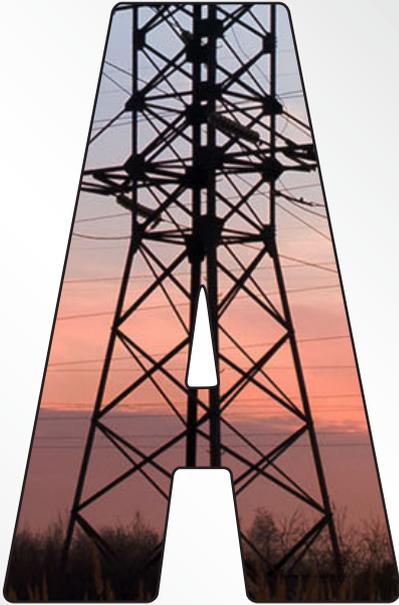


das praktische
Nachschlagewerk



des Wissens

RMS - der Effektivwert
 Gleichstrom
 Wechselstrom
 CAT III
 Schleifenwiderstandsmessung
 Sinus
 Isolation
 CAT I
 Nennspannung
 Leckstrom
 Amplitude
 DC-Strom
 AC-Strom
 Erdwiderstand
Effektivwert
 Prüfspannung
 CAT IV
 Spannungsschwankungen
Wenner-Verfahren
 Prozessschleife
 Symbole
Spitzenwert - Scheitelfaktor
 Flicker
Schlumberger-Verfahren
 CAT II

*Messen ist
unsere Leidenschaft!*

Reiner Sinus oder verzerrt ?

Zur Erinnerung: Wenn man von 230 V Netzspannung spricht, meint man den „Effektivwert“ der Spannung. Die angeschlossenen, zumeist rein ohm'schen Lasten (Glühlampen, Heizungen, ...) verursachen während vieler Jahre praktisch keine Verzerrungen auf dem Stromnetz.

Durch die allgemeine Zunahme der nicht-linearen Lasten (Schaltnetzteile, Lichtdimmer, Drehzahlregler, Stromsparlampen usw... wird die reine Sinuswelle im Netz jedoch immer seltener. Herkömmliche Messinstrumente zeigen den „Effektivwert“ einer Wechselspannung durch reine Mittelwertbildung an. Bei sauberen sinusförmigen Spannungen ist das auch richtig, bei verzerrten Signalformen kann der Messfehler jedoch schnell bis zu 50% betragen! Besonders heutzutage ist es also empfehlenswert, mit sog. RMS- oder TRMS-Instrumenten zu arbeiten, da sie den Effektivwert einer Spannung oder eines Stroms unabhängig von seiner Kurvenform anzeigen.

RMS - der Effektivwert

Im Englischen steht die Abkürzung RMS (Root Mean Square) für den Effektivwert einer AC-Größe. Per Definition ist der Effektivwert eines Stroms derjenige Wert eines DC-Stroms, der in einem Widerstand dieselbe Erwärmung hervorrufen würde.

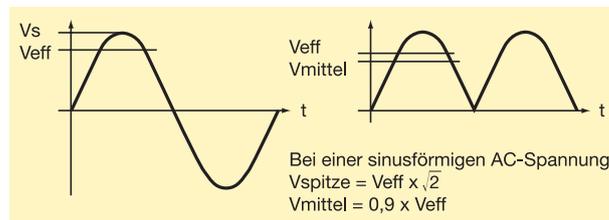
$$V_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2 \cdot dt}$$

Im Sonderfall einer rein sinusförmigen AC-Größe liefert die obige Formel den folgenden Wert.

$$v = V_s \cos \omega t \cdot dt$$

$$V_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} V_s^2 \cos^2 \omega t \cdot dt} = \frac{V_s}{\sqrt{2}}$$

Dabei ist die Amplitude (der Spitzenwert V_s) der sinusförmigen AC-Größe (Spannung oder Strom) $\sqrt{2}$ mal ihr Effektivwert ($V_s = \sqrt{2} V_{\text{eff}}$). Im industriellen Bereich ist die Kenntnis des Effektivwerts von vorrangiger Bedeutung, besonders Stromstärken sind dadurch definiert.



Für das 230 V, 50 Hz Stromnetz heißt das:
 $V_{\text{eff}} = 230 \text{ V}$, $V_{\text{spitze}} = 325 \text{ V}$, $V_{\text{mittel}} = 207 \text{ V}$

Bei einem Instrument mit Mittelwertbildung heißt das, dass es nach Gleichrichtung und Filterung den Mittelwert des sinusförmigen AC-Stroms bildet, diesen mit einem Faktor $1/0,9 = 1,111$ multipliziert und als „Effektivwert“ anzeigt. Dieses indirekte Messverfahren ist einfach und für rein sinusförmige AC-Größen sehr genau, aber es akzeptiert nur Verformungen bis zu einigen wenigen Prozent. Bei stärker verformten Signalen muss das RMS-Verfahren benutzt werden. Hier wird die AC-Größe direkt gemessen: entweder durch ein thermisches Verfahren (diese Methode wird meist in Eichlabors verwendet) oder durch schnelle Abtastung der Momentanwerte und anschließende analoge oder digitale Berechnung. Dazu sind allerdings aufwendige elektronische Bauteile nötig (wie z.B. bei den Chauvin Arnoux RMS- und TRMS-Messgeräten).

