

EPOS 360. APPLIKATION

EPOS – ELECTRONIC POWER SOURCE
LEITFADEN STROM-/SPANNUNGSQUELLEN



EPOS 360

Signalgenerator EPOS 360 – Ein Labor für Netzqualität

Dipl.-Ing. Jürgen Dreier, Product Manager

Die Überwachung der Netzqualität im Stromversorgungssystem ist eine wichtige Aufgabe für Energieversorger und deren Kunden. Der Betrieb der Stromversorgung wird durch eine systematische Analyse der Netzqualitätsstörungen verbessert und aufrechterhalten.

Die Stromversorgung ist für den Betrieb mit einer sinusförmigen Spannung mit konstanter Frequenz ausgelegt. In einem Stromversorgungssystem führen verschiedene Arten von Lasten und Fehlern jedoch zu Störungen der Netzqualität. Netzqualitätsstörungen entstehen dann, wenn sich die Größe der Spannung, die Frequenz und die Wellenformabweichung aufgrund verschiedener Bedingungen wie nichtlinearen Lasten, Schalten von Lasten, Witterungseinflüssen usw. erheblich ändern.

Die Auswirkungen einer schlechten Netzqualität hängen von der Dauer, dem Ausmaß sowie der Empfindlichkeit der angeschlossenen Geräte ab. Eine schlechte Netzqualität kann zu Prozessunterbrechungen, Datenverlust, Fehlfunktionen von computergesteuerten Geräten und Überhitzung elektrischer Geräte führen.

Im realen Umfeld der Energieversorgung ist es schwierig, Netzqualitätsereignisse zu generieren, um ihre Eigenschaften und Auswirkungen zu analysieren.

Es ist jedoch wichtig, Störungen der Netzqualität erzeugen zu können. Eine Vielzahl von Wellenformen kann durch Simulationen erzeugt werden und für Störungserkennung und Klassifizierung nützlich sein.

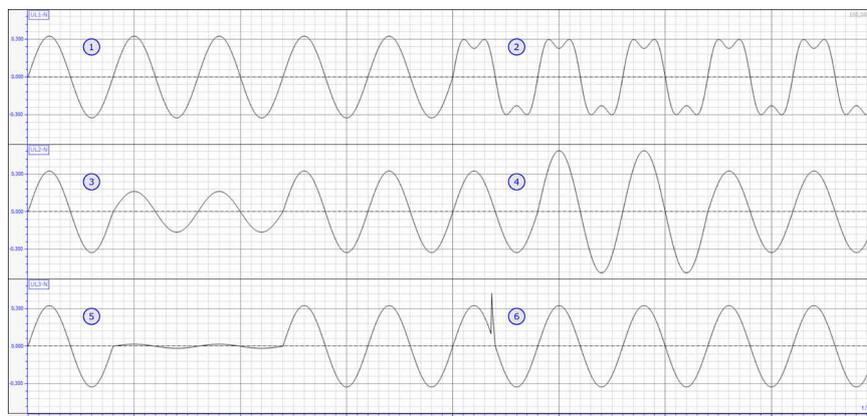


Bild 1, Netzsignale: 1 Sinus, 2 Oberwellen, 3 Unterspannung, 4 Überspannung, 5 Spannungsunterbrechung, 6 Transiente

Das Qualitätsniveau der Spannung wird gemäß den einschlägigen internationalen Normen und Vorschriften definiert. Für normale Betriebsbedingungen definiert die Norm EN 50160 die Spannungseigenschaften, die vom Stromversorger geliefert werden sollten.

Das erforderliche Qualitätsniveau wird durch Referenzennwerte und zulässige Grenzwerte für Standardqualitätsparameter und Netzstörungen bestimmt. Relevante Informationen, die für die Qualitätsbewertung erforderlich sind, können durch Messung und Verarbeitung von Netzqualitätsparametern an bestimmten Stellen im Verteilungsnetz bereitgestellt werden.

Daher wird ein System benötigt, mit der Möglichkeit, diverse dreiphasige Signalverläufe zu erstellen und auszugeben. Mit dem softwaregestützten Signalgeneratorsystem EPOS 360 wurde ein Gesamtsystem realisiert, mit dem dreiphasige Netzqualitätsereignisse auf einfache Weise simuliert werden können.

