

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 77 (1986)

Heft: 5

Artikel: Netzstörungen analysieren und interpretieren

Autor: Müller, A. E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-904172>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Netzstörungen analysieren und interpretieren

Viele Ausfälle bei Computern, Prozessreglern und mikroprozessorbestückten Geräten werden auf Netzstörungen zurückgeführt. Dies führt dazu, dass Netzstörungen oft falsch verstanden oder interpretiert werden und im Extremfall zum Kauf von unzweckmässigen Störschutzeinrichtungen führen. Im folgenden Beitrag werden die verschiedenen Netzstörungen kurz umschrieben und es wird gezeigt, wie mit einem Netzstörungsanalysator deren Überwachung, Aufzeichnung und Auswertung vorgenommen werden kann.

Obwohl sich Elektrizitätswerke bemühen, Spannung, Frequenz und Kurvenform auf ihren Leitungen innerhalb tolerierbarer enger Grenzen zu halten, gibt es dennoch viele Faktoren, auf die sie keinen Einfluss haben. Die Kunden verbinden und trennen ihre Lasten willkürlich, wodurch Einbrüche und Überhöhungen in der örtlichen Netzspannung sowie unregelmässige Impulse und Kurvenformen erzeugt werden. Die EWs können diese lokalen Störungen nicht ausgleichen, ebensowenig wie sie die Spannungsspitzen, welche durch Blitzeinschlag oder durch fehlerhaftes Schalten verursacht werden, verhindern können. Allgemein nimmt aber auch die Zahl und Bedeutung der nichtlinearen Lasten (Leistungselektronik) zu, die Netzrückwirkungen erzeugen. Die Auswirkungen solcher Einflüsse erscheinen dem Verbraucher als Netzstörungen.

Die folgenden Darlegungen beruhen auf den Möglichkeiten des Netzstörungsanalysators Serie 626 der Firma Dranetz. Andere Geräte weisen ähnliche Messprinzipien auf.

1. Messprinzip

Bei 50-Hz-Wechselstrom (AC) ist der zeitliche Messabschnitt auf eine Wechselstromperiode (20 ms) festgelegt. Bei 400 Hz umfasst er ein Intervall von vier Perioden. Zur Messung von Gleichspannungen (DC) wird ein Messabschnitt von 20 ms verwendet.

Gemessen wird der Effektivwert der Spannung innerhalb dieser Intervalle. Er bildet die Basis für die Netzüberwachung. Auch Impulse werden einmal pro Intervall angezeigt, während die Frequenzmessun-

gen das Resultat eines Timings über vier Intervalle darstellen. Die Genauigkeit der Spannungsmessung beträgt $\pm 1\%$ des Ablesewertes und $\pm 0,2\%$ des Messbereiches. Die Ausgabe der Messresultate erfolgt digital, z. B. über einen Drucker.

In Figur 1 ist ein Messvorgang im zeitlichen Ablauf dargestellt. Der Ansprechwert der Spannungszunahme bzw. -abnahme (Empfindlichkeit) ist dabei auf 5 V eingestellt. Ausserdem wurden ein oberer Grenzwert von 232 V und ein unterer Grenzwert von 208 V vorgegeben. Diese Grenzwerte wie auch die Empfindlichkeit sind frei programmierbar.

Im Beispiel wird um 13:05:00:00 mit Nennspannung 220 V begonnen. Vorgegeben durch die eingestellte Empfindlichkeit wird erst bei einer Intervallmessung von 225 V und mehr bzw. 215 V und weniger eine Meldung ausgedruckt. Nach 20 ms ist die Spannung auf 226,2 V angestiegen. Dies wird als Spannungszunahme gemeldet (Increase). Gleichzeitig werden die Grenzwerte der Empfindlichkeit automatisch auf 231,2 V bzw. 221,2 V verschoben. In der dritten Periode ist der Vorgang analog (231,2 V). Die nächste Messung (4. Periode) beträgt 235 V. Diese Spannungszunahme ist nicht gross genug, um als eine Zunahme (Increase) registriert zu werden. Da sie jedoch ausserhalb der voreingestellten Obergrenze von 232 V liegt, wird eine Meldung für das Überschreiten der Obergrenze (High Limit) ausgegeben.

