wird, wird die Aktualisierung des Displays forciert.

2.3 Automatische Abschaltung

Wenn der Analysator mindestens 30 Minuten im Akku-betriebenen Modus (ohne Netzteil) arbeitet und sich nicht im Aufzeichnungsmodus befindet und keine Verbindung zu einem Computer besteht, wird das Gerät automatisch abgeschaltet, um so den Akku vor Entladen zu schützen.

Die Automatische Abschaltung des Analysators erfolgt auch nach dem vollständigen Entladen des Akkus. Eine solche Notabschaltung wird unabhängig von dem Modus, in dem sich das Gerät befindet, ausgeführt. Im Falle einer aktiven Aufzeichnung wird diese unterbrochen. Nach der Rückkehr der Versorgungsspannung wird die Aufzeichnung wieder fortgesetzt. Die Notabschaltung wird durch die Meldung **AKKU LEER!** signalisiert.

2.4 Bildschirme

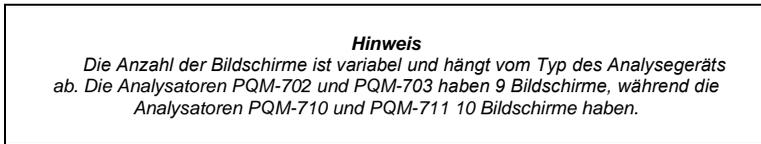


Abb. 5 zeigt den ersten Bildschirm der vom Analysator angezeigt wird. Der Balken im oberen Teil ist ein festes Element, das unabhängig von dem gewählten Bildschirm gezeigt wird.

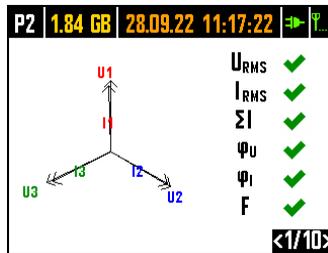


Abb. 5. Bildschirm 1 mit einem Diagramm und Indikatoren für die Anzeige einer korrekten Verbindung.

Auf dem Balken kann man unterscheiden (von links):

- Nummer der aktiven Messstelle (Konfigurationsstelle): **P1**, **P2**, **P3** oder **P4**. In einigen Modi wird die Nummer der Messstelle abwechselnd mit einem zusätzlichen Grafiksymboldargestellt:
- Das Symbol einer Sinuskurve wird angezeigt, wenn der Speicher der Messstelle vollständig mit aufgezeichneten Daten gefüllt ist, oder, wenn der Messstelle kein Speicherplatz zugewiesen wurde (Null-Zuteilung). Unter diesen Bedingungen ist das Starten der Aufnahme nicht möglich; nur die Anzeige der aktuellen Werte ist möglich.
- Das Symbol einer Steigung mit einem Pfeil bedeutet, dass auf die Auslösung der Aufnahme durch das erste erkannte Ereignis (Auslösen der Schwelle) gewartet wird.
- Das Sanduhr-Symbol bedeutet, dass der Analysator auf den Beginn der Aufnahme im Zeitplan-Modus (auch in den Pausen zwischen Aufnahme-Intervallen) wartet.
- verfügbarer Speicherplatz auf der Speicherkarte für den aktiven Messpunkt in MB oder GB.
- aktuelles Datum und die Uhrzeit im Format Tag.Monat.Jahr Stunde:Minute:Sekunde. Das Datum und die Zeit werden grün angezeigt, die Zeit des Analysators ist mit der GPS-Zeit synchronisiert und erfüllt die Anforderungen an die Genauigkeit der Zeitbestimmung, die in der Norm IEC 61000-4-30 enthalten ist und die die Analysatoren der Klasse A betreffen. Wenn die Zeit diese Kriterien nicht erfüllt, wird sie orange angezeigt.
- Stromversorgungsanzeige und Batterie-Status,
- Anzeige GSM-Signalstärke (wenn die SIM-Karte sich im Gerät befindet und eine Verbindung mit dem GSM-Netz besteht).

Die Nummer des Bildschirms wird in der rechten unteren Ecke des Displays angezeigt.

Display 1 wird standardmäßig nach Einschalten des Analysators und Änderung der Messstelle angezeigt. Ein Diagramm des gemessenen Netzes wird auf ihm gezeigt und Indikatoren für die Anzeige einer korrekten Verbindung zum geprüften Netz, in Bezug auf die Analysatorkonfiguration. Eine Beschreibung dieser Funktionalität finden Sie in Abschnitt 2.5.

2 Bedienung des Analysators

Bildschirm 2 ist auf Abb. 6 dargestellt. Es zeigt die gemessenen RMS-Spannungen und Ströme in dem System und die Netzfrequenz. Der Frequenzwert wird orange angezeigt, wenn keine PLL-Synchronisation vorhanden ist oder wenn der Analysator mit dem internen Generator arbeitet (z. B. bei fehlender U_{L1} -Spannung).

PQM-702T

Beim Analysator PQM-702T wird außerdem nach Anschluss des Temperaturfühlers ST-2 die Sensortemperatur auf diesem Bildschirm angezeigt.

| | | | | | |
|------|-------------|----------|-----------|---|-------|
| P3 | 1.80 GB | 20.12.12 | 11:30:10 | ⇒ | % |
| U1 | = 224.57 V | I1 | = 22.27 A | | |
| U2 | = 227.86 V | I2 | = 28.39 A | | |
| U3 | = 228.03 V | I3 | = 23.37 A | | |
| Unpe | = 0.0218 V | In | = 10.95 A | | |
| f | = 50.000 Hz | | | | |
| | | | | | <2/9> |

Abb. 6. Display 2 mit Spannungswerten und Werten der der effektiven Ströme.

Display 3 (Abb. 7) zeigt Wirkleistungen und Blindleistungen. Die Leistungen der aufeinanderfolgenden Phasen werden mit einer Zahl von 1 bis 3 gekennzeichnet. Die Gesamtleistungen werden in der letzten Zeile angezeigt (gekennzeichnet durch P und Q).

| | | | | | |
|----|------------|----------|--------------|---|-------|
| P3 | 1.80 GB | 20.12.12 | 11:30:09 | ⇒ | % |
| P1 | = 4.825 kW | Q1 | = 929.3 var | | |
| P2 | = 6.301 kW | Q2 | = 1.087 kvar | | |
| P3 | = 4.981 kW | Q3 | = 1.289 kvar | | |
| P | = 16.11 kW | Q | = 3.307 kvar | | |
| | | | | | <3/9> |

Abb. 7. Display 3 mit Wirkleistungen und Blindleistungen.

Auf Bildschirm 4 (Abb. 8) werden Scheinleistungen der Verzerrungen (markiert mit SN) Scheinleistungen (S) angezeigt. Falls die Messung der Leistung nach Budeanu gewählt wurde, wird anstatt der Scheinleistung der Verzerrung die Leistung der Verzerrung D angezeigt.

| | | | | | |
|-----|--------------|----------|-------------|---|-------|
| P3 | 1.80 GB | 20.12.12 | 11:30:08 | ⇒ | % |
| SN1 | = 984.6 var | S1 | = 7.617 kVA | | |
| SN2 | = 778.3 var | S2 | = 10.04 kVA | | |
| SN3 | = 1.100 kvar | S3 | = 8.081 kVA | | |
| SN | = 4.831 kvar | S | = 26.28 kVA | | |
| | | | | | <4/9> |

Abb. 8. Display 4 mit Scheinleistungen und Verzerrungen.

Bildschirm 5 (Abb. 9) ist die Anzeige von Verzerrungsfaktoren der Oberwellen THD in der Spannung und im Strom. Die Koeffizienten auf diesem Bildschirm beziehen sich auf die grundlegende Komponente.

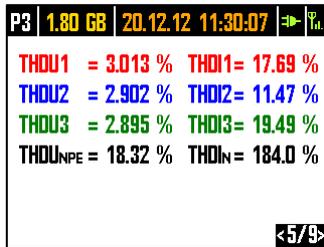


Abb. 9. Display 5 mit Verzerrungsfaktoren der Oberwellen THD.

Auf dem nächsten Bildschirm 6 (Abb. 10) werden die Leistungskoeffizienten PF und Koeffizienten $tg\varphi$ (das Verhältnis von Blindleistung und Wirkleistung) angezeigt.

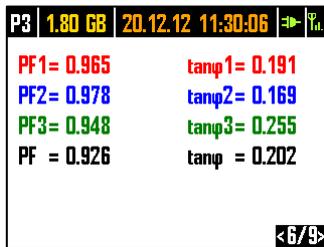


Abb. 10. Display 6 mit Leistungsfaktoren und $tg\varphi$.

Bildschirm 7 ist der letzte Messbildschirm und zeigt Indikatoren für kurz- und langfristiges Flimmern P_{st} und P_{it} . Der Faktor P_{st} wird alle 10 Minuten aktualisiert, und P_{it} alle 2 Stunden.

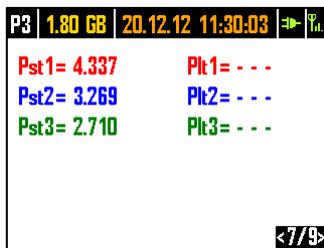


Abb. 11. Display 7 mit den Flickerfaktoren.

Display **8** zeigt folgende Informationen (Abb. 12):



Abb. 12. Bildschirm 8.

- Startzeit der letzten Aufnahme oder die Startzeit des nächsten geplanten Aufnahme-Intervalls im Aufnahme-Modus nach Zeitplan,
- Ende der letzten Aufnahmelaufzeit (während der Aufnahme werden Striche angezeigt) oder Ende des nächsten geplanten Aufnahme-Intervalls im Aufnahme-Modus nach Zeitplan,
- Dauer der aktuellen Aufnahme oder der abgeschlossenen, oder die Dauer des Aufnahme-Intervalls in Aufnahme-Modus nach Zeitplan,
- Anzahl der Ereignisse, die von dem Analysator ab Beginn der Aufnahme registriert wurden,
- Status des GSM-Netzes. In dieser Zeile werden Meldungen angezeigt, die sich auf den aktuellen Zustand des eingebauten GSM-Modems beziehen:
 - **EINSCHALTEN...**: das Modem wird eingeschaltet,
 - **NETZ-VERBINDUNGSaufbau...**: das Modem loggt sich in das GSM-Netz ein,
 - **INTERNET-VERB.-aufbau...**: das Modem aktiviert die die Paketdatenübertragung und loggt sich im Internet ein,
 - **BEREIT, LTE**: das Modem hat sich erfolgreich im GSM-Netz eingeloggt und wartet auf eine Verbindung mit dem Client. LTE ist der Name des Datenübertragungsstandards, dieser Standard ist abhängig von der Verfügbarkeit dieser Dienstleistung in Ihrer Nähe.

Der Analysator kann hier andere Meldung anzeigen, wie z.B. Berichte über gefundene Fehler: **SIM FEHLT**, wenn der Steckplatz nicht mit einer SIM-Karte bestückt ist, **FALSCHER PIN**, wenn der PIN-Code von der SIM-Karte abgelehnt wurde, usw. Mehr zu diesem Thema kann in dem Kapitel über die GSM-Verbindungen in Abschnitt 2.13 gefunden werden.

- die letzte Zeile des Bildschirms **8** zeigt den Status des GPS-Empfängers: wenn ein gültiges Signal von den GPS-Satelliten empfangen wird (entweder über die interne oder externe Antenne), wird das Wort **JA** angezeigt. Wenn das Signal nicht empfangen wird, wird die Meldung **KEIN SIGNAL** angezeigt. Mehr über den GPS-Empfänger in Abschnitt 2.12.
- aktuelle GPS-Signalstärke,
- die Information zur Bestimmung der GPS-Position (Aufschrift **2D**) und/oder des korrekten Empfangs der GPS-Zeit (Uhr-Symbol).

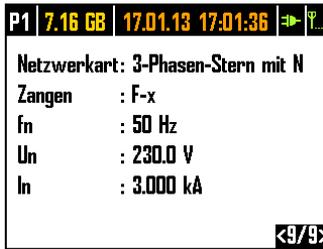


Abb. 13. Display 9 mit Informationen über die Einstellungen der Messstelle.

Bildschirm 9 (Abb. 13) ermöglicht eine schnelle Überprüfung der wichtigsten Konfigurationsparameter der Messstelle:

- Netzwerkart,
- Zangenart; bei Konfigurationen mit automatischer Erkennung der Zangenart wird **AUTO** mit der erkannten Zangenart in Klammern oder einem Fragezeichen **?** angezeigt, wenn keine Zangen angeschlossen sind oder ihr Anschluss fehlerhaft ist (z. B. nicht alle erforderlichen Klammern angeschlossen sind oder unterschiedliche Zangenarten angeschlossen sind).
- Nennwerten: der Spannung, des Bereichs der gemessenen Strome und Frequenzen.

PQM-710 **PQM-711** Bildschirm 10 zeigt den aktuellen Status der Wi-Fi-Verbindung an. Auf diesem Bildschirm kann der Benutzer lesen:

- Funksignalpegel (im Client-Modus) – wird durch das Symbol  angezeigt, wobei die Anzahl der grünen Felder den Signalpegel von 0 - kein Signal, bis 4 - starkes Signal definiert (im Access Point-Modus wird hier **AP** angezeigt),
- Verbindungsstatus (**BEREIT, IP-ADRESSE WIRD ABGERUFEN, NETZSUCHE...**),
- MAC-Adresse der Wi-Fi-Schnittstelle des Analysators,
- die IP-Adresse, die der Analysator im Wi-Fi-Netzwerk hat. Wenn die Adresse automatisch zugewiesen wurde, wird (**DHCP**) angezeigt,
- SSID des Wi-Fi-Netzes, mit dem der Analysator verbunden ist (im Client-Modus) oder des vom Analysator gesendeten Netzes (im Access Point-Modus).

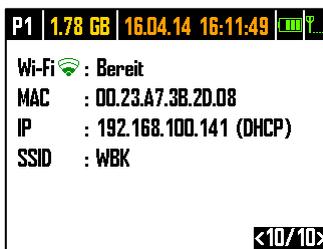


Abb. 14 Bildschirm 10 mit Informationen über den aktuellen Status der Wi-Fi-Verbindung (nur PQM-710 und PQM-711).

2.5 Überprüfung einer korrekten Verbindung

Auf dem ersten Bildschirm werden neben dem Anzeigediagramm in Echtzeit Indikatoren für die Korrektheit der Verbindung angezeigt (siehe Abb. 5), die einige wichtige Informationen über den Anschluss des Analysators an das untersuchte Netz liefern. Diese Informationen helfen dem Benutzer, die Kompatibilität der aktuellen Konfiguration des Analysators mit den Parametern des zu messenden Netzes zu überprüfen.

Die angegebenen Indikatoren sind fortlaufend gekennzeichnet als: U_{RMS} , I_{RMS} , ϕ_U , ϕ_I , f.

- **U_{RMS} :** Effektivwerte der Spannungen – zwei mögliche Symbole:
 -  - die Effektivwerte der Spannungen sind korrekt, innerhalb der Toleranz von $\pm 15\%$ der Nennspannung,
 -  - die Effektivwerte liegen außerhalb des U_{nom} -Bereichs von $\pm 15\%$.
- **I_{RMS} :** Effektivwerte der Ströme - vier Möglichkeiten:
 -  - die Effektivwerte der Ströme liegen im Bereich von $0,3\% I_{nom} \dots 115\% I_{nom}$,
 -  - die Effektivwerte der Ströme sind kleiner als $0,3\% I_{nom}$,
 -  - die Effektivwerte der Ströme sind größer als $115\% I_{nom}$,
 - - - - Die Striche werden angezeigt, wenn die Strommessung in der Konfiguration deaktiviert ist.

Bei allen Systemen, bei denen dies möglich ist, berechnet der Analysator auch die Summe aller mit den Zangen gemessenen Ströme (Momentanwerte) und prüft, ob sie gleich Null ist. So lässt sich feststellen, ob alle Stromzangen richtig angeschlossen sind (d.h. die Pfeile an den Zangen zeigen zum Empfänger). Ist der berechnete Effektivwert der Summe höher als $0,3\% I_{nom}$, wird dies als Fehler behandelt und das Zeichen  angezeigt.

- **ΣI :** Der Analysator prüft den korrekten Anschluss der Zangen anhand der momentanen Summe aller Ströme. In einem geschlossenen System sollte die Summe des effektiven Momentanwerts von Strom nahe Null liegen. Die Überprüfung wird nur durchgeführt, wenn RMS mindestens eines gemessenen Stroms $0,3\% I_{nom}$ überschreitet. In Messsystemen mit analytischer Berechnung des Stroms I_n und in Aron-Systemen ist diese Prüfung deaktiviert.
 -  - die Zangen sind richtig angeschlossen - die Summe des Momentanwerts von Strom ist nahe Null,
 -  - die Richtigkeit der Summierung der Ströme kann aufgrund der zu kleinen Werte der Ströme nicht überprüft werden,
 -  - die berechnete Summe des effektiven Momentanwerts von Strom übersteigt $0,3\% I_{nom}$ und übersteigt gleichzeitig 25% des Höchstwertes aller gemessenen Ströme. Eine solche Situation kann z. B. eintreten, wenn die Zangen am N-Draht verkehrt herum angeschlossen sind.
- **ϕ_U :** Spannungsvektoren – der Analysator prüft die Korrektheit der Winkel der Grundkomponenten und zeigt das entsprechende Symbol an:
 -  - Vektoren haben korrekte Winkel innerhalb $\pm 30^\circ$ des theoretischen Wertes für eine ohmsche Last und einen symmetrischen Stromkreis (in 3-Phasen-Systemen),
 -  - die Korrektheit der Winkel kann nicht überprüft werden, weil der Effektivwert der Spannung zu niedrig ist (weniger als $1\% U_{nom}$),
 -  - Winkel von Vektoren sind falsch. In 3-Phasen-Systemen wird dieses Symbol u.a. angezeigt, wenn die Spannungsphasen vertauscht sind.
- **ϕ_I :** Stromvektoren – die Korrektheit der Winkel der Komponentenvektoren der Grundströme in Bezug auf die Spannungsvektoren wird überprüft. Es werden folgende Symbole angezeigt:
 -  - Vektoren liegen innerhalb $\pm 55^\circ$ der Winkel der entsprechenden Spannungsvektoren,
 -  - die Korrektheit der Winkel der Stromvektoren kann nicht überprüft werden, da der Effektivwert der Ströme zu niedrig ist (weniger als $0,3\% I_{nom}$),
 -  - Vektoren liegen außerhalb der Grenzen des zulässigen Winkelbereichs ($\pm 55^\circ$),
 - - - - Die Striche werden angezeigt, wenn die Strommessung in der Konfiguration deaktiviert ist.

f: Frequenz:

-  – die gemessene Netzfrequenz liegt innerhalb des Bereichs $f_{nom} \pm 10\%$,
-  - der Effektivwert der Spannung der Referenzphase ist kleiner als 10 V (der Analysator arbeitet mit einem internen Generator) oder die PLL-Synchronisation fehlt,
-  - die gemessene Frequenz liegt außerhalb des Bereichs $f_{nom} \pm 10\%$.

Das Beispiel von Abb. 5 veranschaulicht die Situation eines unsachgemäßen Anschlusses der Stromzangen (Vertauschen zwischen den Kanälen I_2 und I_3) – das Symbol ϕ_1 zeigt einen Stromphasenfehler an.

2.6 Programm „Sonel Analysis“

Die Software *Sonel Analysis* ist eine Windows-Anwendung, die für die Arbeit mit den Analysatoren der Serie PQM erforderlich ist. Möglichkeiten und Funktionen:

- Konfiguration des Analysators,
- Ablesen der Daten aus dem Recorder,
- Echtzeit-Vorschau des Netzwerks,
- Löschen von Daten in dem Analysator,
- Präsentation von Daten in tabellarischer Form,
- Präsentation von Daten als Diagramm,
- Analyse von Daten in Bezug auf die Norm EN 50160 (Berichte), der Systemregelung und andere benutzerdefinierte Bezugspunkte und Richtlinien,
- unabhängige Bedienung für mehrere Geräte,
- Aktualisierung zu einer neueren Softwareversion des Analysators und derselben Anwendung.

Eine detaillierte Anleitung für das Programm *Sonel Analysis* ist in einem gesonderten Dokument erhältlich (auch zum Download von der Herstellerwebsite www.sonel.com).

2.7 PC-Verbindung und Datenübertragung

Der Analysator bietet verschiedene Möglichkeiten mit dem Computer zu kommunizieren. Diese sind jeweils:

- Kabelgebundene Kommunikation über USB,
-  Funkkommunikation im 433-MHz-Band mit dem Empfänger OR-1,
- Drahtlose Verbindung über das integrierte GSM-Modem,
-  Funkkommunikation mittels drahtloser Wi-Fi-Übertragung – der Computer und der Analysator müssen mit demselben LAN verbunden sein (oder direkt miteinander, wenn sich das Analysegerät im Access-Point-Modus befindet) oder über WAN kommunizieren können (entsprechende Router-Konfiguration).

Die Verbindung mit dem Computer (PC-Modus) ermöglicht:

- die Übertragung der durch das Gerät gespeicherten Daten:
 - es ist möglich, die Daten aller Messstellen auszulesen (sowohl während als auch ohne laufende Aufzeichnung),
- Vorschau der Netzparameter auf dem PC:
 - Momentanwerte von Strom, Spannung, Leistung und Energie, Gesamtwert für das System,
 - Oberwellen, interharmonische Komponenten, Leistungen der Oberwellen, THD, TID,
 - Unsymmetrie,
 - Zeigerdiagramme für Spannung,
 - Spannungs- und Stromverlauf in Echtzeit,
 - Alle anderen gemessenen Parameter, die hier nicht aufgeführt wurden.
- Analysator-Konfiguration, Fernauslöser und das Anhalten der Aufnahme.

2 Bedienung des Analysators

- Nach Anschluss an einen PC erscheint auf dem Display die Meldung **VERBINDUNG MIT DEM PC** und die Art der Verbindung.
- Während der Verbindung zum PC sind die Tasten gesperrt, außer der Taste , es sei denn, die Tastatur des Analysators ist gesperrt (z.B. bei der Aufzeichnung), in so einem Fall sind alle Tasten gesperrt.
- Um mit dem Analysator eine Verbindung aufzubauen, muss die PIN eingegeben werden. Standardmäßig wird der PIN-Code 000 (drei Nullen) eingestellt. Der PIN-Code kann in dem Programm *Sonel Analysis* individuell eingestellt werden.
- Nachdem der PIN-Code dreimal falsch eingegeben wird, wird die Datenübertragung für 10 Minuten gesperrt. Erst nach Ablauf dieser Zeit ist es möglich den PIN-Code erneut einzugeben.
- Wenn nach dem Verbinden mit dem PC keine Datenübertragung innerhalb von 30 Sekunden stattgefunden hat, wird der Analysator den Datenübertragungsmodus verlassen und die Verbindung abbrechen.

Anmerkungen

- Wenn die Tasten  und  5 Sekunden lang gehalten werden, wird der Standard-PIN-Code (000) eingestellt.
- Wenn die Tastensperre während der Aufzeichnung eingeschaltet ist, hat diese Funktion Vorrang (zuerst muss die Tastensperre aufgehoben werden, um die PIN zurückzusetzen). Im Notfall kann die Tastatur entsperrt werden, indem die Taste  und  5 Sekunden lang gedrückt gehalten wird.

- Wenn eine Verbindung über eines der Medien aktiv ist, ist es nicht möglich mit dem Analysator über ein anderes Medium zu kommunizieren, z.B. wenn die USB-Verbindung aktiv ist, können Sie keine Funkverbindung über OR-1 oder GSM aufbauen. In diesem Fall zeigt die Anwendung die Meldung, dass eine andere Verbindung aktiv ist.

2.7.1 USB-Kommunikation

USB ist eine ständig aktive Schnittstelle und es ist nicht möglich sie zu deaktivieren. Um mit dem Analysator eine Verbindung aufzubauen, schließen Sie das USB-Kabel an den Computer an (die USB-Buchse am Gerät befindet sich auf der linken Seite und wird durch einen Verschlussstopfen geschützt). Auf dem Computer muss zuvor das Programm *Sonel Analysis* zusammen mit den Treibern installiert werden.

Die Datenübertragungsgeschwindigkeit beträgt 921,6 kbit/s. Darüber hinaus ermöglicht der eingebaute Massenspeicherleser Daten mit einer viel höheren Geschwindigkeit zu übertragen, als die Standardgeschwindigkeit. In diesem Modus stellt der Analysator seine Speicherkarte als Speichermedium zur Verfügung, was eine Datenübertragungsgeschwindigkeit von mehreren MB/s gewährleistet. Während eines solchen Ablebens ist eine normale Kommunikation mit dem Analysator nicht möglich, wie z.B. der Vorschau der Daten im LIVE-Modus. Die Anwendung *Sonel Analysis* schaltet den Analysator nach dem Lesen der Daten aus dem Modus eines Lesegerätes in den Standard-Modus der Kommunikation.

Hinweis

Im Leser-Modus ist der gesamte Inhalt der Speicherkarte als Laufwerk in Ihrem Betriebssystem sichtbar, was uneingeschränkter Zugang zu deren Inhalten ermöglicht. Um eine Beschädigung des Dateisystems auf der Karte zu verhindern und gespeicherten Daten nicht zu verlieren, sollte in das Dateisystem auf der SD-Karte selbstständig nicht eingegriffen werden (z.B. durch Erstellen und Speichern von eigenen Dateien oder durch Löschen der vom Gerät gespeicherten Dateien). Zu diesem Zweck sollten keine anderen Programme als Sonel Analysis verwendet werden.

Hinweis

Verwenden Sie zertifizierte USB-2.0-Kabel von guter Qualität mit einer Länge von höchstens 5 m. Dies ist besonders im Speichermodus wichtig. Es wird empfohlen, das mit dem Analysator gelieferte USB-Kabel zu verwenden.

2.7.2 Funkverbindung über OR-1 **PQM-702** **PQM-702T** **PQM-703**

Beim Anschluss an einen Computer des Empfängers OR-1 kann drahtlos mit dem Analysator unter Verwendung des 433 MHz-Bands kommuniziert werden. Die Reichweite in diesem Modus wird auf etwa 5 m begrenzt und die maximale Datenrate beträgt 57,6 kbit/s.

Hinweis

Vor der Funk-Verbindung mit dem Analysator über OR-1, muss der jeweilige Analysator zur Datenbank hinzugefügt werden (**OPTIONEN** → **ANALYSATOR-DATENBANK IM Programm Sonel Analysis**). Bei der Radio-Suche von Analysatoren werden nur die Geräte angezeigt, die zur Datenbank hinzugefügt wurden. Weitere Informationen in der Bedienungsanleitung von Sonel Analysis.

OR-1 wird nicht von Geräten (einschließlich ihrer Varianten) unterstützt, die **Seriennummern mit folgenden Präfixen** tragen:

- PQM-702: LI,
- PQM-703: LJ.

Die Funkschnittstelle, die mit dem Empfänger OR-1 kommuniziert kann im Analysator eingeschaltet werden. Um es erneut einzuschalten, muss dies über die zwei weiteren Übertragungs-Modi geschehen: USB oder GSM.

2.7.3 Kommunikation über das GSM-Netz

Das eingebaute GSM-Modem ermöglicht den Zugang zum Analysator von einer beliebigen Stelle auf der Welt, überall wo ein GSM-Netz in Reichweite ist. Um eine solche Möglichkeit zu nutzen, stecken Sie eine aktive SIM-Karte in das Gerät.

Die SIM-Karte muss folgende Dienste aktiviert haben:

- Datenübertragung,
- öffentliche statische IP-Adresse,
- SMS-Option, um Alarmmeldungen zu senden.

Zum konfigurieren der SIM-Karte und des Modems im Analysator sind folgende Daten des Netzkundendienstleisters zur Datenübertragung notwendig:

- PIN der SIM,
- PUK der SIM-Karte, im Falle einer Blockade der SIM nach mehrmaliger falscher Eingabe des PIN-Codes,
- IP-Adresse der SIM (dies muss eine statische Adresse sein),
- APN-Name (Eng. *Access Point Name*),
- Benutzername und Passwort (optional, in der Regel nicht erforderlich).

2 Bedienung des Analysators

Nachdem die SIM-Karte zum ersten Mal in den Analysator eingelegt wurde, wird der Analysator versuchen den zuletzt eingegebenen PIN-Code oder den Standard-Code einzugeben. Normalerweise schlägt dieser Versuch fehl, und der Analysator zeigt eine Meldung über die Eingabe einer falschen PIN an. Um die richtigen Daten einzugeben, muss eine Verbindung mit dem Analysator via USB (oder OR-1) aufgebaut werden und eine GSM-Verbindung konfiguriert werden. Das Verfahren ist im Abschnitt 2.13.2 beschrieben. Wenn der Analysator korrekt konfiguriert ist, wird er versuchen mit dem GSM-Netzwerk eine Verbindung aufzubauen und dann mit dem Internet. Der Analysator wird nun im Internet unter der zugewiesenen IP-Adresse sichtbar sein, und auf Port 4001 auf eingehende Verbindungen aktiv sein. Eine solche Verbindung kann über die Anwendung *Sonel Analysis* hergestellt werden.

Wenn der GSM-Modem nicht genutzt wird, kann es aus der Ebene des Programms ausgeschaltet werden.

Weitere Informationen zur Konfiguration des Analysators für die GSM-Kommunikation in Abschnitt 2.13.

2.7.4 Funkverbindung über Wi-Fi **PQM-710** **PQM-711**

Die Analysatoren PQM-710/711 sind mit einem Wi-Fi-Modul ausgestattet, das nach den Standards IEEE 802.11 b/g und n Single-Stream arbeitet. Dadurch kann der Analysator aus der Ferne mit einem Tablet (oder Computer) kommunizieren. Der direkte Anschluss des Tablets ↔ mit dem Analysator, der Betrieb in einem lokalen Netzwerk sowie über das Internet ist möglich. Es ist möglich, in einem offenen oder WPA/WPA2-PSK-geschützten Netzwerk zu arbeiten.

Hinweis

Bei Analysatoren mit Firmware-Version 1.25 oder älter kann das Wi-Fi-Modul nur im Client-Modus arbeiten. Analysatoren ab Version 1.30 haben die Möglichkeit, in zwei Modi zu arbeiten: Client und Access Point (AP).

Client-Modus

Im Client-Modus stellt der Analysator eine Verbindung zu einem externen Zugangspunkt her. Wenn der Analysator mit dem Zugangspunkt verbunden wird, startet es den TCP/IP-Verbindungsserverdienst mit einer statischen IP-Adresse oder einer vom DHCP-Server des Zugangspunkts zugewiesenen Adresse. Der TCP-Port, der sowohl im lokalen Netz als auch bei einer Direktverbindung verwendet wird, ist 4002.

Für die Verbindung mit dem Analysator über das Internet muss der Wi-Fi-Router vom Netzwerkadministrator ordnungsgemäß konfiguriert werden.

Ein Analysator, der sich nicht in Reichweite des gewünschten Zugangspunkts befindet, bleibt im 2,4-GHz-Wi-Fi-Band-Scan-Modus.

Zugangspunkt-Modus (eng. Access Point, AP)

In diesem Modus ist der Analysator ein Zugangspunkt, der ein lokales Netzwerk mit dem vom Benutzer festgelegten Namen (SSID) und Passwort sendet. Geräte wie PCs, Tablets und Telefone können sich mit diesem Zugangspunkt verbinden. Standardmäßig arbeitet der Access Point auf Kanal 10. Falls erforderlich, kann dieser Kanal durch einen anderen ersetzt werden.

Weitere Informationen zum Einrichten einer Wi-Fi-Verbindung und zur Verbindung mit dem Messgerät finden Sie im Abschnitt 2.14.

2.8 Durchführen von Messungen

2.8.1 Messkonfigurationen

Der Analysator ermöglicht die Speicherung von vier völlig unabhängigen Messkonfigurationen. Die Nummer der aktiven Konfiguration (manchmal auch als Messpunkt bezeichnet) wird in der oberen linken Ecke des Bildschirms als Buchstabe **P** und als Zahl **1... 4** angezeigt.

Durch das gleichzeitige Festhalten über 1 Sek. der Tasten  und  wird die Auswahl der Messkonfiguration angezeigt, Abb. 15.

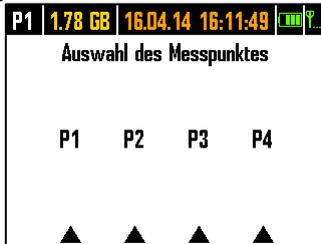


Abb. 15. Auswahl des Messpunktes.

Um einen der vier Punkte auszuwählen, drücken Sie die entsprechende Taste mit einem Dreieck auf dem Bildschirm:

- um die Messstelle 1 auszuwählen, wählen Sie die Taste 
- um die Messstelle 2 auszuwählen, wählen Sie die Taste 
- um die Messstelle 3 auszuwählen, wählen Sie die Taste 
- um die Messstelle 4 auszuwählen, wählen Sie die Taste 

Nach Auswahl der Messstelle wechselt der Analysator zur Anzeige eines Diagramms (Bildschirm 1) und führt eine Prüfung der richtigen Verbindung zum geprüften Netz durch. Wenn ein Fehler erkannt wird, wird ein langes Tonsignal ausgegeben.

Wenn der Benutzer auf die Auswahl der Messstelle verzichtet und keine Taste drückt, kehrt der Analysator nach ein paar Sekunden zum vorherigen Bildschirm zurück.

In einigen Fällen ist die Änderung der Messstelle nicht möglich. Mindestens zwei dieser Fälle sind wie folgt:

- Der Analysator ist in dem Prozess der Registrierung, wobei in diesem Fall die Meldung **REGISTRIERUNG IST IM GANGE** angezeigt wird,
- laufende Kommunikation mit dem Computer (via USB, OR-1, Wi-Fi oder GSM). In diesem Fall sind die Tasten LINKS und RECHTS inaktiv.

Der Benutzer kann einen beliebigen Prozentsatz des Speichers jeder Konfiguration zuweisen (z.B. 100% für die erste, keine anderen Konfigurationen oder 25% für jede Konfiguration). Falls für eine der Konfigurationen der gesamte Speicher zugewiesen wurde, wird nach Wahl der restlichen Punkte auf dem Bildschirm die Nummer der Konfiguration abwechselnd mit dem Symbol einer Sinuskurve angezeigt, was signalisiert, dass nur die Vorschau in Echtzeit möglich ist (Live-Modus).

2.8.2 Starten und Stoppen der Aufnahme

Wenn auf der Karte an der aktuellen Konfiguration Platz ist, können Sie die Aufnahme durch Drücken der Taste  starten, oder von der Anwendung aus, bei einer PC-Verbindung.

Der Startmodus der Aufnahme ist abhängig von der Konfiguration der Messstelle. Es gibt drei Modi:

- sofortiges Einschalten – die Aufnahme beginnt direkt nach Betätigen der Taste.
- Einschalten nach Erkennen des ersten Ereignisses – der Analysator wartet bis die Aufnahme ausgelöst wird, bis der erste Parameter, die an der Messstelle konfiguriert wurden, den Grenzwert zur Auslösung überschreitet. Während des Wartens auf ein Ereignis zeigt der Analysator in der Statusleiste die Nummer der Messstelle abwechselnd mit dem Symbol einer Steigung mit einem Pfeil.
- Einschalten gemäß der geplanten Aufnahmezeit (Zeitplan). Auf dem Bildschirm **8** kann überprüft werden was für ein weiterer Anfang und Ende der Aufnahme geplant ist. Zur gleichen Zeit wird auf dem Statusbalken die Messstellenummer abwechselnd mit dem Symbol einer Sanduhr angezeigt. Wenn alle geplanten Zeiten im Zeitplan vergangen sind, wird die Aufnahme nicht gestartet, und die Statusleiste zeigt die Messstellenummer abwechselnd mit dem Symbol einer Sinuskurve an (was bedeutet, dass es möglich ist, nur aktuelle Netzwerke anzuzeigen).

Im Aufnahmemodus wird die Nummer der Messstelle in der oberen linken Ecke des Bildschirms einmal pro Sekunde blinken.

Abschluss der Aufzeichnung:

- Die manuelle Aufnahme wird gestoppt, indem Sie die Taste  eine Sekunde lang gedrückt halten oder über die PC-Anwendung.
- Die Aufzeichnung im Zeitplan-Modus automatisch beendet (wenn die Zeit eingestellt wurde), in den anderen Fällen wird sie vom Benutzer beendet (mit der Taste  oder über die Software).
- Die Aufzeichnung wird automatisch gestoppt, wenn der gesamte für diesen Messpunkt zugewiesene Speicherplatz ausgefüllt wird. In dieser Situation wird auf dem Display die Messstellenummer abwechselnd mit dem Symbol einer Sinuskurve angezeigt.
- Das Display bleibt am Ende der Aufzeichnung ausgeschaltet, wenn in der Konfiguration der Schlafmodus aktiviert wurde. Durch Drücken einer beliebigen Taste aktivieren Sie dann die Anzeige auf dem letzten Bildschirm (wenn die Tastensperre nicht aktiv ist) oder den Bildschirm mit der Aufforderung den Freischalt-Code für die Tastatur einzugeben (wenn die Tastensperre aktiv ist).