Spitzenwert - Scheitelfaktor

Für den Scheitelfaktor (Crestfaktor CF) gilt folgende Formel

$$SF = \frac{V_{\text{Spitze}}}{V_{\text{effektiv}}}$$

Zusätzlich zum Effektivwert ist diese Information zu einer AC-Größe nützlich, da sie etwas über dessen Verformung aussagt.

Bei einem sinusförmigen Signal beträgt der Scheitelfaktor $SF = \sqrt{2} = 1,414$

Kennzeichnung und Symbole

Gemäß IEC-Norm 61010-1 bezüglich der elektrischen Sicherheit von Messgeräten müssen diese Geräte mit bestimmten Symbolen gekennzeichnet sein, oder sie in der Anzeige darstellen:

- ⎓ : Gleichstrom bzw. -spannung. Manchmal auch mit DC bezeichnet (engl. für „Direct Current“)
- ~ : Wechselstrom bzw. -spannung. Manchmal auch mit AC bezeichnet (engl. für „Alternative Current“)
- ⎓~ : Gleich- und Wechselstromgrößen (AC/DC-Größen)
- ⚠ : Warnhinweis - In Bedienungsanleitung nachlesen! IEC 61010-1 600 V CAT III:

Gerätesicherheit erfüllt die IEC-Norm 61010-1 für eine Betriebsspannung von 600 V gegenüber Erde und für die Überspannungskategorie III

- CAT IV: Messungen an der Quelle von Niederspannungsinstallationen.
- CAT III: Messungen an Gebäudeinstallationen.
- CAT II: Messungen an Kreisen, die direkt an Niederspannungsinstallationen angeschlossen sind.
- CAT I: Messungen an Kreisen, die nicht direkt mit dem Stromnetz verbunden sind.

- ⏏ : Erdklemme
- ⏏ : Gerät ist doppelt isoliert

Weitere Symbole und Bezeichnungen

- : Summer, der akustische Signale abgibt
- * : Anzeigebeleuchtung
- HOLD : Wert wird in der Anzeige gespeichert
- RANGE : Messbereichsumschaltung manuell oder automatisch
- RECORD : Messwertaufzeichnung
- MAX/MIN/AVG : Gemessener Maximalwert, Minimalwert, Mittelwert
- SMOOTH : Messwertglättung (im Allg. über 3 s) um bei schwankenden Signalen eine stabile Anzeige zu erhalten.

STROMMESSUNG

Grundbegriffe

Zangenstromwandler: Das moderne Verfahren zur Messung von Strömen

Einleitung

Mit Zangenstromwandlern lassen sich die Messmöglichkeiten von Multimetern, Leistungsmessern, Oszilloskopen, Messwertschreibern, Erfassungszentralen usw... sinnvoll steigern. Bei einem Zangenstromwandler wird der vom zu messenden Strom durchflossene Leiter einfach mit den Zangenbacken umschlossen, d.h. der Stromkreis wird nicht unterbrochen oder sonstwie beeinflusst. Der Zangenstromwandler gibt dann ein dem zu messenden Strom direkt proportionales Strom- oder Spannungssignal ab. Dieses ungefährliche Schwachstromsignal lässt sich nun auf einem «normalen» Messgerät für geringe Eingangsgrößen unter Berücksichtigung des Wanderverhältnisses anzeigen.

Da der gemessene Stromkreis vom Sekundärkreis des Zangenstromwandlers elektrisch völlig isoliert ist, können die Eingänge des Messgeräts sowohl schwimmend, als auch auf Erde bezogen sein.

Während dieser berührungslosen Strommessung läuft der zu messende Stromkreis für das Gerät, die Maschine oder die komplette elektrische Anlage völlig normal weiter, d.h. die Messung bewirkt keine Zeitverluste und zeigt die tatsächlichen Werte im Betrieb.

Mit den meisten Chauvin Arnoux Zangenstromwandlern sind innerhalb des spezifizierten Frequenzbereiches und bei Anschluss an ein entsprechendes Multimeter Messungen in Echteffektivwerten (TRUE RMS) möglich. In den meisten Fällen sind die Effektivwertmessungen dabei nicht durch die Messzange, sondern durch die Fähigkeiten des Multimeters begrenzt. Die besten Ergebnisse bei stark verzerrten Signalformen erzielt man mit Zangenstromwandlern hoher Genauigkeit, breitem Frequenzbereich und geringer Phasenverschiebung. Chauvin Arnoux bietet weltweit die größte Auswahl an Zangenstromwandlern, sowohl für Wechsel- als auch für Gleichströme.

Die Messtechnik und/oder das einzigartige Design mehrerer Chauvin Arnoux Messzangenmodelle sind durch Patente geschützt.

Messprinzipien

■ Messen von Wechselströmen

- Mit Zangenstromwandlern -

Für das Messen von Wechselströmen verwendet man das Prinzip des Stromwandlers oder des Transformators. Ein Stromwandler besteht aus zwei getrennten Wicklungen, der Primärwicklung B_1 mit N_1 Windungen und der Sekundärwicklung B_2 mit N_2 Windungen auf einem gemeinsamen Eisenkern (Abb. 1).