In der sechsten Periode sinkt die Spannung auf 220 V. Entsprechend wird eine Abnahme (Decrease) der Spannung gemeldet. Da die Spannung wieder innerhalb der gesetzten Ober- und Untergrenze zurückgekehrt ist, wird zusätzlich auch eine Rückkehr auf «normal» angegeben. Mit der

Rückkehr der Spannung auf «normal» erfolgt auch eine Meldung, auf welchen maximalen Wert die Spannung angestiegen war. Ausserdem wird eine Meldung ausgegeben, aus der ersichtlich ist, wie lange dieser «aussernormale» Zustand gedauert hat.

2. Netzüberwachung

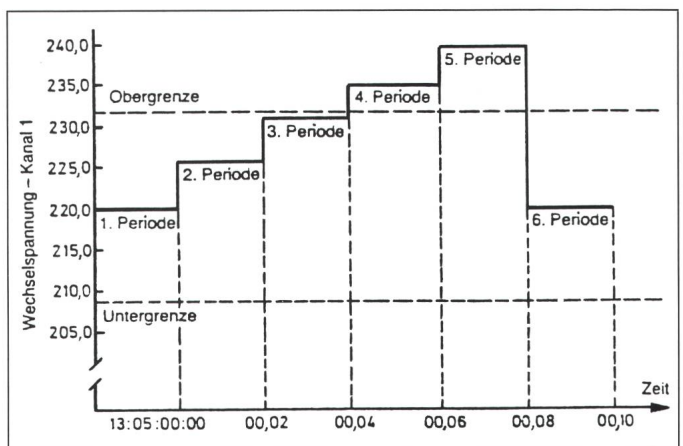
2.1 Spannungsänderungen

Wenn die Spannung einer Leitung überwacht wird, treten normalerweise sehr viele geringfügige Abweichungen vom ursprünglichen Spannungspegel auf. Sie können allmählich oder sehr rasch erscheinen. Langsame Änderungen können z.B. durch eine geplante Erhöhung der Spannungspegel entstehen, um einer übermässigen Belastung entgegenzuwirken.

Rasche Abweichungen werden oft lokal verursacht. Normalerweise wird das Einschalten von grösseren Lasten – wie zum Beispiel Beleuchtung, Maschinen und Klimaanlage – das Stromverteilungsnetz innerhalb einer Fabrik oder eines ganzen Anlageteils wegen der charakteristisch hohen Einschaltstromspitzen kurz überlasten. Nach Stabilisierung dieses zeitweisen Strombedarfs kehrt die Spannung ungefähr wieder auf den Pegel vor Auftritt der Störung zurück.

Damit geringfügige Änderungen der Spannung nicht zu einer Flut unnötiger Meldungen führen, kann ein Schwellwert (Empfindlichkeit) für die Spannungsänderung eingegeben werden, so dass erst bei Erreichen oder Überschreiten dieses Wertes von einer Periode zur nächsten die Aufzeichnung einer Zunahme bzw. Abnahme erfolgt. Beim Überwachen von Spannungsstörungen auf einer 220-V-Leitung wird

Fig. 1
Darstellung der
Netzspannungsveränderung bei Wechselstrom



Adresse des Autors

A. E. Müller, Ineltro AG Industrial Electronics,
Riedstrasse 6, 8953 Dietikon.

dieser Ansprechwert normalerweise auf 5 V bis 10 V bzw. auf 2% bis 5% der nominellen Nennspannung eingestellt.

Kurzzeitige Spannungsänderungen werden auch dann registriert, wenn die gemessene Spannung mindestens eine Periode lang über den eingestellten oberen Grenzwert steigt bzw. unter den unteren Grenzwert fällt. Die Messung erfolgt analog wie bei der Erfassung aller Spannungszu- bzw. -abnahmen, jedoch mit der Ausnahme, dass die Periodenmessung nicht mehr mit dem vorhergehenden Spannungspegel, sondern mit den eingestellten Grenzwerten (Ober-/Untergrenze) verglichen wird.