2.8.3 Konfiguration der Aufzeichnung

Bevor der Benutzer mit der Aufzeichnung beginnt, ist es notwendig, die gewählte Messstelle im Voraus zu konfigurieren, damit die Aufzeichnung entsprechend den Anforderungen des Benutzers erfolgt. Die Konfiguration erfolgt mit der Software *Sonel Analysis*. Der Analysator wird werksseitig mit Probenkonfigurationen ausgeliefert, die im Handbuch der Software *Sonel Analysis* näher beschrieben sind.

Ganz allgemein können drei verschiedene Arten der Aufzeichnung unterschieden werden:

- Aufzeichnung entsprechend der Benutzerkonfiguration,
- Aufzeichnung nach einer Norm (EN 50160 oder andere),
- binäre Aufzeichnung, die eine parallele Messung je nach Benutzerkonfiguration und unabhängig von der Einhaltung der Norm ermöglicht.

Die Aufzeichnung nach Benutzerkonfiguration ermöglicht die freie Auswahl der zu registrierenden Parameter. Der Benutzer gibt die Art des Netzes, die Nennparameter und die Mittelungszeit an, gibt die Parameter an, die aufgezeichnet werden sollen, aktiviert die Ereigniserkennung usw.

Durch die Aufzeichnung der Übereinstimmung mit der angegebenen Norm kann ein Übereinstimmungsbericht erstellt werden, um die Qualität der Stromversorgung an dem untersuchten Netzpunkt zu bewerten. In früheren Versionen der Firmware der Analytoren (v1.16 oder älter) konnte der Benutzer in diesem Modus die Aufzeichnung zusätzlicher Parameter angeben (zusätzlich zu denen, die für den ausgewählten Standard erforderlich und automatisch aktiviert sind), aber die Mittelungszeit für alle Parameter konnte nur 10 Minuten betragen (wie die Hauptmittelungszeit für den Standard). Ab der Firmware-Version v1.17 steht den Nutzern eine neue Aufzeichnungsmethode zur Verfügung, mit der die Beschränkung der Mittelungszeit aufgehoben wird. Das bedeutet, dass der Benutzer die Registrierung für die Einhaltung der Norm aktivieren und gleichzeitig andere Parameter mit einer anderen Mittelungszeit registrieren kann – also genauso wie bei der Aufzeichnung entsprechend der Benutzerkonfiguration. Damit eröffnen sich völlig neue diagnostische Möglichkeiten. Im binären Modus findet die normative Aufzeichnung völlig unabhängig, sozusagen im Hintergrund, statt.

Eine Ausnahme (Einschränkung) für die benutzerkonfigurierte Aufzeichnung besteht darin, dass die Erkennungsschwellen für Spannungsereignisse (Einbruch, Überspannung, Spannungsausfall) aufgrund der strengen Anforderungen für solche Ereignisse in den Normen nicht geändert werden können. Auch diese Ereignisse sind immer aktiviert und können nicht deaktiviert werden.

Eine zweite mögliche Ausnahme besteht, wenn Normen ausgewählt werden, die eine RVC-Registrierung erfordern (z. B. EN 50160). In diesem Fall werden die Schwellenwerte für die RVC-Erkennung im Standardprofil festgelegt und können in der Benutzerkonfiguration nicht geändert werden.

In solchen Fällen, wenn der Benutzer die Aufzeichnung nur für die Einhaltung einer Norm benötigt und nicht möchte, dass der Analytator zusätzlich einige andere Parameter registriert (und damit die Menge der registrierten Daten unnötig erhöht), sollten alle anderen Parameter deaktiviert werden (durch Deaktivieren in der Konfiguration), oder es sollte eine sehr lange Mittelungszeit aus der Liste ausgewählt werden (selbst wenn die Parameter registriert werden, nehmen sie relativ wenig Platz ein); dabei werden jedoch Ereignisse nicht berücksichtigt, so dass die beste Lösung darin besteht, nicht benötigte Parameter zu deaktivieren.

2.8.4 Ungefähre Aufzeichnungszeiten

Die maximale Aufzeichnungsdauer hängt von vielen Faktoren ab, wie die Größe des zugewiesenen Speicherplatzes, Mittelungszeit, Netzwerk-Typ, Anzahl der aufgezeichneten Parameter, Aufzeichnung von Oszillogrammen und Erkennung von Ereignissen und der Schwellenwerte. Einige ausgewählte Konfigurationen wurden in Tab. 3 dargestellt. In der letzten Registerkarte sind die ungefähren Messzeiten angegeben, wenn dem jeweiligen Messpunkt ca. 2 GB Arbeitsspeicher zugewiesen wurde. Die Beispiele von Konfigurationen setzen die Messung der Spannung N-PE des Stromes I_N voraus.

Tab. 3. Die ungefähren Aufzeichnungszeiten für mehrere Beispiel-Konfiguration.

| Konfigurations- typ/ Aufgezeichnete Parameter | Mittelungs- zeit | Netz- werkart (Strom- messung aktiv) | Ereignisse | Oszillo- gramme der Ereignisse | Oszillo- gramme nach der Mittelungs- zeit | Ungefähre Registrie- rungszeit bei 2 GB zuge- wiesenem Speicherplatz |
|---|---------------------|--|---------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| nach EN 50160 | 10 min | 3-Pha- sen-Stern | • (1000 Ereig- nisse) | • (1000 Ereig- nisse) | | 60 Jahre |
| entsprechend dem Profil „Span- nungen und Strom“ | 1 s | 3-Pha- sen-Stern | | | | 270 Tage |
| entsprechend dem Profil „Span- nungen und Strom“ | 1 s | 3-Pha- sen-Stern | | | • | 4 Tage |
| nach dem Profil „Leistungen und Oberwellen“ | 1 s | 3-Pha- sen-Stern | | | | 23 Tage |
| nach dem Profil „Leistungen und Oberwellen“ | 1 s | 3-Pha- sen-Stern | • (1000 Ereig- nisse) | • (1000 Ereig- nisse) | | 22,5 Tage |
| alle möglichen Parameter einge- schaltet | 10 min | 3-Pha- sen-Stern | | | | 4 Jahre |
| alle möglichen Parameter einge- schaltet | 10 s | 3-Pha- sen-Stern | | | | 25 Tage |
| alle möglichen Parameter einge- schaltet | 10 s | 1-Phasen | | | | 64 Tage |
| alle möglichen Parameter einge- schaltet | 10 s | 1-Phasen | • (1000 Ereig- nisse/Tag) | • (1000 Ereig- nisse/Tag) | • | 14,5 Tage |

2.9 Messsysteme

Der Analysator kann direkt oder indirekt an folgende Netzwerke angeschlossen werden:

- 1-Phasen (Abb. 16)
- 2-Phasen (mit geteilter Wicklung des Transformators, eng. *split phase*) (Abb. 17),
- 3-Phasen des Typs Stern mit neutraler Leitung (Abb. 18),
- 3-Phasen des Typs Stern ohne neutrale Leitung (Abb. 19),
- 3-Phasen des Typs Dreieck (Abb. 20).

Indirekte Messungen in Mittelspannungsnetzen sind möglich:

- im System des Typs Stern (Abb. 23),
- im System des Typs Dreieck (Abb. 24).

Messungen in DC Netzen in 2 Konfigurationen möglich:

- DC – ein-Spannungs DC Netz (Abb. 25)
 - DC+M – zwei-Spannungs DC Netz mit Mittelpunkt (Abb. 26)
- In DC Netzen ist es möglich den Strom mit Zangen C-5A zu messen.

In 3-Phasen-Systemen ist die Messung mit der Aron-Methode möglich, unter Verwendung von nur zwei Messzangen, die die Linienströme I_{L1} und I_{L3} messen. Der Strom I_{L2} wird nach folgender Formel berechnet:

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

Diese Methode kann in einem Dreieck-System (Abb. 21, Abb. 24) und in einem Stern-System ohne neutrale Leitung (Abb. 22) verwendet werden.

Hinweis

Weil die Messkanäle der Spannung im Analysator sich auf den Eingang N, in Systemen ohne neutrale Leitung, beziehen, ist es notwendig den Eingang N und L3 des Analysators zu verbinden. Es ist in diesem Fall nicht nötig den L3-Eingang des Analysators an das geprüfte Netz anzuschließen. Dies wird auf Abb. 19, Abb. 20, Abb. 21 und Abb. 22 (3-Phasen-Systeme des Typs Stern und Dreieck) dargestellt. Für transiente Messungen im Kanal L3 ist der Anschluss des Eingangs L3 erforderlich.

In Systemen mit neutraler Leitung kann zusätzlich die Strommessung auf dieser Leitung eingeschaltet werden, nachdem ein zusätzlicher Satz Messzangen im Kanal I_N angeschlossen wurde. Diese Messung wird durchgeführt, wenn in der Konfiguration des Messpunktes die Option **N-LEITER STROM** mit der Option **GEMESSEN**.

Eine Alternative zur Strommessung I_N mit Zangen ist die Berechnung des Stromes im Nullleiter auf analytische Weise. Der Analysator bietet diese Möglichkeit, wenn die Optionen **N-LEITER STROM** und **BERECHNET** ausgewählt sind. Der Nullstrom wird aus der Beziehung berechnet:

- $I_N = -I_{L1}$, in einem 1-Phasen-System,
- $I_N = -I_{L1} - I_{L2}$, in einem 2-Phasen-System,
- $I_N = -I_{L1} - I_{L2} - I_{L3}$, in einem 3-Phasen-Stern mit N.

Die angegebenen Beziehungen sind echt, wenn im Schutzleiter PE sich Nullstrom befindet. In typischen Situationen ist dieser Strom in der Tat vernachlässigbar, aber bedenken Sie, dass in Notfallsituationen (z.B. Kurzschluss in der Leitung, bis zur Schutzauslösung) der Strom in der PE-Leitung signifikante Werte erreichen kann; somit wird der Rechenwert des Stroms I_N von dem tatsächlichen abweichen.

Hinweis

Zur Berechnung der gesamten Scheinleistung S_e und des gesamten Leistungsfaktors PF in einem 3-Phasen-System mit 4 Leitungen, ist die Messung des Stromes der neutralen Leitung notwendig. In solch einem Fall sollte immer die Option **N-LEITER STROM** aktiviert sein und es sollten 4 Messzangen verwendet werden, siehe Abb. 18. Eine andere Möglichkeit ist das Aktivieren der analytischen Berechnung des Stromes I_N . Mehr Informationen über die Gesamtscheinleistung S_e finden Sie im Dokument „Qualität der Stromversorgung – Leitfaden“).

Im Falle von Systemen mit verfügbaren PE- und N-Leitungen (Erdung und Nullleiter) kann auch die Messung der Spannung N-PE erfolgen. Zu diesem Zweck sollte die Leitung PE an den PE-Spannungseingang des Analysators angeschlossen werden. Zusätzlich muss in der Konfiguration des Messpunktes die Option **N-PE SPANNUNG** aktiviert sein.

Beachten Sie die Richtung in der Sie die Zangen (flexible und CT) anschließen. Die Zangen müssen so montiert werden, dass der Pfeil auf den Zangen in Richtung der Belastung zeigt. Dies kann überprüft werden, indem eine Messung der Wirkleistung durchgeführt wird – in den meisten passiven Empfängern ist die Wirkleistung positiv. Falls die Zangen verkehrt angeschlossen werden, ist es möglich die Polarisierung über die Software *Sonel Analysis* umzukehren.

PQM-703 PQM-711

Wenn die Berechnung der Überspannungen benötigt wird (Transienten), muss berücksichtigt werden, dass der Analysator sie in Bezug auf den PE-Eingang misst. Somit muss in solchen Fällen immer eine Verbindung des PE-Einganges des Analysators zur Erdung gewährleistet sein. Dieser Hinweis betrifft alle Systemtypen, auch 3-Leitersysteme. Ein nicht angeschlossener PE-Leiter wird dazu führen, dass Transienten nicht erkannt werden. In dreiphasigen Dreileitersystemen (Dreieck und Stern ohne N) muss zur Erkennung von Transienten im Kanal L3 auch der Eingang L3 mit dem zu prüfenden Netz verbunden werden (im Gegensatz zu den Fällen, in denen keine Transientenmessungen durchgeführt werden - in diesem Fall ist der Anschluss dieses Eingangs an das zu prüfende Netz in diesen Systemen nicht erforderlich).

Die folgenden Abbildungen zeigen schematisch, wie ein Netzwerk-Analysator zum Test, abhängig vom Netz-Typ, angeschlossen werden sollte.

Die Symbole auf den Zeichnungen in Bezug auf optionale Verbindungen haben folgende Bedeutung:

U_{N-PE}

Wenn die Messung der Spannung U_{N-PE} erforderlich ist, muss die Verbindung, die durch dieses Symbol auf der Schaltungsabbildung gekennzeichnet ist, erstellt werden (die PE-Eingänge mit dem Schutzleiter verbinden)

I_N

Wenn die Messung des Stromes I_N erforderlich ist, muss die Verbindung, die durch dieses Symbol auf der Schaltungsabbildung gekennzeichnet ist, erstellt werden (die Zangen im Kanal I_N anschließen)

Trans. Wenn die Messung der Transienten erforderlich ist, muss die Verbindung, die durch dieses Symbol auf der Schaltungsabbildung gekennzeichnet ist, erstellt werden (PE-Eingang mit der lokalen Erdung oder Schutzleiter und den Spannungseingang L3, je nach Art des Systems, verbinden)

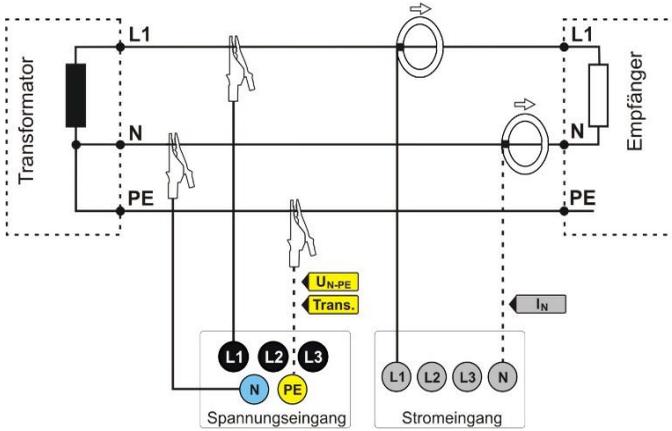


Abb. 16. Anschlussschaltbild - 1-Phasen-System.

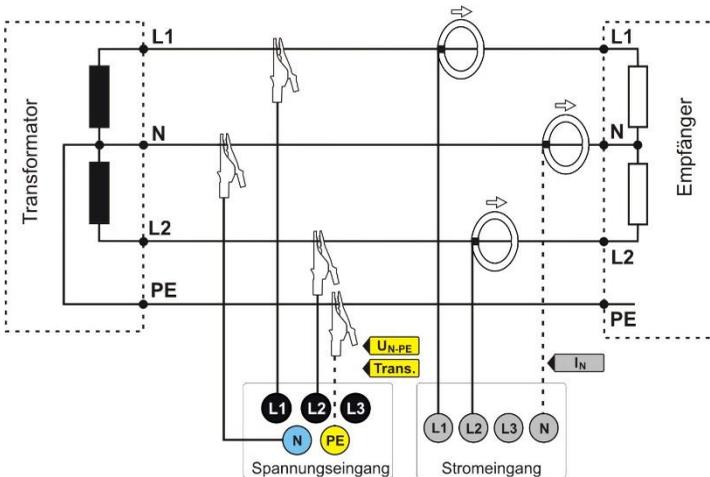


Abb. 17. Anschlussschaltbild - 2-Phasen-System (Eng. *split-phase*).

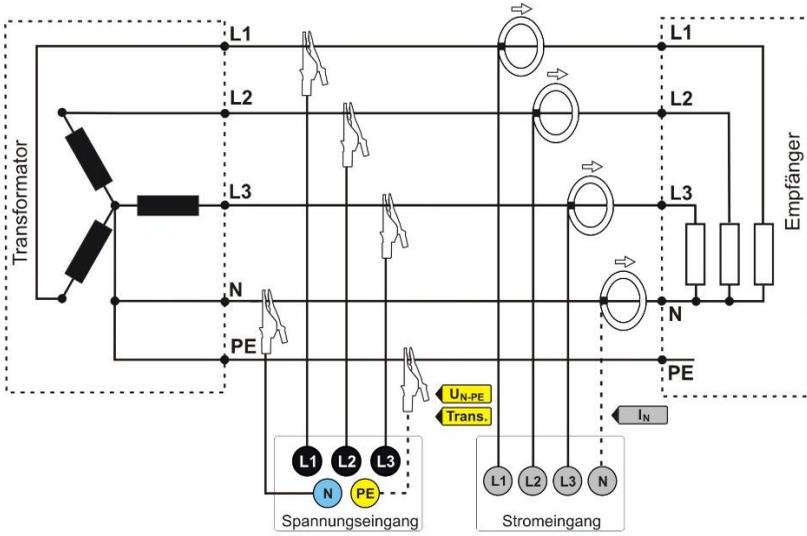


Abb. 18. Anschlussschaltbild – 3-Phasen-Stern-System mit neutraler Leitung.

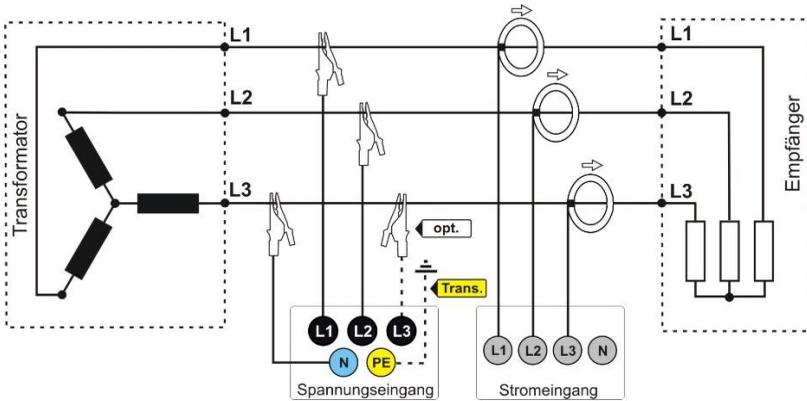


Abb. 19. Anschlussschaltbild – 3-Phasen-Stern-System ohne neutraler Leitung.

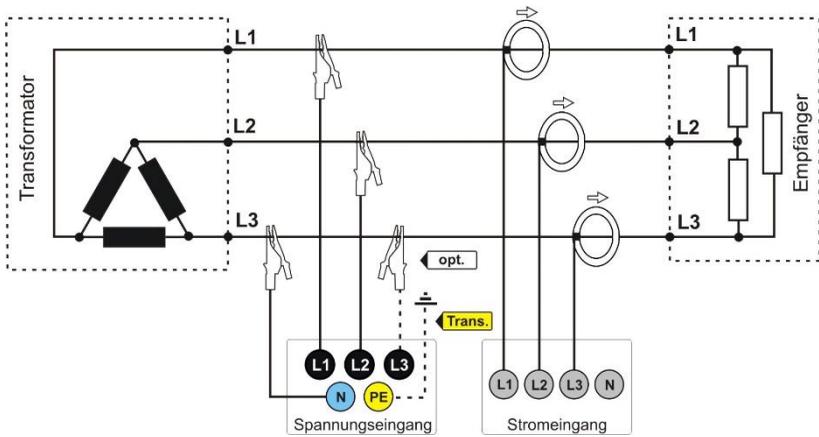


Abb. 20. Anschlussschaltbild - 3-Phasen-Dreieck-System.

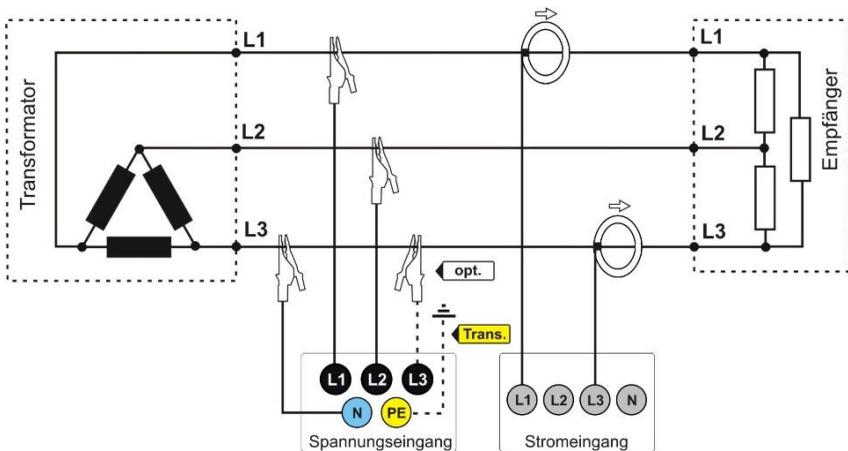


Abb. 21. Anschlussschaltbild - 3-Phasen-Dreieck-System (Messung mit der Aron-Methode).

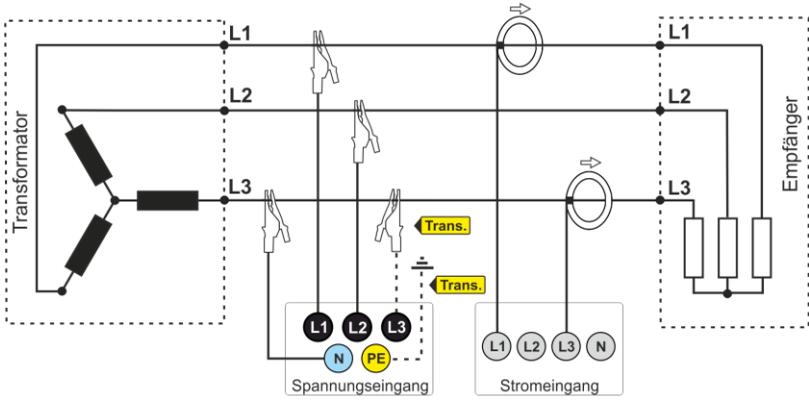


Abb. 22. Anschlussschaltbild – 3-Phasen-Stern-System ohne neutraler Leitung (Messung mit der Aron-Methode).

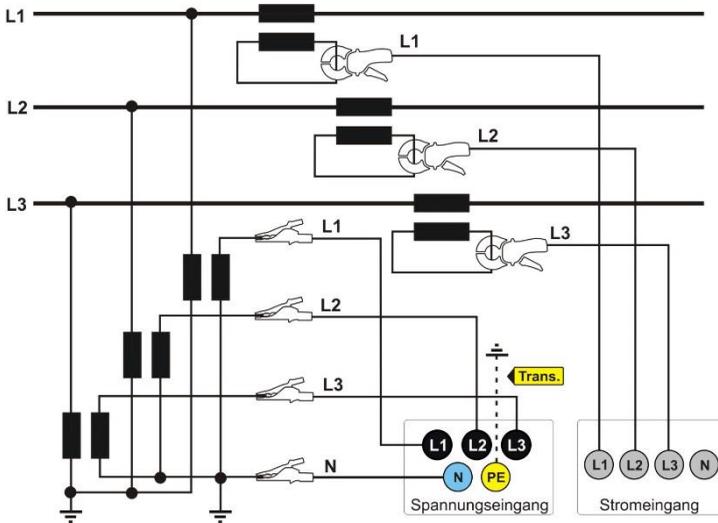


Abb. 23. Anschlussschaltbild - indirekte Messung von MS in einem 3-Phasen-Stern-System.

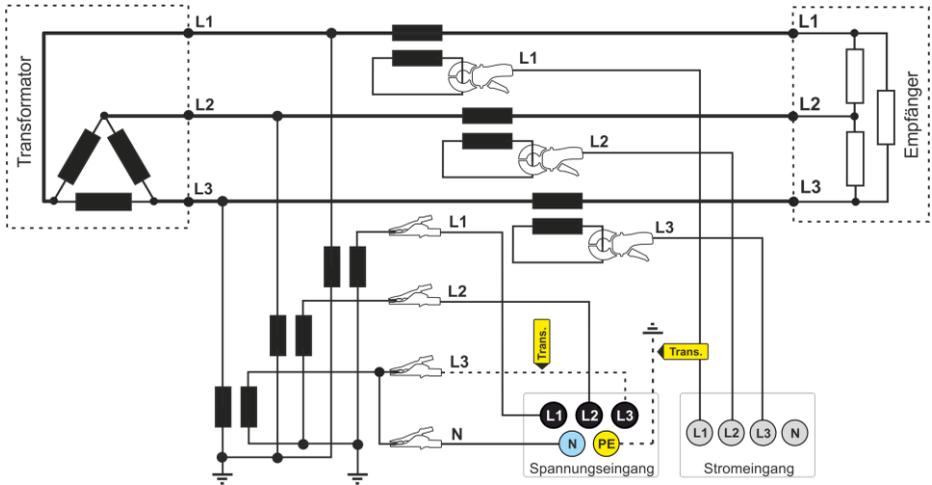


Abb. 24. Anschlussschaltbild - indirekte Messung von MS in einem 3-Phasen-Dreieck-System.

Hinweis

Die Bandbreite der Wandler ist üblicherweise klein, wodurch Netzstörungen mit hohen Frequenzen, wie z.B. Blitzüberspannungen, weitgehend unterdrückt werden und auf der Sekundärseite des Transformators verzerrt werden. Es sollte bei der Verwendung der Funktion zur Messung der transienten in Konfigurationen mit Wandlern berücksichtigt werden.

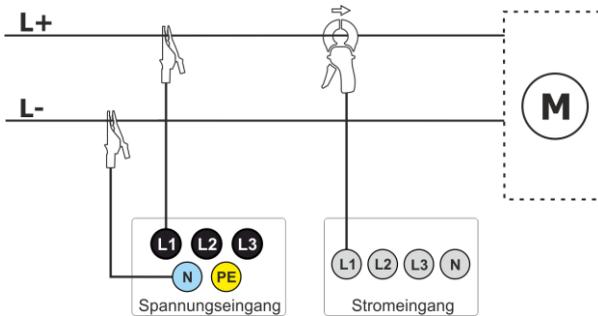


Abb. 25. Schaltbild – DC Netz

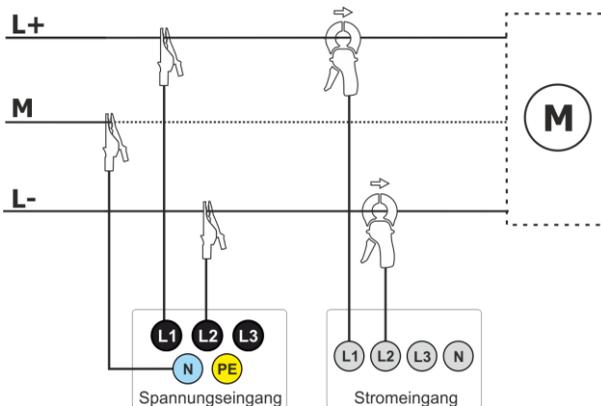


Abb. 26. Schaltbild – DC+M Netz (bipolar)

2.10 Einschaltstrom

Mit dieser Funktion können halbperiodische Werte der Spannung und des Stroms im Speicher aufgezeichnet werden (ca. zwei Wochen von Eintragungen für 2 GB). Die Aufzeichnungen können jederzeit eingestellt werden. Vor der Messung soll die Aggregationszeit auf die **halbe Periode** eingestellt werden. Die sonstigen Einstellungen und das Messsystem sind beliebig einzustellen.

Eine weitere Methode für die Messung des Einschaltstroms besteht in der Einstellung des Stromereignisses auf einen ausgewählten Stromwert (in der Software *Sonel Analysis* kann man das über den Schirm **STROM ► GRUND ► Ereignisse aufzeichnen** einstellen). Sobald der eingestellte Stromwert überschritten wird, wird vom Analysator das Oszillogramm (bis 1 s) und eine ½ RMS-Grafik (bis 30 s) aufgezeichnet.

2.11 Anwendungsbeispiel

Das nachstehende Verfahren zeigt, wie eine solche Messung mit dem Analysator, Schritt für Schritt durchgeführt werden sollte: von der Verbindung bis zum Generieren eines Berichtes zu den Messungen. Ermöglicht das schnelle Aneignen der Bedienung des Analysators und der Software *Sonel Analysis*. Es wird davon ausgegangen, dass die Software *Sonel Analysis* schon installiert wurde. Das Beispiel geht von der Verwendung des Analysators PQM-703 aus. Bei Messgeräten, die keine Transienten messen, lassen Sie diese Option aus.

Szenario: 1-Phasen-Messung gemäß der Benutzerkonfiguration.

Das Messszenario ist wie folgt: Der Benutzer möchte die Messparameter eines 1-Phasennetzes 230 V 50 Hz messen. Die Messung soll mit einer 1-sekündigen Mittelung durchgeführt werden. Die folgenden Parameter sind zu erfassen:

- Durchschnittswerte der Spannung, THD und Oberwellen,
- Frequenz,
- die Ereigniserkennung in der Spannung soll eingeschaltet bleiben und entsprechend eingestellt sein: 105% U_{nom} für eine Überspannung, 95% U_{nom} für einen Einbruch, 10% U_{nom} für eine Unterbrechung (Spannungsausfall). Beim Erkennen eines Ereignisses soll eine Wellenform gespeichert werden und der RMS_{1/2}-Verlauf.
- Ereigniserkennung anhand von Hüllkurvenformänderungen aktiviert, Schwellenwert auf 10% Differenz eingestellt, Haltezeit für die Aufzeichnung nachfolgender Ereignisse auf 5 Sekunden eingestellt,

- Ereigniserkennung bei Phasenwinkeländerung aktiviert und Schwellenwert auf 10° gesetzt,
- die Transienten sollen auf der geringsten möglichen Spannungsschwelle eingeschaltet werden 50 V (die empfindlichsten Einstellung) und die Abtastfrequenz auf 10 MHz. Die Aufnahme der Diagramme der Transienten soll eingeschaltet sein.

Nach der Messung sind Zeitdiagramme der Messparameter und ein Probenmessbericht zu erstellen. Die Daten sollten für die weitere Analyse beibehalten werden.

Durchführung der Messungen:

Schritt 1: Anschließen des Analysators an das gemessene Netz gemäß Abb. 16. Die Eingänge L1, N, und PE sind anzuschließen (aufgrund der Messung von Transienten). Die Zangen müssen nicht angeschlossen werden, da die Messung nicht erforderlich ist. Die Stromversorgung des Analysators (rote Leitungen) kann auch an das gemessene Netz oder eine andere Stromversorgung, die den Anforderungen des Netzteils entspricht, angeschlossen werden, damit der Analysator auf Akkuvorsorgung läuft und aufgrund der Entladung des Akkus ausgeschaltet wird.

Schritt 2: Den Analysator mit der Taste  einschalten. Das Display <1> sollte angezeigt werden, wie auf Abb. 5 gezeigt.

Schritt 3: Den Analysator mit einem USB-Kabel an den Computer anschließen. Falls dies der erste Anschluss ist, müssen Sie abwarten, bis der Treiber des Analysators installiert wird. Starten Sie die Software *Sonel Analysis*.

Schritt 4a: Wenn nach dem Start von *Sonel Analysis* das **STARTFENSTER** angezeigt wird, wählen Sie **EINSTELLUNG UND AUFEICHNUNG** und anschließend **ERWEITERTE AUFNAHMEEINSTELLUNGEN** und fahren Sie mit Schritt **4c** (unten) fort.

Schritt 4b: Wenn das **STARTFENSTER** nicht angezeigt wird, klicken Sie auf die Schaltfläche **AUFNAHMEEINSTELLUNGEN** in der Symbolleiste der *Sonel Analysis* oder wählen Sie im Menü des **ANALYSATORS** → **AUFNAHMEEINSTELLUNGEN** aus. Wählen Sie in dem daraufhin angezeigten Fenster **ERWEITERTE AUFNAHMEEINSTELLUNGEN**.

Schritt 4c: Das detaillierte Konfigurationsfenster des Analysators wird angezeigt. Klicken Sie darin auf die Schaltfläche **EINSTELLUNGEN EMPFANGEN**. Dies führt dazu, dass die aktuelle Konfiguration der Messpunkte im Analysator gelesen werden.

Schritt 5 (optional): Falls der Analysator zuvor nicht mit der Anwendung verbunden war (Status im unteren Teil des Fensters von *Sonel Analysis* zeigt **GETRENNT** rot an, wenn der Analysator mit der Anwendung nicht verbunden ist), durch Klicken von **EINSTELLUNGEN EMPFANGEN** wird ein Fenster zum Erstellen einer Verbindung mit dem Analysator erstellt. In diesem Fenster sollte der gefundene Analysator angezeigt werden (falls dies nicht so ist, versuchen Sie auf die Taste **ERNEUT SUCHE** zu klicken). Wählen Sie mit einem Doppelklick den gefundenen Analysator. Falls der Analysator noch nicht zur Datenbank hinzugefügt wurde, wird das Fenster mit der Meldung die zur Eingabe des PIN-Codes des Analysators aufruft. Der Standardcode ist „000“ (drei Mal die Null). Die richtige Verbindung wird durch die Anzeige des Fensters mit der Meldung **VERBINDUNG HERGESTELLT** bestätigt (auf dem Analysator-Bildschirm wird die Meldung angezeigt **VERBINDUNG MIT DEM PC (USB)**).

Schritt 6: Danach wird eine Aufforderung zur Bestätigung des Lesens der Einstellungen angezeigt. Klicken Sie auf **OK** und im Fenster, dass das Lesen bestätigt auch auf **OK**. Die Einstellungen aller vier Messpunkte wurden somit in die Anwendung eingelesen und sie können angezeigt und geändert werden im Fenster **EINSTELLUNGEN**.

Schritt 7: Überprüfung der Speicherzuweisung. Im linken oberen Teil des Fensters **EINSTELLUNGEN** befindet sich ein Panel **LOKAL**. An erster Stelle steht **ALLGEMEINE-EINSTELLUNGEN**. Im Hauptteil des Fensters wird einer der drei Reiter angezeigt (**ANALYSATOR TYP**, **SPEICHERZUWEISUNG**, **GPS-**

SYNCHRONISIERUNG). Im Reiter **SPICHERZUWEISUNG** ist sicherzustellen, dass für die Konfiguration 1 ausreichend Speicherplatz auf der Karte ist (standardmäßig 25%). Falls dieser sehr klein ist oder auf 0% eingestellt ist, ist die Zuordnung entsprechend mit dem Schieberegler zu ändern.

Schritt 8: Modifizierung des Messpunktes Nr. 1. Die Konfiguration des Messpunktes Nr. 1 ist gemäß des Szenarios, dass oben angegeben wurde, zu ändern. Klicken Sie in der Karte **LOKAL: KONFIGURATION NR. 1**, um die Einstellungen dieser Konfiguration zu modifizieren und das Menü der Karten zu erweitern (Doppelklick auf **KONFIGURATION NR. 1** erweitert das Menü automatisch). Nach dem Erweitern sollten folgende Positionen verfügbar sein: **NORM, SPANNUNG, STROM, LEISTUNG UND ENERGIE, HARMONISCHE, ZWISCHENHARMONISCHE**.

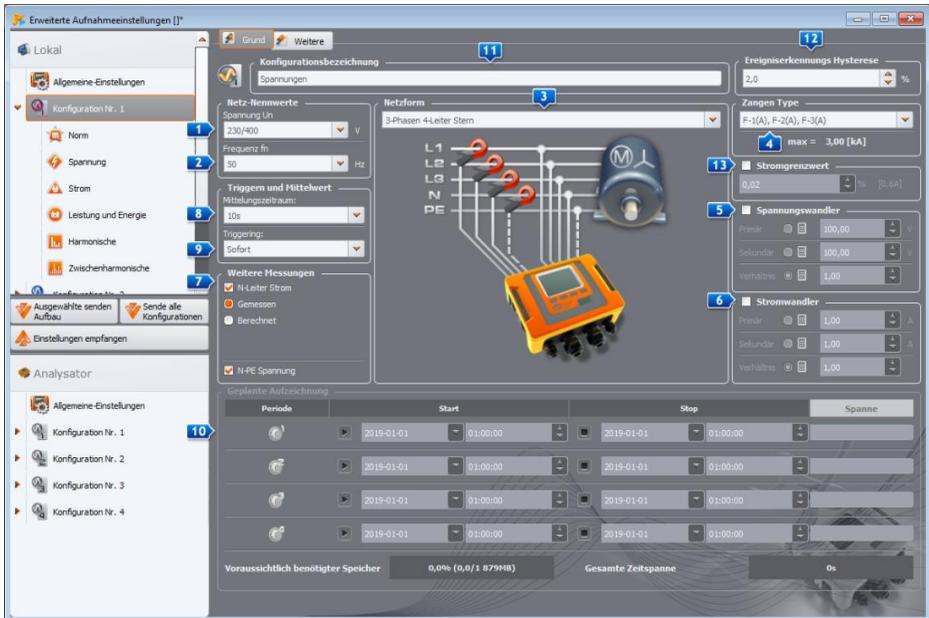


Abb. 27. Haupteinstellungen der Konfiguration 1.