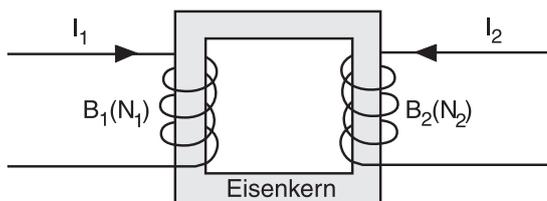


Abb. 1

Fließt durch die Wicklung B_1 ein Strom I_1 , erzeugt dessen zeitliche Veränderung in der Wicklung B_2 einen Strom I_2 , dessen Eigenschaften unter anderem vom Windungsverhältnis N_1 zu N_2 und der magnetischen Leitfähigkeit des Eisenkerns abhängen.

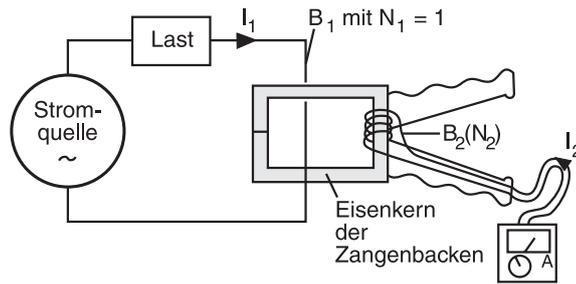


Abb. 2

Mathematisch wird dieses Stromwandlerprinzip wie folgt ausgedrückt: $I_1 N_1 = I_2 N_2$.

In der Praxis besteht die Primärwicklung B_1 nur aus einer Windung des Kabels, durch das der zu messende Strom fließt, d.h. $N_1 = 1$ (siehe Abb. 2). Die mathematische Formel vereinfacht sich daher wie folgt:

$$I_1 = I_2 N_2 \text{ oder } I_1 = 1/N_2 \times I_2$$

Hinweis: Das Übersetzungsverhältnis wird ausgedrückt als das Verhältnis zwischen dem zu messenden Strom und dem Signal am Ausgang des Zangenstromwandlers. Hat die Zange z.B. 1000 Windungen, d.h. $N_2 = 1000$, dann gilt nach der Formel $I_1/I_2 = N_2/1$ oder 1000/1. Der Zangenstromwandler hat also ein Übersetzungsverhältnis von 1000:1.

- Mit flexiblen Stromwandlern -

Der flexible Stromwandler AmpFLEX beruht auf dem Prinzip der Rogowski-Spule. Der Leiter, durch den der zu messende Strom fließt, bildet die Primärwicklung, während die Sekundärwicklung aus einer flexiblen, auftrennbaren Schleife besteht, die um den Leiter gelegt wird. Die Messschleife ist über ein geschirmtes Kabel mit einem Gehäuse verbunden, in dem sich die Auswerteelektronik und die Batterie befinden. In der AmpFLEX-Strommessschleife wird eine Spannung erzeugt, die proportional zur Ableitung des Stroms ist:

$$u = \frac{\mu_0 S n}{2\pi r} \times \frac{di}{dt}$$

wobei: S = Fläche der Wicklung
 n = Anzahl Windungen
 r = Radius des Torus

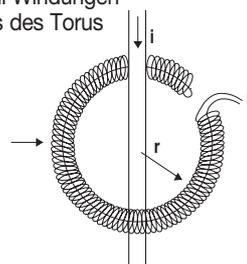


Abb. 3

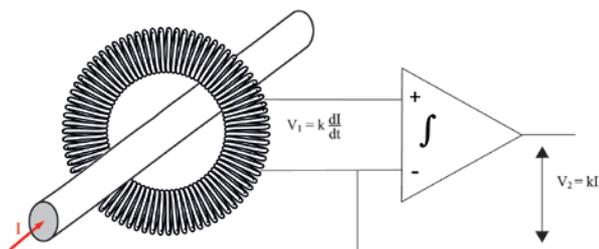


Abb. 4

Die flexiblen Stromwandler AmpFLEX und MiniFLEX sind in verschiedenen Längen erhältlich und ermöglichen Wechselstrommessungen im Bereich von 0,5 A bis 10 kA bei industriellen Frequenzen.

■ Messen von Gleichströmen

Für die „berührungslose“ Messung von Gleichströmen benutzt man den sog. Hall-Effekt. Ein in einem Leiter fließender Strom erzeugt bekanntlich ein Magnetfeld \vec{B} . Durchsetzt dieses Magnetfeld \vec{B} senkrecht eine sog. Hall-Sonde, so entsteht an deren Seitenflächen eine zum Magnetfeld proportionale Hall-Spannung (siehe Abb. 5)

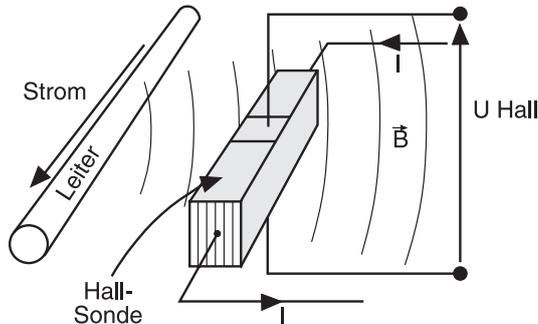


Abb. 5

Abb. 6 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Messzange mit Hall-Sonde. Je nach Bauart der Messzange können dabei eine oder zwei Hall-Sonden benutzt werden.