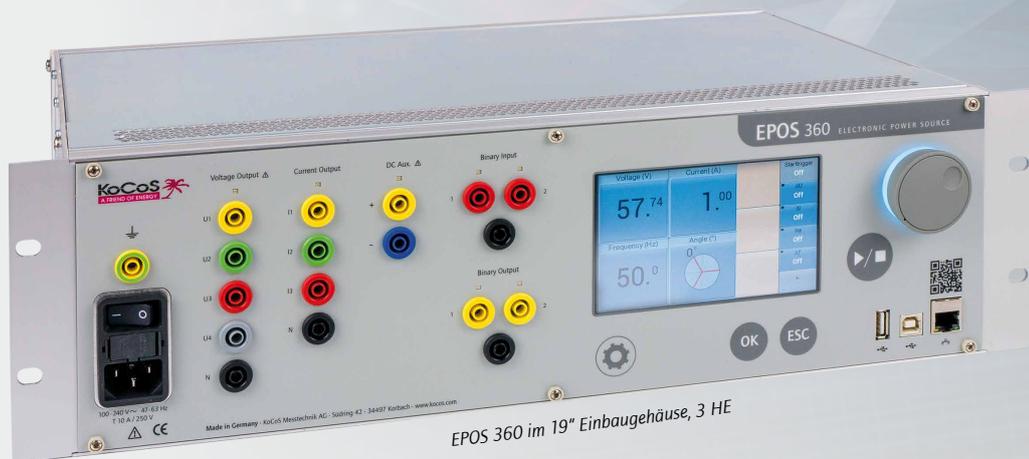
Dreiphasige Spannungs- und Stromsignale mit verschiedenen Signalstörungen lassen sich mit der EPOS-Bediensoftware erzeugen, wie z.B. Spannungseinbrüche und -unterbrechungen sowie transiente Impulse und Verzerrungen des Spannungs- bzw. Stromsignals, die durch den Einfluss von Oberwellenkomponenten höherer Ordnung verursacht werden.

EPOS 360

Multifunktionaler dreiphasiger Signalgenerator

Mit der Strom- und Spannungsquelle EPOS 360 bietet die KoCoS Messtechnik AG einen Signalgenerator, der sich überall dort empfiehlt, wo maximale Leistung und höchste Signalpräzision gefragt sind.

EPOS 360 verfügt über vier Spannungs- und drei Stromsignalquellen. Die Signalverläufe werden über elektronische Leistungsverstärker ausgegeben. Die Parameter Amplitude, Phasenlage und Frequenz können während der Ausgabe in weiten Bereichen variiert werden.



Intelligente Verstärkertechnik und die synthetische Signalgenerierung erlauben es, beliebige Signalformen über einen weiten Frequenzbereich auszugeben oder sogar komplexe transiente Signalverläufe abzuspielen.

Der im Lieferumfang der EPOS-Bediensoftware enthaltene TRANSIG-Monitor ermöglicht die grafische Darstellung und die Ausgabe von Aufzeichnungen, die im SigDef-Format oder im genormten COMTRADE-Format vorliegen. Die entsprechenden Signalverläufe werden bei Prüfungen als transienter Ablauf von EPOS „abgespielt“.

Darüber hinaus enthält die EPOS-Bediensoftware einen Signaleditor, welcher die Parametrierung und Berechnung beliebiger Signalverläufe ermöglicht. Diese können aus einer Grundfunktion, z.B. einem Sinus und deren Überlagerung mit einer oder mehreren Überlagerungsfunktionen, wie einem Gleichanteil, Exponentialfunktionen, Harmonischen, etc., generiert werden. Für besondere Anforderungen, wie z.B. beim Einsatz in Prüfständen, gibt es zusätzlich eine einfache Programmierschnittstelle. Diese kann sowohl in COM/ActiveX-unterstützten als auch in .NET-Umgebungen eingesetzt werden.

EPOS-Bediensoftware

Für die Parametrierung und die Ausgabe von Signalen und Prüfsequenzen stehen in der Software unterschiedliche Monitore zur Verfügung. Mit dem Modul TRANSIG-Monitor kann die Funktion eines Prüflings unter realen Bedingungen überprüft werden. Der TRANSIG-Monitor ermöglicht die grafische Darstellung und die Ausgabe von Aufzeichnungen und Signalkurven. Signalverläufe können z.B. Aufzeichnungen von Störwerterfassungssystemen oder digitalen Schutzrelais sein, die im standardisierten COMTRADE-Format vorliegen oder SigDef-Dateien mit selbstdefinierten Signalen.

Die Funktionen des TRANSIG-Monitors sind:

- Laden von Aufzeichnungen im COMTRADE-Format oder SigDef-Dateien.
- Zuordnung der Signale der Aufzeichnung zu den EPOS-Ausgangssignalen.
- Skalierung der Signale der Aufzeichnungen.
- Übernahme der definierten TRANSIG-Funktionen in einen Prüfplan.