Um die Haupteinstellungen einer Konfiguration zu ändern, ist aus der Karte **LOKAL** durch einfaches Klicken des Elements **KONFIGURATION NR. 1** zu wählen. Der Bildschirm sollte wie in Abb. 27 aussehen.

Folgendes sollte eingestellt werden:

- Netzwerk (Element **3** auf der Abb. 27) als einphasig,
- Nennspannung des Netzes **1** auf 230/400 V,
- Netzfrequenz **2** auf 50 Hz,
- Mittelungsperiode **8** auf 1 s,
- Auslösen **9** auf sofortig,
- Ereignisdetektions-Hysterese **12** auf 1,5%,
- Zangenart **4** einstellen auf **KEINE**,
- Spannungswandler **5** und **N-PE SPANNUNG** (im Teil **WEITERE MESSUNGEN 7**) als nicht markiert einstellen,

Im oberen Teil des Fensters können Sie den Reiter **WEITERE** wählen, in dem mit den Schieberegler die erforderliche Aufnahmezeit der Wellenformen und $RMS_{1/2}$ eingestellt werden kann, für Ereignisse und die Aufnahmezeit der Diagramme der Transienten. Diese Zeiten sollten nach individuellen Vorgaben eingestellt werden.

Wählen Sie dann die Registerkarte **NORM** in der Einstellungsstruktur und deaktivieren Sie das Kontrollkästchen **AUFZEICHNUNG AKTIVIEREN NACH NORM**, da für den Normenbericht keine parallele Aufzeichnung von Parametern erforderlich ist.

In der Karte **SPANNUNG** und im Reiter **BASIC** sind die Optionen gemäß Abb. 28 einzustellen.

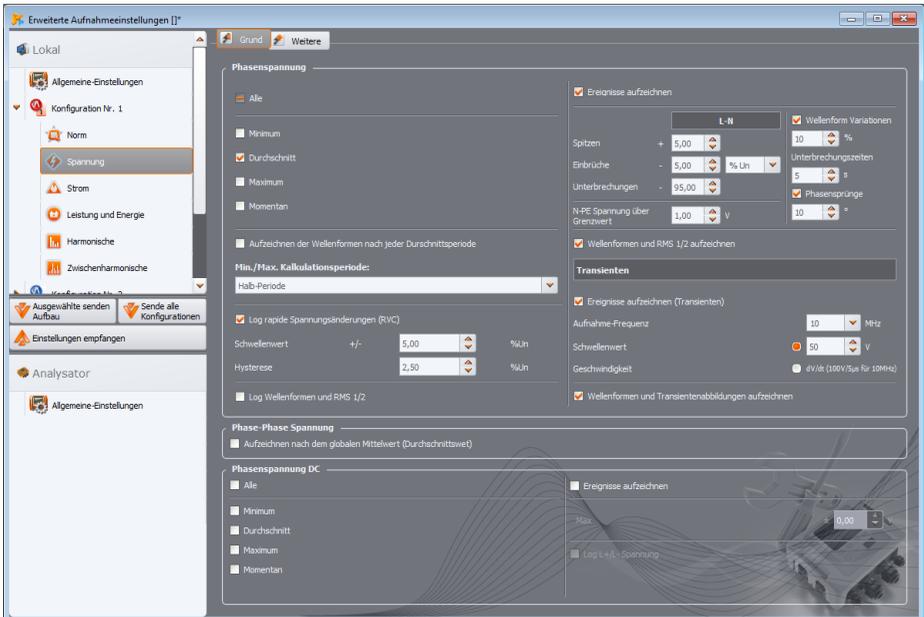


Abb. 28. Einstellungen der Karte Spannungen für das Szenario.

In der Karte **WEITERE** markieren Sie nur den Durchschnittswert für die Frequenz, und für die restlichen Felder entfernen Sie die Markierungen.

In der Karte **HARMONISCHE** und im Reiter **SPANNUNGEN** sind die Felder für die THD-Durchschnittswerte der Spannung und der Amplituden der Spannungsüberwellen zu markieren und für die restlichen Felder die Markierungen zu entfernen. Die Auswahlliste **THD BERECHNET AUS** kann nach Belieben eingestellt werden.

In der Karte **ZWISCHENHARMONISCHE** und den Reitern **SPANNUNGEN** und **STEUERSIGNALE**, entfernen Sie die Markierungen.

Schritt 9: Die Einstellungen der Aufzeichnung wurden korrekt vorbereitet. Ein weiterer Schritt ist das Senden dieser Konfiguration an den Analysator. Die Speicherkarte wird formatiert. Klicken Sie hierfür auf **EINSTELLUNGEN SENDEN**. In dem angezeigten Fenster ist das Löschen aller Daten auf der Karte und Senden einer neuen Konfiguration zu bestätigen. Bei Erfolg wird ein Fenster angezeigt, in dem Sie sofort mit der Aufnahme beginnen können. Wählen Sie **JA**, woraufhin sich automatisch das Fenster **ANSTEUERUNG** öffnet.

Schritt 10: Wenn sich das Fenster **ANSTEUERUNG** nicht öffnet (**NEIN** ist ausgewählt), klicken Sie in der Symbolleiste auf **ANSTEUERUNG**, oder wählen Sie Ansteuerung im Menü **ANALYSATOR** → **ANSTEUERUNG** aus. Der Analysator ist bereit, um mit der Aufnahme mit den angegebenen Einstellungen zu beginnen. Um die Aufzeichnung der Konfiguration Nr. 1 zu starten, wählen Sie im erscheinenden Fenster **ANSTEUERUNG** in der Liste **AKTUELLE KONFIGURATION** (in diesem Feld sind die Namen der einzelnen Konfigurationen aufgelistet) die erste Position, d.h. die Konfiguration Nr. 1, aus und starten die Aufnahme durch Klicken der grünen Taste **START**. Der Beginn der Aufzeichnung wird vom Analysator mit einem dreifachen Piepton signalisiert, und die Aufzeichnung wird auf dem Display des Analysators durch ein blinkendes Symbol **P1** in der oberen linken Ecke angezeigt. Die Anmeldung kann für längere Zeit fortgesetzt werden; eine Verbindung des Analysators mit der Anwendung ist nicht erforderlich. Während der Registrierung kann kurzzeitig der Leiter L1 vom gemessenen Netz getrennt werden, um einen Spannungseinbruch zu simulieren.

Schritt 11: Anhalten der Aufnahme und Lesen der Daten zur Analyse. Rufen Sie das Fenster **ANSTEUERUNG** auf (falls es nicht geöffnet ist). Klicken Sie die rote Taste **STOP**. Klicken Sie das Symbol **ANALYSIS** in der Werkzeugeleiste (oder wählen Sie aus dem Menü **ANALYSATOR** → **ANALYSIS**), um das Fenster zu öffnen, das ermöglicht die aufgezeichneten Daten zur Analyse einzulesen.

In dem Fenster werden vier Balken der Speichernutzung für jede der Konfigurationen angezeigt. Markieren Sie das Feld am Balken der **KONFIGURATION NR. 1**. Auf der rechten Seite des Balkens wird die Größe der gespeicherten Daten angezeigt. Nach Markieren wird die Taste **DATEN LESEN** aktiviert, der zu Drücken ist. Ein Fenster mit dem Fortschritt der Datensammlung wird angezeigt. Nach dem Einlesen der Daten wird das Fenster zum Speichern der Daten auf der Festplatte angezeigt. Es wird empfohlen, die Daten an einer ausgewählten Lokalisierung auf der Festplatte zu speichern, um zur Analyse der Daten zurückkehren zu können. Geben Sie den Pfad auf der Festplatte und den Namen der Datei ein und klicken Sie auf **SPEICHERN**.

In dem Fenster, das angezeigt wird, ist mit der Maus auf den horizontalen Balken, der den Aufnahmezeitabschnitt symbolisiert unter der Unterschrift **KONFIGURATION NR. 1 (BENUTZER)** (nach dem Klicken ändert sich die Farbe zu orange) und klicken Sie danach auf die Taste **DATENANALYSE**.

Schritt 12: Datenanalyse. Im Hauptfenster der Analyse sind vier Haupttasten verfügbar: **ALLGEMEIN** (Standardansicht nach Einlesen der Daten), **MESSUNGEN**, **EREIGNISSE**, **EINSTELLUNGEN**. In der Ansicht **ALLGEMEIN** rechts werden auf grafische Art und Weise die Symbole der folgenden Messungen, Ereignisse und gespeicherte Wellenformen angezeigt. Dieses Diagramm kann bei einer großen Datenmenge beliebig vergrößert werden, um mehr Details zu erhalten.

Durch Klicken der Taste **MESSUNGEN** wird die Tabelle mit den Werten aller gemessenen Parameter gemäß der ausgewählten Mittelungszeit angezeigt. In diesem Szenario wurde die Mittelungszeit von 1 Sekunde gewählt, jede Sekunde wurde also ein Wert der Spannung, THD und Oberschwingungen gespeichert (Frequenz wird immer alle 10 Sekunden gemessen). Jede Zeile enthält die in der nächsten Sekunde gespeicherten Daten, und jede Spalte enthält die einzelnen Parameter.

Nach Drücken der Taste **EREIGNISSE** können alle aufgezeichneten Ereignisse durchgesehen werden. In diesem Szenario wurden Spannungsszenarien: Überspannung, Einbruch, Unterbrechung (Spannungsausfall) und Ereignisse der erkannten Transienten. Jede Zeile in der Tabelle entspricht einem erkannten Ereignis. Falls für das jeweilige Ereignis Diagramme verfügbar sind (z.B. Wellenformen und RMS_{1/2}-Diagramme), und so ist es in diesem Szenario, enthält die letzte Spalte ein Symbol der gespeicherten Diagramme. Nach dem Klick können Sie die Diagramme der relevanten Begleitereignisse anzeigen.

Schritt 13: Anzeigen des Zeitdiagramms der Spannung und THD. Um ein Diagramm zu erstellen, gehen Sie zur Ansicht **MESSUNGEN** (klicken Sie auf die Taste **MESSUNGEN**), wählen Sie die Spaltenüberschriften für Spannung L1 und THD L1 (die Spalten werden hervorgehoben, plus die

Spalte *Zeit*), klicken Sie dann auf die Schaltfläche **AUFZEICHNUNGEN** und wählen Sie **ZEITAUFZEICHNUNG** aus. Ein Fenster mit dem Diagramm mit zwei Zeitverläufen wird angezeigt: Spannung L1 und THD L1. Das Diagramm kann frei gezoomt werden mithilfe von drei Markern können bestimmte Punkte auf dem Diagramm markiert werden und Parameter der angegebenen Punkte können gelesen werden. Das Diagramm kann gespeichert werden (in einem ausgewählten grafischen Format) durch Klicken des Symbols **SPEICHERN** in der oberen Werkzeuggestreife.

Schritt 14: Anzeige der Diagramme der Oberwellen. Es können zwei Arten von Diagrammen für Oberschwingungen angezeigt werden. Das erste ist eine graphische Darstellung der Harmonischen während der Aufnahme. Um ein solches Diagramm anzuzeigen, markieren Sie die Spalten der ausgewählten Oberwellen (z.B. der 3. und 5. Ordnung) und klicken Sie die Taste **AUFZEICHNUNGEN** → **ZEITAUFZEICHNUNG**.

Die zweite Art von Diagramm ist ein Balkendiagramm der Harmonischen. Dieses Diagramm zeigt alle Komponenten der Oberwellen in einem bestimmten 1-sekündigem Bereich (also in einer Zeile). Um sie zu erzeugen, markieren Sie zunächst die Spalte einer beliebigen Harmonischen, wählen dann die gewünschte Zelle in der Spalte *Zeit*, klicken auf die Taste **AUFZEICHNUNGEN** und wählen **HARMONISCHE** aus der Liste aus. Auf diese Weise können Sie auch das Zeitintervall auswählen, indem Sie mit der Maus den Bereich der Zellen in der Zeitspalte verschieben. Ein Diagramm der Mittelwerte der Harmonischen aus dem angegebenen Zeitraum wird gezeigt.

Schritt 15: Erstellen eines Messberichts. Um einen Bericht mit den Werten der ausgewählten Parameter zu erstellen, markieren Sie die Spalten der gewünschten Parameter, klicken dann auf die Schaltfläche **BERICHTE** und wählen **ANWENDERBERICHT** aus. Durch Klicken auf **VORSCHAU** im Fenster, das angezeigt wird, können die gespeicherten Daten eingesehen werden. Die Taste **SPEICHERN** ermöglicht die Speicherung der Daten im benutzerdefinierten Format (PDF, html, txt, CSV).

Schritt 16: Überprüfung der Ereignisse. Falls der Analysator bei der Aufnahme irgendwelche Ereignisse entdeckt hat, werden diese in der Tabelle in der Ansicht **EREIGNISSE** angezeigt. In der Zeile, die bestimmte Ereignisse beschreibt, kann die Zeit des Auftretens (Beginn und Ende), der Extremwert (z.B. der Mindestwert der Spannung während der Dauer des Einbruches) und die Wellenform und das $RMS_{1/2}$ -Diagramm, falls das Ereignis die Spannung oder Strom betrifft. In diesem Szenario wurden die Ereignisdiagramme in der Konfiguration eingeschaltet, wenn also der Analysator ein Ereignis entdeckt hat, sollte in der letzten Spalte mit der Kopfzeile **OSZILLOGRAMM** ein Symbol des Diagramms erscheinen. Klicken Sie, um die Diagramme anzuzeigen (oder klicken Sie die Taste **AUFZEICHNUNGEN** und wählen Sie die Option **OSZILLOGRAMM**).

2.12 Zeitsynchronisation

2.12.1 Anforderungen der Norm IEC 61000-4-30

Der Analysator verfügt über einen eingebauten GPS-Empfänger, dessen Hauptaufgabe darin besteht, die Uhr des Analysators mit der von den GPS-Satelliten ausgestrahlten Atomuhr zu synchronisieren. Die Synchronisierung der Zeit des Analysators mit der Weltzeit UTC wird von der IEC 61000-4-30 für Geräte der Klasse A zur Bestimmung der Messdaten gefordert. Der maximale Bestimmungsfehler darf nicht größer sein als 20 ms für 50 Hz und 16,7 ms für 60 Hz. Eine solche Maßnahme ist erforderlich, damit die verschiedenen Analysatoren, die an das gleiche Signal angeschlossen sind, die gleichen Werte ergeben. Die Synchronisierung mit der Weltzeit ist auch erforderlich, wenn das Netz der Analysatoren verteilt ist. Wenn die Quelle des Zeitsignals nicht mehr verfügbar ist, muss die interne Echtzeituhr eine Genauigkeit der Zeitmessung besser als ± 1 Sekunde auf 24 Stunden gewährleisten, jedoch auch unter diesen Bedingungen muss für die Einhaltung der Klasse A zu Vergleichszwecken, die Messgenauigkeit die gleiche sein wie zuvor angegeben (d.h. maximal 1 Periode des Netzwerks).

2.12.2 GPS-Empfänger

Im Inneren des Analysators befindet sich eine GPS-Antenne, die den Empfang von GPS-Signalen im Freien ohne weiteres Zubehör ermöglicht. Die Antenne wurde in der linken unteren Ecke des Gehäuses platziert unter der oberen Abdeckung (dort wo auf dem Sticker die GPS-Buchse beschrieben wurde). Um die Synchronisierung der Zeit während des Betriebs des Analysators innerhalb von Gebäuden zu ermöglichen, muss an den Analysator eine externe Antenne (optionales Zubehör) angeschlossen werden, mit einer Länge von 10 m und die Antenne muss außerhalb des Gebäudes platziert werden. Der Analysator erkennt die externe Antenne und der Empfänger schaltet auf die zusätzliche Antenne um, anstatt der internen.

Die Zeit zur GPS-Synchronisierung ist abhängig von den Wetterbedingungen (Bewölkung, Niederschlag) und vom Standort der Empfangsantenne. Die Antenne sollte freie Sicht auf einen großen Teil des Himmels haben, um beste Ergebnisse zu gewährleisten. Um die Zeit mit der erforderlichen Genauigkeit abzulesen, muss der GPS-Empfänger zuerst seine geografische Position bestimmen (dafür wird die Sichtbarkeit von mind. 4 Satelliten erfordert - die Position und Höhe über dem Meeresspiegel). Nach der Bestimmung der Position und der Zeitsynchronisierung mit der Weltzeit UTC, schaltet der Empfänger in den Nachführbetrieb. Um in diesem Modus die Zeitsynchronisation zu gewährleisten wird freie Sicht auf nur einen GPS-Satelliten benötigt. Allerdings für die Bestimmung der Position, im Falle einer Bewegung des Analysators, ist weiterhin die Sichtbarkeit von vier Satelliten (drei Satelliten, wenn der GPS-Empfänger die Höhe nicht aktualisiert) erforderlich. Dies ist wichtig, zum Beispiel im Anti-Diebstahl-Modus, wenn eine kontinuierliche Information über die Position benötigt wird.

2.12.3 Markieren der Messdaten

Der Analysator speichert Messprotokolle zusammen mit der Flagge, die über eine fehlende Zeitsynchronisation informiert. Wenn während der Dauer des gesamten Mittelungsintervalls der Analysator mit der UTC-Zeit synchronisiert war, wird die Flagge nicht eingeschaltet und neben der Analyse der Daten wird kein Symbol , das über eine fehlende Synchronisierung  informiert, nicht eingeschaltet. Wenn dieses Symbol fehlt, bedeutet das eine vollständige Einhaltung der mit der Klasse A aggregierten Daten in Bezug auf die Kennzeichnung der Zeit. Die Synchronisierung mit der UTC-Zeit wird auf dem Display des Analysators durch eine grüne Färbung des Datums und der Zeit angezeigt in der oberen Spalte.

Falls der Analysator zuerst mit der Weltzeit UTC synchronisiert war (GPS-Status auf dem Bildschirm des Analysators angezeigt als **JA**), und danach wurde das Signal verloren (Status **KEIN SIGNAL**), bedeutet dies nicht, dass der Analysator die Synchronisation verloren hat. Tatsächlich ist für eine gewisse Zeit (es kann über zehn Minuten oder länger dauern) die interne Timing-Genauigkeit ausreichend, um die Anforderungen der IEC 61000-4-30 im Bereich der Genauigkeit der Bestimmung der zeitlichen Daten zu erfüllen. Das geschieht so, weil die interne Uhr des Analysators

sehr langsam die UTC-Zeitsynchronisierung verliert (aufgrund des Fehlens des GPS-Signals), aber der Fehler ist nicht größer als wenige Millisekunden für einen längeren Zeitraum. Somit ist trotz des Status, der das Fehlen des GPS-Signals anzeigt, gewährleistet, dass die Daten weiterhin ohne eine Flagge, die das Fehlen der Synchronisation mit der UTC-Zeit signalisiert, gespeichert. Erst wenn der Fehler den Grenzwert erreicht, wird die Flagge eingeschaltet.

2.12.4 Zeitresynchronisation

Da die Verfügbarkeit der GPS-Signals nicht dauerhaft gewährleistet ist, ist eine entsprechende Verwaltung der internen Zeit erforderlich, wenn das GPS-Signal zur Verfügung steht und die Zeit sich von der gemessenen Zeit des Analysators unterscheidet.

Bei fehlender Aufnahme ist die Situation die einfachste - nach Erhalt der Satellitenzeit schaltet die Uhr des Analysators automatisch um, ohne zusätzliche Bedingungen.

Im Falle einer aktiven Aufnahme kann eine plötzliche Änderung der internen Zeit zu einem Verlust der Messdaten führen, wenn die Zeit zurückgesetzt wird, oder es kann eine zeitliche Lücke in den Daten geben, wenn UTC-Zeit die Zeit des Analysators überholt. Um dies zu verhindern, wurde ein langsamer Synchronisierungsmechanismus der internen Zeit mit der Satelliten-Zeit eingeführt. Dies beruht auf der Verzögerung oder Beschleunigung des internen Timers, so dass nach einer gewissen Zeit beide Uhren - die interne und die GPS-Uhr - abgeglichen werden und synchronisiert werden. Der Vorteil einer solchen Lösung ist, dass es zu keinem Verlust oder Mangel an Kontinuität in den Daten kommt.

Der Benutzer kann zwei Konfigurationsparameter einstellen, die über die Resynchronisierungsart der Zeit bei der Aufnahme entscheiden. Einer von ihnen (Resynchronisierungsfaktor) bestimmt die Geschwindigkeit des Prozesses der Synchronisation der Zeit. Je niedriger der Wert, desto länger wird Resynchronisierung dauern, aber die Länge der Messbereiche wird ähnlich zu der eingestellten Mittelungszeit sein.

Trotz der Nachteile der Schrittwisen Zeitänderung, bleibt die Möglichkeit sie durchzuführen, auch wenn eine Aufnahme aktiv ist. Ein Schwellenwert in Sekunden wird bestimmt (**SCHWELLENWERT FÜR DEN ZEITRESYNCHRONISATION**), der die minimale Differenz der internen und UTC-Zeit ist, bei der eine Schrittweise Änderung der Zeit vorgenommen wird.

Hinweis

*Die Schrittweise Zeitänderung während der Aufnahme kann zum irreversiblen Verlust eines Teils der aufgezeichneten Daten führen, deshalb ist es ratsam den Modus der langsamen Resynchronisierung der Zeit zu verwenden (durch Einstellen von **SCHWELLENWERT DER ZEITRESYNCHRONISATION** auf den Wert Null).*

Um Probleme mit der Zeitmessung während der Aufnahme zu vermeiden, müssen Sie ein paar Dinge beachten:

- Der Analysator muss die richtige Zeitzone eingestellt haben und die Zeit, die auf dem Bildschirm des Analysators angezeigt wird, muss möglichst der lokalen Zeit entsprechen (wenn kein GPS-Signal vor dem Beginn der Aufnahme vorhanden ist).
- Die langsame Resynchronisation der Zeit einschalten, indem der Parameter **SCHWELLENWERT DER ZEITRESYNCHRONISATION** auf Null eingestellt wird, und der Koeffizient der Resynchronisation einen niedrigen Wert hat (z. B. 25% oder weniger).
- Wenn möglich, sollten Sie vor dem Start der Aufnahme das GPS-Signal empfangen, um die Zeit des Analysators mit der UTC-Zeit zu synchronisieren. Dadurch wird sichergestellt, dass die Timing-Fehler bei der Aufnahme gering sein werden und die Zeit schnell nachgestellt wird, falls das GPS-Signal kurzzeitig verloren geht.
- Damit die Messung den Anforderungen der IEC 61000-4-30 in Bezug auf die Bestimmung der Zeit für die Klasse A entspricht, muss vor dem Start der Aufnahme der Analysator mit der UTC-Zeit synchronisiert werden, und die Verfügbarkeit des GPS-Signals für die Dauer der Aufnahme muss gewährleistet sein.

2.13 Unterstützung des GSM-Kommunikations-Modus

2.13.1 Allgemeine Informationen über die GSM-Verbindung

Das eingebaute GSM-Modem erlaubt eine drahtlose Kommunikation mit dem Analysator von einem beliebigen Standort aus, mit Zugang zum Internet. Ähnlich wie bei einer USB-Verbindung oder via OR-1, hat der Benutzer in diesem Modus die volle Kontrolle über den Analysator, kann aktuelle Daten anzeigen, Aufzeichnungen starten und stoppen, Daten zur Analyse lesen, usw. Um diesen Modus zu verwenden, muss der Analysator mit einer SIM-Karte mit folgenden Dienstleistungsparametern ausgestattet sein:

- GPRS-Datenübertragung,
- öffentliche statische IP-Adresse,
- SMS-Option, um Alarmmeldungen zu senden.

Hinweis

Eine normale SIM-Karte aus einem Mobiltelefon kann mit dem Analysator verwendet werden. Der Paketdatendienst bedarf einer nicht standardmäßigen Dienstleistung einer statischen IP-Adresse, die nur für die jeweilige SIM-Karte reserviert ist. Diese feste IP-Adresse ermöglicht es die IP-Adresse im Internet beizubehalten. Diese Art von Dienstleistung wird häufig verwendet für die Übertragung „machine-to-machine“ (m2m, „Gerät an Gerät“), verwendet z.B. in der Industrie zur Überwachung und Messung der Messdaten zwischen den Geräten.

Die Kommunikation erfolgt wie folgt:

- das Modem verbindet sich mit dem GSM-Netz, und loggt sich danach im Internet ein,
- das Modem aktiviert die TCP/IP-Dienstleistung unter der zugewiesenen IP-Adresse. Standardmäßig nutzt der Analysator Port Nummer 4001. Unter dieser IP-Adresse und diesem Port ist der Analysator im Internet sichtbar.
- Der Computer, von dem der Verbindungsversuch mit dem Analysator über das GSM-Modem ausgeführt wird, muss Zugang zum Internet haben.
- *Sonel Analysis* versucht während des Scans von Analysatoren, die in der Analysatordatenbank eine konfigurierte IP-Adresse haben (zusätzlich muss in den Programm-Einstellungen die Option **TCP/IP via GSM** aktiviert werden). Standardmäßig wird nur der Remote-Host-Port 4001 geprüft.
- Wenn unter der jeweiligen Adresse ein Analysator gefunden wird und auch die Seriennummer mit der Seriennummer des Analysators in der Datenbank übereinstimmt, wird das Messgerät in der Liste der gefundenen Geräte angezeigt.
- Die Kommunikation erfolgt über das Internet. Nach Beenden der Verbindung schließt das Programm die Verbindung mit dem Analysator, der in den Horch- und Wartemodus versetzt wird und auf eine Verbindung mit dem Client wartet.

2.13.2 Modem-Konfiguration

Zum konfigurieren der SIM-Karte und des Modems im Analysator sind folgende Daten des Netzwerkdienstleisters zur Datenübertragung notwendig:

- PIN der SIM,
- PUK der SIM-Karte, im Falle einer Blockade der SIM nach mehrmaliger falscher Eingabe des PIN-Codes,
- IP-Adresse der SIM (dies muss eine statische Adresse sein),
- APN-Name (eng. *Access Point Name*),
- Benutzername und Passwort (optional, in der Regel nicht erforderlich).

Die Konfiguration des Analysators für GSM-Verbindungen muss wie folgt durchgeführt werden:

- eine Verbindung mit dem Analysator über ein USB-Kabel aufbauen. Wenn der Analysator noch nicht in der Datenbank ist, muss er hinzugefügt werden.
- es muss sichergestellt werden, dass das Modem eingeschaltet ist. Hierfür muss aus dem Menü des Programms die Option **ANALYSER** → **ANALYSATOR EINSTELLUNGEN** gewählt werden und zur Karte **WLAN VERBINDUNG** gewechselt werden. Überprüfen Sie ob die Option **GSM-VERBINDUNG AKTIVIERT** aktiv ist und sie einschalten, falls sie nicht aktiv ist.
- USB-Verbindung trennen und mit den Tasten das Display **<8>** wählen. Falls das Modem eingeschaltet ist, aber die SIM-Karte nicht eingelegt wurde, sollte in der Zeile **GSM** die Meldung **SIM FEHLT** erscheinen.
- die SIM-Karte in den Schlitz an der Seite einführen. Die Buchse ist ein Push-Push-Typ (um die Karte zu entfernen muss sie leicht bis zum Anschlag eingedrückt werden, und danach kann sie raus genommen werden – sie wird herausgedrückt). Der Analysator erkennt, dass die Karte eingelegt wurde und versucht mit dem Netzwerk eine Verbindung aufzubauen.
- wenn der PIN der SIM zuvor im Analysator nicht konfiguriert wurde, erscheint die Meldung **FALSCHER PIN**. Diese Meldung wird auch auf dem Bildschirm **<8>** angezeigt werden. Dies bedeutet, dass die SIM-Karte den PIN-Code abgelehnt hat, mit der der Analysator versucht hat zu kommunizieren. Das ist normal, wenn Sie eine neue Karte in den Analysator einstecken.
- Um die fehlenden Parameter zu konfigurieren, die benötigt werden, um die GSM-Datenübertragung zu starten, muss erneut eine Verbindung mit dem Analysator via USB aufgebaut werden und aus dem Menü des Programms muss gewählt werden: **OPTIONEN** → **ANALYSATOR DATENBANK**. In der Datenbank der Analysatoren gehen Sie zu den Einstellungen des Analysators, der gerade angeschlossen wurde (klicken Sie auf die Zeile mit der Seriennummer des Analysators und klicken Sie auf **BEARBEITEN**). Klicken Sie auf die Taste **GSM-EINSTELLUNGEN ÄNDERN**.
- Geben Sie im Fenster folgendes ein: im Feld **IPv4** die IP-Adresse (diese sollte vom GSM-Dienstleister bereitgestellt werden), den **APN**-Namen, den Benutzernamen und das Passwort (wenn der Dienstleister diese Anfordert). Neue Daten mit OK bestätigen.
- Als nächstes erscheint ein Fenster mit der Aufforderung die PIN der SIM-Karte einzugeben. Geben Sie den Code ein, der zusammen mit der SIM-Karte geliefert wurde ein und bestätigen Sie mit OK.
- Wenn Sie die richtigen Daten eingegeben haben, wird der Analysator sie nutzen, um sich richtig in das GSM-Netz einzuloggen. Der Status der Verbindung kann am besten auf dem Bildschirm **<8>** des Analysators überprüft werden (USB-Verbindung trennen). Eine korrekte Verbindung wird durch den GSM-Status signalisiert: „**BEREIT**, *<Verbindungsart>*“. Die *<Verbindungsart>* ist von dem Standort und der Art der Datenübertragungsdienstleistung in dem jeweiligen Bereich abhängig.
- die richtige Reihenfolge der Meldungen auf dem Bildschirm **<8>** im Falle eines Verbindungsaufbaus mit dem GSM-Netz ist folgende:
 - **EINSCHALTEN...**
 - **NETZ-VERBINDUNGS-AUFBAU...**
 - **INTERNET-VERB.-AUFBAU...**
 - **BEREIT**, *<Verbindungsart>*

2 Bedienung des Analysators

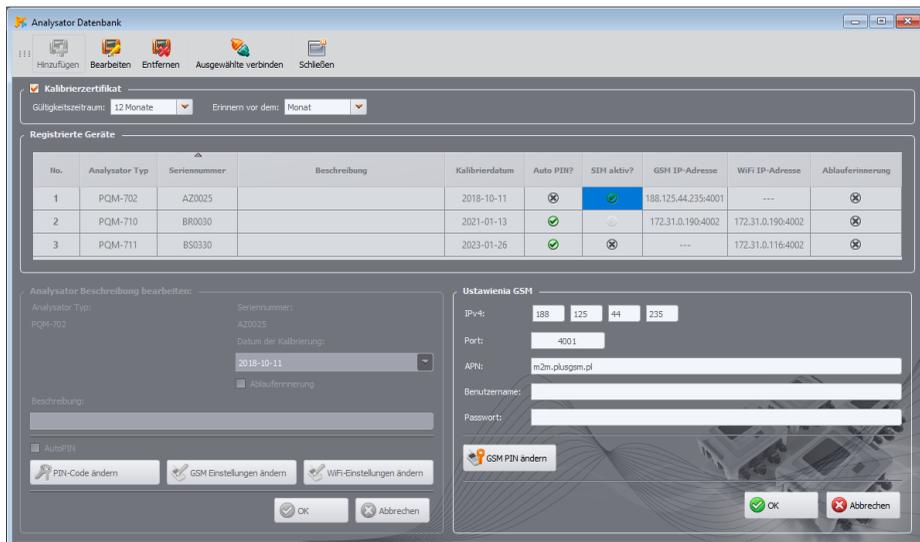


Abb. 29. Eingabe von GSM-Einstellungen in die Analysatordatenbank.

Falls die SIM aus dem Analysator entfernt wird, wird der Fehler **SIM FEHLT** angezeigt. Diese Meldung wird beim nächsten Einschalten des Analysators nicht wiederholt. Die SIM-Karte kann während des Betriebs des Analysators entfernt werden, aber dies wird nicht empfohlen, da in diesem Fall das Modem sich nicht aus dem GSM-Netz ausloggen kann.

Hinweis
Bei jeder Änderung der GSM-Konfiguration wird das Modem automatisch neu gestartet.

2.13.3 Überprüfen der GSM-Verbindung

Wenn auf dem Statusbildschirm **<8>** der Zustand des GSM-Modems „**BEREIT, <Verbindungsart>**“, ausgegeben wird, bedeutet das, dass es bereit zum Verbindungsaufbau mit dem Computer über das Internet ist. Eine Testverbindung kann durchgeführt werden, um die Verbindung mit **Sonel Analysis** zu überprüfen:

- Überprüfen Sie in den Programmeinstellungen, ob die Suche nach Analysatoren über GSM eingeschaltet ist: wählen Sie aus dem Menü **OPTIONEN**→**PROGRAMMEINSTELLUNGEN**→**MEDIENEINSTELLUNGEN**→**AKTIVE MEDIEN**. Das Feld **TCP/IP VIA GSM** sollte markiert sein.
- Der Analysator, mit dem eine Verbindung aufgebaut werden soll, muss in die Datenbank der Analysatoren eingegeben werden (wenn zuvor eine Konfigurierung nach Punkt 2.13.2 vorgenommen wurde, ist dies sichergestellt).
- Eine eventuelle Verbindung zum Analysator sollte getrennt werden (USB, Wi-Fi oder OR-1).
- Suche nach einem Analysator durchführen, durch Auswahl einer beliebigen Methode (z.B. durch Klicken auf **LIVE MODUS**). Auf der Suchliste sollte ein Analysator mit dem Kommentar **GSM-VERBINDUNG** erscheinen. Den Analysator auswählen und **AUSWÄHLEN** klicken.
- Nach einer Weile sollte auf dem Bildschirm das gewünschte Fenster erscheinen (z.B. das Fenster **LIVE MODUS**), und der Status auf der Statusleiste der Anwendung sollte sich ändern

in **VERBUNDEN (GSM)**. Auch auf dem Bildschirm des Analysators erscheint **VERBINDUNG MIT DEM PC (GSM)**. Somit war der Verbindungsversuch erfolgreich.

2.13.4 Mögliche Probleme mit der GSM-Konfiguration und Hinweise zur Vorgehensweise

Das Problem: Der Fortschrittsbalken bei der Suche nach Analysatoren geht schnell auf 100%, ohne einen Analysator zu finden.

Mögliche Ursache: das kann davon zeugen, dass die Suche nach Analysatoren über GSM in den Programmeinstellungen oder Analysatordatenbank deaktiviert ist.

Lösung: Wählen Sie im Programmmenü **OPTIONEN**→**PROGRAMMEINSTELLUNGEN** → **MEDIENEINSTELLUNGEN**→**AKTIVE MEDIEN**. Das Feld **TCP/IP VIA GSM** sollte markiert sein.

Das Problem: Der Fortschrittsbalken bei der Suche nach Analysatoren geht innerhalb von wenigen Sekunden auf 100%, ohne einen Analysator zu finden.

Mögliche Ursachen:

- 1) Analysator ausgeschaltet oder mit inaktivem/nicht konfiguriertem GSM-Modem.
- 2) Nichtübereinstimmung der IP-Nummern des Analysators und des Eintrages in der Datenbank.
- 3) Aktive GSM-Verbindung des Analysators mit einem anderen Client oder temporäre Netzwerkprobleme.

Die Lösung:

- 1) Wenn der Analysator verfügbar ist, überprüfen Sie den Zustand des GSM-Modems auf dem Bildschirm **<8>**. Wenn der Status **AUSGESCHALTET** ist, wählen Sie aus dem Menü die Option **ANALYSER**→ **ANALYSATOR EINSTELLUNGEN**, gehen Sie zur Karte **WLAN VERBINDUNG** und überprüfen Sie ob die Option **GSM-VERBINDUNG AKTIVIERT** verfügbar aktiv ist und falls notwendig, schalten Sie sie ein. Überprüfen Sie die Modemkonfiguration.
- 2) Überprüfen Sie ob in der Analysatordatenbank die richtige IP-Nummer des Analysators angegeben ist.
- 3) Bitte versuchen Sie es erneut in ein paar Minuten.

Das Problem: Trotz korrektem Status „**BEREIT, <Verbindungsart>**“ auf dem Display des Analysators und in der Suche, erscheint er nicht in der Liste. Die Option **GSM-VERBINDUNG AKTIVIERT** ist eingeschaltet, und der Analysator ist in der Datenbank der Analysatoren korrekt konfiguriert (zusammen mit der IP-Adresse).

Mögliche Ursache: Blockade des Ports TCP 4001, der zur Kommunikation verwendet wird, durch die Firewall des Computers oder des Internet-Providers im lokalen Netz.

Die Lösung: Überprüfen Sie in der Konfiguration des Computers ob der Port TCP 4001 nicht blockiert ist. Wenn nicht, kontaktieren Sie Ihren lokalen Netzwerkadministrator.

Das Problem: Nach Einstecken der SIM-Karte in den Analysator erscheint der Fehler **FALSCHER IP**.

Mögliche Ursache: Durch das Netz zugewiesene IP-Adresse ist anders, als konfiguriert im Analysator.