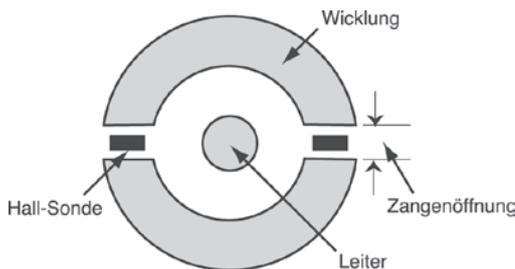


Abb. 6

■ Messen von schwachen Strömen, Leckströmen und Prozessschleifen

Unter den Chauvin Arnoux Zangenstromwandlern finden Sie einige Modelle mit denen schwache Ströme gemessen werden können, z.B. die Modelle K1 und K2. Sie zeichnen sich durch eine sehr hohe Stromempfindlichkeit aus und sind besonders für die Messung von 4-20 mA Stromschleifen in der Prozess- und Regeltechnik ausgelegt.

Wenn der zu messende Strom für die Messzangen zu schwach ist oder wenn eine höhere Messgenauigkeit gewünscht wird, kann man den Leiter auch mehrmals durch die Zangen führen (siehe Abb. 7 unten). In diesem Fall ist der abgelesene Stromwert einfach durch die Anzahl Windungen zu teilen.

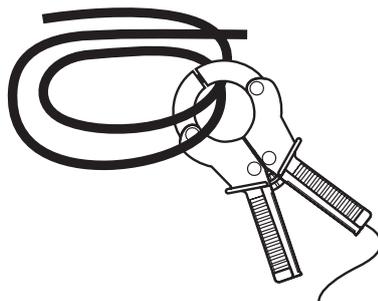


Abb. 7

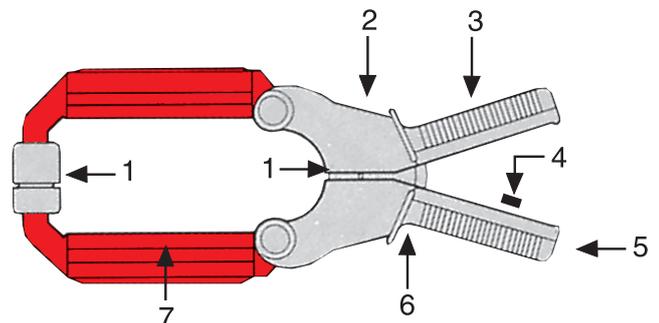
Von der Theorie zur Praxis

Als Erfinder des Zangenstromwandlers beherrscht Chauvin Arnoux seit langem die oben beschriebenen Verfahren zur berührungslosen Strommessung.

Da sich Chauvin Arnoux stets an den Bedürfnissen seiner Kunden orientiert, können wir eine vollständige Palette von Zangenstromwandlern anbieten, die für alle erdenklichen Anwendungsfälle konzipiert sind: mehr als 30 Standardmodelle für Multimeter, Messwertschreiber, Oszilloskope usw. stehen zur Auswahl (siehe S. 46, 47). Außerdem entwickeln wir Sondermodelle für spezielle Kundenwünsche.

■ Strom messen mit Zangenstromwandlern, das heißt sich für Sicherheit zu entscheiden

- 1 - Kabelklemmschutz
- 2 - Pfeil zur Ausrichtung der Zange für fehlerfreie Leistungsmessungen: Stromquelle zu Stromverbraucher
- 3 - Typenschild mit Angabe der Sicherheitsnormen für den Benutzer
- 4 - Bereichsumschalter (je nach Modell)
- 5 - Anschluss mit Ø 4 mm-Buchsen, mit Kabeln und Ø 4 mm-Steckern oder mit BNC-Steckern, je nach Modell
- 6 - Schutzring
- 7 - Die rote Farbe kennzeichnet aktive Bauteile
...und weitere Innovationen: automatischer Nullabgleich für DC-Messungen, Zangenbacken mit progressiver Öffnung usw...



Isolationsmessung

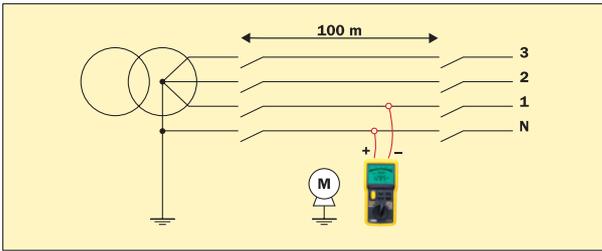
Elektrische Geräte oder Anlagen besitzen eine Vielzahl unterschiedlicher Stromkreise, die über verschiedene Leiter laufen. Um die Funktion aber auch die Sicherheit zu gewährleisten, müssen die Stromkreise und damit die Leiter gegeneinander isoliert sein. Der Isolationswiderstand muss mit Messgeräten, die der Norm DIN EN 61557-2 bzw. DIN VDE 0413-2 entsprechen, in regelmäßigen Abständen überprüft werden.