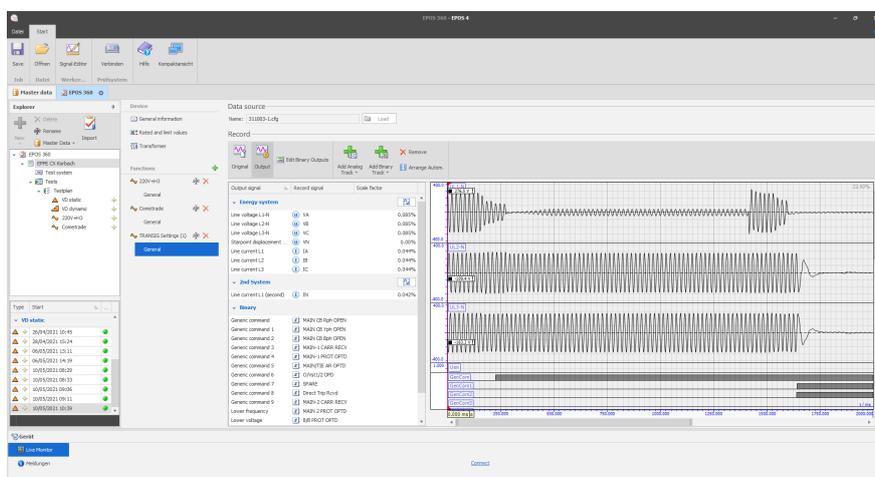


Bild 2: TRANSIG-Monitor mit geladener COMTRADE-Aufzeichnung

Ein weiterer Bestandteil der EPOS-Bediensoftware ist der Signaleditor. Der Signaleditor ermöglicht die Definition, Parametrierung und Berechnung beliebiger Signalverläufe. Die Parametrierung der Signale erfolgt interaktiv am Bildschirm. Für Kanäle kann jeweils eine Signaldauer eingestellt und jeder Kanal kann wiederum in beliebig viele Zeitfenster unterschiedlicher Länge unterteilt werden. Innerhalb der Zeitfenster können verschiedene Funktionsverläufe synthetisiert werden. Dabei ist es möglich, die Funktionsverläufe aus einer Grundfunktion, wie

- Sinus,
- Rechteck,
- Sägezahn,
- Dreieck,
- DC

und deren additiver oder multiplikativer Überlagerung mit einer oder mehreren Überlagerungsfunktionen zu generieren.

Überlagerungen können Funktionen, wie

- Sinus,
- Exponentielle Funktionen,
- Rampen,
- DC,
- Impuls,
- Harmonische,
- mathematische Ausdrücke

sein.

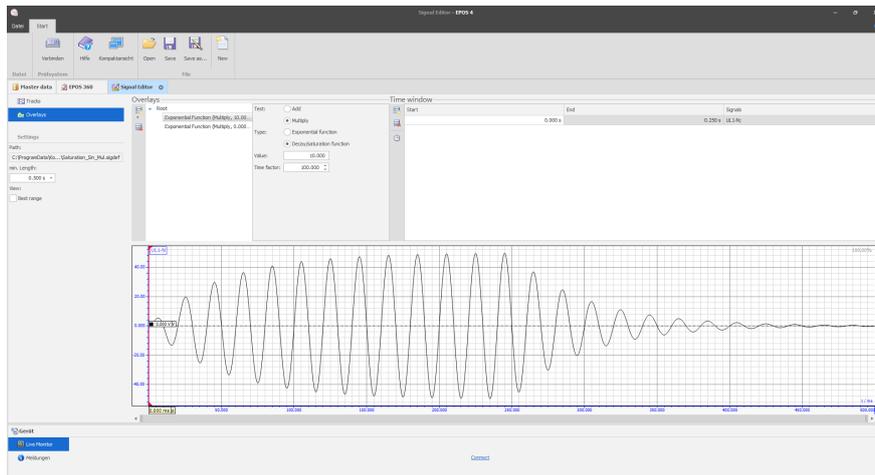


Bild 3: Signaleditor mit Abkling-/Sättigungsfunktion und überlagertem Sinus

Im Besonderen soll bei den Überlagerungen auf die mathematischen Ausdrücke hingewiesen werden, da die Erstellung von Formeln vielfältige Möglichkeiten der Signalerzeugung bietet. Die Überlagerungsfunktion „Ausdruck“ wird benutzt, um anhand mathematischer Eingaben einen Kurvenverlauf zu erstellen.

Modellieren und Erzeugen von Störungen der Netzqualität

Die Wellenformen der möglichen Störungen werden im Folgenden durch mathematische Modelle erstellt. Für die Modellierung und Erzeugung von Signalen zur Analyse der Ereignisse im Stromversorgungssystem stehen der dreiphasige Signalgenerator EPOS 360 und die EPOS-Bediensoftware zur Verfügung.

Die mathematischen Modelle der Netzqualitätssignale werden in der EPOS-Bediensoftware mittels des Moduls „Signaleditor“ umgesetzt. Die Verwendung von Gleichungen bietet Vorteile, da es möglich ist, Signalparameter in einem weiten Bereich und auf kontrollierte Weise zu variieren.

Die folgenden Bilder zeigen die verschiedenen Netzqualitätssignale, welche über das Modul Signalgenerator definiert wurden.

Ideale Spannungs-/Stromquelle

Eine ideale Wechselspannungsquelle generiert eine kontinuierliche, glatte Sinusspannung.