Die Lösung: Überprüfen Sie, ob in der Datenbank der Analysatoren die korrekte IP-Adresse, gemäß der Angaben des Dienstleisters eingegeben wurde. In der Datenbank der Analysatoren gehen Sie zu den Einstellungen des Analysators und wählen Sie **GSM-EINSTELLUNGEN ÄNDERN**. Geben Sie die richtige IP-Adresse ein und bestätigen. Verbindung mit dem Analysator trennen und auf dem Statusbildschirm der GSM-Verbindung überprüfen, ob der Analysator eine Verbindung zum Internet aufgebaut hat. Wenn dies nicht funktioniert, überprüfen Sie, ob die SIM-Karte richtig eingelegt ist.

Das Problem: Der Analysator meldet Fehler **FALSCHER PIN**.

Mögliche Ursache: Der PIN-Code des Analysators zum Entsperren der SIM-Karte ist ungültig. Dies kann durch die Änderung der SIM-Karte verursacht sein oder die Änderung des PIN-Codes der Karte im externen Gerät.

Die Lösung: Nach Verbindung mit dem Analysator über USB gehen Sie zur Analysatordatenbank und wählen die Option **GSM EINSTELLUNGEN ÄNDERN**, und danach **GSM PIN ÄNDERN**. Geben Sie vier beliebige Ziffern in das Feld **ALTER PIN-CODE** ein (in so einem Fall wird das Feld ignoriert), und danach geben Sie zwei Mal in zwei Feldern unten den richtigen Code der SIM-Karte ein. Die Einstellungen speichern. Verbindung mit dem Analysator trennen und in dem Bildschirm **<8>** des Analysators den GSM-Status überprüfen (ob eine Verbindung mit dem Netz stattfindet).

Das Problem: Der Analysator meldet den GSM-Fehler **PUK ERFORDERLICH**.

Mögliche Ursache: Die Karte im Analysator ist durch mehrmalige Eingabe einer falschen PIN gesperrt. Die SIM-Karte muss durch Eingabe des PUK-Codes entsperrt werden.

Die Lösung: Nach Verbindung mit dem Analysator über USB gehen Sie zur Analysatordatenbank und wählen die Option **GSM EINSTELLUNGEN ÄNDERN**. Wählen Sie **GSM PIN ÄNDERN**. Ein Fenster sollte geöffnet werden, das die Eingabe eines PUK-Codes und eines neuen PIN-Codes ermöglicht. Geben Sie die Codes ein und bestätigen Sie sie. Verbindung mit dem Analysator trennen und in dem Bildschirm **<8>** des Analysators den GSM-Status überprüfen (ob eine Verbindung mit dem Netz stattfindet).

Die Karte kann auch entsperrt werden indem Sie in ein beliebiges mobiles Telefon eingesteckt wird und dort der PUK-Code und neue PIN-Code eingegeben wird.

Hinweis: mehrmalige Eingabe des falschen PUK-Codes führt zur irreversiblen Sperrung der SIM-Karte!

Das Problem: Der Analysator meldet GSM-Fehler: **NETZWERKFEHLER, SMS-FEHLER, KEIN NETZ** oder andere.

Mögliche Ursache: Ein GSM-Netzfehler ist aufgetreten. Dies kann durch Eingabe einer falschen Telefonnummer für SMS-Benachrichtigungen oder kurzfristigen Verlust des Netzes verursacht werden.

Die Lösung: Im Falle eines SMS-Fehlers, überprüfen Sie die eingegebene Telefonnummer. In anderen Fällen, nehmen Sie keine zusätzliche Schritte vor. Der Analysator wird versuchen, den Vorgang zu wiederholen, nach Ablauf einer bestimmten Zeit (z.B. 1 Minute).

2.14 Bedienung der drahtlosen Wi-Fi-Kommunikation PQM-710 PQM-711

2.14.1 Allgemeine Angaben

Die Analysatoren PQM-710/711 sind mit einem Wi-Fi-Modul ausgestattet, das nach den Standards IEEE 802.11 b/g und n Single-Stream arbeitet.

Das Wi-Fi-Modul des Analysators kann in zwei Modi betrieben werden:

- **Zugangspunkt** (eng. *Access Point*) – der Analysator sendet sein eigenes Wi-Fi-Netzwerk. Geräte, die mit dem Analysator verbunden sind, arbeiten im Client-Modus. Dieser Modus ist bei Analysatoren mit Firmware-Version 1.30 oder höher verfügbar.
- **Client** – der Analysator stellt eine Verbindung zu einem vorhandenen externen Zugangspunkt her (der Zugangspunkt kann z. B. auf dem mit dem Analysegerät gelieferten Tablet konfiguriert werden, oder es kann sich um einen externen Router mit einem Wi-Fi-Zugangspunkt handeln).

2.14.2 Werkseitige Konfiguration

Die werkseitige Wi-Fi-Konfiguration des Tablets und des Analysators ist wie folgt:

- Betriebsart: Analysator als Zugangspunkt.
- Einstellungen des Analysators:
 - Netzwerk-SSID: *Modell_Analysator_Seriennummer_Analysator* (z.B. PQM-710_BR0001),
 - Kanal: 10,
 - IP-Nummer des Zugangspunkts: 10.0.71.1,
 - Subnetzmaske 255.255.255.0,
 - Automatische IP-Nummerierung (DHCP): aktiviert,
 - WPA2-PSK-Verschlüsselung aktiviert, Standardschlüssel „12345678“.
- Tablet-Konfiguration (Client):
 - IP, die automatisch vom Zugangspunkt zugewiesen wird: 10.0.71.X (wobei X im Bereich 2...254 liegt), Gateway 10.0.71.1.
 - WPA2-PSK-Verschlüsselung aktiviert, Standardschlüssel „12345678“.

2.14.3 Zugangspunkt-Modus

Im Access Point (AP)-Modus sendet der Analysator sein eigenes Wi-Fi-Subnetz mit einem festen Netzwerknamen (SSID). Die Standardeinstellungen des Analysators sind aus dem Abschnitt 2.14.2 zu entnehmen. Externe Geräte (z. B. PCs) können mit dem Analysator verbunden werden, wenn sie mit einer kompatiblen Wi-Fi-Schnittstelle ausgestattet sind, die im Client-Modus arbeitet.

Es kann jeweils nur ein Client mit dem Analysator verbunden sein.

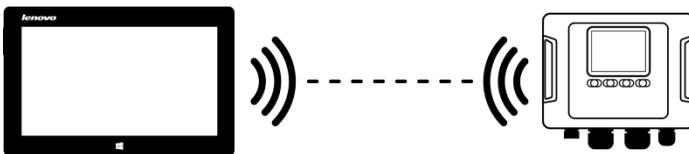


Abb. 30. Direktverbindung Tablet/PC (Client) ↔ Analysator (AP).

Der Betriebsmodus von Wi-Fi als Zugangspunkt wird vom Analysator auf dem Bildschirm angezeigt **<10>** in der ersten Zeile - die Buchstaben **AP** werden zusätzlich neben dem Wort **Wi-Fi** angezeigt. Die folgenden Informationen werden auf diesem Bildschirm angezeigt:

- Client-Verbindungsstatus (z.B. **BEREIT**, **CLIENT VERBUNDEN**),
- MAC-Adresse des Wi-Fi-Moduls des Analysators,

2 Bedienung des Analysators

- Die IP-Adresse, die der Zugangspunkt angenommen hat,
- Der aktuelle Name des Broadcast-Netzwerks (SSID).

Der Standard-Wi-Fi-Kanal, auf dem der Analysator arbeitet (Kanal 10), kann geändert werden, wenn mehr Geräte auf diesem Kanal betrieben werden, was zu einer Verringerung des Durchsatzes und gegenseitigen Störungen führen kann. Um den Kanal im Bereich 1..13 zu ändern, muss ein neuer SSID-Name angegeben werden, der mit „_chX“ (Unterstrich, Kleinbuchstaben „ch“ und Kanalnummer) endet, wobei X die Nummer ist, die den Kanal im Bereich 1 bis 13 definiert. Der Beispiel-SSID-Name, der den Standardkanal auf 5 ändert, lautet „PQM-711_BS0001_ch5“.

Wenn der Analysator in den Zugangspunkt-Modus geschaltet und betriebsbereit ist, kann eine Verbindung zu dem von ihm übertragenen Netz hergestellt werden. Auf Windows-Systemen öffnen Sie das Netzwerkverbindungsfenster und suchen in der Liste der verfügbaren drahtlosen Netzwerke die SSID des Analysators und wählen **VERBINDEN**. Ein Beispiel für ein solches Fenster finden Sie auf Abb. 31.



Abb. 31. Windows-Fenster für drahtlose Netzwerkverbindungen.

Bei dem Versuch, eine Verbindung herzustellen, wird ein Netzwerkpasswort verlangt. Es wird empfohlen, dass der Benutzer das Standardpasswort in ein anderes ändert. Das Passwort muss mindestens 8 Zeichen lang sein. Wenn Sie erfolgreich eine Verbindung zum Netzwerk des Analysegeräts hergestellt haben, müssen Sie als Nächstes die Software *Sonel Analysis* starten und die Kommunikation überprüfen.

2.14.3.1 Einrichten einer Wi-Fi-Verbindung über eine USB-Verbindung

Der Benutzer kann die werkseitigen Zugangspunkteinstellungen des Analysators mit Hilfe der Software *Sonel Analysis* ändern. Das Analysegerät muss über ein USB-Kabel angeschlossen werden.

Die Konfiguration des Analysators muss dann wie folgt durchgeführt werden:

- Eine Verbindung mit dem Analysator über ein USB-Kabel aufbauen.
- Führen Sie eine Analysator-Suche durch, z. B. durch Auswahl der Option **ANALYSATOR** → **ANALYSATOR EINSTELLUNGEN** (F4), und stellen Sie eine Verbindung mit dem Analysator her.
- Gehen Sie auf die Registerkarte **WIRELESS VERBINDUNG** (Abb. 32) und prüfen Sie, ob die Option **WiFi-VERBINDUNG AKTIVIERT** ist. Wenn dies nicht der Fall ist, schalten Sie sie ein.

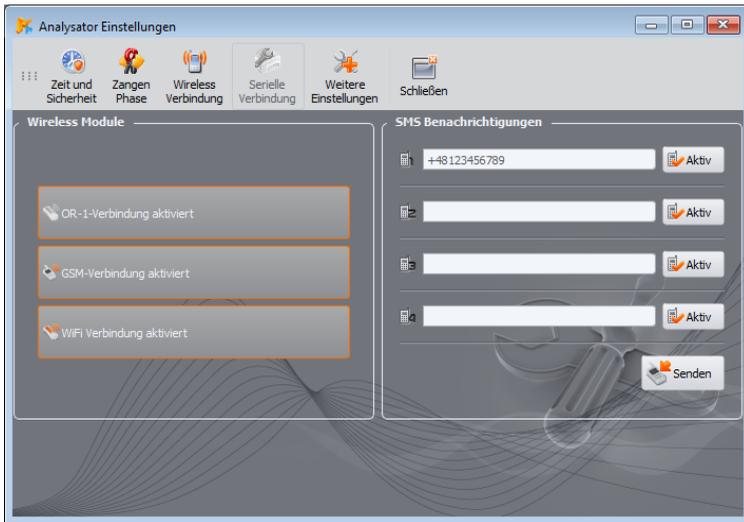


Abb. 32. Bildschirm mit den Einstellungen des Analysators, drahtlose Datenübertragungsmedien verfügbar.

- Wählen Sie im Programmmenü **OPTIONEN** → **ANALYSATOR DATENBANK** (F3). In der Datenbank der Analysatoren gehen Sie zu den Einstellungen des Analysators (klicken Sie auf die Zeile mit der Seriennummer des Analysators und klicken Sie auf **BEARBEITEN**). Klicken Sie im daraufhin angezeigten Menü auf die Taste **WiFi-EINSTELLUNGEN ÄNDERN**.
- Schalter **MODUS** in die Position **ZUGANGSPUNKT** bringen.
- Der Name des Zugangspunkts (Feld **NETZWERKNAME (SSID)**) und zweimal das Netzwerkpasswort (Felder **NEUES PASSWORT** und **PASSWORT BESTÄTIGEN**) müssen nacheinander eingegeben werden. Das Passwort muss mindestens 8 Zeichen lang sein.
- Die Schaltfläche **STANDARTEINSTELLUNGEN WIEDERHERSTELLEN** füllt die Felder mit den im Kapitel angegebenen Standardwerten aus. 2.14.2.
- Nachdem Sie die Einstellungen mit der Taste **OK** bestätigt haben, startet den Analysator das Wi-Fi-Modul neu und sollte nach einer Weile bereit sein, eine Verbindung mit dem Client mit den neuen Einstellungen herzustellen. Die Betriebsbereitschaft und der SSID-Name können auf dem Bildschirm <10> des Analysators überprüft werden, nachdem die USB-Verbindung hergestellt wurde.

2 Bedienung des Analysators

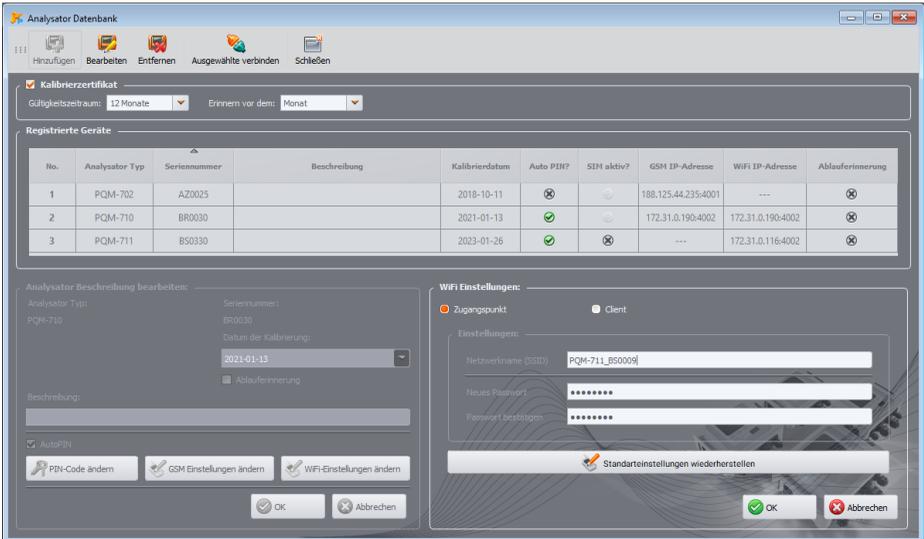


Abb. 33. Bildschirm zur Konfiguration des Wi-Fi-Zugangspunkts.

2.14.4 Client-Modus

Im Client-Modus ist der Betrieb sowohl im lokalen Netzwerk (Abb. 34) als auch über das Internet (Abb. 35) möglich.

In den Fällen, in denen das Tablet eine eigene Software anbietet, die es erlaubt, den Software-Zugangspunkt zu aktivieren, ist zusätzlich eine direkte Verbindung Tablet ↔ Analysator (Abb. 36, Abb. 37) möglich.

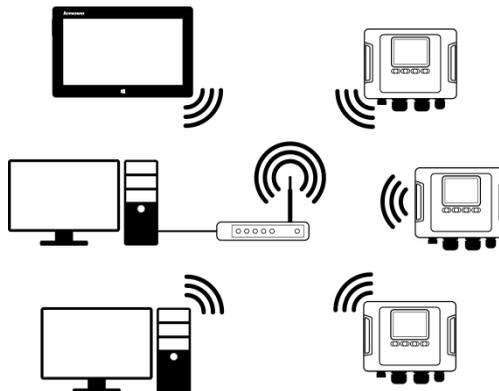


Abb. 34. Indirekte Verbindung über Wi-Fi-Router, lokales Netzwerk, Analysatoren im Client-Modus.

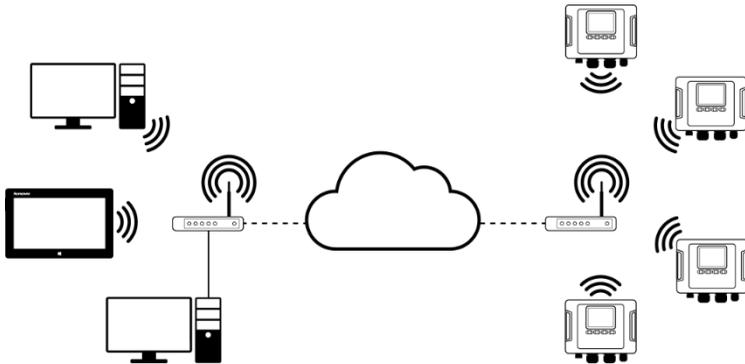


Abb. 35. Verbindung über das Internet. Analysatoren im Client-Modus.

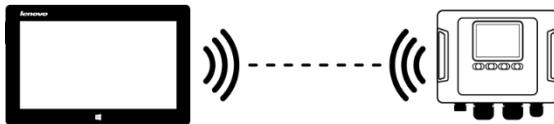


Abb. 36. Direktanschluss Tablett (AP) ↔ Analysator (Client). Erfordert ein Tablett, auf dem die Software-Access-Point-Funktion läuft (nicht in der von Sonel S.A. gelieferten Software enthalten).

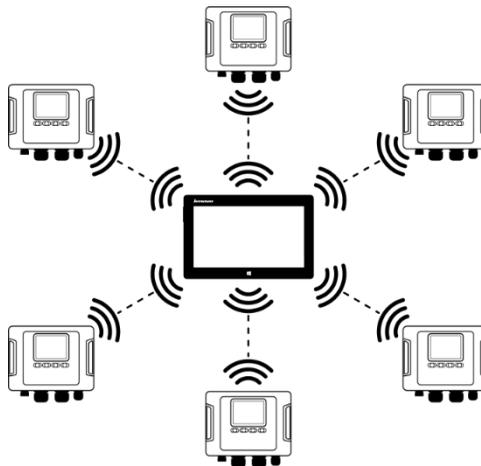


Abb. 37. Direktverbindung Tablett (AP) – mehrere Analysatoren (Clients). Erfordert ein Tablett, auf dem die Software-Access-Point-Funktion läuft (nicht in der von Sonel S.A. gelieferten Software enthalten).

In Konfigurationen mit einem externen Router ist es möglich, in einem offenen oder WPA/WPA2-PSK geschützten Netzwerk zu arbeiten. In unsicheren Netzen muss das Feld **SCHLÜSSEL** in der **ANALYSATOR DATENBANK** leer sein.

Wenn der Analysator mit dem Zugangspunkt verbunden wird, startet es den TCP/IP-Verbindungsserverdienst mit einer statischen IP-Adresse oder einer vom DHCP-Server des Zugangspunkts zugewiesenen Adresse. Der Port, der sowohl im lokalen Netz als auch bei einer Direktverbindung verwendet wird, ist 4002.

Für die Verbindung mit dem Analysator über das Internet muss der Wi-Fi-Router vom Netzwerkadministrator ordnungsgemäß konfiguriert werden (Umleitung des Datenverkehrs vom lokalen Netz auf das öffentliche Netz).

Ein Analysator, der sich nicht in Reichweite des gewünschten Zugangspunkts befindet, bleibt im 2,4-GHz-Wi-Fi-Band-Scan-Modus.

Eine Fernverbindung der Anwendung *Sonel Analysis* über Wi-Fi ist möglich, wenn diese Übertragungsmethode in der Programmkonfiguration aktiviert ist (**PROGRAMMEINSTELLUNGEN** → **AKTIVE MEDIEN**).

2.14.4.1 Einrichten einer Wi-Fi-Verbindung über eine USB-Verbindung

Um die Verbindung korrekt einzurichten, sind folgende Angaben erforderlich:

- Name des Zugangspunkts (**SSID**).
- Passwort (**SCHLÜSSEL**) für ein gesichertes Netzwerk.
- **EXTERNE IP-ADRESSE** und **EXTERNER PORT**. Diese Parameter sind für den Betrieb in einem anderen Subnetz als dem des Tablets (Computers) erforderlich, insbesondere für die Verbindung über das Internet.

Die Konfiguration des Analysators muss dann wie folgt durchgeführt werden:

- Verbinden Sie das Tablet (Computer) über ein USB-Kabel mit dem Analysator.
- Führen Sie eine Analysator-Suche durch, z. B. durch Auswahl der Option **ANALYSER** → **ANALYSATOR EINSTELLUNGEN**, und stellen Sie eine Verbindung mit dem Analysator her.
- Gehen Sie auf die Registerkarte **WLAN VERBINDUNG** (Abb. 32) und prüfen Sie, ob die Option **WIFI-VERBINDUNG AKTIVIERT** ist. Wenn dies nicht der Fall ist, schalten Sie sie ein.
- Wählen Sie im Programmменю **OPTIONEN** → **ANALYSATOR DATENBANK**. In der Datenbank der Analysatoren gehen Sie zu den Einstellungen des Analysators (klicken Sie auf die Zeile mit der Seriennummer des Analysators und klicken Sie auf **BEARBEITEN**). Klicken Sie im daraufhin angezeigten Menü auf die Taste **WIFI-EINSTELLUNGEN ÄNDERN**.
- Schalter **MODUS** in die Position **CLIENT** bringen.
- Geben Sie den Namen des Zugangspunkts ein (Feld **SSID**) und markieren Sie im Falle eines gesicherten Netzes das Kästchen **ÄNDERN** und geben Sie das Passwort ein (Feld **SCHLÜSSEL**). Für ein ungesichertes Netz lassen Sie das Feld Schlüssel leer, aber das Feld **ÄNDERN** muss markiert bleiben.
- Wählen Sie aus, wie der Zugangspunkt die IP-Adresse zuweist. Für die manuelle Zuweisung geben Sie die entsprechenden Werte in die Felder **IP-ADRESSE**, **NET MASK** und **GATEWAY** ein. Im automatischen Modus **DHCP** wählen.

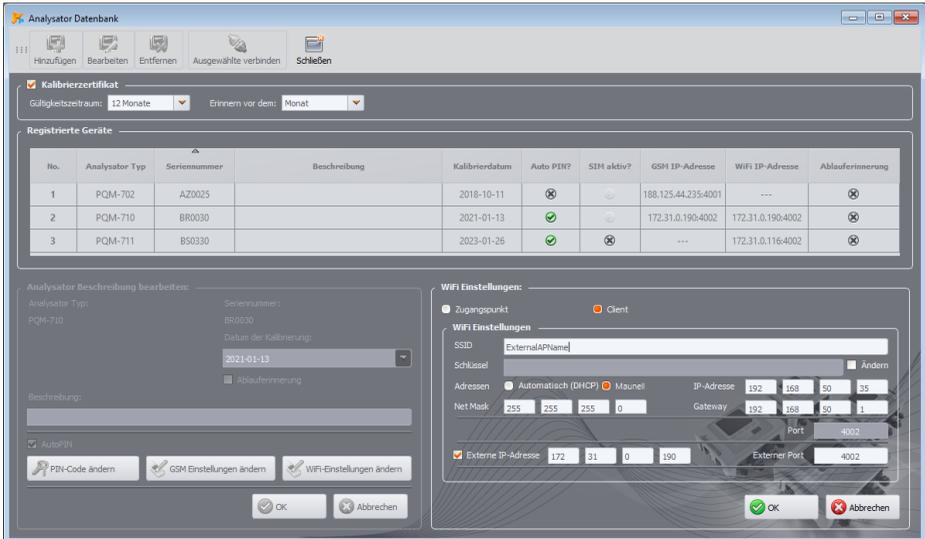


Abb. 38. Wi-Fi-Konfigurationsbildschirm im Client-Modus mit externer IP.

- Das Feld **PORT** kann nicht bearbeitet werden, es ist immer die Nummer 4002.
- Für den Betrieb in anderen Subnetzen (Internet) füllen Sie die Felder **EXTERNE IP-ADRESSE** und **EXTERNER PORT** aus. Bei direkter Verbindung (Tablet ↔ Analysator) und bei lokalem Netzwerkbetrieb (Tablet ↔ Wi-Fi-Router ↔ Analysator) sollten diese Felder inaktiv bleiben. Beim Scannen des Netzwerks aktualisiert *Sonel Analysis* diese Felder automatisch, wenn es das Vorhandensein des betreffenden Analysators feststellt.
- Bestätigen Sie die Einstellungen mit der Taste **OK**. So werden die neuen Daten an den Analysator gesendet.
- Wenn die richtigen Daten eingegeben wurden, versucht der Analysator eine Verbindung mit dem Wi-Fi-Zugangspunkt herzustellen. Sobald die Verbindung getrennt ist, kann der Status der Verbindung auf dem Bildschirm **<10>** verfolgt werden.

Die richtige Reihenfolge der Bildschirmmeldungen ist:

- **NETZSUCHE...**
- **NETZ-VERBINDUNGS-AUFBAU...**
- **IP-ADRESSE WIRD ABGERUFEN...** (für DHCP)
- **BEREIT**

2.14.4.2 Hinzufügen eines vorkonfigurierten Analysators zur Datenbank (Offline)

Das folgende Verfahren gilt, wenn der Analysator bereits konfiguriert wurde und in die Datenbank aufgenommen oder die Wi-Fi-Parameter zur Identifizierung des Geräts bearbeitet werden sollen.

Für die korrekte Konfiguration der Verbindung werden die **EXTERNE IP-ADRESSE** und **EXTERNER PORT** benötigt.

2 Bedienung des Analysators

Die Konfiguration des Analysators muss dann wie folgt durchgeführt werden:

- Wählen Sie das entsprechende Analysegerät aus der Datenbank aus und drücken Sie **BEARBEITEN** oder benutzen Sie die Taste **HINZUFÜGEN**, um es der Datenbank hinzuzufügen.
- Klicken Sie auf die Taste **WIFI-EINSTELLUNGEN ÄNDERN**. HINWEIS: Stellen Sie keine Verbindung zum Analysegerät her – klicken Sie im Fenster auf **ABBRECHEN**. Dies wird in der Konfiguration durch die Signatur **WIFI EINSTELLUNGEN (OFFLINE)** angezeigt.
- Markieren Sie das Kontrollkästchen **EXTERNE IP-ADRESSE**.
- Füllen Sie die **EXTERNE IP-ADRESSE** aus, indem Sie die IP-Nummer, die der Analysator hat (oder die vom Netzwerkadministrator zugewiesene IP, unter der der Analysator verfügbar ist), und den **EXTERNER PORT** (Standard 4002) eingeben.
- Bestätigen Sie die Einstellungen mit der Taste **OK**.

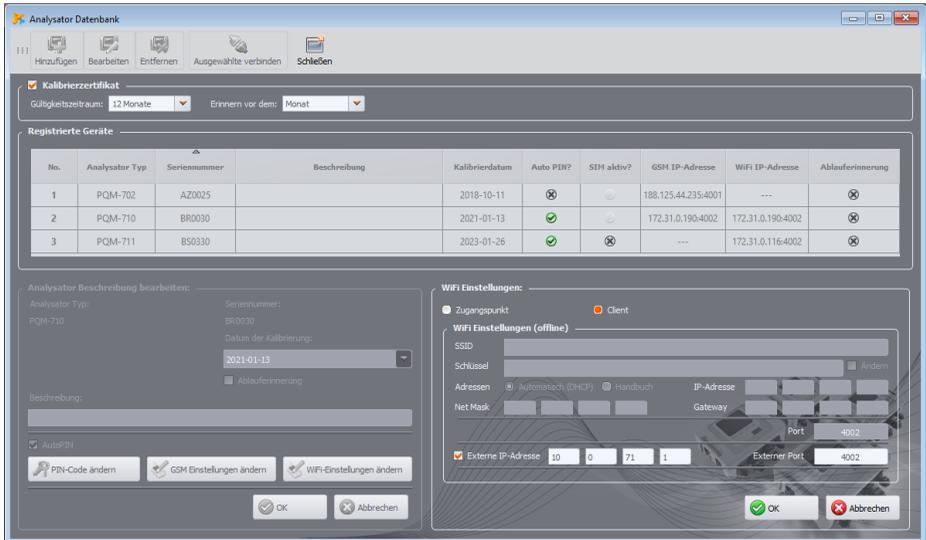


Abb. 39. Hinzufügen zur Datenbank des Analysators im Client-Modus (offline).

2.14.5 Überprüfen der Wi-Fi-Verbindung

Wenn der Statusbildschirm <10> der Wi-Fi-Status als **BEREIT** angezeigt wird, bedeutet es, dass eine Verbindung entgegen genommen werden kann. Eine Testverbindung kann durchgeführt werden, um die Verbindung mit *Sonel Analysis* zu überprüfen:

- Überprüfen Sie in den Programmeinstellungen, ob die Suche nach Analysatoren über Wi-Fi eingeschaltet ist: wählen Sie aus dem Menü **OPTIONEN**→**PROGRAMMEINSTELLUNGEN** →**MEDIENEINSTELLUNGEN**→**AKTIVE MEDIEN**. Das Feld **WIFI** muss markiert sein.
- Wenn der Analysator, mit dem wir im eine Verbindung aufbauen möchten, im Client-Modus arbeitet, muss er in die Datenbank der Analysatoren eingegeben werden (wenn zuvor eine Konfiguration nach Abschnitt 2.14.4.1 vorgenommen wurde, ist dies sichergestellt).
- Wenn der Analysator, mit dem Sie eine Verbindung aufbauen möchten, im Access Point-Modus arbeitet, müssen Sie zunächst eine Verbindung zu dem Wi-Fi-Netzwerk herstellen, über das es im Betriebssystem sendet.
- Eine bestehende Verbindung zum Analysator sollte getrennt werden (USB, GSM).

- Suche nach einem Analysator durchführen, durch Auswahl einer beliebigen Methode (z.B. durch Klicken auf **LIVE MODUS**). Auf der Suchliste sollte ein Analysator mit dem Kommentar **Wi-Fi-VERBINDUNG** erscheinen. Den Analysator auswählen und **AUSWÄHLEN** klicken.
- Nach einer Weile sollte auf dem Bildschirm das gewünschte Fenster erscheinen (z.B. das Fenster **LIVE MODUS**), und der Status auf der Statusleiste der Anwendung sollte sich ändern in **VERBUNDEN**. Auch auf dem Bildschirm des Analysators erscheint **VERBINDUNG MIT DEM PC (Wi-Fi)**. Somit war der Verbindungsversuch erfolgreich.

2.14.6 Mögliche Probleme mit der Wi-Fi-Konfiguration und Hinweise zur Vorgehensweise

Das Problem: Der Fortschrittsbalken bei der Suche nach Analysatoren geht schnell auf 100%, ohne einen Analysator zu finden.

Mögliche Ursache: das kann davon zeugen, dass die Suche nach Analysatoren über Wi-Fi in den Programmeinstellungen oder Analysatordatenbank deaktiviert ist.

Lösung: Wählen Sie im Programmmenü **OPTIONEN** → **PROGRAMMEINSTELLUNGEN** → **MEDIENEINSTELLUNGEN** → **AKTIVE MEDIEN**. Das Feld **WiFi** muss markiert sein.

Das Problem: Der Fortschrittsbalken bei der Suche nach Analysatoren geht innerhalb von wenigen Sekunden auf 100%, ohne einen Analysator zu finden.

Mögliche Ursachen:

- 1) Analysator ausgeschaltet oder mit inaktiver/nicht konfigurierter Wi-Fi-Verbindung.
- 2) Nichtübereinstimmung der IP-Adressen des Analysators und des Eintrages in der Datenbank.
- 3) Aktive Wi-Fi-Verbindung des Analysators mit einem anderen Client oder temporäre Netzwerkprobleme.

Die Lösung:

- 1) Wenn der Analysator verfügbar ist, überprüfen Sie den Wi-Fi-Status auf dem Bildschirm **<10>**. Wenn der Status **Aus** ist, wählen Sie aus dem Menü die Option **ANALYSER** → **ANALYSATOR EINSTELLUNGEN**, gehen Sie zur Karte **WLAN VERBINDUNG** und überprüfen Sie ob die Option **Wi-Fi-VERBINDUNG AKTIVIERT** aktiv ist und falls notwendig, schalten Sie sie ein. Überprüfen Sie die Wi-Fi-Konfiguration.
- 2) Vergewissern Sie sich, dass die richtige IP-Adresse des Analysegeräts und der richtige Port i (nur im *Client-Modus*) in die Datenbank des Analysators eingegeben wurden.
- 3) Versuchen Sie, eine erneute Verbindung herzustellen.

Das Problem: Gilt für den Zugangspunktmodus. Das vom Analysator gesendete Netz ist in der Liste der verfügbaren Netze sichtbar, aber beim Versuch, eine Verbindung zu diesem Netz herzustellen, wird ein Fehler gemeldet.

Mögliche Ursachen:

- 1) Der Analysator ist bereits mit einem anderen Client verbunden (der Bildschirm **<10>** der Status wird dann angezeigt **CLIENT VERBUNDEN**), oder es besteht eine aktive Verbindung von *Sonel Analysis* zu einem anderen PC (der Bildschirm zeigt dann die Meldung **VERBINDUNG MIT DEM PC (Wi-Fi)**).
- 2) Fehler im Netzwerk oder im Wi-Fi-Modul des Analysators.

Die Lösung:

- 1) Trennen Sie die Verbindung des zweiten Clients mit dem Zugangspunkt am Analysator.
- 2) Starten Sie das Wi-Fi-Modul am Analysator neu. Zu diesem Zweck halten Sie die Pfeiltaste **LINKS**  oder die Pfeiltaste **RECHTS**  mindestens 1,5 Sekunden lang gedrückt, bis der Bildschirm zu blinken anfängt. Versuchen Sie, die Verbindung wieder herzustellen (HINWEIS: Dieser Neustart ist nur möglich, wenn keine aktive Verbindung zu *Sonel Analysis* besteht).

Das Problem: Trotz korrektem Status **BEREIT** auf dem Display des Analysators und in der Suche, erscheint er nicht in der Liste. Die Option **WiFi VERBINDUNG AKTIVIERT** ist eingeschaltet, und der Analysator ist in der Datenbank der Analysatoren korrekt konfiguriert (zusammen mit der IP-Adresse).

Mögliche Ursache: Blockade des Ports TCP 4002, der zur Kommunikation verwendet wird, durch die Firewall des Computers (Tablets) oder des Internet-Providers im lokalen Netz.

Die Lösung: Überprüfen Sie in der Konfiguration des Computers ob der Port TCP 4002 nicht blockiert ist. Wenn nicht, kontaktieren Sie Ihren lokalen Netzwerkadministrator.

Das Problem: Bei direktem Anschluss an den Analysator sinkt die Übertragungsgeschwindigkeit unter 200 kB/s.

Mögliche Ursachen:

- 1) Zu großer Abstand zwischen dem Tablet und dem Gerät.
- 2) Zu viele Störungen auf dem Kanal, auf dem die Übertragung stattfindet.

Die Lösung:

- 1) Nähern Sie sich mit dem Tablet in einem Abstand von weniger als 10 m.
- 2) Es ist notwendig, die Kanalnummer zu ändern, auf der der Zugangspunkt arbeitet (wenn der Zugangspunkt ein Analysator ist, kann dies durch Ändern des Namens des gesendeten Netzwerks (SSID) erreicht werden, wie in Abschnitt 2.14.3) dargestellt wurde.

Das Problem: Die Verbindung zum Analysator wurde unterbrochen.

Mögliche Ursache:

- 1) Die Wi-Fi-Übertragung wurde im Fenster für die drahtlose Verbindung (Abb. 32) deaktiviert.
- 2) Wi-Fi-Zugangspunkt deaktiviert (nur *Client-Modus*).
- 3) Zu großer Abstand zwischen dem Analysator und dem PC bei direkter Verbindung.
- 4) Zu großer Abstand zwischen dem Analysator und dem Wi-Fi-Zugangspunkt oder zwischen dem Computer (Tablet) und dem Wi-Fi-Zugangspunkt.
- 5) Zu viele Störungen auf dem Kanal, auf dem die Übertragung stattfindet.

Die Lösung:

- 1) Schließen Sie den Analysator über ein USB-Kabel an und aktivieren Sie die Wi-Fi-Übertragung auf dem Analysegerät (Abb. 32)
- 2) Analysatoren im *Client-Modus*: Schalten Sie den Wi-Fi-Zugangspunkt ein und warten Sie, bis der Analysator eine Verbindung zu ihm herstellt. Auf dem Bildschirm **<10>** sollte der Wi-Fi-Status **BEREIT** angezeigt werden.
- 3) Analysatoren im *Client-Modus*: Gehen Sie mit dem Tablet näher an den Analysator heran und versuchen Sie, die Verbindung wiederherzustellen. Idealerweise sollte ein Analysator in Sichtweite sein, dann wird der Bildschirm **<10>** können Sie den Wi-Fi-Status und den Signalpegel sehen. Nur der Status **BEREIT** garantiert, dass eine Verbindung hergestellt werden kann. Im Idealfall sollte der angezeigte Signalpegel mindestens zwei Balken betragen.
- 4) Stellen Sie den Analysator/den PC (Tablet) und/oder den Wi-Fi-Zugangspunkt nach Möglichkeit so auf, dass der Wi-Fi-Signalpegel sowohl für den Analysator als auch für den Computer mindestens zwei Balken beträgt.
- 5) Es ist notwendig, die Kanalnummer zu ändern, auf der der Zugangspunkt arbeitet (wenn der Zugangspunkt ein Analysator ist, kann dies durch Ändern des Namens des gesendeten Netzwerks (SSID) erreicht werden, wie in Abschnitt 2.14.3).