Überspannung und Unterspannung sind definitionsgemäss längerdauernde Überhöhungen und Einbrüche (>2,56 s). Bei diesen verhält sich das Gerät wie in Abschnitt 1 beschrieben.

Ein Spannungsausfall oder Dropout ist ein spezieller Fall von Spannungseinbruch oder Unterspannung, bei dem die Spannung auf null abfällt. Der Messabschnitt bleibt eine volle Periode, so dass sich der Abfall beim Auftreten in einer halben Periode als Einbruch auf 110 V anzeigt. Extreme Einbrüche von z.B. 50% oder weniger des Nominalwertes werden häufig bereits als Dropout bezeichnet. Eine solche Störung kann durch schwere, momentane Überlasten entstehen. Wirkliche Spannungsausfälle sind verhältnismässig selten. Sie können beispielsweise bei Umschaltungen im Netzverteilungssystem entstehen.

2.2 Impulsmessungen

Impulse sind hochfrequente Störungen von sehr kurzer Dauer und überlagern sich der Sinuswelle. Sie werden mit ausgefilterter Sinuswelle gemessen und sind so zu verstehen, wie dies in Figur 2 dargestellt ist.

Es ist zu beachten, dass die Grösse der Impulsspitze unabhängig davon gemessen wird, wo der Impuls auf der Sinuswelle auftritt. Dies ist wichtig zu wissen, wenn alle hochfrequenten Impulse aufgezeichnet werden sollen, da die Wechselspannung 220 V einen Impuls von 620 V zwischen ihren negativen und positiven Spitzen vollkommen einschliessen kann. Diese Tatsache erklärt auch, warum Metalloxidvaristoren (MOV) oder andere Stossspannungsunterdrücker nicht alle Impulse unterdrücken können.

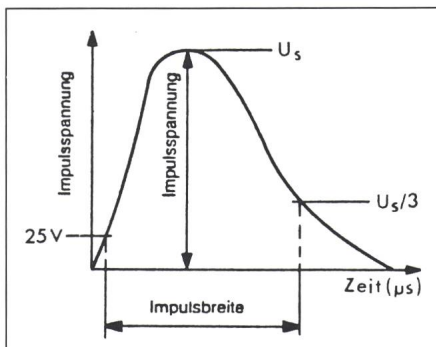


Fig. 2 Definitionen der Impulsspannung

Die Impulsdauer (Impulsbreite) wird in Mikrosekunden aufgezeichnet (Fig. 2). Sie ist definiert zwischen dem Schwellwert 25 V für Impulse und dem Moment, wo die Impulsspannung auf $\frac{1}{3}$ des Scheitelwertes abgefallen ist. Die Kombination der Impulsdauer und der Impulshöhe oder eine unmittelbare Ermittlung der Impulsenergie ermöglicht eine quantitative Schätzung der Wahrscheinlichkeit, mit der ein gegebener Impuls eine Störung bzw. einen Schaden verursachen wird. Man geht allgemein davon aus, dass Impulse mit hohen Spitzen und langer Dauer am ehesten Schaden anrichten.

2.3 Frequenzstörungen

Frequenzstörungen verlaufen normalerweise über mehrere Schwingungen. Bei den grossen Netzanlagen für die öffentliche Versorgung werden die Frequenzänderungen nach Ablauf eines Tages auf null ausgeglichen, um die Genauigkeit elektrischer Uhren und anderer Geräte, welche von dieser Frequenz abhängen, sicherzustellen. Die grösste, kurzzeitige Abweichung übersteigt selten $\pm 0,5$ Hz. In kleineren Anlagen können jedoch plötzliche Änderungen bis zu ± 3 Hz betragen, vor allem bei Notstromaggregaten mit dieselbetriebenen Generatoren.