Isolationsmessung an elektrischen Anlagen

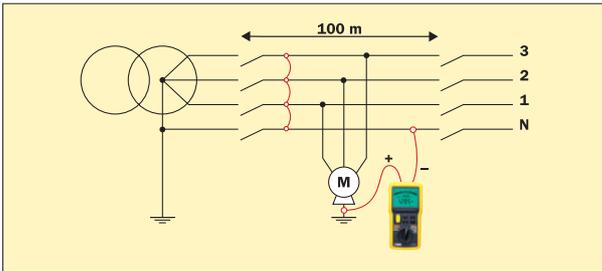
Die Anforderungen an die Isolierung von elektrischen Anlagen werden in der Norm DIN VDE 0100 geregelt.

Der Isolationswiderstand ist wie folgt zu messen:

- zwischen jedem aktiven Leiter und Erde



- in Leitungsabständen von jeweils 100 m bei normal angeschlossenen Verbrauchern
- zwischen allen aktiven Leitern gemeinsam und Erde



- die geforderte Prüfspannung (250, 500 oder 1000 V_{DC}) wird zwischen den aktiven Leitern und Erde angelegt

Nennspannung des Stromkreises	DC-Prüfspannung	Mindestwert des Isolationswiderstandes
Sicherheitskleinspannung SELV, PELV	250 V	≥ 0,5 MΩ
≤ 500 V (außer Kleinspannung)	500 V	≥ 1,0 MΩ
> 500 V	1000 V	≥ 1,0 MΩ

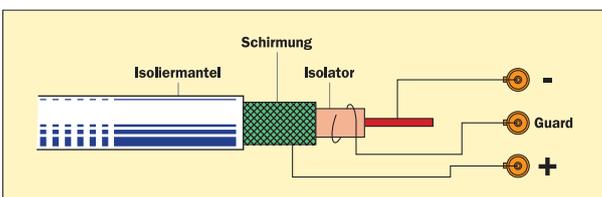
Hinweis: je nach Anwendung können auch andere Prüfspannungen vorgeschrieben sein: 50 V, 100 V für Telefonanlagen und Kleinspannungen, 2500 V / 5000 V für Mittelspannungsanlagen (Eisenbahn, Industrie, EVU usw...)

Isolationsmessung an elektrischen Betriebsmitteln

Die Isolationsprüfung ist ein wichtiger Bestandteil der Prüfung von Elektrogeräten, Maschinen, Schaltschränken usw. Der geforderte Mindestwert für den Isolationswiderstand kann sich hier von Norm zu Norm ändern. Die am häufigsten benutzte Prüfspannung beträgt 500 V_{DC} und gilt z.B. für Maschinen (laut EN 60204) und elektrische Geräte (laut DIN VDE 0701-0702). Bei Mittelspannungsmotoren (≥ 1000 V) beträgt die Prüfspannung meistens 2500 oder 5000 V_{DC}.

Nützliche Hilfsmittel zur Isolationsmessung

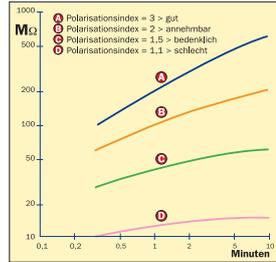
Nutzen der GUARD-Schaltung



Für genauere Infos zur Isolationsmessung klicken Sie zu unserem [Leitfaden für Isolationsmessungen!](#)

Für die Messung hoher Isolationswiderstände (> 1 GΩ) wird empfohlen, ein Messgerät mit Guard-Buchse zu benutzen, um Leckstrom- oder Kapazitäts-Effekte auszuschließen. Die Guard-Leitung ist an eine Oberfläche anzuschließen, von der staub- oder feuchtigkeitsbedingte Oberflächen-Kriechströme ausgehen können. Diese Oberfläche kann z.B. der Isoliermantel eines Kabels oder die isolierende Oberfläche eines Transformators zwischen den beiden Messpunkten sein.

Was ist DAR (dielektrisches Absorptionsverhältnis) und PI (Polarisationsindex)?



Neben dem rein numerischen Wert des Isolationswiderstands ist es auch besonders interessant, diese Parameter für die «Güte» einer Isolation zu kennen, da sie wichtige zusätzliche Aussagen ermöglichen. Zu diesen „qualitativen“ Parametern einer Isolation gehören:

- Die Temperatur und die Feuchtigkeit. Durch sie verändert sich der Wert des Isolationswiderstands nach einem quasi exponentiellen Verhältnis.

- Störströme (Ladestrom der Kapazität des Prüfobjektes, Strom der dielektrischen Absorption), die sich bei Anlegen der Prüfspannung ergeben. Diese Ströme verringern sich zwar mit der Zeit, sie stören jedoch die Widerstandsmessung während einer bestimmten Anlaufzeit und geben je nach Dauer Aufschluss über den qualitativen Zustand einer Isolation. Diese Indizes bzw. Verhältnisse ergänzen somit die rein quantitative Angabe des Isolationswiderstands und ermöglichen eine zuverlässige Aussage über den guten oder schlechten Zustand einer Isolierung.

Betrachtet man darüber hinaus die zeitliche Veränderung dieser Werte, kann man eine vorbeugende Wartung einrichten, die etwa die unvermeidliche Alterung der Isolation, besonders bei großen Parks von Motoren und Antrieben, frühzeitig erkennt und damit beseitigen kann.