2.15 Mitteilung über den Positionswechsel des Analysators

Der Analysator, in dem ein GSM-Modem betrieben wird und eine GPS-Verbindung hat, kann den Benutzer über die Bewegung des Analysators benachrichtigen. Um diese Funktion nutzen zu können, müssen Sie die **ANTIDIEBSTAHLFUNKTION** aus der PC-Ebene aktivieren und auf der Liste der Alarmnummern die geeignete Notrufnummer, an die die SMS mit der Nachricht gesendet werden sollen, hinterlegen. In diesem Modus speichert der Analysator die Position, in der sie zum ersten Mal nach dem Einschalten der Aufnahme bestimmt wurde, und sendet dann eine SMS, eine die

Telefonnummer (oder Telefonnummern), wenn eine Bewegung erkannt wird, die den Analysator um mehr als 100 m entfernt. Die SMS-Benachrichtigung enthält aktuelle Koordinaten des Analysators. Auch im Programm *Sone! Analysis* kann mit dem Analysator über GSM eine Verbindung aufgebaut werden und auf dem Status-Bildschirm des Analysators seine aktuelle Position überprüft werden (auch wenn der Analysator ausgeschaltet ist – siehe unten). Wenn der Analysator sich über längere Zeit in einer Entfernung größer als 100 m von der Startposition befindet, werden alle 10 Minuten SMS-Benachrichtigungen gesendet mit dem Aktuellen Standort des Analysators (maximal 10 SMS-Benachrichtigungen).

Bei ungünstigen Bedingungen kann der GPS-Empfang (schwaches Signal, Signalreflexionen) kann der Analysator fehlerhafte Meldungen zum Standort schicken. Der Benutzer wird ebenfalls über den Verlust oder die Widerkehr des GPS-Signals informiert, der die Bestimmung der Position des Analysators ermöglicht.

Nach der Aktivierung der Anti-Diebstahl-Funktion verhält sich der Analysator anders im Aus-Modus: die ganze Zeit ist das GSM-Modem und der GPS-Empfänger aktiv. Das führt dazu, dass im Falle eines Stromausfalls der Akku sehr schnell entladen, so wie im normalen Betrieb des Analysators im Akkubetrieb. Nach dieser Zeit wird sich der Analysator vollständig ausschalten; somit wird es nicht mehr möglich sein, SMS-Nachrichten zu senden.

Hinweis

Die Antidiebstahlfunktion erfordert zum richtigen Betrieb:

- ein eingeschaltetes GSM-Modem mit entsprechender konfigurierter SIM,
 - mindestens eine Notrufnummer, an die eine SMS geschickt werden soll.
- Bei der Aktivierung der Antidiebstahlfunktion müssen beide Elemente geprüft werden.*

2.16 Tastensperre

Die PC-Anwendung bietet die Möglichkeit die Tastensperre so einzustellen, dass die Tasten nach dem Start der Aufzeichnung gesperrt werden. Dies hat zum Ziel den Analysator vor dem Ausschalten der Aufzeichnung durch unbefugte Personen zu schützen. Um die Tasten zu entsperren, muss der Benutzer einen 3-stelligen Zahlencode eingeben:

- durch Drücken einer beliebigen Taste wird die Meldung **CODE EINGEBEN:** und danach drei Striche „- - -“ angezeigt
- mit den Tasten der Tastatur kann der Benutzer den korrekten Sicherheits-Code eingeben: mit der Taste  werden die Ziffern in der Reihenfolge 0, 1, 2...9 gewechselt, 0 an erster Stelle, mit der Taste  an zweiter, und mit der Taste  an dritter Stelle.
- drei Sekunden nach Eingabe des Zahlencodes (keine Taste darf in dieser Zeit betätigt werden) wird die Richtigkeit des Codes überprüft,
- nachdem der richtige Zahlencode eingegeben wurde, wird die Meldung **OK** ausgegeben und die Tasten werden entsperrt, falls ein falscher Zahlencode eingegeben wird, wird die Meldung **FALSCHER CODE!** auf dem Display erscheinen und das Gerät kehrt wieder in den vorherigen Zustand zurück (z.B. Ausschalten des Displays, falls es ausgeschaltet war).

Nach dem Entsperren wird die Tastatur automatisch wieder gesperrt, wenn der Benutzer für 30 Sekunden keine Taste betätigt.

Hinweis

Wenn Sie die Tasten  und  für 5 Sekunden gedrückt halten, werden die Tasten notentriegelt und die Tastensperre im Gerät wird entfernt.

2.17 Sleep-Modus des Displays

Die PC-Anwendung ermöglicht die Einstellung des Sleep-Modus des Displays. In diesem Modus wird nach 10 Sekunden nach dem Start der Aufzeichnung das Display des Analysators ausgeschaltet. Ab diesem Zeitpunkt wird auf dem Bildschirm alle 10 Sekunden kurz in der oberen linken Ecke die Messstellenummer erscheinen, die eine aktive Aufnahme signalisiert. Nach Abschluss der Aufnahme (z.B. wenn der Speicher voll ist) wird das Display ausgeschaltet bis die Taste gedrückt wird.

2.18 Temperaturschutz

Der Analysator verfügt über einen softwarebasierten Temperaturschutz. Wenn die Innentemperatur einen vordefinierten Schwellenwert (die Betriebstemperaturgrenze der elektronischen Komponenten) überschreitet, unterbricht der Analysator den laufenden Betrieb (z. B. die Aufzeichnung) und zeigt eine Meldung an: **TEMPERATUR-ÜBERSCHREITUNG!** danach schaltet er sich automatisch für 10 Minuten ab, um abzukühlen. Der Analysator nimmt den Betrieb wieder auf, wenn die Innentemperatur um mindestens 5°C gesunken ist, andernfalls schaltet es sich wieder ab und der Zyklus wiederholt sich.

2.19 Noteinstellung der Zeit

Der Analysator enthält eine interne Knopfzellenbatterie, die die Echtzeituhr (RTC) unabhängig vom Zustand der Li-Ion-Batterie aufrechterhält. Wenn die Batterie beim Einschalten des Messgeräts entladen ist, wird die Uhrzeit zurückgesetzt. Um den weiteren Betrieb zu ermöglichen, wenn kein Computer mit der Anwendung *Sonel Analysis* zur Verfügung steht oder die Uhrzeit nicht mit der GPS-Zeit synchronisiert werden kann, erkennt der Analysator beim Einschalten eine falsche Uhrzeit und ermöglicht eine manuelle Einstellung der Uhrzeit. Auf dem Bildschirm wird eine Meldung angezeigt **FALSCHES DATUM/UHRZEIT ERKANNT!** und dann wird der Bildschirm zur Einstellung von Datum und Uhrzeit angezeigt. Die folgenden Felder zeigen das Datum und die Uhrzeit im Format TT.MM.JJJJ hh.mm.ss an, wobei:

- TT - Tag
- MM - Monat
- JJJJ - Jahr
- hh - Stunde
- mm - Minute
- ss - Sekunde

Zum Einstellen der Uhrzeit:

- mit den Tasten  und  können Sie den Wert des hervorgehobenen Parameters ändern (wenn Sie die Taste gedrückt halten, wird der Wert automatisch erhöht)
- verwenden Sie die Taste , um durch die Parameter zu blättern; der aktive Parameter ist hervorgehoben,
- um die Einstellungen zu bestätigen, halten Sie die Taste  für 2 Sekunden gedrückt,
- um die Zeiteinstellung zu überspringen, können Sie  drücken oder 30 Sekunden warten, ohne eine Taste zu drücken.

3 Aufbau und Messmethoden

3.1 Spannungseingänge

Der Bau von Spannungseingängen wurde schematisch auf der Abb. 40 gezeigt. Zwei Messblocks sind sichtbar: rechts von den Klemmen wurden die Hauptspannungsbahnen gezeigt, die zur Messung der meisten Spannungsparameter dienen. Die Abtastfrequenz dieser Bahn beträgt 10,24 kHz. Drei Phaseingänge L1, L2, L3 und eine Schutzleitung PE haben eine gemeinsame Bezugslinie, die die Leitung N (neutral) bildet.

PQM-703 PQM-711 Links wurde die Anschlussmethode des Transientenmoduls an Eingangsklemmen gezeigt (nur PQM-703 und PQM-711). Es ist ersichtlich, dass alle vier Kanäle sich auf den PE-Eingang beziehen. Diese Bahn hat ein breites Spektrum (Abtastfrequenz 10 MHz) und einen größeren Bereich der gemessenen Spannungen.

Abb. 40 zeigt auch, dass der Stromversorgungskreis des Analysators unabhängig von den Messleitungen ist. Das Netzteil verfügt über einen nominalen Eingangsspannungsbereich von 100 V...690 V AC und hat eine separate Klemmen.

Der Analysator in der Hauptbahn verfügt über zwei Teilbereiche der Spannung:

- der Bereich niedriger Spannung, mit einer Höchstspannung von ± 450 V (ohne Clipping), wird bei Nennspannungen des Netzes im Bereich 64 V..127 V und bei Konfigurationen mit Spannungswandler eingeschaltet; dieser Bereich wird auch immer für den Kanal U_{N-PE} ausgewählt,
- der Hochspannungsbereich, mit einer Höchstspannung von ± 1500 V (ohne Clipping), wird bei Nennspannungen des Netzes ab 220 V und mehr eingeschaltet (ohne Spannungswandler).

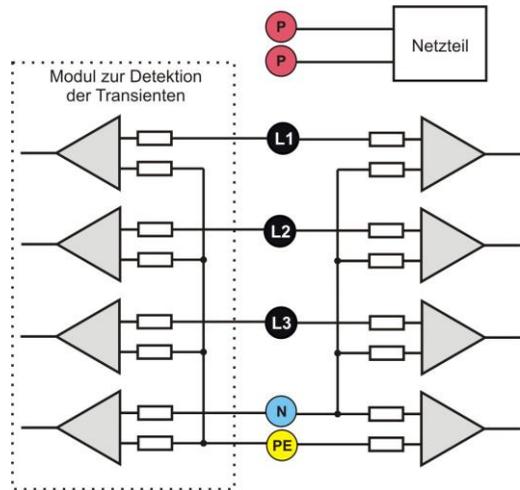


Abb. 40. Spannungseingänge (mit Transientenmodul) und Netzteil

Die Verwendung von zwei Spannungsbereichen ermöglicht die Einhaltung der angegebenen Messgenauigkeit gemäß der Klasse A der Norm IEC 61000-4-30 für alle Nennspannungen des Netzes.

3.2 Stromeingänge

Der Analysator verfügt über vier unabhängige Stromeingänge mit den gleichen Parametern. An jeden von ihnen können harte Stromzangen (Typ CT), mit einem Stromausgang im Standard 1 V, oder mehrere flexible Rogowski-Stromzangen angeschlossen werden.

Eine typische Situation ist die Verwendung von flexiblen Stromzangen zusammen mit dem eingebauten elektronischen Integrator. Allerdings kann der beschriebene Analysator direkt an den Eingang des Stromkanals der Rogowski-Spule angeschlossen werden, und die Integration des Signals erfolgt digital.

3.3 Digitaler Integrator

Im Analysator wurde eine Lösung mit digitaler Integration des Signals der Rogowski-Spule verwendet. Eine solche Vorgehensweise ermöglichte die Probleme von analogen Integratoren, die mit der Notwendigkeit der Gewährleistung der angegebenen Genauigkeit in langen Zeitabschnitten und unter schwierigen Messbedingungen, auszuschalten. Analoge Integratoren müssen auch Sicherungssysteme beinhalten, die vor der Sättigung des Eingang im Fall Gleichspannung am Eingang schützen.

3 Aufbau und Messmethoden

Der Perfekte Integrator hat eine unendliche Verstärkung für konstante Signale, die mit einer Geschwindigkeit von 20 dB/Frequenzdekade fallen. Die Phasenverschiebung ist konstant über den gesamten Frequenzbereich und beträgt -90° .

Theoretisch bewirkt eine unendliche Verstärkung für ein konstantes Signal, wenn es am Eingang des Integrators erscheint, die Sättigung des Ausgangs nahe der Versorgungsspannung und verhindert somit die weitere Arbeit des Geräts. In der Praxis wird eine Lösung, die die DC-Verstärkung auf einen bestimmten Wert einschränkt, und zusätzlich eine periodisch Zurücksetzung des Ausgangs bewirkt. Es gibt auch Techniken der aktiven Zurücksetzung der Gleichspannung, die auf der Messung und Rückgabe zum Eingang beruht, aber mit umgekehrten Zeichen, wodurch es effektiv gelöscht wird. Im Englischen wurde der Begriff „*leaky integrator*“ angenommen, was einen Integrator mit Auslauf bedeutet. Ein analoger „*leaky integrator*“ ist einfach ein Integrator mit Kondensator mit überbrücktem Widerstand mit hohem Wert. Ein solches System wird dann gleichbedeutend mit Tiefpassfilter mit einer sehr niedrigen Filterfrequenz.

Die digitale Integratorimplementierung gewährleistet hervorragende Langzeitparameter – die gesamte Prozedur wird über eine Berechnung durchgeführt, eine Alterung der Elemente, Drift usw. ist hier unmöglich. Jedoch so wie bei der analogen Version kann es hier zur Sättigung kommen und ohne entsprechende Gegenwirkung kann die digitale Integration nutzlos sein. Zu beachten ist, dass sowohl Eingangsverstärker, als auch Analog-Digital-Wandler einen bestimmten endliche und unerwünschte Vorspannung besitzen, die vor der Integration entfernt werden muss. In der Software des Analysators wurde ein digitaler Filter integriert, deren Aufgabe es ist die konstante Komponente der Spannung zu eliminieren. Das gefilterte Signal wird der digitalen Integration unterzogen. Die resultierende Phasencharakteristik hat hervorragende Eigenschaften und die Phasenverschiebung für die kritischen Frequenzen von 50 und 60 Hz ist minimal.

Die Gewährleistung einer geringen Phasenverschiebung zwischen den Signalen des Stromes und der Spannung ist für das Erhalten von geringen Leistungsfehlern wichtig. Es kann vorgeführt werden, dass der geschätzte Messfehler mit folgender Abhängigkeit ¹ ausgedrückt werden kann:

$$\text{Leistungsmessfehler} \approx \text{Phasenfehler (in Radianten)} \times \text{tg}(\varphi) \times 100 \%$$

wobei $\text{tg}(\varphi)$ den Tangens des Winkels zwischen dem Strom und der Spannung ihrer Grundkomponenten bezeichnen. Aus der obigen Formel kann geschlussfolgert werden, dass die Messfehler zusammen mit dem sinkenden Phasenverschiebungsfaktor steigen; beispielsweise bei einem Phasenfehler von $0,1^\circ$ und $\cos\varphi=0,5$ beträgt der Fehler $0,3\%$. Wie auch immer, damit die Leistungsmessungen genau sind, muss die Übereinstimmung der Phasen der Strom und Spannungskreise bestmöglich sein.

3.4 Signalabtastung

Das Signal wird abgetastet in allen acht Kanälen gleichzeitig abgetastet mit der Versorgungsspannungsfrequenz des Referenzkanals. Die Frequenz beträgt 10,24 kHz für die Frequenz 50 Hz und 60 Hz. Eine einzelne Periode hat daher 204,8 Proben für die Frequenz 50 Hz und 170,67 für 60 Hz. Es wurde ein 16-Bit-Analog-Digital-Wandler eingesetzt, der ein 64-faches Oversampling gewährleistet.

Die analoge 3-dB-Dämpfung der Wege wurde für eine Frequenz von 20 kHz bestimmt, der Amplitudenfehler für die maximale brauchbare Frequenz 3kHz (also die Frequenz der 50. Oberwellen für ein 60 Hz-Netzwerk) hingegen beträgt ca. 0,1 dB. Die Phasenverschiebung für dieselbe Frequenz ist geringer als 15° . Die Sperrdämpfung beträgt mehr als 75 dB.

Beachten Sie, dass für eine korrekte Messung der Phasenverschiebung zwischen den Oberwellen der Spannung im Bezug auf die Oberwellen des Stromes und der Leistung dieser Oberwellen ist die absolute Phasenverschiebung im Bezug auf die Bildfrequenz nicht wichtig, sondern die Übereinstimmung der Phasencharakteristiken der Spannungswege mit den Stromwegen. Der größte Fehler der Phasendifferenz beträgt für $f = 3 \text{ kHz}$ max. 15° . Der Fehler wird geringer, wenn die für uns interessante Frequenz sinkt. Bei der Fehlereinschätzung der Messung der Leistung der Oberwellen, muss der zusätzliche Fehler, den die Verwendeten Stromzangen und Wandler einführen.

3.5 PLL-Synchronisation

Die Synchronisierung der Abtastfrequenz wurde je nach Hardwareversion des Analysators durch Hardware oder Hardware/Software umgesetzt. Das Spannungssignal wird nach Durchlaufen der Eingangskreise auf den Bandpassfilter gerichtet, deren Aufgabe es ist die Stufe der Oberwellen zu verringern und nur die Grundkomponente der Spannung durchzulassen. Danach wird das Signal in die Kreise der

¹ Current sensing for energy metering, William Koon, Analog Devices, Inc.

Phasenschleife als Referenzsignal eingeführt. Das PLL-System generiert eine Frequenz, die ein Vielfaches der Referenzfrequenz, die zur Taktierung der Analog-Digital-Wandler notwendig ist.

Ein weiteres Problem ist der Bereich der Werte der Eingangsspannung, unter der der PLL-Kreis korrekt funktionieren wird. Die Norm 61000-4-7 gibt hier keine spezifische Anleitung oder Anforderungen an. Hingegen die Norm 61000-4-30 bestimmt den Wertebereich der Versorgungsspannung, in der die metrologischen Parameter nicht verschlechtert werden und die Klasse A bestimmt sie auf 10%...150% U_{din} . Der Analysator erfüllt die obigen Anforderungen, bezüglich der Funktionsweise des PLL-Systems auch für die niedrigste unterstützte Nennspannung $U_{nom}=64$ V, also ca. 6 V.

3.6 Frequenzmessung

Das Signal zur 10-sekündigen Messung der Frequenz wird aus dem Referenzkanal entnommen (das kann die Spannung L1, L2 oder L3 sein). Dies ist das gleiche Signal, mit dem die PLL-Schleife synchronisiert wird. Das Signal der Referenzbahn passiert den Bandpassfilter des 2-ten Grades, dessen Durchlassbereich auf eine Frequenz von 40..70 Hz bestimmt wurde. Die Aufgabe dieses Filters ist es, die Oberwellen zu reduzieren. Dann wird aus dem gefilterten Verlauf ein Rechtecksignal gebildet. Während des 10-sekündigen Messintervalls wird die Anzahl der Perioden des Signals und deren Laufzeit zusammengezählt. Die 10-sekündigen Zeitabstände werden durch die Echtzeituhr bestimmt (jede Multiplizität von 10 Sekunden). Die Frequenz wird als Verhältnis der Anzahl der Perioden und der Laufzeit berechnet.

3.7 Messung der Steuersignale

Der Analysator ermöglicht die Überwachung von zwei durch den Benutzer definierten Frequenzen im Bereich bis 3000 Hz. Nach dem Überschreiten des durch den Benutzer definierten Grenzwertes, speichert der Analysator den Signalpegel des Steuersignals für eine vorgegebene Zeitdauer (120 Sekunden). Standardmäßig misst der Analysator die Durchschnittswerte der Signale für das Zeitintervall in der Konfiguration (Hauptmittelungsperiode). Falls die Aufnahme nach EN 50160 ausgewählt wurde, werden zusätzlich alle 3-sekündigen Durchschnittswerte für beide Frequenzen aufgenommen, die beim Erstellen eines Berichts mit den Grenzwerten in der Norm verglichen werden.

3.8 Messung der Transienten PQM-703 PQM-711

Die Option zur Messung der Transienten ist nur für PQM-703 und PQM-711 verfügbar.

Aufgrund der kurzlebigen Natur dieser Störungen und das breite Frequenzspektrum, sind die typischerweise in Netzqualitätsanalysatoren verwendeten analog-digitalen Wandler mit relativ niedriger Abtastfrequenz unzureichend, um mit ausreichender Genauigkeit deren Verlauf aufzuzeichnen. Aus diesem Grund wird im Analysator PQM-703 und PQM-711 ein separater 4-Kanal-Sender mit einer maximalen Abtastrate von 10 MHz verwendet. Dies entspricht einer Zeit zwischen den einzelnen Proben von 100 ns. In diesem Modus ist es möglich die schnellsten Transienten aufzunehmen, und die Aufnahmezeit beträgt bis 2 ms (20.000 Proben).

Tab. 4. Zusammenfassung der Messarten Transienten im PQM-703 und PQM-711.

| Abtastfrequenz | Anstiegszeit bei der Methode dV/dt | Umfang der Aufnahmezeit (2000...20000 Proben) |
|----------------|------------------------------------|---|
| 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 |

Zur Konfiguration der Transienten im Analysator stehen für den Benutzer mehrere Optionen zur Auswahl:

- die Hauptabtastfrequenz des A/C-Wandlers im Bereich ab 100 kHz bis 10 MHz,

3 Aufbau und Messmethoden

- Detektionsmethode: Grenzwertmethode - aufgrund der eingestellten Mindestamplitude des Transienten (im Bereich von 50 V bis 5000 V), oder der Mindestgeschwindigkeit des Signalzuwachses in einem Zeitabschnitt (dV/dt-Methode),
- das Ein- oder Ausschalten der Aufnahme der Zeitverläufe der Transienten,
- die Aufnahme des Zeitverlaufes im Bereich von 2000 bis 20000 Proben,
- die Vorlaufzeit der Auslösung der Aufnahme des Zeitverlaufes im Bereich von 10% bis 90% der Aufnahmezeit.

Der Analysator zeichnet den zeitlichen Verlauf der Transienten nur in den Kanälen auf, wo die vom Benutzer festgelegten Kriterien eingehalten wurden. Nachdem der Transient entdeckt wurde, ist der Analysator für 3 Sekunden unempfindlich auf andere Transienten (sog. Totzeit). Ein besonderer Fall ist eine Situation, in der nach Erkennung eines Transienten in einem Kanal, in der Zeit zwischen deren Erkennung und dem Beenden der Aufnahme des Zeitverlaufes, gemäß der durch den Benutzer eingestellten Aufnahmezeit des Diagramms, weitere Transienten in den restlichen Kanälen erscheinen. In dieser besonderen Situation, wird der Analysator Wellenformen aller Kanäle, in denen Transienten erkannt wurden, aufzuzeichnen. Da die Transienten, die später entdeckt wurden, im Vergleich zum ersten Kanal die Zeit nicht erhalten sog. Pretrigger (wird die Aufnahme dieser Kanäle in demselben Moment abgeschlossen, wie die Aufnahme des ersten Kanals, der ursprünglich das Ereignis ausgelöst hat), in der Anwendung *Sone! Analysis* werden die Ereignisse in diesen Kanälen als „Transient **“ markiert. Die Diagramme des Ereignisses in einem Kanal, das das erste Ereignis ausgelöst hat, werden immer mit den anderen Kanälen angezeigt, die das Ereignis wenig später ausgelöst haben. Ähnlich das Öffnen des Diagrammes eines späteren Ereignisses (sekundär) hat zur Folge, dass weitere Kanäle auch angezeigt werden, in denen in derselben Zeitspanne eine Störung aufgetreten ist. Auf diese Weise können Sie ganz einfach die Zeitabhängigkeit zwischen den Kanälen analysieren.

In der Ereignistabelle im Fall von Transienten werden folgende Parameter angegeben:

- in der Spalte **EXTREMWERT** befindet sich die gemessene maximale Amplitude des Transienten (Zwischenpeak),
- in der Spalte **LAUFZEIT** befindet sich die ungefähre Dauer der Störung.

Messbahnen beziehen sich auf den PE-Eingang (siehe auch Abb. 40). Das Transientenmodul überwacht Spannungen zwischen den Eingängen:

- L1-PE,
- L2-PE,
- L3-PE,
- N-PE.

Hinweis

Für eine korrekte Messung von Transienten, ist es notwendig den PE-Eingang des Analysators an eine lokale Erdung anzuschließen. Dies ist auch in Netzwerken mit 3 Leitungen des Typs Dreieck und Stern ohne Nullleiter notwendig.

3.8.1 Grenzwertmethode

Die Grenzwertmethode wird nach Auswahl der Option **SCHWELLENWERT** (im Reiter mit Spannungen in der Konfiguration des Messpunktes) und der Einstellung der Grenzwertspannung im Bereich 50 V bis 5000 V. Bei dieser Methode erkennt der Analysator Transienten nachdem seine Amplitude die voreingestellten Schwelle in Volt überschritten hat. Transienten, deren Amplitude die eingestellte Schwelle nicht überschreiten, werden durch den Analysator nicht erkannt. In diesem Modus wird die Wellenanstiegszeit nicht berücksichtigt. Sowohl langsame, als auch schnelle Transienten werden erkannt, sofern das Amplituden-Kriterium erfüllt wird.

HINWEIS: Der eingegebene Schwellenwert ist die transiente Amplitude, nicht die absolute Spannung, die gegen den Referenzeingang PE gemessen wird.

Auf Abb. 41 wurden zusammen mit ihren Amplituden U_{T1} und U_{T2} zwei Beispieltransienten dargestellt. Bei der Schwellenwertmethode erkennt der Analysator ein Ereignis, wenn U_{T1} oder U_{T2} größer ist als der vom Benutzer eingestellte Schwellenwert.

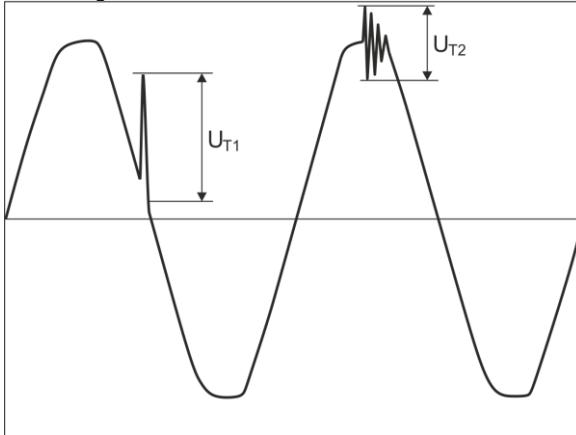


Abb. 41. Methode zur Bestimmung der transienten Amplituden.

3.8.2 dV/dt-Methode

Die dV/dt-Zuwachsmethode wird durch Markieren der Option **GESCHWINDIGKEIT** und Angabe der entsprechenden Abtastfrequenz, die indirekt die Zuwachsgeschwindigkeit der Spannung aus unterschiedlichen möglichen Werten wählt, gewählt (siehe Tab. 4). In der Methode dV/dt analysiert der Analysator die Spannungsverläufe im bestimmten Zeitbereich und entdeckt Transienten, wenn die Akkretionsrate des Verlaufs im Fenster den durch den Benutzer in der Konfiguration eingestellten Wert überschreitet. Die absolute Amplitude des Transienten ist nicht wichtig – beide Transienten mit kleiner und großer Amplitude werden erkannt werden, vorausgesetzt, dass die die Anforderung der Mindestakkretion erfüllt wird.

3.9 Funktionalität der Strombegrenzung

In Situationen, in denen der gemessene Strom sehr niedrige Werte hat oder Messzangen von dem Gerät entfernt wurden, kann die Funktion zum Zurücksetzen der Parameter, die mit dem jeweiligen Stromkanal verbunden sind, nützlich sein. Dies ist besonders wichtig im Fall von Parametern wie THD, die im Falle von Rauschen hohe und manchmal verwirrend Werte aufweisen. Im Fall der Ereigniserkennung, kann das Trennen der Stromzangen fast sofort eine Nachweisschwelle auslösen, was den Anwender irreführen kann. Um solche Situationen zu vermeiden, ist die Funktionalität der Zurückstellung der Stromparameter, wenn der Effektivwert des gemessenen Stromes unter dem vom Benutzer festgelegten Schwellenwert ist, eingeführt worden. Zum Einschalten dieser Funktion benutzen Sie das Feld **STROMGRENZWERT**, dass sich auf der Hauptkarte der Einstellungen der Messstelle befindet, unter der Liste zur Auswahl der Zangenart. Nach Einschalten dieser Option kann die Schwelle der Zurücksetzung eingestellt werden, die als Prozentsatz des Nennbereiches der ausgewählten Zangen, im Bereich 0,00 bis 0,50 % I_{nom} bestimmt wurde.

Die Überprüfung, ob der Stromwert unter der angegebenen Schwelle ist, erfolgt jede 10/12-Periode (ca. alle 200 ms). Wenn der Effektivwert des gemessenen Stroms in dem Kanal geringer ist als ein vorbestimmter Schwellenwert, werden folgende Parameter zurückgesetzt:

- Effektivwert des Stromes,
- Konstante Komponente des Stromes DC,
- Crestfaktor des Stromes,
- Amplituden der harmonischen und interharmonischen Komponenten des Stromes,

3 Aufbau und Messmethoden

- THD- und TID-Koeffizienten des Stromes,
- alle Leistungen des Kanals,
- Leistungskoeffizient und $\cos\varphi$,
- Winkel zwischen den Oberwellen der Spannung und des Stromes,
- Wirk- und Blindleistungen der Oberwellen,
- Koeffizienten $\tan\varphi$ und K.

Die Summen des Systems (gesamt) werden nur dann zurückgesetzt, wenn alle Komponenten der Stromkanäle unter dem Schwellenwert der Zurücksetzung sind. Dann werden auch folgende zurückgestellt:

- Unsymmetriefaktoren und symmetrische Komponenten des Stromes.

Energiezähler werden eingefroren, wenn sich die entsprechende Leistung in einem „Nullzustand“ befindet.

Im Falle von Ereignissen wird ein Teil der Parameter so bedient, dass die Zurückstellung berücksichtigt wird. Der Wert des Parameters wird bei der Bestimmung von Beginn und Ende des Ereignisses und auch in der Statistik (der Extrem- und Mittelwert) berücksichtigt, nur wenn der Stromwert oberhalb des Schwellenwerts der Zurücksetzung ist. Die Parameter, die auf diese Weise bedient werden sind:

- Crestfaktor des Stromes,
- THD- und TID-Koeffizienten des Stromes,
- Leistungskoeffizient und $\cos\varphi$,
- Koeffizienten $\tan\varphi$ und K,
- Asymmetrie-Koeffizienten des Stromes,

Die Zurücksetzung wird im Vorschau-Modus der aktuellen Werte und in der Analyse markiert. Um den aktuellen Messwert von Null des jeweiligen Parameters von dem durch diese Funktionalität zurückgesetzten Wert zu unterscheiden, gelten folgenden Regeln:

- im Lesemodus der aktuellen Parameter werden die zurückgesetzten Werte mit dem Symbol * (Sternchen) neben dem Wert (z.B. 0.000 *) markiert.
- in der Datenanalyse wird die Kopfzeile, die den Parameter beschreibt, der zurückgesetzt werden soll, indem das Symbol * hinzugefügt wird, zum Beispiel "I *L1[A]" (es werden nicht einzelne Zelle markiert, sondern nur die Kopfzeile, um zu signalisieren, dass die Funktionalität zum Zurücksetzen verwendet wurde).
- auf dem Display des Analysators werden die zurückgesetzten Werte in grau dargestellt.

3.10 Erkennung der Ereignisse

Der Analysator bietet viele Möglichkeiten zur Erkennung von Ereignissen im gemessenen Netzwerk. Als Ereignis wird eine Situation bezeichnet, deren Wert des ausgewählten Netzwerk-Parameters den vom Benutzer bestimmten Schwellenwert überschreitet.

Das Auftreten eines Ereignisses wird auf der SD-Karte in Form eines Eintrages gespeichert, der folgende Informationen enthält:

- Parameter,
- Kanal, in dem Ereignis festgestellt wurde,
- Start- und Endzeiten des Ereignisses,
- der Schwellenwert, der vom Benutzer bestimmt wurde,
- Extremwert des Parameters, der während des Ereignisses gemessen wurde,
- Durchschnittswert des Parameters der während des Ereignisses gemessen wurde.

Je nach Art des Parameters können ein, zwei oder drei Schwellenwerte eingestellt werden, die der Analysator überprüfen wird. Die Tabelle listet alle Parameter, für die Ereignisse mit Unterscheidung der Art des Schwellenwerts festgestellt werden können. Die Spalte „Oszillogramm und RMS1/2“ gibt an, für welche Arten von Ereignissen die Aufzeichnung von Oszillogrammen und RMS_{1/2}-Diagrammen möglich ist.

Tab. 5. Arten der Schwellenwerte für die jeweiligen Parameter.

| Parameter | | Unterbrechung | Einbruch | Wachstum | Minimum | Maximum | Oszillogramm und RMS1/2 |
|--|---|---------------|----------|----------|---------|------------------|-------------------------|
| U | Effektivwert der Spannung | • | • | • | | • ⁽¹⁾ | • |
| U _{Hüllkurve} | Änderung der Hüllkurvenform | | | | | • | • |
| U _{Phasensprung} | Phasensprung | | | | | • | • |
| RVC | Schnelle Spannungsänderungen | | | | | • | • |
| U _{DC} | Konstante Komponente der Spannung | | | | | • | |
| f | Frequenz | | | | • | • | |
| CF U | Scheitelfaktor der Spannung (Crestfaktor) | | | | • | • | |
| u ₂ | Unsymmetriefaktor der Gegenkomponente der Spannung | | | | | • | |
| P _{ST} | Flickerfaktor P _{ST} | | | | | • | |
| P _{LT} | Flickerfaktor P _{LT} | | | | | • | |
| I | Effektivwert des Stromes | | | | • | • | • |
| I _{DC} | Konstante Komponente des Stromes | | | | | • ⁽²⁾ | |
| CF I | Scheitelfaktor des Stromes | | | | | | |
| i ₂ | Unsymmetriefaktor der Gegenkomponente des Stromes | | | | | • | |
| P | Wirkleistung | | | | • | • | |
| Q ₁ , Q _B | Blindleistung | | | | • | • | |
| S | Scheinleistung | | | | • | • | |
| D ₁ , S _N | Leistungen der Verzerrung | | | | • | • | |
| PF | Leistungsfaktor | | | | • | • | |
| cosφ | Phasenverschiebungsfaktor | | | | • | • | |
| tgφ | Tangens-Faktorφ (Vierquadranten) | | | | • | • | |
| E _{P+} , E _{P-} | Wirkenergie (aufgezeichnet und abgegeben) | | | | | • | |
| E _Q | Blindenergie (Vierquadranten) | | | | | • | |
| E _S | Scheinenergie | | | | | • | |
| THD _F U | THD _F -Faktor der Spannung | | | | | • | |
| U _{h2..U_{h50}} | Amplituden der Oberwellen der Spannung (Ordnung n = 2...50) | | | | | • | |
| THD _F I | THD _F -Faktor des Stromes | | | | | • | |
| I _{h2..I_{h50}} | Amplituden der Oberwellen des Stromes (Ordnung n = 2...50) | | | | | • | |
| TID _F U | TID _F -Faktor der Spannung | | | | | • | |
| U _{h0..U_{h50}} | Amplituden der Zwischenharmonischen der Spannung (Ordnung n = 0...50) | | | | | • | |
| TID _F I | TID _F -Faktor des Stromes | | | | | • | |
| I _{h0..I_{h50}} | Amplituden der interharmonischen Komponenten des Stromes (Ordnung n = 0...50) | | | | | • | |
| K | Verlustfaktor im Transformator K | | | | | • | |
| UR ₁ , UR ₂ | Die Steuersignale | | | | | • | |
| PQM-703 PQM-711 U _t | Spannungstransienten | | | | | • | • ⁽³⁾ |

⁽¹⁾ bezieht sich auf die Spannung U_{N-PE}.

⁽²⁾ nur mit den Zangen C-5A.

⁽³⁾ Aufzeichnung von Transienten und Oszillogramm, kein RMS_{1/2}-Diagramm.

Einige der Parameter können sowohl positive und negative Werte annehmen. Ein Beispiel wäre die Wirkleistung, Blindleistung und der Leistungsfaktor. Da der Schwellenwert für ein Ereignis nur positiv sein kann, vergleicht der Analysator für die genannten Parameter die absoluten Werte der Parameter mit dem eingestellten Schwellenwert.

Beispiel

Der eingestellte Schwellenwert für die Wirkleistung beträgt 10 kW. Wenn die Belastung den Charakter eines Generators hat, wird die Wirkleistung bei korrekt angeschlossenen Stromzangen negativ sein. Wenn der gemessene absolute Wert der Wirkleistung den Schwellenwert überschreitet, also 10 kW (z.B. -11 kW) wird ein Ereignis aufgezeichnet - in diesem Fall das Überschreiten der maximalen Wirkleistung .

Zwei Arten von Parameter: sowohl der effektive Wert der Spannung, als auch der Effektivwert des Stromes können ein Ereignis auslösen, das der Benutzer um die Aufzeichnung der Momentverläufe (Oszillogramme) und $RMS_{1/2}$ -Werte ergänzen kann .