3. Auswirkungen auf elektronische Geräte und Anlagen

Die Entwickler und Anwender moderner elektronischer Anlagen benötigen gute Kenntnisse über die Auswirkungen von Netzstörungen. Tatsächlich sind die meisten elektronischen Anlagen so ausgelegt, dass sie «normale» Störungen auf der Netzversorgungsleitung verkraften. Das Problem liegt allerdings in der Definition von «normal».

Es kann davon ausgegangen werden, dass der Entwickler bei der Realisierung des internen Gleichspannungsnetzteils überlegt und gewissenhaft vorgegangen ist. Oft wird aber die Netzversorgung zu wenig beachtet. Hochfrequente Impulse hoher Spannung können durch kapazitive und induktive Kopplung direkt vom Netzeingang auf den Gleichspannungsteil eingekoppelt werden. Selbst wenn eine direkte Kopplung vermieden wird, können grössere Spannungseinbrüche und Impulse auf die Netzteilregelung einwirken.

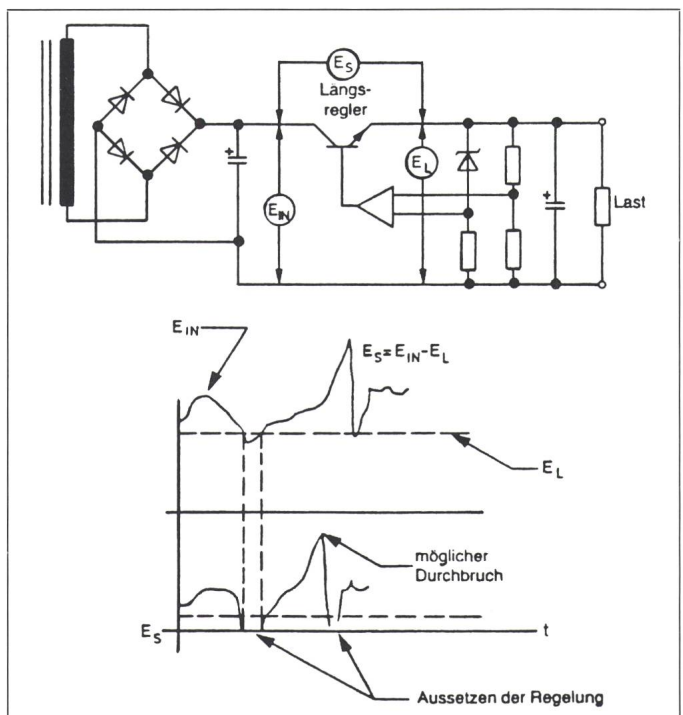
Die in Computern und vielen anderen Systemen verwendeten Netzteile benutzen eine elektronische Regelung, mit der sich verschiedene Netzstörungen, insbesondere langsame Spannungsschwankungen sowie Abweichungen von der Netzfrequenz, beseitigen lassen.

Ein Längsregler übernimmt die Aufgabe, an seinen Anschlusspunkten einen Spannungsabfall derart aufrechtzuerhalten, dass die Spannung an der Last unabhängig von Netzspannungsschwankungen konstant bleibt (Fig. 3). Bei Abfall der Netzspannung senkt der Regler seine Spannung, aber er kann sie nicht unter null bzw. unter seinen Regelbereich reduzieren. Auch die Zunahme der Netzspannung kann ein Längsregler nur bis zu einem gewissen Grad absorbieren. Wenn solche Schaltungen ihren Grenzbereich erreichen, werden die Regeleigenschaften zunehmend schlechter. Da die Regelgeschwindigkeiten limitiert sind, können sich ferner sehr schnelle Netzänderungen direkt auf die Ausgangsspannung auswirken. Eine grosse Speicherkapazität am Ausgang des Netzteils kann einige dieser Störungen ausgleichen, aber auch hier nur bis zu einem gewissen Grad.

Ein ferroresonanter Regler, der in der Netzversorgung angebracht wird, kann

Fig. 3 Wirkungsweise und Grenzen des Längsreglers

E_{IN} Eingangsspannung des Reglers
 E_S Reglerspannung
 E_L Spannung an der Last



zwar auf stark gestörte Leitungen stabilisierend wirken, doch sind solche Geräte sehr frequenzempfindlich. Zum Beispiel verursacht eine Frequenzänderung von 1% eine Spannungsänderung von bis zu 1,7%.