Die Werte für DAR und PI werden wie folgt berechnet:

$$PI = R_{10 \text{ min}} / R_{1 \text{ min}} \text{ (2 Widerstandswerte nach 1 bzw. nach 10 min.)}$$

$$DAR = R_{1 \text{ min}} / R_{30 \text{ sec}} \text{ (2 Widerstandswerte nach 30 s bzw. 1 min.)}$$

Interpretation der Ergebnisse :

DAR	PI	Isolationszustand
< 1,25	< 1 < 2	Ungenügend oder sogar gefährlich
< 1,6	< 4	In Ordnung
> 1,6	> 4	Hervorragend

Was versteht man unter dem DD (Index für dielektrische Entladung)?

Falls bei einer mehrlagigen Isolation nur eine der Isolationsschichten defekt ist, während die anderen noch hochohmig sind, lässt sich dieser Fehler weder durch quantitative Messung des Widerstands, noch durch Berechnung des PI oder der DAR erkennen.

Dann sollte man die dielektrische Entladung messen, um daraus den DD berechnen zu können. Bei diesem Verfahren misst man die dielektrische Absorption einer heterogenen oder mehrlagigen Isolation ohne die Leckströme in den parallelen Oberflächen zu berücksichtigen.

Dazu legt man an das Prüfobjekt lange genug eine Prüfspannung mit der die zu prüfende Isolation elektrisch „aufgeladen“ wird. Üblicherweise legt man dazu eine Prüfspannung von 500 V während 30 Minuten an. Danach wird das Prüfobjekt schnell entladen und man misst dabei die Kapazität. Nach einer weiteren Minute wird der durch die Isolation fließende Reststrom gemessen.

Der Index DD lässt sich dann nach der folgenden Formel berechnen:

$$DD = \frac{\text{gemessener Strom nach 1 Minute (mA)}}{\text{Prüfspannung (V) x gemessene Kapazität (F)}}$$

Interpretation der Ergebnisse :

DD-Wert	Isolationsqualität
DD > 7	Sehr schlecht
7 > DD > 4	Schlecht
4 > DD > 2	Zweifelhaft
DD < 2	Gute Isolation

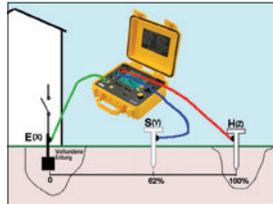
Hinweis: Die DD-Prüfung ist besonders geeignet für die Isolationsbeurteilung von Motoren und Antrieben, sowie für alle Arten von Maschinen und Anlagen mit heterogenen oder mehrlagigen Isolationswerkstoffen mit organischem Material.

Erdungsmessung

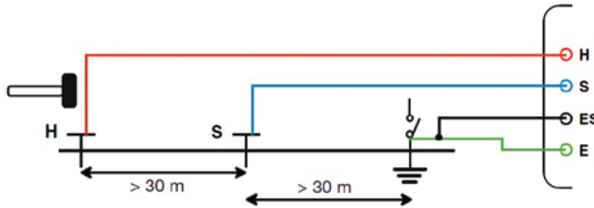
Aus Sicherheitsgründen schreiben nationale und internationale Normen wie z.B. DIN VDE 0100 eine Schutzerdung vor. Der Anschluss und der Einbau der Schutzerde hängen vom Gelände und vom jeweiligen spezifischen Erdwiderstand ab. Chauvin Arnoux verfügt über ein komplettes Angebot an professionellen Erdungsprüfern, die auch die Besonderheiten des Geländes berücksichtigen.

Dreipolige Erdungsmessung (Messung nach dem 62%-Verfahren)

Bei diesem Verfahren wird ein Hilfserder und eine Sonde benötigt. Mit dem Hilfserder (H) wird der Messstrom in die Erde eingespeist, an der Sonde (S) wird die 0V-Bezugsgröße abgegriffen. Die korrekte Anbringung des Hilfserders (H) und der Sonde (S) in Bezug zur Haupterdung (E) spielt dabei eine wesentliche Rolle. Die Sonde (S) muss auf einer geraden Linie zwischen (E) und (H) in einem Abstand zu (E) von 62% der Gesamtstrecke E, H eingesteckt werden.



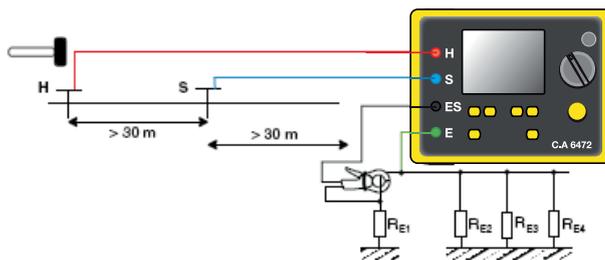
Vierpolige Erdungsmessung



Die vierpolige Erdungsmessung empfiehlt sich besonders für die Messung sehr kleiner Erdungswiderstände. Mit diesem Messverfahren erzielt man eine bedeutend bessere Genauigkeit als mit der dreipoligen Erdungsmessung, außerdem ist kein Messleitungswiderstand zu berücksichtigen.