Signal	Gleichung	Parameter
Signal Sine	$y(t) = A \cdot \sin(\omega t)$	$\omega = 2\pi \cdot f$ A: Amplitude des Signals Amplitude of the signal f: Grundfrequenz Fundamental frequency $f=1/T$

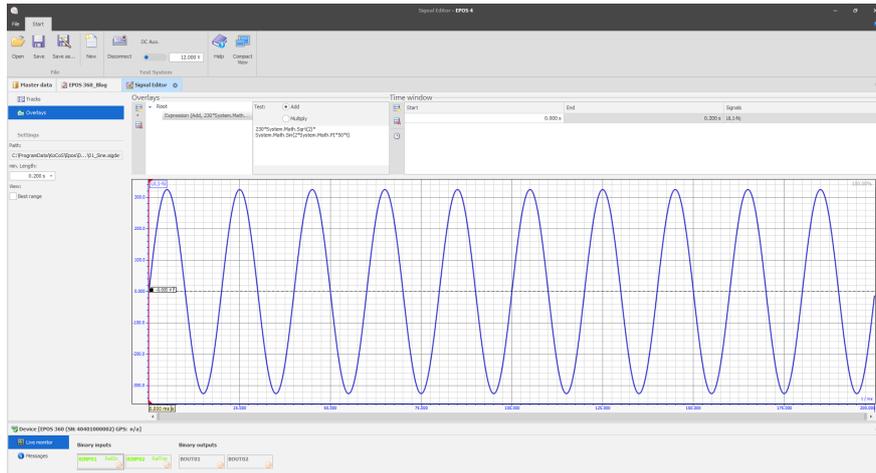


Bild 4: Sinus

Spannungsschwankungen

Ein Absinken (Unterspannung, Voltage dips) oder Ansteigen (Überspannung, Swell) der Netzspannung von mindestens 1/2 Zyklus bis zu mehreren Sekunden.

2 Unterspannung Undervoltage (Sag)	$y(t) = A \cdot (1 - \alpha \cdot (u(t - t_1) - u(t - t_2))) \cdot \sin(\omega t)$	$u(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t \geq 0 \end{cases}$ $T \leq t_2 - t_1 \leq (N - 1) \cdot T$ $0,1 \leq \alpha \leq 0,9$ N: Anzahl Zyklen der Grundfrequenz Number of cycles of the fundamental frequency
3 Überspannung Overvoltage (Swell)	$y(t) = A \cdot (1 + \beta \cdot (u(t - t_1) - u(t - t_2))) \cdot \sin(\omega t)$	$0,1 \leq \beta \leq 0,8$

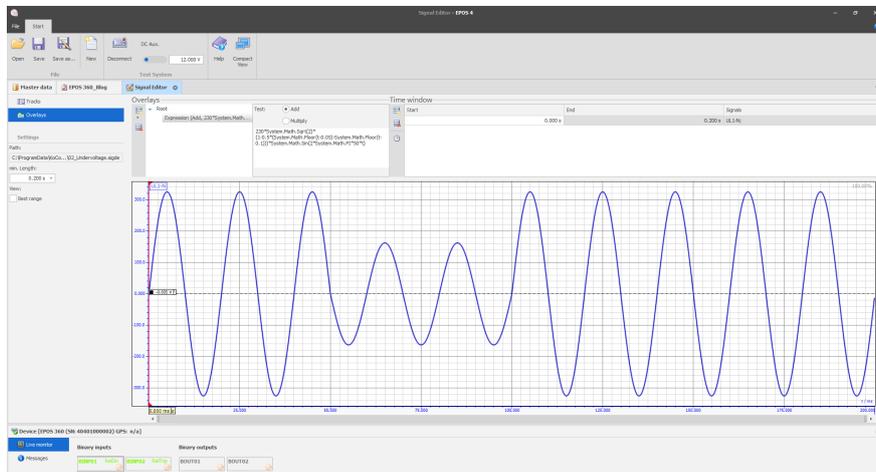


Bild 5: Unterspannung

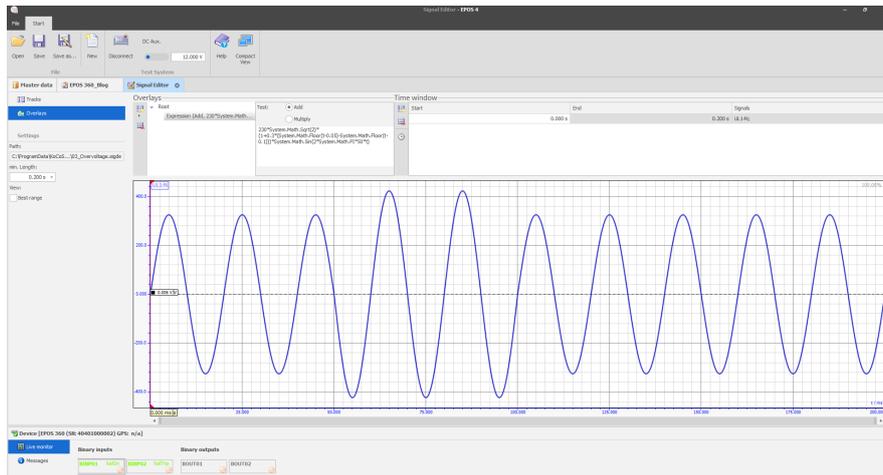


Bild 6: Überspannung

Spannungsunterbrechungen

Eine erhebliche oder vollständige Spannungsunterbrechung. Die Unterbrechung kann kurzzeitig aber auch dauerhaft sein.