Verläufe der aktiven Spannungs- und Stromkanäle werden vom Analysator bei Beginn und Ende des Ereignisses aufgezeichnet. Der Benutzer kann in der Konfiguration die Dauer der Aufnahme der Verläufe (von 100 ms bis 1 s) und der $RMS_{1/2}$ -Wellenformen (von 1 s bis 30 s) und die Vorlaufzeit des Auslösens (für Oszillogramme von 40 ms bis 960 ms, für $RMS_{1/2}$ von 0,1 s bis 4,9 s) einstellen. Oszillogramme werden im 8-bit-format mit einer Abtastrate von 10,24 kHz gespeichert.

Die Information über das Ereignis wird nach Abschluss des Ereignisses gespeichert. In einigen Fällen kann es vorkommen, dass beim Beenden der Aufzeichnung ein Ereignis aktiv war (z.B. ein Spannungseinbruch stattfand). Die Information über ein solches Ereignis wird ebenfalls aufgezeichnet, jedoch mit den folgenden Änderungen:

- die Zeitangabe über das Ende des Ereignisses fehlt,
- der Extremwert wird nur bis zum Anhalten der Aufzeichnung gezählt,
- der Durchschnittswert wird nicht angegeben,
- für Ereignisse im Zusammenhang mit der effektiven Spannung und dem effektiven Strom ist nur für den Anfang ein Oszillogramm und ein $RMS_{1/2}$ -Diagramm verfügbar.

Um eine mehrfache Erkennung eines Ereignisses zu vermeiden, wenn der Parameterwert um den Schwellenwert schwankt, wurde eine vom Benutzer definierte Hysterese der Ereigniserkennung eingeführt. Es wird als Prozentsatz wie folgt definiert:

- für Ereignisse auf den Effektivwert der Spannung bezogen, ist dies ein Prozentsatz des Nennwerts der Spannung (z.B. 2% von 230 V, also 4,6 V),
- für Ereignisse auf den Effektivwert des Stromes bezogen, ist dies ein Prozentsatz des Nennbereichs des Stromes (z.B. für die Zangen C-4 und bei keinen Stromwandlern, ist die Hysterese 2% gleich $0,02 \times 1000 \text{ A} = 20 \text{ A}$,
- für Ereignisse der konstanten Komponente der Spannung und der Spannung U_{N-PE} wird die Hysterese als Prozentsatz des Schwellenwertes berechnet, aber nicht weniger als 50 mV (ohne Wandler).
- für alle anderen Parameter wird die Hysterese als Prozentsatz des maximalen Schwellenwerts bestimmt (z.B. wenn der maximale Schwellenwert für den Scheitelfaktor auf den Wert 4,0 bestimmt wurde, wird die Hysterese $0,02 \times 4,0 = 0,08$ betragen).

Für Ereignisse, die durch eine Änderung der Hüllkurvenform ausgelöst werden, gibt es einen Haltezeitparameter, der in Sekunden ausgedrückt wird (von 1 bis 600 s). Dieser Parameter bestimmt, wie lange der Analysator keine aufeinanderfolgenden Ereignisse aufzeichnet, die durch eine Änderung der Hüllkurvenform ausgelöst werden. Dies ermöglicht eine Begrenzung der Auslöser bei hochturbulenten Netzen.

3.10.1 Ereignisse anhand von Hüllkurvenformänderungen

Ab der Firmware-Version 1.25 steht eine neue Methode zur Erkennung von Störungen in der Form der Spannungswellenform zur Verfügung: Ereignisse anhand von Hüllkurvenformänderungen.

Diese Funktion ist sehr hilfreich bei der Erkennung von nicht-stationären Störungen in der Netzversorgung. Beachten Sie, dass der Analysator bei niedrigen Erkennungsschwellenwerten eine sehr große Anzahl von Ereignissen in einem kurzen Zeitintervall erkennen kann. Aus diesem Grund steht dem Benutzer der in Sekunden ausgedrückte Parameter **UNTERBRECHUNGSZEITEN** zur Verfügung. Sobald ein Ereignis erkannt wird, blockiert der Analysator die Erkennung weiterer Ereignisse (in einem bestimmten Kanal) für die durch diesen Parameter festgelegte Zeit. Sie kann zwischen 1 s und 600 s eingestellt werden.

Hinweis

Bei Analysatoren mit einer älteren Hardwareversion als HWg haben die Ereignisse anhand von Hüllkurvenformänderung und Phasensprung eine eingebaute Mindesthaltezeit nach der Ereigniserkennung von 2 Sekunden (für alle Spannungskanäle), die nicht verringert werden kann. Die Haltezeit kann in der Messkonfiguration bei Bedarf weiter verlängert werden.

3.10.2 Ereignisse anhand von Phasensprung

Der Analysator ist in der Lage, Änderungen in der Phase der Grundschiwingung der Spannung zu erkennen. Diese Funktion ist seit der Firmware-Version 1.25 verfügbar.

3.10.3 Ereignisse mit schnellen Spannungsschwankungen (RVC)

Der Analysator kann Ereignisse dieser Art erkennen und aufzeichnen, wenn die entsprechende Option in der Messkonfiguration aktiviert ist. Der Benutzer gibt zu diesem Zweck die folgenden Parameter ein:

- **SCHWELLENWERT** – ausgedrückt als Prozentsatz der Nennspannung, der die Empfindlichkeit der Erkennung bestimmt; je kleiner der Schwellenwert ist, desto größer ist die Empfindlichkeit und desto mehr Ereignisse dieser Art werden erkannt. Der typische Schwellenwert liegt bei 5% U_{NOM} . Der eingegebene Schwellenwert bezieht sich auf den ΔU_{MAX} -Wert der RVC-Ereignisse.
- **HYSTERESIS**, auch als Prozentsatz der Nennspannung ausgedrückt. Sie muss unter dem Schwellenwert liegen. Je näher die Hysterese am Schwellenwert liegt, desto geringer ist der Bereich der Spannungsänderung, der erforderlich ist, um die Spannung wieder als stabil zu betrachten. In der Regel wird der Hysteresewert als die Hälfte des eingestellten Schwellenwerts angenommen.
- Wenn der Benutzer möchte, dass zusammen mit den RVC-Ereignissen auch oszillografische Wellenformen und $RMS_{1/2}$ -Diagramme von Spannungen und Strömen gespeichert werden, ist dies durch Auswahl von **WELLENFORMEN UND RMS 1/2 AUFZEICHNEN** möglich. Die aufgezeichneten Wellenformen beziehen sich nur auf den Beginn des RVC-Ereignisses.

In mehrphasigen Systemen werden sowohl einphasige Ereignisse als auch mehrphasige Ereignisse erkannt (gemäß IEC 61000-4-30). In der Software *Sonel-Analysis* werden mehrphasige Ereignisse und einphasige Ereignisse, die in mehrphasigen Ereignissen enthalten sind, mit einem gelben Hintergrund gekennzeichnet. Dabei ist zu beachten, dass nach dem Algorithmus der IEC 61000-4-30 ein mehrphasiges Ereignis auch als ein Ereignis gilt, das nur in einer Phase aufgetreten ist (Mehrphasigkeit ist hier als ein systemspezifisches Phänomen zu betrachten und nicht als eine Anforderung, dass es in mehreren Phasen gleichzeitig auftreten muss).

Bei der Registrierung zur Einhaltung einer ausgewählten Norm, die auch die RVC-Messung umfasst, werden die RVC-Parameter aus den Standardeinstellungen der betreffenden Norm übernommen.

3.11 Mittelungsmethoden der Parameter

| Mittelungsmethoden der Parameter | |
|--|--|
| Parameter | Mittelungsmethode |
| Effektive Spannung | RMS |
| Gleichspannung, Gleichstrom | arithmetischer Mittelwert |
| Frequenz | arithmetischer Mittelwert |
| Scheitelfaktor U, I | arithmetischer Mittelwert |
| Symmetrische Komponenten U, I | RMS |
| Asymmetrie-Koeffizienten U, I | berechnet aus Durchschnittswerten der symmetrischen Komponenten |
| Effektiver Strom | RMS |
| Wirk-, Blind-, Scheinleistung, Leistung der Verzerrung | arithmetischer Mittelwert |
| Leistungsfaktor PF | errechnet aus den Mittelwerten der Leistung |
| cosφ | arithmetischer Mittelwert |
| tgφ | berechnet als das Verhältnis zwischen der Zunahme der Blindenergie (im betreffenden Quadranten) und der Zunahme der aufgenommenen Wirkenergie |
| THD U, I | berechnet als das Verhältnis des mittleren Effektivwerts (RMS) der höheren Harmonischen zum mittleren Effektivwert (RMS) der Grundschiwingung (für THD-F), oder das Verhältnis des durchschnittlichen RMS-Werts der höheren Harmonischen der effektiven Spannung zum durchschnittlichen Wert der effektiven Spannung (für THD-R) |
| TID U, I | berechnet als das Verhältnis des mittleren Effektivwerts (RMS) der Zwischenharmonischen zum mittleren Effektivwert (RMS) der Grundschiwingung (für TID-F), oder das Verhältnis des durchschnittlichen RMS-Werts der Zwischenharmonischen zum durchschnittlichen Wert der effektiven Spannung (für TID-R) |
| Amplituden der Oberwellen U, I | RMS |
| Amplituden der interharmonischen Komponenten U, I | RMS |
| K-Faktor | RMS |
| Winkel zwischen den Oberwellen der Spannungen und der Ströme | Arithmetischer Mittelwert (kartesische Methode) |
| Wirk- und Blindleistung der Oberwellen | Arithmetischer Mittelwert |

Anmerkungen:

Der RMS-Mittelwert wird gemäß der Formel berechnet:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2}$$

Der arithmetische Mittelwert (AVG) wird nach der Formel berechnet:

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

wo:

- X_i ist ein weiterer Parameterwert, der der Mittelung unterliegt,
- N die Ziffer des Wertes, der gemittelt werden soll.

4 Berechnungsformeln

4.1 Einphasen-Netz

| Einphasen-Netz | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------|---|
| Parameter | | | Berechnungsmethode |
| Bezeichnung | Kennzeichnung | Einheit | |
| Effektive Spannung (True RMS) | U_A | V | $U_A = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i^2}$ wo U_i die folgende Spannungsprobe ist U_{A-N} $M = 2048$ für 50 Hz und 60 Hz Netze |
| Konstante Komponente der Spannung | U_{ADC} | V | $U_{ADC} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i$ wo U_i die folgende Spannungsprobe ist U_{A-N} $M = 2048$ für 50 Hz und 60 Hz Netze |
| Frequenz | f | Hz | Die Gesamtzahl der Perioden der Spannung U_{A-N} während des 10-sekündigen Intervalls der Echtzeituhr, geteilt durch die Gesamtzeit der Laufzeit der vollen Perioden |
| Effektiver Strom (True RMS) | I_A | A | $I_A = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_i^2}$ wo I_i die folgende Stromprobe ist I_A $M = 2048$ für 50 Hz und 60 Hz Netze |
| Konstante Komponente des Stromes | I_{ADC} | A | $I_{ADC} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_i$ wo I_i die folgende Stromprobe ist I_A $M = 2048$ für 50 Hz und 60 Hz Netze |
| Wirkleistung | P | W | $P = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i I_i$ wo U_i die folgende Spannungsprobe ist U_{A-N} I_i die folgende Stromprobe ist I_A $M = 2048$ für 50 Hz und 60 Hz Netze |
| Blindleistung nach Budeanu | Q_B | var | $Q_B = \sum_{h=1}^{50} U_h I_h \sin \varphi_h$ wo U_h die h -te Oberwelle der Spannung U_{A-N} ist I_h ist die h -te Oberwelle des Stromes I_A φ_h ist der h -te Winkel zwischen den Oberwellen U_h und I_h |
| Blindleistung der Grundkomponente | Q_1 | var | $Q_1 = U_1 I_1 \sin \varphi_1$ wo U_1 die Grundkomponente der Spannung U_{A-N} ist I_1 ist die Grundkomponente des Stromes I_A φ_1 ist der Winkel zwischen den Grundkomponenten U_1 und I_1 |
| Scheinleistung | S | VA | $S = U_{ARMS} I_{ARMS}$ |
| Scheinleistung der Verzerrung | S_N | VA | $S_N = \sqrt{S^2 - (U_1 I_1)^2}$ |
| Verzerrungsleistung nach Budeanu | D_B | var | $D_B = \sqrt{S^2 - P^2 - Q_B^2}$ |
| Leistungsfaktor | PF | - | $PF = \frac{P}{S}$ |

4 Berechnungsformeln

| | | | |
|---|------------------------|--------|---|
| | | | <p>Wenn PF < 0 hat die Belastung den Charakter eines Generators</p> <p>Wenn PF > 0 hat die Belastung den Charakter eines Empfängers</p> |
| Phasenverschiebungsfaktor | $\cos\varphi$ DPF | - | $\cos\varphi = DPF = \cos(\varphi_{U_1} - \varphi_{I_1})$ wobei φ_{U_1} der absolute Winkel der Grundkomponente der Spannung U_{A-N} ist φ_{I_1} ist der absolute Winkel der Grundkomponente des Stromes I_A |
| Tangens φ (Vierquadranten) | $tg\varphi_{(L+)}$ | - | $tg\varphi_{(L+)} = \frac{\Delta E_{Q(L+)}}{\Delta E_{P+}}$ wo: $\Delta E_{Q(L+)}$ ist die Zunahme der Blindenergie $E_{Q(L+)}$ (Budeanu/IEEE-1459) in einem bestimmten Mittelungsintervall, ΔE_{P+} ist die Zunahme der aufgenommenen Wirkenergie E_{P+} in einem bestimmten Mittelungsintervall |
| | $tg\varphi_{(C-)}$ | - | $tg\varphi_{(C-)} = -\frac{\Delta E_{Q(C-)}}{\Delta E_{P+}}$ wo: $\Delta E_{Q(C-)}$ ist die Zunahme der Blindenergie $E_{Q(C-)}$ (Budeanu/IEEE-1459) in einem bestimmten Mittelungsintervall, ΔE_{P+} ist die Zunahme der aufgenommenen Wirkenergie E_{P+} in einem bestimmten Mittelungsintervall |
| | $tg\varphi_{(L-)}$ | - | $tg\varphi_{(L-)} = \frac{\Delta E_{Q(L-)}}{\Delta E_{P+}}$ wo: $\Delta E_{Q(L-)}$ ist die Zunahme der Blindenergie $E_{Q(L-)}$ (Budeanu/IEEE-1459) in einem bestimmten Mittelungsintervall, ΔE_{P+} ist die Zunahme der aufgenommenen Wirkenergie E_{P+} in einem bestimmten Mittelungsintervall |
| | $tg\varphi_{(C+)}$ | - | $tg\varphi_{(C+)} = -\frac{\Delta E_{Q(C+)}}{\Delta E_{P+}}$ wo: $\Delta E_{Q(C+)}$ ist der Blindenergiegewinn von $E_{Q(C+)}$ (Budeanu/IEEE-1459) über ein bestimmtes Mittelungsintervall, ΔE_{P+} ist die Zunahme der aufgenommenen Wirkenergie E_{P+} in einem bestimmten Mittelungsintervall |
| Komponenten der Oberwellen der Spannung und des Stroms | U_{hx} I_{hx} | V A | Methode der harmonischen Untergruppen nach IEC 61000-4-7 x (Ordnung der Oberwelle) = 1..50 |
| Klirrfaktor bezogen auf die grundlegende Komponente | $THDU_F$ | % | $THDU_F = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} U_h^2}}{U_1} \times 100\%$ wo U_h die h -te Oberwelle der Spannung U_{A-N} ist U_1 ist die Grundkomponente der Spannung U_{A-N} |
| Klirrfaktor der harmonischen Verzerrung für Spannung bezogen auf den Effektivwert | $THDU_R$ | % | $THDU_R = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} U_R^2}}{U_{ARMS}} \times 100\%$ wo U_h die h -te Oberwelle der Spannung U_{A-N} ist |
| Klirrfaktor der harmonischen Verzerrung für Strom bezogen auf die grundlegende Komponente | $THDI_F$ | % | $THDI_F = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}}{I_1} \times 100\%$ wo I_h ist die h -te Oberwelle des Stromes I_A I_1 ist die Grundkomponente des Stromes I_A |
| Klirrfaktor der harmonischen Verzerrung für Strom bezogen auf den Effektivwert | $THDI_R$ | % | $THDI_R = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_R^2}}{I_{ARMS}} \times 100\%$ wo I_h ist die h -te Oberwelle des Stromes I_A |
| TDD-Faktor | TDD | % | $TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_R^2}}{I_L} \times 100\%$ |

| | | | |
|--|------------------------|--------|---|
| | | | <p>wo I_h ist die h-te Oberwelle des Stromes I_A</p> <p>I_L ist der geforderte Strom (im Automatikmodus ist I_L der maximale Mittelwert der Grundschwingung des Stroms aller gemessenen Stromkanäle über das gesamte Aufzeichnungsintervall)</p> |
| Komponenten der Zwischenharmonischen der Spannung und des Stroms | U_{ihx} I_{ihx} | V A | Methode der Messung von Untergruppen der Zwischenharmonischen nach IEC 61000-4-7 x (Ordnung der Zwischenharmonischen) = 0..50 (die Subharmonische berücksichtigt auch das 5 Hz-Band) |
| Klirrfaktor der zwischenharmonischen Verzerrung für Spannung bezogen auf die grundlegende Komponente | $TIDU_F$ | % | $TIDU_F = \frac{\sqrt{\sum_{ih=0}^{50} U_{ih}^2}}{U_1} \times 100\%$ <p>wo U_{ih} ist die ih-te Zwischenharmonische der Spannung U_{A-N}</p> <p>U_1 ist die Grundkomponente der Spannung U_{A-N}</p> |
| Klirrfaktor der zwischenharmonischen Verzerrung für Spannung bezogen auf den Effektivwert | $TIDU_R$ | % | $TIDU_R = \frac{\sqrt{\sum_{ih=0}^{50} U_{ih}^2}}{U_{ARMS}} \times 100\%$ <p>wo U_{ih} ist die ih-te Zwischenharmonische der Spannung U_{A-N}</p> |
| Klirrfaktor der zwischenharmonischen Verzerrung des Stroms bezogen auf die grundlegende Komponente | $TIDI_F$ | % | $TIDI_F = \frac{\sqrt{\sum_{ih=0}^{50} I_{ih}^2}}{I_1} \times 100\%$ <p>wo I_{ih} ist die ih-te Zwischenharmonische des Stromes I_A</p> <p>I_1 ist die Grundkomponente des Stromes I_A</p> |
| Klirrfaktor der zwischenharmonischen Verzerrung für Strom bezogen auf den Effektivwert | $TIDI_R$ | % | $TIDI_R = \frac{\sqrt{\sum_{ih=0}^{50} I_{ih}^2}}{I_{ARMS}} \times 100\%$ <p>wo I_{ih} ist die ih-te Zwischenharmonische des Stromes I_A</p> |
| Scheitelfaktor der Spannung (Crestfaktor) | CFU | - | $CFU = \frac{\max U_i }{U_{ARMS}}$ <p>wo der Operator $\max U_i$ für den größten Wert unter den absoluten Werten der Spannungsproben U_{A-N} steht</p> <p>$i = 2048$ für 50 Hz und 60 Hz Netze</p> |
| Scheitelfaktor des Stromes | CFI | - | $CFI = \frac{\max I_i }{I_{ARMS}}$ <p>wo der Operator $\max I_i$ für den größten Wert unter den absoluten Werten der Stromproben I_A steht</p> <p>$i = 2048$ für 50 Hz und 60 Hz Netze</p> |
| Verlustfaktor im Transformator K | $K\text{-Factor}$ | - | $K\text{Factor} = \frac{\sum_{h=1}^{50} I_h^2 h^2}{I_1^2}$ <p>wo I_h ist die Oberwelle h-ter Ordnung des Stromes I_A</p> <p>I_1 ist die Grundkomponente des Stromes I_A</p> |
| Wirkleistungen der Oberwelle | P_h $h=1..50$ | W | $P_h = U_h I_h \cos \varphi_h$ <p>wo U_h die h-te Oberwelle der Spannung U_{A-N} ist</p> <p>I_h ist die h-te Oberwelle des Stromes I_A</p> <p>φ_h ist der Winkel zwischen den Oberwellen U_h und I_h</p> |
| Blindeistung der Oberwelle | Q_h $h=1..50$ | var | $Q_h = U_h I_h \sin \varphi_h$ <p>wo U_h die h-te Oberwelle der Spannung U_{A-N} ist</p> <p>I_h ist die h-te Oberwelle des Stromes I_A</p> <p>φ_h ist der Winkel zwischen den Oberwellen U_h und I_h</p> |
| Kurzfristiger Flickerfaktor | P_{st} | - | berechnet nach IEC 61000-4-15 |

4 Berechnungsformeln

| | | | |
|---|--|------|---|
| Langfristiger Flickerfaktor | P_{lt} | - | $P_{LT} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^N P_{STi}^3}{N}}$ <p>wo P_{STi} der i-te kurzfristige Flickerfaktor ist</p> |
| Wirkenergie (aufgezeichnet und abgegeben) | E_{P+} E_{P-} | Wh | $E_{P+} = \sum_{i=1}^m P_+(i)T(i)$ $P_+(i) = \begin{cases} P(i) & \text{dla } P(i) > 0 \\ 0 & \text{dla } P(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{P-} = \sum_{i=1}^m P_-(i)T(i)$ $P_-(i) = \begin{cases} P(i) & \text{dla } P(i) < 0 \\ 0 & \text{dla } P(i) \geq 0 \end{cases}$ <p>wo: i ist die folgende Nummer des 10/12-Perioden Messfensters $P(i)$ steht für die Wirkleistung P, die in dem i-ten Messfenster berechnet wurde $T(i)$ steht für die Laufzeit des i-ten Messfensters in Stunden</p> |
| Blindenergie (Vierquadranten) | $E_{Q(L+)}$ $E_{Q(C-)}$ $E_{Q(L-)}$ $E_{Q(C+)}$ | varh | $E_{Q(L+)} = \sum_{i=1}^m Q_{L+}(i)T(i)$ $Q_{L+}(i) = \begin{cases} Q(i) & \text{wenn } Q(i) > 0 \text{ und } P(i) > 0 \\ 0 & \text{ansonsten} \end{cases}$ $E_{Q(C-)} = \sum_{i=1}^m Q_{C-}(i)T(i)$ $Q_{C-}(i) = \begin{cases} Q(i) & \text{wenn } Q(i) > 0 \text{ und } P(i) < 0 \\ 0 & \text{ansonsten} \end{cases}$ $E_{Q(L-)} = \sum_{i=1}^m Q_{L-}(i)T(i)$ $Q_{L-}(i) = \begin{cases} Q(i) & \text{wenn } Q(i) < 0 \text{ und } P(i) < 0 \\ 0 & \text{ansonsten} \end{cases}$ $E_{Q(C+)} = \sum_{i=1}^m Q_{C+}(i)T(i)$ $Q_{C+}(i) = \begin{cases} Q(i) & \text{wenn } Q(i) < 0 \text{ und } P(i) > 0 \\ 0 & \text{ansonsten} \end{cases}$ <p>wo: i ist die folgende Nummer des 10/12-Perioden Messfensters $Q(i)$ steht für den Wert der Blindleistung (Budeanu oder IEEE1459), der in dem i-ten Messfenster berechnet wurde $P(i)$ steht für die berechnete Wirkleistung im i-ten Messfenster $T(i)$ steht für die Laufzeit des i-ten Messfensters in Stunden</p> |

| | | | |
|---------------|-------|-----|---|
| Scheinenergie | E_S | VAh | $E_S = \sum_{i=1}^m S(i)T(i)$ <p>wo: i ist die folgende Nummer des 10/12-Perioden Messfensters $S(i)$ steht für den Wert der Scheinleistung S, der in dem i-ten Messfenster berechnet wurde, $T(i)$ steht für die Laufzeit des i-ten Messfensters in Stunden</p> |
|---------------|-------|-----|---|

4.2 Zweiphasennetz

| Zweiphasennetz (nicht erwähnte Parameter, die wie für ein Einphasennetz berechnet werden) | | | |
|---|--------------------------------------|---------|--|
| Parameter | | | Berechnungsmethode |
| Bezeichnung | Kennzeichnung | Einheit | |
| Gesamte Wirkleistung | P_{tot} | W | $P_{tot} = P_A + P_B$ |
| Gesamte Blindleistung nach Budeanu | Q_{Btot} | var | $Q_{Btot} = Q_{BA} + Q_{BB}$ |
| Gesamte Blindleistung der Grundkomponente | Q_{1tot} | var | $Q_{1tot} = Q_{1A} + Q_{1B}$ |
| Gesamte Scheinleistung | S_{tot} | VA | $S_{tot} = S_A + S_B$ |
| Gesamte Scheinleistung der Verzerrung | S_{Ntot} | VA | $S_{Ntot} = S_{NA} + S_{NB}$ |
| Gesamte Verzerrungsleistung nach Budeanu | D_{Btot} | var | $D_{Btot} = D_{BA} + D_{BB}$ |
| Gesamter Leistungsfaktor | PF_{tot} | - | $PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_{tot}}$ |
| Gesamter Phasenverschiebungsfaktor | $\cos(\varphi_{tot})$ DPF_{tot} | - | $\cos \varphi_{tot} = DPF_{tot} = \frac{1}{2} (\cos \varphi_A + \cos \varphi_B)$ |
| Gesamter Tangens φ (Vierquadranten) | $tg(\varphi_{tot(L+)})$ | - | $tg \varphi_{tot(L+)} = \frac{\Delta E_{Q_{tot}(L+)}}{\Delta E_{P_{tot+}}}$ <p>wo: $\Delta E_{Q_{tot}(L+)}$ ist die Zunahme der gesamten Blindenergie $E_{Q_{tot}(L+)}$ (Budeanu/IEEE-1459) in einem bestimmten Mittelungsintervall, $\Delta E_{P_{tot+}}$ ist die Zunahme der aufgenommenen gesamten Wirkenergie $E_{P_{tot+}}$ in einem bestimmten Mittelungsintervall</p> |
| | $tg(\varphi_{tot(C-)})$ | - | $tg \varphi_{tot(C-)} = -\frac{\Delta E_{Q_{tot}(C-)}}{\Delta E_{P_{tot+}}}$ <p>wo: $\Delta E_{Q_{tot}(C-)}$ ist die Zunahme der gesamten Blindenergie $E_{Q_{tot}(C-)}$ (Budeanu/IEEE-1459) in einem bestimmten Mittelungsintervall, $\Delta E_{P_{tot+}}$ ist die Zunahme der aufgenommenen gesamten Wirkenergie $E_{P_{tot+}}$ in einem bestimmten Mittelungsintervall</p> |
| | $tg(\varphi_{tot(L-)})$ | - | $tg \varphi_{tot(L-)} = \frac{\Delta E_{Q_{tot}(L-)}}{\Delta E_{P_{tot+}}}$ <p>wo: $\Delta E_{Q_{tot}(L-)}$ ist die Zunahme der gesamten Blindenergie $E_{Q_{tot}(L-)}$ (Budeanu/IEEE-1459) in einem bestimmten Mittelungsintervall, $\Delta E_{P_{tot+}}$ ist die Zunahme der aufgenommenen gesamten Wirkenergie $E_{P_{tot+}}$ in einem bestimmten Mittelungsintervall</p> |
| | $tg(\varphi_{tot(C+)})$ | - | $tg \varphi_{tot(C+)} = -\frac{\Delta E_{Q_{tot}(C+)}}{\Delta E_{P_{tot+}}}$ <p>wo: $\Delta E_{Q_{tot}(C+)}$ ist die Zunahme der gesamten Blindenergie $E_{Q_{tot}(C+)}$ (Budeanu/IEEE-1459) in einem bestimmten Mittelungsintervall,</p> |

4 Berechnungsformeln

| | | | |
|--|--|------|--|
| | | | $\Delta E_{P_{tot+}}$ ist die Zunahme der aufgenommenen gesamten Wirkenergie $E_{P_{tot+}}$ in einem bestimmten Mittelungsintervall |
| Gesamte Wirkenergie (aufgezeichnet und abgegeben) | $E_{P_{tot+}}$ $E_{P_{tot-}}$ | Wh | $E_{P_{tot+}} = \sum_{i=1}^m P_{tot+}(i)T(i)$ $P_{tot+}(i) = \begin{cases} P_{tot}(i) & \text{dla } P_{tot}(i) > 0 \\ 0 & \text{dla } P_{tot}(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{P_{tot-}} = \sum_{i=1}^m P_{tot-}(i)T(i)$ $P_{tot-}(i) = \begin{cases} P_{tot}(i) & \text{dla } P_{tot}(i) < 0 \\ 0 & \text{dla } P_{tot}(i) \geq 0 \end{cases}$ <p>wo: i ist die folgende Nummer des 10/12-Perioden Messfensters $P_{tot}(i)$ steht für den gesamten Wert der Wirkleistung P_{tot}, die in dem i-ten Messfenster berechnet wurde, $T(i)$ steht für die Laufzeit des i-ten Messfensters in Stunden</p> |
| Gesamte Blindenergie nach Budeanu (Vierquadranten) | $E_{Q_{tot}(L+)}$ $E_{Q_{tot}(C-)}$ $E_{Q_{tot}(L-)}$ $E_{Q_{tot}(C+)}$ | varh | $E_{Q_{tot}(L+)} = \sum_{i=1}^m Q_{L+}(i)T(i)$ $Q_{L+}(i) = \begin{cases} Q(i) & \text{wenn } Q(i) > 0 \text{ und } P(i) > 0 \\ 0 & \text{ansonsten} \end{cases}$ $E_{Q_{tot}(C-)} = \sum_{i=1}^m Q_{C-}(i)T(i)$ $Q_{C-}(i) = \begin{cases} Q(i) & \text{wenn } Q(i) > 0 \text{ und } P(i) < 0 \\ 0 & \text{ansonsten} \end{cases}$ $E_{Q_{tot}(L-)} = \sum_{i=1}^m Q_{L-}(i)T(i)$ $Q_{L-}(i) = \begin{cases} Q(i) & \text{wenn } Q(i) < 0 \text{ und } P(i) < 0 \\ 0 & \text{ansonsten} \end{cases}$ $E_{Q_{tot}(C+)} = \sum_{i=1}^m Q_{C+}(i)T(i)$ $Q_{C+}(i) = \begin{cases} Q(i) & \text{wenn } Q(i) < 0 \text{ und } P(i) > 0 \\ 0 & \text{ansonsten} \end{cases}$ <p>wo: i ist die folgende Nummer des 10/12-Perioden Messfensters $Q(i)$ steht für den gesamten Wert der Blindleistung (Budeanu oder IEEE1459), der in dem i-ten Messfenster berechnet wurde $P(i)$ steht für die berechnete Wirkleistung im i-ten Messfenster $T(i)$ steht für die Laufzeit des i-ten Messfensters in Stunden</p> |
| Gesamte Scheinenergie | E_{Stot} | VAh | $E_{Stot} = \sum_{i=1}^m S_{tot}(i)T(i)$ <p>wo: i ist die folgende Nummer des 10/12-Perioden Messfensters $S_{tot}(i)$ steht für den gesamten Wert der Scheinleistung S_{tot}, die in dem i-ten Messfenster berechnet wurde, $T(i)$ steht für die Laufzeit des i-ten Messfensters in Stunden</p> |

4.3 Dreiphasen-Stern-Netzwerk mit N (Dreiphasen-Vierleiter)

| Dreiphasen-Stern-Netzwerk mit N (nicht erwähnte Parameter, die wie für ein Einphasennetz berechnet werden) | | | |
|--|--|---------|--|
| Parameter | | | Berechnungsmethode |
| Bezeichnung | Kennzeichnung | Einheit | |
| Gesamte Wirkleistung | P_{tot} | W | $P_{tot} = P_A + P_B + P_C$ |
| Gesamte Blindleistung nach Budeanu | Q_{Btot} | var | $Q_{Btot} = Q_{BA} + Q_{BB} + Q_{BC}$ |
| Gesamte Blindleistung nach IEEE 1459 | Q_1^+ | var | $Q_1^+ = 3U_1^{I+} \sin \varphi_1^+$ wo: U_1^+ ist die Gleichkomponente der Spannung (der Grundkomponente) I_1^+ ist die Gleichkomponente des Stromes (der Grundkomponente) φ_1^+ ist der Winkel zwischen den Komponenten U_1^+ und I_1^+ |
| Effektive Scheinleistung | S_e | VA | $S_e = 3U_e I_e$ wo: $U_e = \sqrt{\frac{3(U_A^2 + U_B^2 + U_C^2) + U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{18}}$ $I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + I_N^2}{3}}$ |
| Effektive Scheinleistung der Verzerrung | S_{eN} | VA | $S_{eN} = \sqrt{S_e^2 + S_{e1}^2}$ wo: $S_{e1} = 3U_{e1} I_{e1}$ $U_{e1} = \sqrt{\frac{3(U_{A1}^2 + U_{B1}^2 + U_{C1}^2) + U_{AB1}^2 + U_{BC1}^2 + U_{CA1}^2}{18}}$ $I_{e1} = \sqrt{\frac{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2 + I_{N1}^2}{3}}$ |
| Gesamte Verzerrungsleistung nach Budeanu | D_{Btot} | var | $D_{Btot} = D_{BA} + D_{BB} + D_{BC}$ |
| Gesamter Leistungsfaktor | PF_{tot} | - | $PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_e}$ |
| Gesamter Phasenverschiebungsfaktor | $\cos(\varphi_{tot})$ DPF_{tot} | - | $\cos \varphi_{tot} = DPF_{tot} = \frac{1}{3}(\cos \varphi_A + \cos \varphi_B + \cos \varphi_C)$ |
| Gesamter Tangens φ (Vierquadranten) | $tg(\varphi_{tot(L+)})$ $tg(\varphi_{tot(C-)})$ $tg(\varphi_{tot(L-)})$ $tg(\varphi_{tot(C+)})$ | - | Abhängigkeit wie für ein 2-Phasen-Netzwerk |
| Gesamte Wirkenergie (aufgezeichnet und abgegeben) | E_{P+tot} E_{P-tot} | Wh | Abhängigkeit wie für ein 2-Phasen-Netzwerk |
| Gesamte Blindenergie nach Budeanu (Vierquadranten) | $E_{Qtot(L+)}$ $E_{Qtot(C-)}$ $E_{Qtot(L-)}$ $E_{Qtot(C+)}$ | varh | Abhängigkeit wie für ein 2-Phasen-Netzwerk |

4 Berechnungsformeln

| | | | |
|--|------------|-----|---|
| Gesamte Scheinenergie | E_{Stot} | VAh | $E_{Stot} = \sum_{i=1}^m S_e(i)T(i)$ <p>wo: i ist die folgende Nummer des 10/12-Perioden Messfensters $S_e(i)$ steht für den gesamten Wert der effektiven Scheinleistung S_e, die in dem i-ten Messfenster berechnet wurde, $T(i)$ steht für die Laufzeit des i-ten Messfensters in Stunden</p> |
| Effektivwert der Nullkomponente der Spannung | U_0 | V | $\underline{U}_0 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + \underline{U}_{B1} + \underline{U}_{C1})$ $U_0 = \text{mag}(\underline{U}_0)$ <p>wo \underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1} sind Vektoren der Grundkomponenten der Phasenspannungen U_A, U_B, U_C Operator $\text{mag}()$ bezeichnet den Modul des Vektors</p> |
| Effektivwert der Gleichkomponente der Spannung | U_1 | V | $\underline{U}_1 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + a\underline{U}_{B1} + a^2\underline{U}_{C1})$ $U_1 = \text{mag}(\underline{U}_1)$ <p>wo \underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1} sind Vektoren der Grundkomponenten der Phasenspannungen U_A, U_B, U_C Operator $\text{mag}()$ bezeichnet den Modul des Vektors</p> $a = 1e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j$ $a^2 = 1e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j$ |
| Effektivwert der Gegenkomponente der Spannung | U_2 | V | $\underline{U}_2 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + a^2\underline{U}_{B1} + a\underline{U}_{C1})$ $U_2 = \text{mag}(\underline{U}_2)$ <p>wo \underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1} sind Vektoren der Grundkomponenten der Phasenspannungen U_A, U_B, U_C Operator $\text{mag}()$ bezeichnet den Modul des Vektors</p> $a = 1e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j$ $a^2 = 1e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j$ |
| Unsymmetriefaktor der Spannung der Nullkomponente | u_0 | % | $u_0 = \frac{U_0}{U_1} \cdot 100\%$ |
| Unsymmetriefaktor der Spannung der Gegenkomponente | u_2 | % | $u_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100\%$ |
| Nullkomponente des Stromes | I_0 | A | $\underline{I}_0 = \frac{1}{3}(\underline{I}_{A1} + \underline{I}_{B1} + \underline{I}_{C1})$ $I_0 = \text{mag}(\underline{I}_0)$ <p>wo \underline{I}_{A1}, \underline{I}_{B1}, \underline{I}_{C1} sind Vektoren der Grundkomponenten der Phasenströme I_A, I_B, I_C Operator $\text{mag}()$ bezeichnet den Modul des Vektors</p> |

| | | | |
|---|-------|---|---|
| Effektivwert der Gleichkomponente des Stromes | I_1 | A | $I_1 = \frac{1}{3}(I_{A1} + aI_{B1} + a^2I_{C1})$ $I_1 = \text{mag}(I_1)$ wo I_{A1}, I_{B1}, I_{C1} sind Vektoren der Grundkomponenten der Ströme I_A, I_B, I_C Operator $\text{mag}()$ bezeichnet den Modul des Vektors |
| Effektivwert der Gegenkomponente des Stromes | I_2 | A | $I_2 = \frac{1}{3}(I_{A1} + a^2I_{B1} + aI_{C1})$ $I_2 = \text{mag}(I_2)$ wo I_{A1}, I_{B1}, I_{C1} sind Vektoren der Grundkomponenten der Phasenspannungen I_A, I_B, I_C Operator $\text{mag}()$ bezeichnet den Modul des Vektors |
| Unsymmetriefaktor des Stromes der Nullkomponente | i_0 | % | $i_0 = \frac{I_0}{I_1} \cdot 100\%$ |
| Unsymmetriefaktor des Stromes der Gegenkomponente | i_2 | % | $i_2 = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100\%$ |