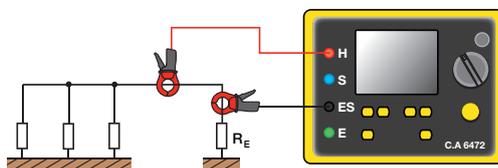
Selektive Erdungsmessung mit Zange

Liegen mehrere parallele Erdungskreise vor, kann bei Verwendung der Erdungsmesser C.A 6471 und C.A 6472 mit Hilfe eines Zangenstromwandlers jeder Kreis einzeln gemessen werden. Das garantiert erhebliche Zeitgewinne, denn so kann der Anwender die über jede einzelne Erdung abfließenden Ströme selektiv messen, ohne Beeinflussung durch die parallelen Erdungskreise.



Messung von Erdschleifen mit 2 Zangen

Bei Vorliegen von mehreren parallelen Erdungskreisen kann der Anwender jede Schleife ohne Unterbrechung individuell messen, indem er zwei Zangenstromwandler an den Erdungsmesser (wie zum Beispiel C.A 6471 oder C.A 6472) anschließt. Über die eine Zange, die den Haupt-Erdleiter umschließt, wird ein Signal eingespeist und mit der anderen Zange kann man nun an jeder einzelnen Schleife den jeweiligen Erdungswiderstand messen. Dieses Verfahren ermöglicht erhebliche Zeitgewinne, da keine Erdspieße zu setzen sind und keine Erdleiter aufgetrennt werden müssen.



Messung des spezifischen Erdwiderstands

Bei Einrichtung einer Erdung kann die Messung des spezifischen Erdwiderstands von großem Interesse sein, um den besten Punkt für die Erdung zu ermitteln.

Je nach Situation und Messgerät lässt sich der spezifische Erdwiderstand vor Ort nach dem Wenner oder Schlumberger-Verfahren berechnen.

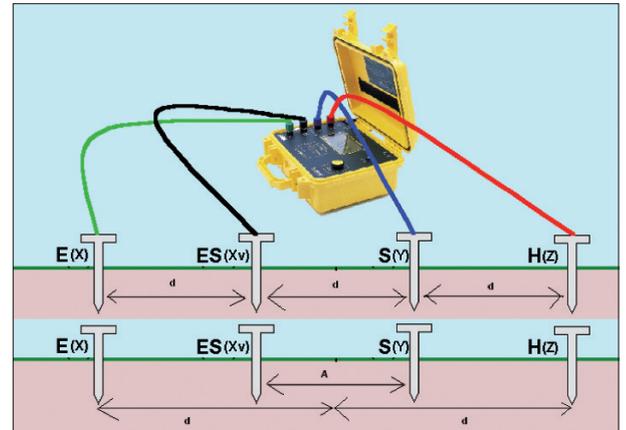
Wenner-Verfahren:

Die Abstände d zwischen den 4 Erdspießen sind identisch:
 $\rho W = 2 \cdot \pi \cdot d \cdot R_{S-SE}$

Schlumberger-Verfahren:

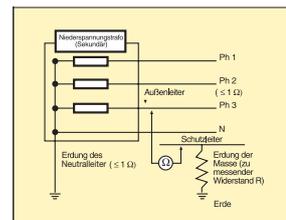
Der Abstand zwischen den beiden mittleren Erdspießen S und ES ist A , während der Abstand zwischen den beiden äußeren Erdspießen $2d$ beträgt:

$$\rho S = (\pi \cdot (d^2 - A^2/4) \cdot R_{S-SE})/4$$



Schleifenwiderstandsmessung

In Städten ist die Messung mit den zwei Erdspießen oftmals aus Platzgründen oder zubetonierten Flächen nicht möglich. In diesem Fall, ist eine ausreichende Sicherheit auch dann gegeben, wenn der Erdschleifenwiderstand genügend klein ist, da die Anschlusswiderstände der Masseschleife meistens den größten Teil des Erdungswiderstands ausmachen. Der Vorteil dieses Verfahrens ist seine einfache Durchführung: ein Schleifenwiderstandsmesser wird einfach in eine Steckdose mit Schutzkontakt gesteckt, Prüftaste drücken, Messergebnis ablesen, fertig. Dieses Messverfahren

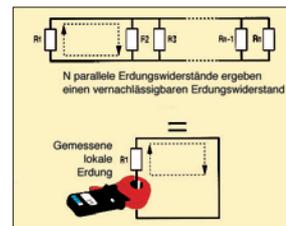


funktioniert natürlich nur, wenn die Erdung der Anlage genau bekannt ist: der Neutralleiter muss mit Erde verbunden sein. Die dabei eventuell auftretenden Messfehler addieren sich zum Ergebnis und beeinträchtigen die Aussage über die Sicherheit der Anlage nicht.

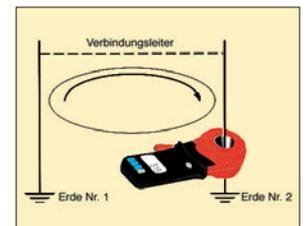
Prinzip der Schleifenwiderstandsmessung / Neutralleiter liegt auf Erde

Erdungsprüfzange

Bei untereinander verbundenen Erdleitern lässt sich die Sicherheit und die Schnelligkeit der Messung mit einer Erdungsprüfzange optimieren. Die Anlage muss nicht von der Erdung abgeklemmt werden und es brauchen keine Erdspieße verwendet werden. Durch einfaches Umschließen des Erdleiters kann die Güte der Erdung geprüft und der Wert des nach Erde abfließenden Stroms gemessen werden.