4 Spannungsunterbrechung
Voltage interruption

$$y(t) = A \cdot (1 - \rho \cdot (u(t - t_1) - u(t - t_2))) \cdot \sin(\omega t)$$

$$0,9 \leq \rho \leq 1,0$$

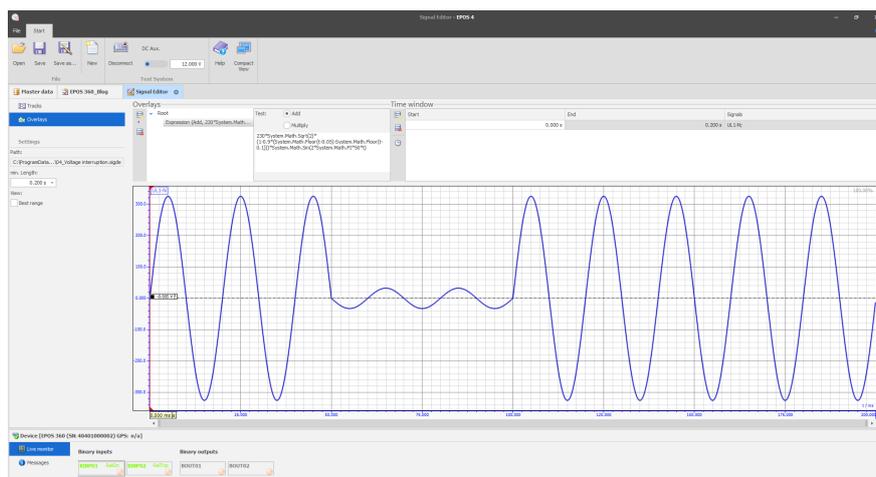


Bild 7: Spannungsunterbrechung

Oberschwingungen

Verzerrung der Spannungs- und Stromwellenformen, die beispielsweise durch Betrieb von nichtlinearen Lasten verursacht werden.

5
Oberschwingungen
Harmonics

$$y(t) = A \cdot \left(\sin(\omega t) + \sum_{n=3}^7 \alpha_n \cdot \sin(n \cdot \omega t) \right)$$

$$n = \{3,5,7\}; 0,05 \leq \alpha_n \leq 0,15$$



Bild 8: Oberschwingungen

Transienten

Eine plötzliche Störung der Netzspannung, die typischerweise weniger als eine Periode dauert und die Wellenform demzufolge unregelmäßig wird.

6
Transienten
Transients

$$y(t) = A \cdot \left(\sin(\omega t) - \psi \cdot (e^{-750(t-t_a)} - e^{-344(t-t_a)}) (u(t-t_a) - u(t-t_b)) \right)$$

$$T \leq t_a \leq (N-1) \cdot T$$

$$t_b = t_a + 1ms$$

$$0,222 \leq \psi \leq 1,11$$

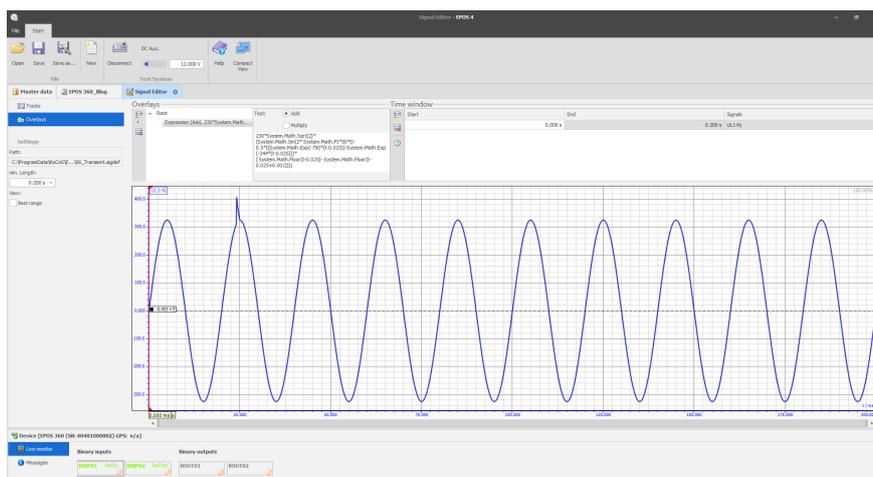


Bild 9: Transienten

Überprüfen von Netzsignalen des Signalgenerators

Die mit der EPOS-Bediensoftware und dem Signalgenerator EPOS 360 erzeugten Spannungswellenformen werden mit dem Netz- und Energiequalitätsanalysator EPPE PX gemessen und überprüft.