Schaltnetzteile mit Pulsbreiten-Modulationsregelung haben hinsichtlich Netzstörungen ähnliche Eigenschaften wie Längsregler.

4. Messanordnung zur Netzüberwachung

4.1 Einphasiger Wechselstrom

Die Messungen erfolgen zwischen Phase und Neutralleiter, wobei der Schutzleiter aus Sicherheitsgründen angeschlossen wird (Fig. 4a). Zu beachten ist, dass bei dieser Anordnung nur die Impulse, welche zwischen Phase und Neutralleiter auftreten, erfasst werden.

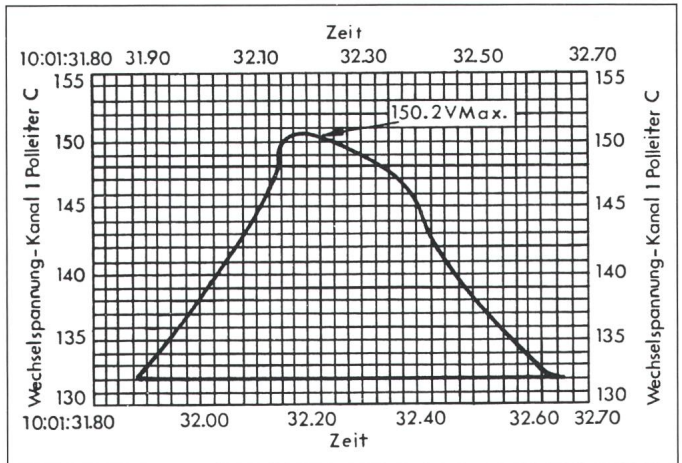
Von Bedeutung ist auch, dass diese Anschlussweise nur asymmetrische Störungen (normal mode) erfasst. Um auch Gleichtaktstörungen (common mode) registrieren zu können, muss ein Anschluss nach Figur 4b vorgenommen werden. Die Unterscheidung der beiden Störungsarten ist sehr wichtig, um Massnahmen zu deren Behebung einzuleiten. Leider sind gewisse Schaltungen, welche zur Unterdrückung von Gleichtaktstörungen eingesetzt werden, nachteilig für die Filterung asymmetrischer Störungen und umgekehrt.

4.2 Drehstromschaltungen

Bei Dreieckschaltungen werden normalerweise die Spannungen von Leitung zu Leitung überwacht, so dass im Grunde genommen jeder überwachende Kanal die Spannungsdifferenz zwischen zwei Leitungszweigen der Dreieckschaltung ergibt. Die Erdung der Dreieckschaltung kann mit dem Erdanschluss am Monitor verbunden werden. Ist kein Erdanschluss vorhanden, kann auf eine Erdung auch verzichtet werden.

Bei Sternschaltung werden normalerweise die einzelnen Phasen gegenüber dem

Fig. 5
Nachträgliche grafische Darstellung eines kurzzeitigen Spannungsanstieges



Neutralleiter überwacht. Analog der Dreieckschaltung kann aber auch hier die Spannung von Leitung zu Leitung überwacht werden. Die Erdleitung muss mit dem Erdanschluss am Monitor verbunden sein. Um symmetrische Störungen erfassen zu können, muss mit einem zusätzlichen Kanal auch zwischen Neutral- und Schutzleiter überwacht werden.

5. Darstellung der Netzstörungen

Moderne Netzstörungsanalysatoren sind weitgehend frei programmierbar, d.h. der Benutzer kann selbst bestimmen, welche Ereignisse als Netzstörungen erfasst werden sollen. Sämtliche erfassten Werte werden mittels eines Druckers alphanumerisch festgehalten. Dies betrifft nicht nur das Ereignis selbst, sondern jeweils auch das Datum und die genaue Zeit (auf 0,01 s).