4.4 Dreiphasen-Netzwerk Dreieck und Stern ohne N (Dreiphasen-Dreileiter)

| Dreiphasen-Netzwerk Dreieck und Stern ohne N | | | |
|--|---------------|---------|--|
| (Parameter: effektive Spannung und effektiver Strom, konstante Komponenten der Spannungen und Ströme, THD- und K-Faktor, symmetrische Komponenten und Unsymmetriefaktoren, Flickerfaktoren, werden wie für einphasige Stromkreise berechnet; statt der Phasenspannungen werden die Leiterspannungen verwendet) | | | |
| Parameter | | | Berechnungsmethode |
| Bezeichnung | Kennzeichnung | Einheit | |
| Leiterspannung U_{CA} | U_{CA} | V | $U_{CA} = -(U_{AB} + U_{BC})$ |
| Strom I_2 (Aron-Messsysteme) | I_2 | A | $I_2 = -(I_1 + I_3)$ |
| Gesamte Wirkleistung | P_{tot} | W | $P_{tot} = \frac{1}{M} \left(\sum_{i=1}^M U_{iAC} I_{iA} + \sum_{i=1}^M U_{iBC} I_{iB} \right)$ wo: U_{AC} die folgende Spannungsprobe ist U_{A-C} U_{BC} die folgende Spannungsprobe ist U_{B-C} I_A die folgende Stromprobe ist I_A I_B die folgende Stromprobe ist I_B $M = 2048$ für 50 Hz und 60 Hz Netze |
| Gesamte Scheinleistung | S_e | VA | $S_e = 3U_e I_e, \text{ wo:}$ $U_e = \sqrt{\frac{U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{9}}$ $I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{3}}$ |
| Gesamte Blindleistung (Budeanu und IEEE 1459) | Q_{Btot} | var | $Q = N = \text{sign} \sqrt{S_e^2 - P^2}$ wo sign 1 oder -1 gleich ist. Das Vorzeichen wird durch den Phasenverschiebungswinkel zwischen den normierten symmetrischen Gleichkomponenten der Spannungen und Ströme bestimmt. |
| Gesamte Verzerrungsleistung nach Budeanu | D_{Btot} | var | $D_{Btot} = 0$ |

4 Berechnungsformeln

| | | | |
|---|-------------------------------------|-----|---|
| Effektive Scheinleistung der Verzerrung | S_{eN} | VA | $S_{eN} = \sqrt{S_e^2 + S_{e1}^2}, \text{ wo}$ $S_{e1} = 3U_{e1}I_{e1}$ $U_{e1} = \sqrt{\frac{U_{AB1}^2 + U_{BC1}^2 + U_{CA1}^2}{9}}$ $I_{e1} = \sqrt{\frac{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2}{3}}$ |
| Gesamter Leistungsfaktor | PF_{tot} | - | $PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_p}$ |
| Wirkenergie (aufgezeichnet und abgegeben) | $\frac{E_{P_{tot+}}}{E_{P_{tot-}}}$ | Wh | Abhängigkeit wie für ein 2-Phasen-Netzwerk |
| Gesamte Scheinenergie | E_{Stot} | VAh | $E_{Stot} = \sum_{i=1}^m S_e(i)T(i)$ <p>wo: i ist die folgende Nummer des 10/12-Perioden Messfensters $S_e(i)$ steht für den gesamten Wert der Scheinleistung S_e, die in dem i-ten Messfenster berechnet wurde, $T(i)$ steht für die Laufzeit des i-ten Messfensters in Stunden</p> |

5 Technische Daten

- Die Spezifikationen können ohne Ankündigung geändert werden. Die neuesten Versionen der Datenblätter sind auf der Website www.sonel.com erhältlich.
- Die grundlegende Unsicherheit ist die Unsicherheit des Messgeräts unter den Referenzbedingungen, die in der Tab. 6 aufgeführt sind.
- Die angegebenen Unsicherheiten betreffen den Analysator ohne zusätzliche Wandler und Stromzangen.
- Abkürzungen:
 - m.v. - Eichwert,
 - U_{nom} – Nennwert der Spannung,
 - I_{nom} – Nennbereich des Stroms (Zangen),
 - RMS – Effektivwert,
 - h – te Ordnung der Oberwellen,
 - s.Z. – Signifikante Ziffern – bedeutet in Bezug auf die Auflösung des Messergebnisses die Aufzeichnung eines Wertes mit der angegebenen Anzahl signifikanter Ziffern, z. B. beträgt die Auflösung für eine Spannung von 230 V und 4 Wechselstrom 0,1 V (Aufzeichnung 230,0 V); die Auflösung für einen Strom von 5 A und 4 Wechselstrom beträgt 0,001 A (Aufzeichnung 5,000 A).
 - δ_{ph} – zusätzliche Unsicherheit, die aus dem Messfehler der Messung der Phase zwischen den Oberwellen der Spannung und des Stromes hervorgehen.

5.1 Eingänge

| Spannungseingänge | |
|---|--|
| Anzahl der Eingänge | 5 (L1, L2, L3, N, PE - 4 Messkanäle) |
| Maximale Eingangsspannung gegen Erde | $U_{L-N} = 760 \text{ V}_{\text{RMS}}$ $(U_{L-L \text{ MAX}} = 1520 \text{ V für } U_{L-PE \text{ MAX}} = 760 \text{ V})$ 40...70 Hz oder DC  |
| Messkategorie | CAT IV 600 V / CAT III 760 V (bis zu 2000 m über dem Meeresspiegel) CAT IV 300 V / CAT III 600 V / CAT II 760 V (von 2.000 m bis 4.000 m über dem Meeresspiegel) |
| (je nach Ausführung – siehe Frontetikett) | $U_{L-N} = 1000 \text{ V}_{\text{RMS}}$ $(U_{L-L \text{ MAX}} = 2000 \text{ V für } U_{L-PE \text{ MAX}} = 1000 \text{ V})$ 40...70 Hz oder DC  |
| Peak-Eingangsspannung (ohne Schneiden) | ±1500 V (Hochspannungsbereich) ±450 V (Niederspannungsbereich) |
| Analoge Bandbreite (-3dB) | 20 kHz |
| Wandler | vom Benutzer bestimmt |
| Impedanz der Messeingänge | 10 MΩ (RCD) |
| CMRR | >70 dB (50 Hz) |

| Stromeingänge | |
|--|--|
| Anzahl der Eingänge | 4 (3 Phasen + Nullleiter) galvanisch nicht isoliert |
| Nennwert der Eingangsspannung (Kanal der harten Zangen) | 1 V _{RMS} |
| Peak-Eingangsspannung (Kanal der harten Zangen; ohne Schneiden) | ±3,6 V |
| Nennwert der Eingangsspannung (Kanal der flexiblen Zangen) | 0,125 V _{RMS} |
| Peak-Eingangsspannung (Kanal der flexiblen Zangen; ohne Schneiden) | ±0,45 V |
| Maximal zulässige Spannung am Zangeneingang gegen Erde | 5 V _{RMS} |
| Analoge Bandbreite (-3dB) | 20 kHz |
| Eingangsimpedanz | Kanal der harten Zangen: 100 kΩ Kanal der flexiblen Zangen: 12,4 kΩ |
| Messbereich (ohne Wandler) | Flexible Zangen F-1(A)/F-2(A)/F-3(A): 1..3000 A (±10 kA Peak, 50 Hz) Flexible Zangen F-2AHD/F-3AHD: 1..3000 A (±10 kA Peak, 50 Hz) Flexible Zangen F-1A6/F-2A6/F-3A6: 1..6000 A (±20 kA Peak, 50 Hz) Flexible Zangen F-1A1/F-2A1/F-3A1: 1..1500 A (±5 kA Peak, 50 Hz) Zangen C-4(A): 1..1200 A Zangen C-5(A): 1..1400 A Zangen C-6(A): 0,01..12 A Zangen C-7(A): 0..100 A |
| Wandler | vom Benutzer bestimmt |
| CMRR | 60 dB (50 Hz) |

5.2 Abtastung und RTC-Uhr

| Abtastung und RTC-Uhr | |
|-----------------------------------|---|
| A/C-Netzteil | 16-Bit |
| Abtastrate | 10,24 kHz für 50 Hz und 60 Hz Simultane Abtastung auf allen Kanälen |
| Proben je Periode | 204,8 für 50 Hz; 170,67 für 60 Hz |
| PLL-Synchronisation | 40..70 Hz |
| Referenz-Kanal für das System PLL | standardmäßig L1 (umschaltbar auf andere Kanäle) |
| Echtzeituhr | ±3,5 ppm max. (ca. ±9 Sekunden/Monat) im Temperaturbereich -20°C...+55°C |

5.3 Modul der Transienten **PQM-703** **PQM-711**

| Modul zur Detektion der Transienten | |
|--|---|
| Anzahl der Messkanäle | 4 (L1-PE, L2-PE, L3-PE, N-PE) nicht isoliert galvanisch |
| Maximale Eingangsspannung | 760 V _{RMS} / 1000 V _{RMS} (je nach Ausführung – Bezeichnung auf dem Frontetikett prüfen) |
| Peak-Eingangsspannung (ohne anzuschneiden) | ±8000 V |
| Analoge Bandbreite (-3dB) | 2,5 MHz |
| A/C-Netzteil | 4 Kanäle, 12 Bit, simultane Abtastung auf allen Kanälen |
| Abtastfrequenz | 10 MHz, 5 MHz, 1 MHz, 500 kHz, 100 kHz (vom Benutzer gewählt) |
| Aufnahmezeit des Durchlaufes | 2000 bis 20000 Proben (200 µs bis 200 ms abhängig von der Konfiguration) |
| Vorhaltezeit der Auslösung (Pretigger) | ab 10% bis 90% der Aufnahmezeit |
| Erkennungsmethode | - Amplitudenartig (50 V...5000 V) - Akkretionsrate (dV/dt; ab 100 V/500 µs bis 100 V/5 µs) |
| Totzeit | 3 s |

5.4 Gemessene Parameter - Genauigkeit, Auflösung und Bereiche

5.4.1 Bezugsbedingungen

Tab. 6. Bezugsbedingungen.

| Bezugsbedingungen | |
|---|---|
| Umgebungstemperatur | 0°C...+45°C |
| Relative Luftfeuchtigkeit | 40...60% |
| Spannungsunsymmetrie | ≤ 0,1% für den Unsymmetriefaktor der Gegenkomponente (gilt nur für Dreiphasennetze) |
| Äußeres konstantes Magnetfeld | ≤ 40 A/m (konstant) ≤ 3 A/m (variabel) für eine Frequenz von 50/60 Hz |
| Konstante Komponente der Spannung und des Stromes | Null |
| Wellenformen | Sinusförmige |
| Frequenz | 50 Hz ±0,2% oder 60 Hz ±0,2% |

5.4.2 Die Messunsicherheit abhängig von der Umgebungstemperatur

Die grundlegende Messunsicherheit, die in den technischen Daten angegeben wird, wird in einem Umgebungstemperaturbereich von 0°C...+45°C garantiert. Außerhalb dieses Bereiches, verwenden Sie bitte einen zusätzlichen Multiplikator (M), welcher die angegebene Grundunsicherheit auf die tatsächliche Unsicherheit erhöht. Abb. 42 zeigt ein Diagramm des Multiplikators M in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur im Bereich der nominalen Betriebstemperaturen. Der Multiplikator nimmt den Wert 1,0 im Temperaturbereich 0°C...+45°C an. Über +45°C bis +55°C wächst der Multiplikator linear bis zu einem Wert von 2,0. Unter der Temperatur 0°C (bis -20°C) wächst der Multiplikator linear bis zu einem Wert von 1,8.

Beispiel: Die Grundunsicherheit der Spannung RMS beträgt ±0,1% U_{nom} in einem Temperaturbereich von 0°C...+45°C.

- bei -20°C beträgt die Messunsicherheit ±0,18% U_{nom} (Multiplikator 1,8)
- bei -10°C beträgt die Messunsicherheit ±0,14% U_{nom} (Multiplikator 1,4)
- bei 0°C beträgt die Messunsicherheit ±0,1% U_{nom} (Multiplikator 1,0)
- bei +45°C beträgt die Messunsicherheit ±0,1% U_{nom} (Multiplikator 1,0)
- bei +55°C beträgt die Messunsicherheit ±0,2% U_{nom} (Multiplikator 2,0)

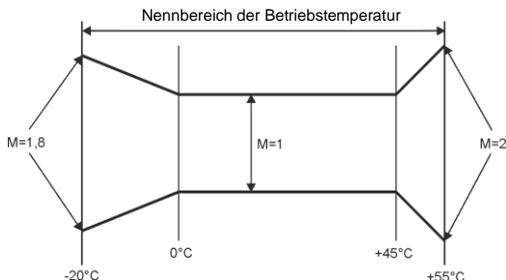


Abb. 42. Der Multiplikator der grundlegenden Messunsicherheit ist von der Umgebungstemperatur abhängig.

5.4.3 Spannung

| Spannung | Umfang und Bedingungen | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit |
|-------------------|--|-----------|---------------------------|
| U_{RMS} (AC+DC) | 10% $U_{nom} \leq U_{RMS} \leq 150\% U_{nom}$ für $U_{nom} \geq 64$ V | 4 s.Z. | ±0,1% U_{nom} |
| Scheitelfaktor | 1..10 (1..1,65 für die Spannung 690 V) für $U_{RMS} \geq 10\% U_{nom}$ | 0,01 | ±5% |

5.4.4 Strom

| Strom | Umfang und Bedingungen | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit |
|----------------------------|---|--|--|
| I_{RMS} (AC+DC) | Eingangskanal ohne Stromzangen | | |
| | Kanal der harten Zangen: 0..1 V ($\pm 3,6$ V max.) | 4 s.Z. | $\pm 0,1\% I_{nom}$ |
| | Kanal der flexiblen Zangen: 0..125 mV (± 450 mV max.) | | |
| | Flexible Zangen F-1(A)/F-2(A)/F-3(A) | | |
| | 0..3000 A (± 10 kA max.) | 4 s.Z. | Zusätzliche Messunsicherheit Siehe Bedienungsanleitung für die Zange |
| | Flexible Zangen F-2AHD/F-3AHD | | |
| | 0..3000 A (± 10 kA max.) | 4 s.Z. | Zusätzliche Messunsicherheit Siehe Bedienungsanleitung für die Zange |
| | Flexible Zangen F-1A6/F-2A6/F-3A6 | | |
| | 0..6000 A (± 20 kA max.) | 4 s.Z. | Zusätzliche Messunsicherheit Siehe Bedienungsanleitung für die Zange |
| | Flexible Zangen F-1A1/F-2A1/F-3A1 | | |
| | 0..1500 A (± 5 kA max.) | 4 s.Z. | Zusätzliche Messunsicherheit Siehe Bedienungsanleitung für die Zange |
| | Harte Zangen C-4(A) | | |
| | 0..1200 A | $0,01\% I_{nom}$ | Zusätzliche Messunsicherheit Siehe Bedienungsanleitung für die Zange |
| Harte Zangen C-5A | | | |
| 0..1400 A | 4 s.Z. | Zusätzliche Messunsicherheit Siehe Bedienungsanleitung für die Zange | |
| Harte Zangen C-6(A) | | | |
| 0..12 A | 4 s.Z. | Zusätzliche Messunsicherheit Siehe Bedienungsanleitung für die Zange | |
| Harte Zangen C-7(A) | | | |
| 0..100 A | 4 s.Z. | Zusätzliche Messunsicherheit Siehe Bedienungsanleitung für die Zange | |
| Scheitelfaktor | 1..10 (1..3,6 für I_{nom}) für $I_{RMS} \geq 1\% I_{nom}$ | 0,01 | $\pm 5\%$ |

5.4.5 Frequenz

| Frequenz | Umfang und Bedingungen | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit |
|----------|---|---|---------------------------|
| f | 40..70 Hz $10\% U_{nom} \leq U_{RMS} \leq 200\% U_{nom}$ | 0,01 Hz (0,001 Hz auf dem Bildschirm des Analyzers) | $\pm 0,01$ Hz |

5.4.6 Oberwellen

| Oberwellen | Umfang und Bedingungen | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit |
|--------------------------------|--|--------------------|--|
| Ordnung der Oberwellen (n) | DC, 1..50, Gruppierung: Untergruppen der Oberwellen nach IEC 61000-4-7 | | |
| Amplitude U_{RMS} | 0..20% U_{nom} (n ≥ 2) 0..150% U_{nom} (n = 1, DC) | 4 s.Z. | ±0,05% U_{nom} wenn m.v.<1% U_{nom} ±5% m.v. wenn m.v.≥ 1% U_{nom} (nach IEC 61000-4-7 Klasse I) |
| Amplitude I_{RMS} | 0..20% I_{nom} (n ≥ 2) 0..150% I_{nom} (n = 1, DC) | 4 s.Z. | ±0,15% I_{nom} wenn m.v.<3% I_{nom} ±5% m.v. wenn m.v.≥ 3% I_{nom} (nach IEC 61000-4-7 Klasse I) |
| THD-R der Spannung (n = 2..50) | 0,0...100,0% für $U_{RMS} \geq 1\% U_{nom}$ | 0,1 % | ±5% |
| THD-R des Stromes (n = 2..50) | 0,0...100,0% für $I_{RMS} \geq 1\% I_{nom}$ | 0,1 % | ±5% |
| TDD (n = 2..50) | abhängig von I_L | abhängig von I_L | abhängig von I_L |
| K-Factor | 1,0...50,0 für $I_{RMS} \geq 1\% I_{nom}$ | 0,1 | ±10% |
| Phasenwinkel (Spannung) | -180°...+180° | 0,1° | ±(n × 1°) |
| Phasenwinkel (Strom) | -180°...+180° | 0,1° | ±(n × 1°) |

5.4.7 Zwischenharmonische

| Zwischenharmonische | Umfang und Bedingungen | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit |
|--------------------------------------|---|-----------|--|
| Ordnung der Zwischenharmonischen (n) | 0..50, Gruppierung: interharmonische Untergruppen nach IEC 61000-4-7 (die Subharmonische berücksichtigt zusätzlich das Band 5 Hz) | | |
| Amplitude U_{RMS} | 0..20% U_{nom} | 4 s.Z. | ±0,05% U_{nom} wenn m.v.<1% U_{nom} ±5% m.v. wenn m.v.≥ 1% U_{nom} (nach IEC 61000-4-7 Klasse I) |
| Amplitude I_{RMS} | 0..20% I_{nom} | 4 s.Z. | ±0,15% I_{nom} wenn m.v.<3% I_{nom} ±5% m.v. wenn m.v.≥ 3% I_{nom} (nach IEC 61000-4-7 Klasse I) |
| TID-R der Spannung (n = 0..50) | 0,0...100,0% für $U_{RMS} \geq 1\% U_{nom}$ | 0,1 % | ±5% |
| TID-R des Stromes (n = 0..50) | 0,0...100,0% für $I_{RMS} \geq 1\% I_{nom}$ | 0,1 % | ±5% |

5.4.8 Leistungen der Oberwellen

| Leistungen der Oberwellen | Bedingungen | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit ⁽¹⁾ |
|--|--|-----------|--|
| Wirk- und Blindleistung der Oberwellen | 80% $U_{nom} \leq U_{RMS} < 150\% U_{nom}$ 5% $I_{nom} \leq I_{RMS} \leq I_{nom}$ | 4 s.Z. | $\pm \sqrt{\delta_{U_h}^2 + \delta_{I_h}^2 + \delta_{ph}^2} \%$ wo: δ_{U_h} – grundlegende Amplitude der Oberwelle der Spannung, δ_{I_h} – grundlegende Amplitude der Oberwelle des Stroms, δ_{ph} – grundlegende Unsicherheit, die aus der Messung der Phase zwischen den Oberwellen der Spannung und des Stromes hervorgehen |

(1) Siehe Abschnitt 5.4.10. Schätzung der Messunsicherheit der Leistung und Energie.

5.4.9 Leistung und Energie

| Leistung und Energie | Bedingungen (für die Leistung und Energie 80% U _{nom} ≤ U _{RMS} < 120% U _{nom}) | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit ⁽¹⁾ |
|--------------------------------------|---|-----------|--|
| Wirkleistung Wirkenergie | 1% I _{nom} ≤ I _{RMS} < 5% I _{nom} cosφ = 1 | 4 s.Z. | ± √(1,0 ² + δ _{ph} ²) % |
| | 5% I _{nom} ≤ I _{RMS} ≤ I _{nom} cosφ = 1 | | ± √(0,5 ² + δ _{ph} ²) % |
| | 2% I _{nom} ≤ I _{RMS} < 10% I _{nom} cosφ = 0,5 | | ± √(1,0 ² + δ _{ph} ²) % |
| | 10% I _{nom} ≤ I _{RMS} ≤ I _{nom} cosφ = 0,5 | | ± √(0,6 ² + δ _{ph} ²) % |
| Blindleistung Blindenergie | 2% I _{nom} ≤ I _{RMS} < 5% I _{nom} sinφ = 1 | 4 s.Z. | ± √(1,25 ² + δ _{ph} ²) % |
| | 5% I _{nom} ≤ I _{RMS} < I _{nom} sinφ = 1 | | ± √(1,0 ² + δ _{ph} ²) % |
| | 5% I _{nom} ≤ I _{RMS} < 10% I _{nom} sinφ = 0,5 | | ± √(1,25 ² + δ _{ph} ²) % |
| | 10% I _{nom} ≤ I _{RMS} < I _{nom} sinφ = 0,5 | | ± √(1,0 ² + δ _{ph} ²) % |
| | 10% I _{nom} ≤ I _{RMS} < I _{nom} sinφ = 0,25 | | ± √(1,25 ² + δ _{ph} ²) % |
| Scheinleistung Scheinenergie | 2% I _{nom} ≤ I _{RMS} < 5% I _{nom} | 4 s.Z. | ±1% |
| | 5% I _{nom} ≤ I _{RMS} ≤ I _{nom} | | ±0,5% |
| Leistungsfaktor (PF) | -1...1 50% U _{nom} ≤ U _{RMS} < 150% U _{nom} 10% I _{nom} ≤ I _{RMS} < I _{nom} | 0,01 | ±0,03 |
| Phasenverschiebungsfaktor (cosφ/DPF) | -1...1 50% U _{nom} ≤ U _{RMS} < 150% U _{nom} 10% I _{nom} ≤ I _{RMS} < I _{nom} | 0,01 | ±0,03 |

(1) Siehe Abschnitt 5.4.10. Schätzung der Messunsicherheit der Leistung und Energie.

5.4.10 Schätzung der Messunsicherheit der Leistung und Energie

Die gesamte Messunsicherheit der Leistung und der Wirk- und Blindenergie (der grundlegenden Komponente) und der Leistung der Oberwellen, basiert auf einer Verallgemeinerung der folgenden Formel (für die Energie wird die zusätzliche Unsicherheit aufgrund der Messzeit ignoriert, weil sie viel geringer ist, als die anderen Unsicherheiten):

$$\delta_{p,q} \cong \sqrt{\delta_{U_h}^2 + \delta_{I_h}^2 + \delta_{ph}^2}$$

- wo: δ_{p,q} – Messunsicherheit für die Messung der Wirk- oder Blindleistung,
- δ_{U_h} – gesamte Messunsicherheit der Messung der Amplitude der Oberwellen der Spannung (Analysator, Messwandler, Zangen),
- δ_{I_h} – gesamte Messunsicherheit der Messung der Amplitude der Oberwellen des Stromes (Analysator, Messwandler, Zangen),
- δ_{ph} – zusätzliche Unsicherheit, die aus dem Messfehler der Messung der Phase zwischen den Oberwellen der Spannung und des Stromes hervorgehen.

Die Unsicherheit δ_{ph} kann bestimmt werden, wenn der Winkel der Phasenverschiebung für den uns interessierenden Frequenzbereich bekannt ist. In der Tab. 7 wurde der Fehler der Phasendifferenz zwischen den Oberwellen der Spannung und des Stromes für die Analysatoren (ohne Zangen und Wandler) gezeigt.

Tab. 7. Fehler der Phase der Analysatoren PQM-702/703/710/711 abhängig von der Frequenz.

| | Fehler der Phasendifferenz | | | | | |
|-----------------|----------------------------|------------|-------------|---------------|----------|----------|
| Frequenzbereich | 40..70 Hz | 70..200 Hz | 200..500 Hz | 500 Hz..1 kHz | 1..2 kHz | 2..3 kHz |
| Fehler | ≤0,5° | ≤1° | ≤2,5° | ≤4° | ≤7° | ≤10° |

Der Phasenfehler der durch die verwendeten Wandler und Zangen eingeführt wird, kann meistens in der technischen Dokumentation dieser gefunden werden. In so einem Fall sollte der zu erwartende Phasenfehler zwischen der Spannung und dem Strom für die uns interessierende Frequenz, der durch alle Elemente des Messsystems eingeführt wird, geschätzt werden: Spannungswandler, Zangen und der Analysator.

Die Messunsicherheit aufgrund des Phasenfehlers für die Wirkleistung der Oberwellen kann durch folgende Formel bestimmt werden:

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

Die Messunsicherheit der Blindleistung der Oberwellen hingegen, kann mithilfe der folgenden Formel bestimmt werden:

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

In den beiden Formeln φ bedeutet den tatsächlichen Winkel der Verschiebung zwischen den Oberwellen des Stromes und der Spannung, und den $\Delta\varphi$ gesamten Phasenfehler für die jeweilige Frequenz. Aus den vorgestellten Abhängigkeiten kann schlussgefolgert werden, dass die Messunsicherheit der Leistung, für denselben Phasenfehler, deutlich vom Faktor der Phasenverschiebung zwischen dem Strom und der Spannung abhängt. Das wurde auf Abb. 43 gezeigt.

Beispiel

Berechnung der Messunsicherheit der Wirkleistung und der grundlegenden Komponente.

Bedingungen: $\varphi = 60^\circ$, $U_{RMS} \equiv U_{nom}$, $I_{RMS} = 5\% I_{nom}$.

Grundlegende Unsicherheit beträgt $\pm \sqrt{1,0^2 + \delta_{ph}^2}$ %.

Für einen Frequenzbereich 40..70 Hz ist der Phasenfehler PQM-702 geringer als 0,5°. Nach Einsetzung in der Gleichung:

$$\delta_{ph} = 100 \left(1 - \frac{\cos(\varphi + \Delta\varphi)}{\cos\varphi} \right) = 100 \left(1 - \frac{\cos(60,5^\circ)}{\cos(60^\circ)} \right) = 1,52\%$$

somit beträgt die Messunsicherheit:

$$\delta = \pm \sqrt{1,0^2 + 1,52^2} = \pm 1,82\%$$

Unter denselben Bedingungen, aber bei einer Phasenverschiebung $\varphi = 10^\circ$, erhalten wir:

$$\delta_{ph} = 100 \left(1 - \frac{\cos(10,5^\circ)}{\cos(10^\circ)} \right) = 0,16\%$$

und die Messunsicherheit wird betragen:

$$\delta = \pm \sqrt{1,0^2 + 0,16^2} = \pm 1,01\%$$

Diese Berechnungen berücksichtigen die zusätzlichen Fehler nicht, die durch die verwendeten Zangen und Wandler eingeführt werden.

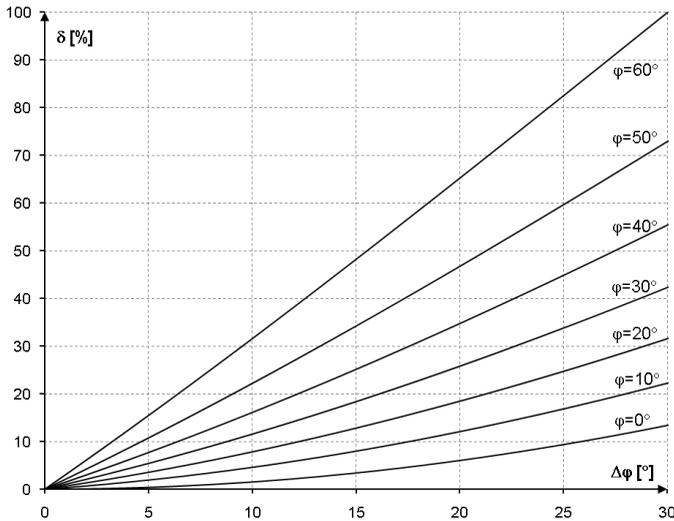


Abb. 43. Die zusätzliche Unsicherheit des Phasenfehlers in Abhängigkeit vom Winkel der Phasenverschiebung.

5.4.11 Lichtflimmern (Flicker)

| Lichtflimmern (Flicker) | Umfang und Bedingungen | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit |
|---------------------------------------|---|-----------|--|
| P_{ST} (10 min.), P_{LT} (2 h) | 0,2...10 für $U_{RMS} \geq 80\% U_{nom}$ | 0,01 | $\pm 5\%$ im Bereich der in der Norm IEC 61000-4-15 tabellarisierten Werte |
| Klasse | F1 nach IEC 61000-4-15 | | |

5.4.12 Unsymmetrie

| Unsymmetrie (Spannung und Strom) | Umfang und Bedingungen | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit |
|--|---|-----------|---|
| Unsymmetriefaktor der Gleichkomponente, Gegenkomponente und der Nullkomponente | 0,0%...20,0% für $80\% U_{nom} \leq U_{RMS} < 150\% U_{nom}$ | 0,1 % | $\pm 0,15\%$ (absolute Unsicherheit) |

5.4.13 Die Steuersignale

| Parameter | Umfang und Bedingungen | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit |
|---|---------------------------|-----------|---------------------------|
| Messverfahren | gemäß IEC 61000-4-30:2015 | | |
| Frequenz | 5,00...3000,00 Hz | 0,01 Hz | betrifft nicht |
| Amplitude des Steuersignals UR1, UR2 | $< 1\% U_{nom}$ | 4 s.Z. | nicht spezifiziert |
| | $1..3\% U_{nom}$ | | $\pm 0,15\% U_{nom}$ |
| | $3..15\% U_{nom}$ | | $\pm 5\%$ |

5.4.14 Transienten **PQM-703** **PQM-711**

| Parameter | Umfang und Bedingungen | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit |
|----------------------|------------------------|-----------|---------------------------|
| Spannungstransienten | ±8000 V | 4 s.Z. | ±(5% + 25 V) |

5.4.15 Außentemperatur **PQM-702T**

| Parameter | Beschreibung | |
|--|--|------------------|
| | Temperaturbereich | Messunsicherheit |
| Messgenauigkeit (Fühler ST-2 + Analysator) | $-55^{\circ}\text{C} \leq T < -10^{\circ}\text{C}$ | ±2°C |
| | $-10^{\circ}\text{C} \leq T \leq 85^{\circ}\text{C}$ | ±0,5°C |
| | $85^{\circ}\text{C} < T \leq 125^{\circ}\text{C}$ | ±2°C |
| Auflösung | 0,1 °C | |
| Kommunikation mit dem Analysator | digital | |
| Galvanische Isolierung des Thermometereingangs | PQM-702T Hardware Version HWf und älter: <ul style="list-style-type: none"> keine zusätzliche Isolierung (Thermometereingang auf USB-Schnittstellenpotential und andere zugängliche Teile) | |
| | PQM-702T Hardware Version HWg und höher: <ul style="list-style-type: none"> 2500 kV DC (zusätzliche unabhängige Isolierung von der USB-Schnittstelle und anderen zugänglichen Teilen) | |
| Anbringung am Objekt | magnetisch | |
| Länge der Leitung des Fühlers | 2,2 m | |
| Häufigkeit der Messungen | ca. 1 Messung pro Sekunde | |

5.5 Ereigniserkennung – Einbrüche , Überspannungen, Unterbrechungen, RVC, effektiver Strom

| Spannung U_{RMS} (Einbrüche, Unterbrechungen, Überspannungen) | Bereich | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit |
|---|---|---------------|---------------------------|
| $U_{\text{RMS}(1/2)}$ | 0,0%...150,0% U_{nom} | 4 s.Z. | ±0,2% U_{nom} |
| Laufzeit | hh:mm:ss.ms | Halbe Periode | Eine Periode |
| Erkennungsschwellen | Vom Benutzer in Prozentsätzen oder absoluten Werten eingestellt. Die Ereigniserkennung nach $U_{\text{RMS}(1/2)}$ (effektiver Wert 1. Periode, der jede ½ Periode aktualisiert wird). | | |
| Aufzeichnung eines Oszillogramms | maximal 1 s Aufzeichnung und 960 ms Vorhaltezeit der Auslösung, 10,24 kHz Abtastung, 8-Bit-Auflösung. | | |
| Aufzeichnung des Wertes $\text{RMS}_{1/2}$ | maximal 30 s Aufzeichnung und 4,9s Vorhaltezeit der Auslösung | | |

| Schnelle Spannungsänderungen (RVC) | Bereich | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit |
|--|--|---------------|---------------------------|
| $U_{\text{RMS}(1/2)}$ | 0,0%...150,0% U_{nom} | 4 s.Z. | ±0,2% U_{nom} |
| Laufzeit | hh:mm:ss.ms | Halbe Periode | Eine Periode |
| Messverfahren | Entspricht dem in IEC 61000-4-30 angegebenen Algorithmus | | |
| Erkennungsschwelle | Vom Benutzer in Prozentsätzen U_{nom} eingestellt. Die Ereigniserkennung nach $U_{\text{RMS}(1/2)}$ (effektiver Wert 1. Periode, der jede ½ Periode aktualisiert wird). Die Erkennungsschwelle kann nicht größer sein als die Summe der Schwellenwerte für Einbruch und Steigung. | | |
| Hysterese | Vom Benutzer in Prozentsätzen U_{nom} eingestellt. Die Hysterese darf nicht größer als der Schwellenwert für die RVC-Erkennung sein. | | |
| Aufzeichnung eines Oszillogramms | maximal 1 s Aufzeichnung und 960 ms Vorhaltezeit der Auslösung, 10,24 kHz Abtastung, 8-Bit-Auflösung. | | |
| Aufzeichnung des Wertes $\text{RMS}_{1/2}$ | maximal 30 s Aufzeichnung und 4,9s Vorhaltezeit der Auslösung | | |

| Strom I_{RMS} (min., max.) | Bereich | Auflösung | Grundlegende Unsicherheit |
|-------------------------------------|--|---------------|---------------------------|
| $I_{RMS(1/2)}$ | 0,0%...100,0% I_{nom} | 4 s.Z. | $\pm 0,2\%$ I_{nom} |
| Laufzeit | hh:mm:ss.ms | Halbe Periode | Eine Periode |
| Erkennungsschwellen | Vom Benutzer in Prozentsätzen oder absoluten Werten eingestellt. Die Ereigniserkennung nach $I_{RMS(1/2)}$ (effektiver Wert 1. Periode, der jede $\frac{1}{2}$ Periode aktualisiert wird). | | |
| Aufzeichnung eines Oszillogramms | maximal 1 s Aufzeichnung und 960 ms Vorhaltezeit der Auslösung, 10,24 kHz Abtastung, 8-Bit-Auflösung. | | |
| Aufzeichnung des Wertes $RMS_{1/2}$ | maximal 30 s Aufzeichnung und 4,9s Vorhaltezeit der Auslösung | | |

5.6 Ereigniserkennung - sonstige Parameter

| Parameter | Bereich | Erkennungsmethode |
|--|--------------------------------------|---|
| Frequenz (min., max.) | 40...70 Hz (prozentual oder absolut) | Basisdetektion bei der 10-Sekunden-Messung (nach IEC 61000-4-30) |
| Scheitelfaktor der Spannung (Crestfaktor) (min., max.) | 1,0...10,0 | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| Scheitelfaktor des Stromes (min., max.) | 1,0...10,0 | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| Unsymmetriefaktor der Gegenkomponente der Spannung (max.) | 0,0...20,0% | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| Unsymmetriefaktor der Gegenkomponente des Stromes (max.) | 0,0...20,0% | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| Kurzfristiger Flickerfaktor P_{st} (max.) | 0..20 | Auf der Grundlage des 10-minütigen Werts |
| Langfristiger Flickerfaktor P_{it} (max.) | 0..20 | Auf der Grundlage des 2-stündigen Werts |
| Wirkleistung P (min., max.) | Abhängig von der Konfiguration | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts (für die aufgenommene und abgegebene Leistung) |
| Blindleistung Q (min., max.) | Abhängig von der Konfiguration | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts (für die aufgenommene und abgegebene Leistung) |
| Scheinleistung S (min., max.) | Abhängig von der Konfiguration | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| Die Verzerrungsleistung D/Scheinleistung der Verzerrung S_N (min., max.) | Abhängig von der Konfiguration | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| PF Leistungsfaktor (min., max.) | -1...1 | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| Phasenverschiebungsfaktor $\cos\phi$ /DPF (min., max.) | -1...1 | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| 4-Quadranten-tg ϕ (min., max.) | -10...10 | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| Wirkenergie E_D (max.) | Abhängig von der Konfiguration | Das Überschreiten wird in Abständen von 10/12-Perioden überprüft (für die aufgenommene und abgegebene Energie) |
| 4-Quadranten-Blindenergie E_O (max.) | Abhängig von der Konfiguration | Das Überschreiten wird in Abständen von 10/12-Perioden überprüft (für die aufgenommene und abgegebene Energie) |
| Scheinenergie E_S (max.) | Abhängig von der Konfiguration | Die Überschreitung wird alle 10/12-Periode überprüft |
| Faktor des Inhalts der Oberwellen THD-F der Spannung (max.) | 0...100% | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| Faktor des Inhalts der Oberwellen THD-F des Stromes (max.) | 0...200% | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| Amplituden der Oberwellen der Spannung (max.) | 0...100% oder absolut | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts; Unabhängige Schwellenwerte für alle Oberwellen im Bereich von 2...50 |

| | | |
|---|-----------------------------|---|
| Amplituden der Oberwellen des Stromes (max.) | 0...200% oder absolut | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts; Unabhängige Schwellenwerte für alle Oberwellen im Bereich von 2...50 |
| Faktor des Inhalts der Zwischenharmonischen TID-F der Spannung (max.) | 0...100% | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| Faktor des Inhalts der Zwischenharmonischen TID-F des Stromes (max.) | 0...100% | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| Amplituden der Zwischenharmonischen der Spannung (max.) | 0...100% oder absolut | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts; Unabhängige Schwellenwerte für alle Zwischenharmonischen im Bereich von 0...50 |
| Amplituden der Zwischenharmonischen des Stromes (max.) | 0...100% oder absolut | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts; Unabhängige Schwellenwerte für alle Zwischenharmonischen im Bereich von 0...50 |
| K-Faktor (K-Factor) (max.) | 1,0..50,0 | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| Die Steuersignale (max.) | 0...U _{nom} | Auf der Grundlage des 10/12-Perioden-Werts |
| PQM-703 PQM-711 Spannungstransienten | 50...5000 V oder dV/dt | Unabhängiges Erfassungsmodul für Transienten Amplituden-Methode oder Akkretion |
| Änderung der Hüllkurvenform (nur Spannung) | 1,0...100% U _{nom} | Vergleich von zwei benachbarten Perioden einer Spannungswellenform. Siehe Abschnitt 3.10.1. |
| Phasensprünge (nur Spannung) | 1...359° (Winkelgrade) | Vergleich von zwei oder drei Winkeln der Grundkomponente, die aus aufeinanderfolgenden Perioden der Spannungswellenform berechnet werden. |

5.6.1 Hysterese der Ereigniserkennung

| Hysterese der Ereigniserkennung | Bereich | Berechnungsmethode |
|---------------------------------|---------|--|
| Hysterese | 0..10% | Für jeden Parameter wird sie als Prozentsatz des maximalen Schwellenwerts berechnet (Ausnahmen – siehe Abschnitt 3.10) |

5.7 Aufzeichnung

| Recorder | |
|--|---|
| Mittelungszeit ⁽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, 60 min, 120 min. Sondermodus: ½ Periode (Aufzeichnung nur von U _{RMS(1/2)} und I _{RMS(1/2)}) ⁽²⁾ |
| Min./max. Mittelung für U _{RMS} | ½ Periode, Periode, 200 ms, 1 s, 3 s, 5 s ⁽³⁾ |
| Min./max. Mittelung für I _{RMS} | ½ Periode, Periode, 200 ms, 1 s, 3 s, 5 s ⁽³⁾ |
| Oszillogrammaufzeichnung | Möglichkeit 3 Perioden der Oszillogramme aktiver Kanäle nach jeder Mittelungszeit |
| Modus zum Start der Aufzeichnung | - manuell - ab dem ersten erkannten Ereignis - nach Zeitplan (vier vordefinierte Zeiträume) |
| Messkonfigurationen | 4 unabhängige Benutzerkonfigurationen, definierte Speicherplatzzuweisung, Möglichkeit für eine ausgewählte Konfiguration den gesamten Speicher zuzuweisen |
| Aufzeichnungsdauer | Abhängig von der Konfiguration |
| Speicherplatz | integrierte 8 GB-Speicherkarte (Standard), Möglichkeit der Erweiterung auf 32 GB (Option). |
| Modell des Speichers | Linear |
| Sicherheitseinstellungen | Möglichkeit die Tastatur zu sperren, um sie vor unbefugtem Zugriff zu schützen, Datensicherung durch PIN-Code |

(1) Mittelungszeiten von weniger als 10 Sekunden gleichen in Wirklichkeit der Multiplizität der Periode des Netzwerks:

200 ms – 10/12-Perioden, 1 s – 50/60-Perioden, 3 s – 150/180-Perioden, 5 s – 250/300-Perioden.