Bild 10: System zur Überprüfung des Signalgenerators EPOS 360 mit dem Netz- und Energiequalitätsanalysator EPPE PX

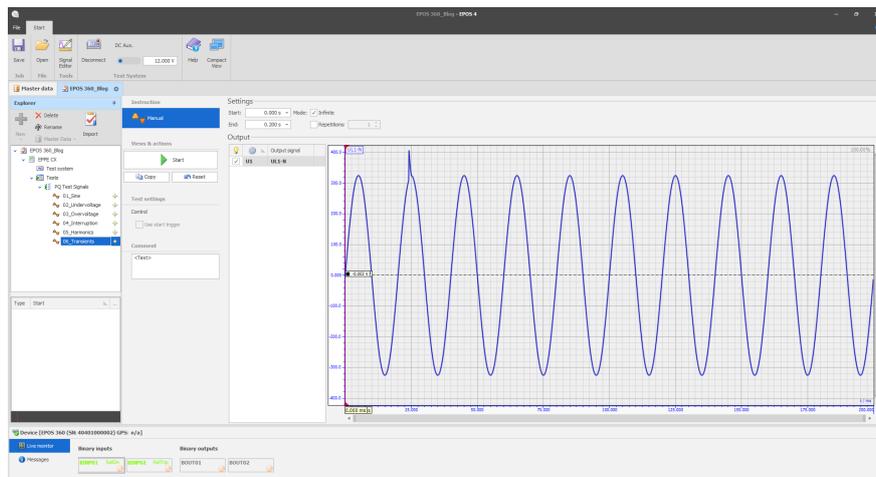


Bild 11: Testplan mit Netzsignalen in der EPOS-Bediensoftware

Die EPPE Software ermöglicht die direkte Kommunikation zwischen dem Netz- und Energiequalitätsanalysator EPPE PX und einem PC, sodass die Messergebnisse einfach auf den Computer übertragen und verarbeitet werden können.

Die im Abschnitt „Modellieren und Erzeugen von Störungen der Netzqualität“ vorgestellten mathematischen Modelle wurden für die Überprüfung dahingehend angepasst, dass dreiphasige Spannungssignale erzeugt werden, wobei die Störungen nur auf Phase L1 (rot) generiert wurden. Bei den Netzsignalen, wie z.B. Unterspannung, wurden jeweils 10 Wiederholungen der Signalsequenz parametrisiert.

Die folgenden Bilder zeigen Spannungssignale, die vom Signalgenerator erzeugt und mit dem Referenzgerät EPPE PX aufgezeichnet wurden.

Sinus

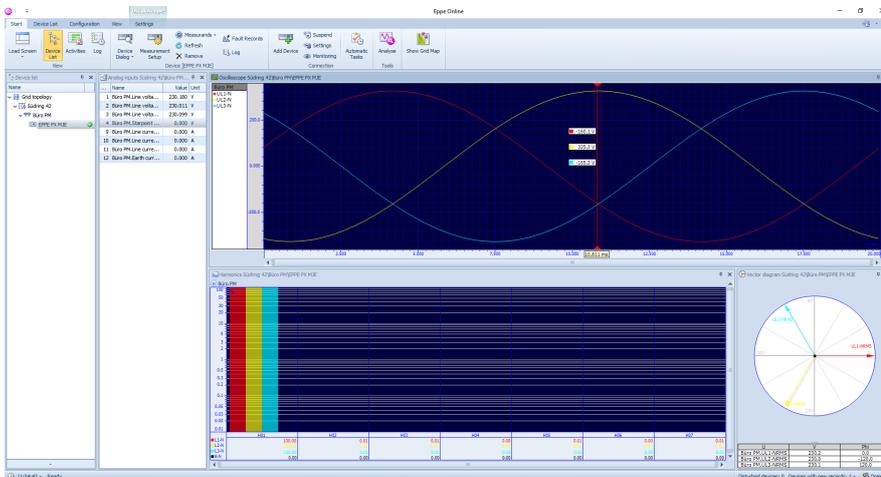


Bild 12: Mit dem Referenzgerät EPPE aufgezeichnete Sinus-Signale (Online Messwerte)

$U_n = 3 \times 230 \text{ V}$, 120° Phasenverschiebung

EPPE-Messwerte:

$U_1 \text{ (rot)} = 230,18 \text{ V}; 0,0^\circ$

$U_2 \text{ (gelb)} = 230,01 \text{ V}; -120,0^\circ$

$U_3 \text{ (blau)} = 230,09 \text{ V}; 120,0^\circ$

Harmonische

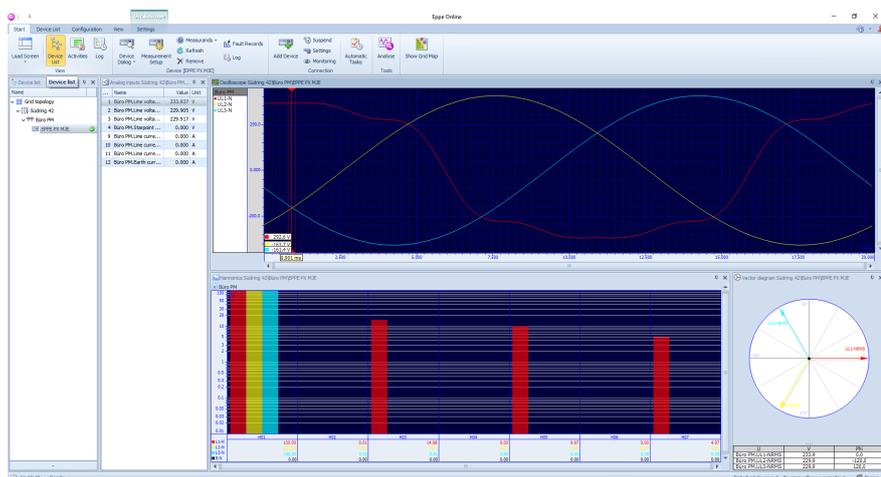


Bild 13: Messung der Oberwellen auf U_1 (Online Messwerte)

Zur Grundschwingung ($230 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$) wurden die 3. Harmonische mit 15%, die 5. mit 10% und die 7. mit 5% auf die Grundschwingungsamplitude bezogenen Werte in Prozent überlagert.

EPPE-Messwerte:

H3: 14,98 %

H5: 9,97 %

H7: 4,97 %

Unterspannung

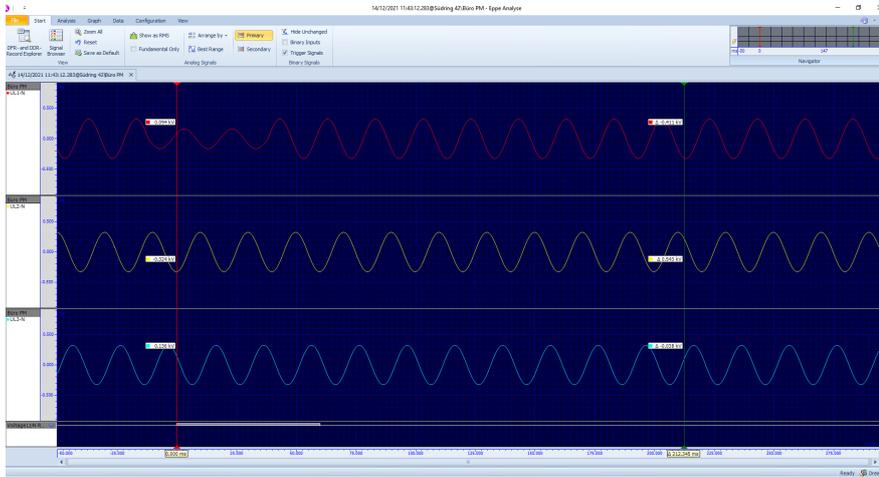


Bild 14: Störschreiber Aufzeichnung der EPPE Software, Unterspannung

$U_{\text{ÜS}} = 50 \% U_n$

Dauer: 50 ms

Trigger: Unterspannungstrigger

Überspannung

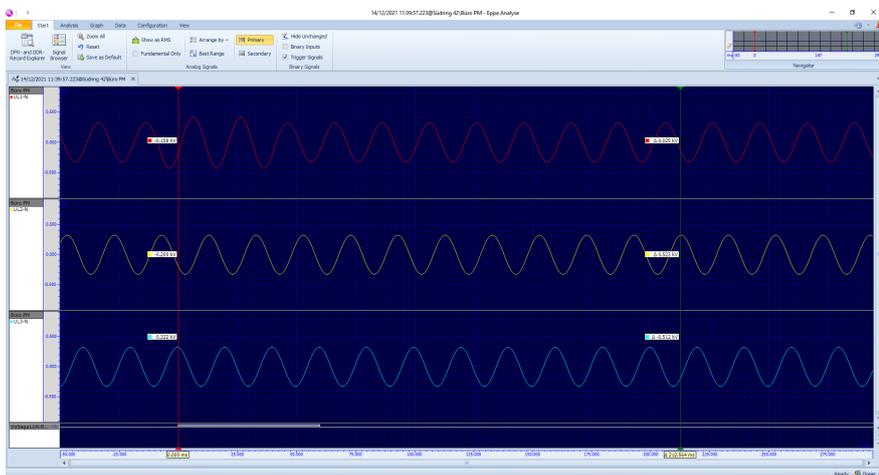


Bild 15: Störschreiber Aufzeichnung, Überspannung

$U_{\text{ÜS}} = 130 \% U_n$

Dauer: 50 ms

Trigger: Überspannungstrigger

Anmerkung:

Das EPOS 360 kann über die Spannungsausgänge (300 VAC, Effektivwert) eine maximale Spitzenspannung von $\sqrt{2} * 300 \text{ V} = 424,2 \text{ V}$ ausgeben.