Anhand der genauen Zeitangabe können gewisse besonders kritische Ereignisse durch Erstellung einer einfachen grafischen Darstellung in Funktion der Zeit dargestellt werden (Fig. 5).

Neuerdings ist es auch möglich, gewisse Ereignisse mittels eines speziellen Grafikmoduls und eines speziellen Druckers nicht nur alphanumerisch, sondern ausschnitt-

weise über die interessierende Zeit grafisch darzustellen (ähnlich wie bei einem Speicheroszilloskop). Mittels geeigneter Software können die vom Netzstörungsanalysator erfassten Werte auch auf einen über eine geeignete Schnittstelle zugeschalteten Personalcomputer (PC) überspielt werden. Die so in einem speziellen File im PC abgespeicherten Daten können anschliessend sortiert, statistisch ausgewertet oder grafisch dargestellt werden.

6. Deutung von Netzspannungsschwankungen

Wenn eine Netzleitung analysiert ist und die Stördaten gesammelt sind, muss sich der Anwender überlegen, wie er die Daten interpretieren soll. Aufgrund dieser Daten muss er sich entscheiden, ob er eine elektronische Anlage direkt anschliessen kann oder gewisse Schutzmassnahmen ergreifen muss, z.B. den Einbau eines Isolationsübertragers zur Unterdrückung von Spannungsspitzen, eines elektronischen Netzreglers oder einer nicht unterbrechbaren Netzversorgung.

Zur Auswertung der gesammelten Stördaten werden spezifische Richtlinien benötigt, welche die für bestimmte Geräte und Anlagen noch zulässigen Arten von Störungen näher umschreiben. Die üblichste Form einer solchen Angabe ist beispielsweise eine prozentuale Einschränkung der Spannung, z.B. $220\text{ V} \pm 10\%$. Über diese Dauerabweichung hinaus lassen die meisten Gerätehersteller auch Kurzzeitabweichungen mit grösster Toleranz und einer maximalen Dauer von z.B. 0,5 s zu.

Problematisch wird es bei der Beurteilung von Impulsstörungen, denn hierfür gibt es von den einzelnen Geräteherstellern keine umfassenden Grenzwertangaben. Die Anlagen reagieren auch unterschiedlich empfindlich auf die verschiedenen möglichen Störungen, so dass eine Spezifizierung sehr aufwendig, wenngleich auch wünschenswert wäre. Man findet höchstens noch Angaben wie «maximaler Netzausfall 8 ms» oder «maximale Störungsspitzen 220 V bei 10 μs Impulsbreite». Es bleibt die Aufgabe von Normengremien oder Fachverbänden, Richtlinien für «noch akzeptable» Netzstörungen zu erarbeiten.

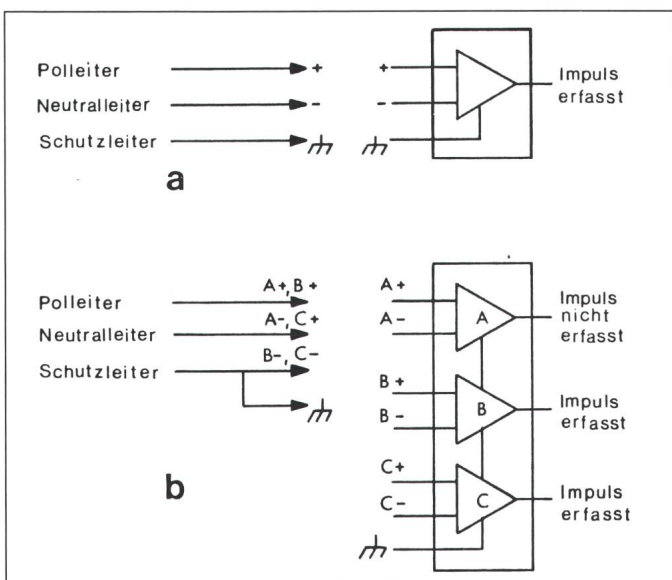


Fig. 4
Messanordnung zur Überwachung einphasiger Wechselströme
a Polleiter - Neutralleiter
b Polleiter - Neutralleiter - Schutzleiter