(2) U_{RMS(1/2)} und I_{RMS(1/2)} bezeichnen die Effektivwerte für 1 Periode, die alle ½ Periode aktualisiert werden

(3) Mittelungszeiten min./max. 200 ms, 1 s, 3 s, 5 s gleichen in Wirklichkeit der Multiplizität der Periode des Netzwerks: 200 ms – 10/12-Perioden, 1 s – 50/60-Perioden, 3 s – 150/180-Perioden, 5 s – 250/300-Perioden

5 Technische Daten

| Aufgezeichnete Parameter | Durchschnittswert | Minimalwert | Maximalwert | Momentwert |
|--|-------------------|-------------|-------------|------------|
| Effektive Phasen-/Leiterspannung (abhängig von der Art des Systems) U_{RMS} | • | • | • | • |
| Effektive Leiterspannung (nur 3-Phasen-Stern mit N und 2-Phasen Netze) U_{RMS} | • | | | |
| Konstante Komponente der Spannung | • | • | • | • |
| Effektiver Strom I_{RMS} | • | • | • | • |
| Konstante Komponente des Stromes ⁽¹⁾ | • | • | • | • |
| Frequenz f | • | • | • | • |
| Spannung Crestfaktor CF U | • | • | • | • |
| Strom Crestfaktor CF I | • | • | • | • |
| Unsymmetriefaktor der Gegen- und Gleichkomponente, symmetrische Komponenten: Gegen-, Gleich-, Null- (Spannung) U_0, U_1, U_2, u_0, u_2 | • | • | • | |
| Unsymmetriefaktor der Gegen- und Gleichkomponente, symmetrische Komponenten: Gegen-, Gleich-, Null- (Strom) I_0, I_1, I_2, i_0, i_2 | • | • | • | • |
| Flicker-Faktor P_{st} und P_{It} | • | • | • | • |
| Wirkleistung (aufgezeichnet und abgegeben) P_+, P_- | • | • | • | • |
| Blindleistung (aufgezeichnet und abgegeben) $Q_{1+}, Q_{1-} / Q_{B+}, Q_{B-}$ | • | • | • | • |
| Scheinleistung S | • | • | • | • |
| Die Verzerrungsleistung D/Scheinleistung der Verzerrung S_N | • | • | • | • |
| Leistungsfaktor PF | • | • | • | • |
| Phasenverschiebungsfaktor $\cos\varphi$ /DPF | • | • | • | • |
| Koeffizient $tg\varphi$ (4 Quadranten): $tg\varphi(L+), tg\varphi(C-), tg\varphi(L-), tg\varphi(C+)$ | • | • | • | • |
| Wirkenergie (aufgezeichnet und abgegeben) E_{P+}, E_{P-} | | | | • |
| Blindenergie (4 Quadranten): $E_{Q(L+), E_{Q(C-), E_{Q(L-), E_{Q(C+)}}$ | | | | • |
| Scheinenergie E_S | | | | • |
| Gesamte Oberwellen-Verzerrung THD-F der Spannung | • | • | • | • |
| Gesamte Oberwellen-Verzerrung THD- F des Stromes | • | • | • | • |
| Verzerrungsfaktor des Stromes TDD | • | | | |
| Amplituden der Oberwellen der Spannung $U_{h1}...U_{h50}$ | • | • | • | • |
| Amplituden der Oberwellen des Stromes $I_{h1}...I_{h50}$ | • | • | • | • |
| Gesamte Verzerrung der Zwischenharmonischen TID-F der Spannung | • | • | • | • |
| Gesamte Verzerrung der Zwischenharmonischen TID- F des Stromes | • | • | • | • |
| Amplituden der Zwischenharmonischen der Spannung $U_{h0}...U_{h50}$ | • | • | • | • |
| Amplituden der Zwischenharmonischen des Stromes $I_{h0}...I_{h50}$ | • | • | • | • |
| K-Faktor (K-Factor) | • | • | • | • |
| Wirkleistungen der Oberwellen (1...50) $P_{h1}...P_{h50}$ | • | • | • | • |
| Blindleistungen der Oberwellen (1...50) $Q_{h1}...Q_{h50}$ | • | • | • | • |
| Phasenwinkel der Oberwellen der Spannung und des Stromes $\varphi_{1+}... \varphi_{50}$ | • | • | • | • |
| Steuersignale UR1, UR2 | • ⁽²⁾ | | • | |

⁽¹⁾ Nur mit den Zangen C-5A

⁽²⁾ Zur Aufnahme nach EN 50160 werden ebenfalls 3-sekündige Durchschnittswerte aufgezeichnet.

5.8 Stromversorgung, Akku, Heizung

| Stromversorgung | | |
|--|--|-----------------|
| Eingangsspannungsbereich (Nennspannung) | 100...690 V AC, 40...70 Hz 140...690 V DC | |
| Eingangsspannungsbereich (mit Schwankungen) | 90...760 V AC, 40...70 Hz 127...760 V DC | |
| Überspannungskategorie des Netzteils | CAT IV 600 V CAT III 690 V CAT III 760 V (unter Berücksichtigung der Schwankungen) | |
| Netzstromverbrauch (maximal) | 50 VA / 20 W | |
| Netzstromverbrauch je nach Konfiguration (typisch) | PQM-702/PQM-710, keine Akkuladung, Heizung aus, GSM aus, Versorgungsspannung 230 VAC | 9 VA / 6 W |
| | PQM-702/PQM-710, Akkuladung, Heizung aus, GSM aus, Versorgungsspannung 100...300 VAC | 13 VA / 8 W |
| | PQM-703/PQM-711, Akkuladung, Heizung aus, GSM aus, Transientenmessung ein, Versorgungsspannung 100...300 VAC | 15 VA / 10 W |
| | PQM-703/PQM-711, Akkuladung, Heizung aus, GSM ein, Transientenmessung ein, Versorgungsspannung 100...300 VAC | 18 VA / 12 W |
| | PQM-703/PQM-711, Akkuladung, Heizung aus, GSM ein, Transientenmessung ein, Versorgungsspannung 500...690 VAC | 38 VA / 13 W |
| | PQM-703/PQM-711, Akkuladung, Heizung ein, GSM ein, Transientenmessung ein, Versorgungsspannung 500...690 VAC | 48 VA / 18 W |

| Akku | |
|---|--|
| Typ | Li-Ion 4,4 Ah |
| Betriebsdauer mit Akku | PQM-702, PQM-710: ca. 2 h PQM-703, PQM-711: ca. 1,5 h PQM-702, PQM-710: ≤ 5 h, bei eingeschalteter Aufzeichnung, ausgeschaltetem Bildschirm, ausgeschaltetem GSM und Wi-Fi, ausgeschalteter Heizung, Umgebungstemperatur ca. 20°C PQM-703, PQM-711: ≤ 5 h, bei eingeschalteter Protokollierung, Bildschirm ausgeschaltet, GSM und Wi-Fi ausgeschaltet, Heizung ausgeschaltet, Transientenmodul ausgeschaltet, Umgebungstemperatur ca. 20 °C |
| Akkuladezeit (vollständig entladen) | bis 8 h |
| Zulässiger Ladetemperaturbereich | -10°C ...+60°C |
| Akkustromaufnahme bei ausgeschaltetem Analysator (ohne Netzversorgung; betrifft nicht den Anti-Diebstahl-Modus) | < 1 mA |

| Heizung | |
|--|-------------------------------|
| Temperaturschwellenwert für die Einschaltung der Heizung | +5°C |
| Stromversorgung der Heizung | über ein eingebautes Netzteil |
| Leistung der Heizung | max. 5 W |

5.9 Unterstützte Netztypen

| Arten von unterstützten Netzwerk (direkt und indirekt) | |
|--|---|
| 1-Phasen- | Einphasennetz mit Nullleiter (Klemmen L1, N, PE) |
| 2-Phasen- (Split-Phase) | Zweiphasennetz mit Nullleiter (Klemmen L1, L2, N, PE) |
| 3-Phasen-Stern mit N | Dreiphasen-Stern-Netz mit Nullleiter (Klemmen L1, L2, L3, N, PE) |
| 3-Phasen-Dreieck | Dreiphasen-Dreieck (Klemmen L1, L2, L3, N, PE; optional mit L3 geschlossen) |
| 3-Phasen-Aron-Dreieck | Dreiphasen-Dreieck (Klemmen L1, L2, L3, N, PE; optional mit L3 geschlossen), mit zwei Stromzangen |
| 3-Phasen-Stern ohne N | Dreiphasen-Stern-Netz mit Nullleiter (Klemmen L1, L2, L3, N, PE; optional mit L3 geschlossen) |
| 3-Phasen-Aron-Stern ohne N | Dreiphasen-Dreieck ohne Nullleiter (Klemmen L1, L2, L3, N, PE; optional mit L3 geschlossen), mit zwei Stromzangen |

5.10 Unterstützte Stromzangen

| Arten der unterstützten Stromzangen | |
|-------------------------------------|---|
| F-1(A) | Elastische Zangen (Rogowski-Spule), Umfang 120 cm, Messbereich 3000 A _{RMS} |
| F-2(A) | Elastische Zangen (Rogowski-Spule), Umfang 80 cm, Messbereich 3000 A _{RMS} |
| F-3(A) | Elastische Zangen (Rogowski-Spule), Umfang 45 cm, Messbereich 3000 A _{RMS} |
| F-2AHD | Elastische Zangen (Rogowski-Spule), Umfang 91,5 cm, Messbereich 3000 A _{RMS} |
| F-3AHD | Elastische Zangen (Rogowski-Spule), Umfang 45 cm, Messbereich 3000 A _{RMS} |
| F-1A6 | Elastische Zangen (Rogowski-Spule), Umfang 120 cm, Messbereich 6000 A _{RMS} |
| F-2A6 | Elastische Zangen (Rogowski-Spule), Umfang 80 cm, Messbereich 6000 A _{RMS} |
| F-3A6 | Elastische Zangen (Rogowski-Spule), Umfang 45 cm, Messbereich 6000 A _{RMS} |
| F-1A1 | Elastische Zangen (Rogowski-Spule), Umfang 120 cm, Messbereich 1500 A _{RMS} |
| F-2A1 | Elastische Zangen (Rogowski-Spule), Umfang 80 cm, Messbereich 1500 A _{RMS} |
| F-3A1 | Elastische Zangen (Rogowski-Spule), Umfang 45 cm, Messbereich 1500 A _{RMS} |
| C-4(A) | CT-Zangen, AC, Messbereich 1200 A _{RMS} |
| C-5A | CT-Zangen mit Hall-Sensor, AC/DC, Messbereich 1400 A _{RMS} |
| C-6(A) | CT-Zangen, AC, für kleine Ströme, Messbereich 12 A _{RMS} |
| C-7(A) | CT-Zangen, AC, Messbereich 100 A _{RMS} |

HINWEIS: Zangen mit dem Buchstaben A in ihrer Bezeichnung (z. B. F-3A) sind eine Variante von Zangen mit automatischer Erkennung ihres Typs in kompatiblen Geräten. Die anderen Parameter sind identisch mit denen der Zangen ohne Unterstützung für diese Erkennung. Unterstützung für die Erkennung des Zangentyps bieten die Analytoren PQM-702/703/710/711 mit den Hardware-Versionen HWg und höher sowie der Firmware 1.40 oder höher.

5.11 Kommunikation

| Kommunikation | |
|--|--|
| USB | Galvanisch isoliert, Max. Übertragungsgeschwindigkeit: 921,6 kbit/s, Modus des Massenspeicherlers mit einer Datenübertragungsgeschwindigkeit von mehreren MB/s. USB 2.0 kompatibel |
| PQM-702 PQM-703 Drahtlos | Eingebautes 433 MHz-Funkmodul, Verbindung über das Modul OR-1, Max. Übertragungsgeschwindigkeit: 57,6 kbit/s Reichweite bis zu 5 m. |
| PQM-710 PQM-711 Drahtlos, Wi-Fi | Integriertes IEEE 802.11b/g/n Wi-Fi-Modul, Max. effektive Übertragungsgeschwindigkeit 300 kB/s (über eine Entfernung von bis zu 10 m) Die b/g- und n-Norm für einen einzigen Datenstrom. Verschlüsselung (Zugangspunkt): WPA2-PSK Verschlüsselung (externer Zugangspunkt): WPA/WPA2-PSK oder keine Verschlüsselung |
| GSM | Integriertes GSM-Modem mit interner Antenne, vom Benutzer zugänglicher SIM-Kartensteckplatz (Mini-SIM, 15 x 25 mm) PQM-710 bis Seriennummer BR0999, PQM-711 bis Seriennummer BS0999: 2G/3G-Modem. Unterstützte Frequenzbänder: <ul style="list-style-type: none"> • UMTS/HSPA: 2100 MHz (Versionen für den europäischen Markt, HWF und frühere Hardware-Versionen) • UMTS/HSPA: 850/1900/2100 (Versionen für den globalen Markt, HWF und frühere Hardware-Versionen) • UMTS/HSPA: 850/900/1900/2100 (HWG und neuere Versionen) • GSM/GPRS/EDGE: 850/900/1800/1900 MHz PQM-710 ab Seriennummer BR1000, PQM-711 ab Seriennummer BS1000: 2G/3G/4G-Modem. Unterstützte Frequenzbänder: <ul style="list-style-type: none"> • LTE Kat. 4 FDD/TDD, 18 Bänder (globale Abdeckung) • UMTS/HSPA: 850/900/1900/2100 MHz • GSM/GPRS/EDGE: 850/900/1800/1900 MHz |

5.12 Umweltbedingungen und andere technische Daten

| Umgebungsbedingungen | |
|---|--|
| Betriebstemperaturbereich | -20°C...+55°C |
| Lagerungstemperaturbereich | -30°C...+60°C |
| Feuchtigkeit | 10 ... 90% mit möglicher Kondensation |
| Dichtheit (nach IEC 60529) | IP65 (siehe Anforderungen in Abschnitt 5.1) |
| Widerstandsfähigkeit gegen Sonneneinstrahlung | Nicht in direktem Sonnenlicht anwenden, Sonnenschutzmittel verwenden. Kunststoffabschirmung empfohlen - eine Metallabschirmung kann die Stärke des empfangenen GPS-Signals verringern. |
| Bezugsbedingungen | Umgebungstemperatur: 0°C...+40°C Luftfeuchtigkeit: 40...60% |
| Arbeitshöhe | bis 2000 m (Bis zu 4.000 m mit einer reduzierten Messkategorie; siehe Abschnitt 5.1) |
| Abmessungen | 200 x 180 x 77 mm (ohne Kabel) |
| Gewicht | ca. 1,6 kg |
| Display | Farb-LCD TFT, 320x240 Pixel, Diagonale 3,5" |
| Datenspeicher | integrierte 8 GB-Speicherkarte (Standard), Möglichkeit der Erweiterung auf 32 GB (Option). |

5.13 Sicherheit und elektromagnetische Verträglichkeit

| Sicherheit und EMV | |
|--|--|
| Übereinstimmung mit | IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 (Ed. 3.0) IEC 61010-2-030:2017 (Ed. 2.0) |
| Messkategorie | CAT IV 600 V CAT III 760 V oder CAT III 1000 V, je nach Ausführung (siehe Abschnitt 5.1) Verschmutzungsstufe 2 |
| Überspannungskategorie (Netzteil) | IV 600 V III 690 V III 760 V (unter Berücksichtigung der Schwankungen) Verschmutzungsstufe 2 |
| Isolierung | doppelt |
| Elektromagnetische Verträglichkeit | IEC 61000-6-5:2015 EN 55032 (CISPR 32) |
| Störfestigkeit gegen Radiowellenstörungen | IEC 61000-4-3 sinusförmige Modulation 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 |
| Widerstandsfähigkeit gegen elektrostatische Entladung | IEC 61000-4-2 Luftentladung: 8 kV Kontaktentladung: 4 kV |
| Störfestigkeit gegen leitungsgebundene Störungen, induziert durch hochfrequente Felder | IEC 61000-4-6 sinusförmige Modulation 80% AM, 1 kHz 0,15...80 MHz, 10 V |
| Widerstandsfähigkeit auf eine Reihe von schnellen elektrischen Übergangszuständen | IEC 61000-4-4 Amplitude 2 kV, 5 kHz |
| Wärmestoßbeständigkeit und Kälteschlagfestigkeit | IEC 61000-4-5 Amplitude 2 kV (L-L), 4 kV (L-PE) |
| Emission von Funkstörungen | IEC 61000-6-3 Klasse A 30...230 MHz, 40 dB(µV/m) in 10 m Entfernung 230...1000 MHz, 47 dB(µV/m) in 10 m Entfernung |
| Emission von Leiterstörungen | IEC 61000-6-3 Ebenen für den Quasi-Peak-Detektor: 0,15 kHz...0,5 MHz: 66 dBµV...56 dBµV 0,5 MHz...5 MHz: 56 dBµV 5 MHz...30 MHz: 60 dBµV |

EN55032 Entsprechenserklärung:

Das PQM-702(T) / PQM-703 / PQM-710 / PQM-711 ist ein Klasse A Produkt. In häuslichem Gebrauch kann diese Gerät Radiostörungen hervorrufen, welche der Benutz durch entsprechende Handlungen umgehen oder abstellen kann. (z.B. erhöhen des Abstandes zwischen den betroffenen Geräten).

Achtung:

PQM-710 **PQM-711** SONEL S. A. erklärt hiermit, dass der Radiogerättyp PQM-710/711 mit der Richtlinie 2014/53/EU vereinbar ist. Der volle Text der EU-Konformitätserklärung ist unter der folgenden Internetadresse verfügbar: <https://sonel.pl/de/download/konformitatserklarungen/>

5.14 Standards, Normen

| Normen - Liste | |
|-------------------------|---|
| Produktnorm | IEC 62586-1:2017 (Ausgabe 2.0) IEC 62586-2:2017/COR1:2018 (Ausgabe 2.0) Produktklassifizierung: PQI-A-PO (Messklasse A nach IEC 61000-4-30, tragbar, für den Außeneinsatz geeignet, EMV-Umgebung G) |
| Messmethoden | IEC 61000-4-30:2015/COR1:2016 (Ausgabe 3.0) Klasse A |
| Messgenauigkeit | IEC 61000-4-30:2015/COR1:2016 (Ausgabe 3.0) Klasse A |
| Energiequalität | EN 50160:2010 |
| Lichtflimmern (Flicker) | IEC 61000-4-15:2010/COR1:2012 (Ausgabe 2.0) |
| Oberwellen | IEC 61000-4-7:2002/AMD1:2008 (Ausgabe 2.0) |
| Sicherheit | IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 (Ausgabe 3.0) IEC 61010-2-030:2017 (Ed. 2.0) |
| EMC | EN 55032:2015 IEC 61000-6-5:2015 |
| Qualitätsstandard | Bearbeitung, Entwurf und Herstellung gemäß ISO 9001 |

5.14.1 Übereinstimmung mit den Normen

Der Analysator wurde so entworfen, dass er die Anforderungen der unten genannten Normen erfüllt. Produktnormen

- IEC 62586-1:2017 - Messung der Spannungsqualität in Energieversorgungssystemen; Teil 1: Messgeräte für die Spannungsqualität (PQI).
- IEC 62586-2:2017 - Messung der Spannungsqualität in Energieversorgungssystemen; Teil 2: Funktionsprüfungen und Anforderungen an die Messunsicherheit.

Standards für die Messung der Netzwerk-Parameter:

- IEC 61000-4-30:2015/COR1:2016 (Ausgabe 3.0) - Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Prüf- und Messverfahren - Methoden der Messung der Netzqualität,
- IEC 61000-4-7:2002/AMD1:2008 (Ausgabe 2.0) - Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Prüf- und Messverfahren - Allgemeiner Leitfadens für Oberwellen und Interharmonische und für die Zwecke von Messgeräten für Stromversorgungssysteme und an sie angeschlossenen Geräte verwendet werden,
- IEC 61000-4-15:2010/COR1:2012 (Ausgabe 2.0) - Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Prüf- und Messverfahren - Meter flackern - Funktionelle und Design,
- EN 50160:2010 - Merkmale der Versorgungsspannung in öffentlichen Netzen.

Sicherheitsnormen:

- IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 (Ausgabe 3.0) - Sicherheitstechnische Anforderungen für elektrische Mess-, Regel- und Laborgeräte. Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- IEC 61010-2-030:2017 (Ed. 2.0) - Sicherheitstechnische Anforderungen für elektrische Mess-, Regel- und Laborgeräte - Teil 2-030: Besondere Anforderungen für Geräte mit Prüf- oder Messstromkreisen.

Standards für elektromagnetische Verträglichkeit:

- EN 55032:2015 - Elektromagnetische Verträglichkeit von Multimediageräten und -einrichtungen.
- IEC 61000-6-5:2015 - Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-5: Fachgrundnormen - Störfestigkeit von Betriebsmitteln, Geräten und Einrichtungen, die im Bereich von Kraftwerken und Schaltstationen verwendet werden.

Das Gerät erfüllt in vollem Umfang die Anforderungen der Klasse A nach IEC 61000-4-30. Diese sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst.

Tab. 8. Zusammenfassung der Einhaltung der Standards für ausgewählte Parameter

| | |
|---|---|
| Aggregation der Messungen in Zeitabständen | <p>IEC 61000-4-30 Klasse A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die grundlegende Messzeit der Werte (Spannung, Strom, Oberwellen, Unsymmetrie) ist ein Bereich von 10 Zeitabschnitten für ein 50 Hz Versorgungssystem und von 12 Zeitabschnitten für ein 60 Hz Versorgungssystem, • Intervall von 3 s (150 Perioden für Nennfrequenzen 50 Hz und 180 Perioden für 60 Hz) • Intervall von 10 min., • Intervall von 2 h (bezogen auf 12 Bereiche je 10 min.) <p>Resynchronisation und Überlappung von 10/12-periodischen Bereichen.</p> |
| Die Unsicherheit der Uhrzeit | <p>IEC 61000-4-30 Klasse A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eingebaute Echtzeituhr, die über das Programm „<i>Sonel Analysis</i>“, eingestellt werden kann, Uhrensynchronisation mit der GPS-Zeit, mithilfe der eingebauten oder externen Antenne, • Genauigkeit der Uhr nach Verlust des GPS-Signals besser als $\pm 0,3$ Sek. / Tag |
| Frequenz | Die Anforderungen der Norm IEC 61000-4-30 Klasse A für Methoden und die Messunsicherheit werden erfüllt |
| Wert der Versorgungsspannung | Die Anforderungen der Norm IEC 61000-4-30 Klasse A für Methoden und die Messunsicherheit werden erfüllt |
| Spannungsschwankungen (Lichtflimmern) | Die Methode der Messung und die Unsicherheit erfüllt die Anforderungen der Norm IEC 61000-4-15, Klasse F1 |
| Einbrüche, Überspannungen und Unterbrechungen der Versorgungsspannung | Die Anforderungen der Norm IEC 61000-4-30 Klasse A für Methoden und die Messunsicherheit werden erfüllt |
| Unsymmetrie der Versorgungsspannung und des Stroms | Die Anforderungen der Norm IEC 61000-4-30 Klasse A für Methoden und die Messunsicherheit werden erfüllt |
| Oberwellen der Spannung und des Stromes | Die Anforderungen der Norm IEC 61000-4-30 Klasse A für Methoden und die Messunsicherheit (IEC 61000-4-7 Klasse I) werden erfüllt |
| Zwischenharmonische der Spannung und des Stroms | Die Anforderungen der Norm IEC 61000-4-30 Klasse A für Methoden und die Messunsicherheit (IEC 61000-4-7 Klasse I) werden erfüllt |
| Steuersignale in der Versorgungsspannung | Die Anforderungen der Norm IEC 61000-4-30 Klasse A für Methoden und die Messunsicherheit werden erfüllt |
| Schnelle Spannungsänderungen RVC | Die Anforderungen der Norm IEC 61000-4-30 Klasse A für Methoden und die Messunsicherheit werden erfüllt |
| Effektivwert des Stromes | Die Anforderungen der Norm IEC 61000-4-30 Klasse A für Methoden und die Messunsicherheit werden erfüllt |

5.14.2 Gerätespezifikationen nach IEC 62586

| Produktklassifizierung | | PQI-A-PO (Messklasse A nach IEC 61000-4-30, tragbar, für den Außeneinsatz geeignet, EMV-Umgebung G) | | |
|------------------------|--|---|---|-------------------------------------|
| Symbol | Funktion | Klasse nach IEC 61000-4-30 | Bereich | Anmerkungen |
| f | Frequenz | A | 40...70 Hz | |
| U | Effektive Spannung | A | 10%...150% U_{din} | 6,4...760 V $U_{din} \leq 506$ V |
| P_{ST}, P_{LT} | Lichtflimmern (Flicker) | A | P_{ST} 0,2...10 | Klasse F1 |
| U_{dip}, U_{swi} | Spannungseinbrüche und Überspannungen | A | – | |
| U_{int} | Unterbrechungen der Spannung | A | – | |
| u_0, u_2 | Spannungsunsymmetrie | A | 0,0%...20,0% | |
| U_h | Spannungsharmonischen | A | 200% des Wertes nach IEC 61000-2-4 Klasse 3 | |
| U_{ih} | Zwischenharmonische der Spannung | A | 200% des Wertes nach IEC 61000-2-4 Klasse 3 | |
| MSV | Steuersignale in der Spannung | A | 0...15% U_{din} | $U_{din} \leq 690$ V |
| <i>Under/over</i> | Spannungsabweichungen nach oben und nach unten | <i>betrifft nicht</i> | – | |
| RVC | Schnelle Spannungsänderungen | A | – | |
| I | Effektiver Strom | A | 0%...150% I_{nom} | |
| i_0, i_2 | Unsymmetrie des Stromes | A | 0,0%...20,0% | |
| I_h | Oberwellen des Stromes | A | 200% des Wertes nach IEC 61000-2-4 Klasse 3 | |
| I_{ih} | Zwischenharmonische des Stromes | A | 200% des Wertes nach IEC 61000-2-4 Klasse 3 | |

Anmerkungen: U_{din} ist die angegebene Eingangsspannung des Zählers, d. h. einschließlich der Spannungswandler. Wenn keine Wandler verwendet wurden, ist $U_{nom} = U_{din}$. Wenn Wandler verwendet werden, ist $U_{nom} = k \times U_{din}$, wo k für die Übertragung des Wandler steht, z. B. für einen 15 kV:100 V Wandler $15 \text{ kV}:100 \text{ V} \Rightarrow k=150$, $U_{nom}=15 \text{ kV}$, $U_{din}=100 \text{ V}$.

6 **Reinigung und Wartung**

Hinweis

Es sollten lediglich Servicemethoden verwendet werden, die vom Hersteller in dieser Anleitung empfohlen wurden.

Das Gehäuse des Analysators kann mit einem weichen, feuchten Tuch und mit üblichen Reinigungsmitteln gereinigt werden. Man sollte keine Lösungsmittel oder Reiniger, die das Gehäuse beschädigen könnten (Pulver, Pasten usw.) verwenden.

Die Leitungen können mit Wasser und Reinigungsmittel gereinigt werden, danach sollten sie trocken gewischt werden.

Das elektronische System des Analysators erfordert keine Wartung.

7 **Lagerung**

Bei Lagerung des Geräts sind folgende Anweisungen zu beachten:

- trennen Sie alle Leitungen vom Gerät,
- reinigen Sie das Messgerät und das Zubehör gründlich
- um die Tiefentladung des Akkus infolge einer längerer Lagerung zu vermeiden, sollen die Akkus von Zeit zu Zeit wieder aufgeladen werden.

8 **Demontage und Entsorgung**

Elektro- und Elektronik-Altgeräte müssen separat, also nicht mit anderen Abfällen gesammelt werden.

Gemäß des Gesetzes über Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten müssen ausgediente Elektronikgeräte an einen Sammelpunkt abgegeben werden.

Vor der Abgabe der Geräte an einen Sammelpunkt soll man nie versuchen, Geräteteile selbständig zu demontieren.

Man soll lokale Vorschriften zur Entsorgung von Verpackungen, Altbatterien und Altakkumulatoren beachten.

9 Zusätzliches Zubehör

- Die Parameter beziehen sich auf die derzeit angebotenen Zangen. Die Spezifikationen für alle Zangen einer Serie sind in der Bedienungsanleitung für das jeweilige Zubehör zu finden.
- Die vollständige Zubehörliste finden Sie auf der Website des Herstellers.

| |  |  |  |  |
|--|---|---|---|---|
| | C-4A | C-5A | C-6A | C-7A |
| | WACEGC4AOKR | WACEGC5AOKR | WACEGC6AOKR | WACEGC7AOKR |
| Nennstrom | 1200 A AC | 1000 A AC 1400 A DC | 12 A AC | 100 A AC |
| Frequenz | 30 Hz...10 kHz | DC...5 kHz | 40 Hz...10 kHz | 40 Hz...1 kHz |
| Max. Durchmesser der zu messenden Leitung | 52 mm | 39 mm | 20 mm | 24 mm |
| Minimale Genauigkeit | ≤0,5% | ≤1,5% | ≤1% | 0,5% |
| Batterieverorgung | — | √ | — | — |
| Leitungslänge | 2,2 m | 2,2 m | 2,2 m | 3 m |
| Messkategorie | IV 300 V | IV 300 V | IV 300 V | III 300 V |
| Schutzart | IP40 | | | |

| |  |  |  |  |  |
|--|---|---|---|---|--|
| | F-1A1 / F-1A / F-1A6 | F-2A1 / F-2A / F-2A6 | F-3A1 / F-3A / F-3A6 | F-2AHD | F-3AHD |
| | WACEGF1A1OKR WACEGF1AOKR WACEGF1A6OKR | WACEGF2A1OKR WACEGF2AOKR WACEGF2A6OKR | WACEGF3A1OKR WACEGF3AOKR WACEGF3A6OKR | WACEGF2AHDOKR | WACEGF3AHDOKR |
| Nennstrom | 1500 / 3000 / 6000 A AC | 1500 / 3000 / 6000 A AC | 1500 / 3000 / 6000 A AC | 3000 A AC | |
| Frequenz | 40 Hz...10 kHz | | | 10 Hz...20 kHz | |
| Max. Durchmesser der zu messenden Leitung | 380 mm | 250 mm | 140 mm | 290 mm | 145 mm |
| Minimale Genauigkeit | 0,5% | | | 0,5% | |
| Batterieverorgung | — | | | — | |
| Leitungslänge | 2,5 m | | | 2,5 m | |
| Messkategorie | IV 600 V | | | IV 600 V | |
| Schutzart | IP67 | | | IP65 | |

Aktive externe GPS-Antenne

- Frequenz: 1575,42 GHz
- Polarisation: RHCP
- Verstärkung: 26 dB (3V)
- VSWR: <1,2:1
- Abmessungen (ohne Kabel): 14,0 × 34,2 × 38,2 mm
- Betriebstemperatur: -40°C...+85°C
- Sicherungsgrad gemäß EN 60529: IP67
- Kabellänge: 10 m
- Stromverbrauch: 15...25 mA
- Installation: magnetisch, beliebige Oberfläche



Abb. 44. Externe GPS-Antenne.

10 Hersteller

Gerätehersteller für Garantieansprüche und Service:

SONEL S.A.

Wokulskiego 11
58-100 Świdnica
Polen

Tel. +48 74 884 10 53 (Kundenbetreuung)

E-Mail: customerservice@sonel.com

Webseite: www.sonel.com

Achtung

Service Reparaturen dürfen nur vom Hersteller durchgeführt werden.

AUFZEICHNUNGEN

AUFZEICHNUNGEN

AUFZEICHNUNGEN



SONEL S.A.

Wokulskiego 11
58-100 Świdnica
Polen

Kundenbetreuung

Tel. +48 74 884 10 53
E-Mail: customerservice@sonel.com

www.sonel.com