Spannungsunterbrechung

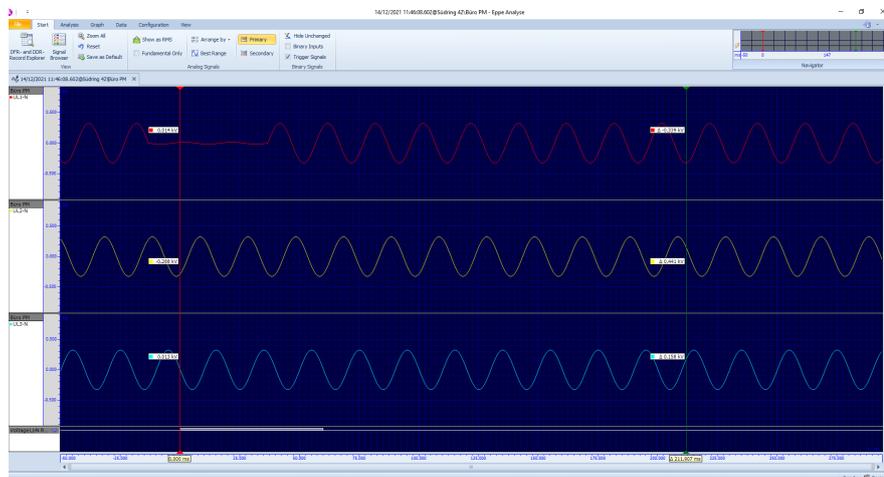


Bild 16: Störschreiber Aufzeichnung, Spannungsunterbrechung

$U_{SU} = 5 \% U_n$

Dauer: 50 ms

Trigger: Unterspannungstrigger

Transientes Signal

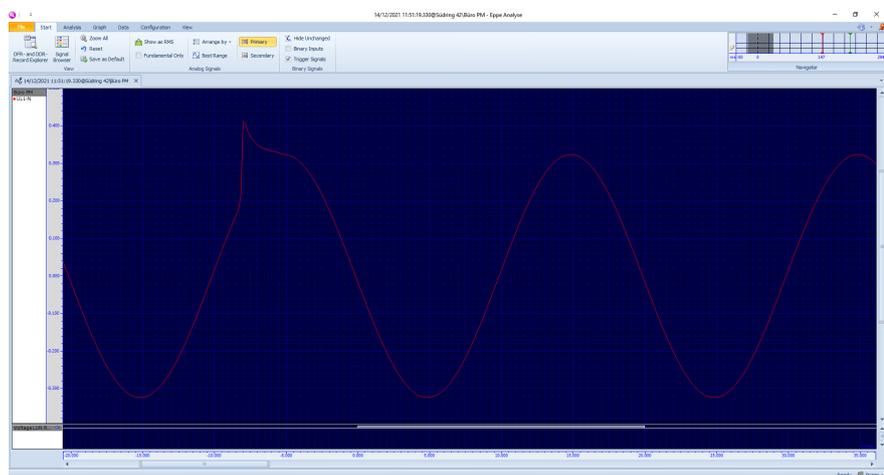


Bild 17: Störschreiber Aufzeichnung, transientes Signal

Trigger: Überspannungstrigger, 105 % U_n

Zur besseren Darstellung wurde das Signal vergrößert.

Fazit

In diesem Applikationsbericht wurde die Grundlage zur Erzeugung von typischen Netzqualitätsstörungen vorgestellt. Diese Lösung zur Signalerzeugung umfasst den Signalgenerator EPOS 360, der von einem PC mit der EPOS-Bediensoftware unterstützt wird.



Die Software enthält das Modul Signaleditor, über die Parameter wie Amplitude, Phasenwinkel und Frequenz für die Signalerzeugung angepasst werden können. Weiterhin bietet das Modul viele weitere Funktionen zur Anpassung der grundlegenden Parameter, wie zum Beispiel Offsets, Überlagerungen und Oberwellen.

Durch die Hard- und Softwarefunktionalität ist es sehr einfach, die Erzeugung diverser Wellenformen durchzuführen. Die Generierung der definierten Wellenformen wird von vier Spannungs- und drei Stromausgangskanälen des EPOS 360 bereitgestellt.

Der dreiphasige Signalgenerator EPOS 360 bietet die Möglichkeit, Signalverläufe dem Prüfobjekt zuzuführen und die Wirkungen zu analysieren. Das Gesamtsystem EPOS 360 mit der EPOS-Bediensoftware bietet somit einen sinnvollen Mechanismus, um ohne großen Aufwand Netzphänomene zu verstehen und zu erklären.

Der Signalgenerator EPOS 360 ist somit in der Lage, Störungen der Netzqualität gemäß der Norm EN 50160 nachzubilden. Die beschriebene Lösung lässt sich leicht an verschiedene praktische Anforderungen anpassen und kann somit als gute und kostengünstige Alternative zu teuren Instrumenten für die Überprüfung von Netzqualitätsmessgeräten und -analysatoren verwendet werden.