Prinzipschema eines ausgedehnten Erdungsnetzes. In der Praxis besteht eine Erdung meist aus mehreren Basis-Schleifen, die ein ausgedehntes Erdungsnetz bilden.



Prinzip der Basis-Schleife: sie besteht aus zwei lokalen Erdungen, die mit einem Leiter verbunden werden.

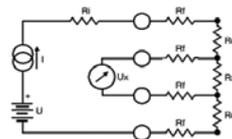
MESSUNG KLEINER WIDERSTÄNDE

Die Messung kleiner Widerstände wird besonders bei vorbeugenden Wartungsmaßnahmen benutzt, um den Durchgang von Masseverbindungen, den Oberflächenzustand von metallbeschichteten Flächen, die Kontakte von Schaltern und Relais, oder den Widerstand von Kabeln und Wicklungen zu prüfen. Auch die Erwärmung von Motoren und Transformatoren und die Qualität mechanischer Verbindungen lassen sich durch Widerstandsmessungen abschätzen. Diese Messungen kommen in den unterschiedlichsten Einsatzfeldern, wie z.B. im Automobilbau, in der Telekommunikation, im Verkehrswesen oder bei der Herstellung von Transformatoren vor, ebenso wie in Wartungs- und Reparaturdiensten verschiedener Bereiche.

Messprinzip

Das Grundprinzip für die Messung elektrischer Widerstände ist das bekannte ohm'sche Gesetz $U = R \times I$.

Für die Messung sehr kleiner Widerstände schickt man einen Prüfstrom durch den zu messenden Gegenstand und misst die Spannung an den Klemmen. Die Anschlüsse erfolgen nach dem 4-Leiter-Prinzip, auch Thomson-Brücke genannt, bei dem die Widerstände der Messleitungen weitgehend entfallen.



Das Schaltbild verdeutlicht das 4-Leiter-Prinzip. Dabei ist:

- Ri** = Innenwiderstand des Geräts
- Rf** = Widerstand der Messleitungen
- Rc** = Kontaktwiderstand
- Rx** = zu messender Widerstand

Aus einer Gleichspannungsquelle U wird ein Strom I in die Schaltung eingespeist.

Mit einem Voltmeter misst man nun die Spannung U_x , die an den Klemmen von R_x abfällt und berechnet $R_x = U_x / I$. Das Ergebnis für R_x ist damit unabhängig von den anderen in der Schaltung vorhandenen Widerständen R_i , R_f und R_c (soweit der von diesen zusammen mit R_x verursachte Spannungsabfall kleiner ist als die von der Spannungsquelle gelieferte Spannung).

In der Praxis verwendet man für den Spannungsabgriff doppelte Prüfspitzen oder sog. Kelvin-Klemmen, um einen möglichst guten Kontakt zum Prüfobjekt herzustellen. Bei Messungen an Nieten ist es wichtig, dass die beiden Kontakte der doppelten Prüfspitze sich unterschiedlich weit zurückziehen lassen.

Die verwendeten Microohmmeter sollten eine Auflösung von $1 \mu\Omega$ oder $0,1 \mu\Omega$ haben, einen großen Messbereich und eine Kompensation des Thermoemolent-Effekts durch Umpolung des Prüfstroms. Für die Sicherheit des Benutzers sollte das Gerät gegen versehentliche Überspannungen geschützt sein, keine Messungen beim Vorliegen von Fremdspannungen zulassen und nach einer Messung an kapazitiven Schaltungen den Messkreis automatisch entladen.

Da der Widerstand von Metallen stark von der Temperatur abhängt, ist es sinnvoll, das Messergebnis stets auf dieselbe Bezugstemperatur umzurechnen. Die Top-Geräte nehmen diese Umrechnung automatisch vor, in Abhängigkeit von der Art des Metalls und seines Temperaturkoeffizienten (in der Größenordnung von $0,4\%$ pro $^\circ\text{C}$ für Kupfer oder Aluminium), sowie von Umgebungstemperatur und vereinbarter Bezugstemperatur (meistens 20°C).

MESSUNG DES WANDLERVERHÄLTNISSSES UND DES ERREGUNGSSTROMS VON TRANSFORMATOREN

Die strikte Einhaltung des Wandlerverhältnisses zwischen Primär- und Sekundärwicklung von Spannungs-, Leistungs- oder Stromtransformatoren ist sehr wichtig, da Veränderungen mit der Zeit auf Probleme hinweisen können, wie z.B. innere Beschädigungen, Beeinträchtigungen der Wicklungsisolierung durch mechanische Einwirkung oder Verschmutzung, Kurzschluss zwischen Windungen usw... Die genaue Messung des Erregungsstroms gibt Hinweise auf Probleme im Magnetkern des Transformators, wie Art und Stärke des Werkstoffs, mechanische Spannungen, Luftspalt-Änderungen usw...

Die Kontrolle der Wicklungspolung, das Vorliegen offener Kreise oder von Kurzschlüssen dient dazu, Verkabelungsfehler nach Wartungsarbeiten zu entdecken.

Messungen des Wandlerverhältnisses gemäß der IEEE-Norm C57.12-90TM-2006 sorgen für konforme und wiederholgenaue Messungen. Da die Messungen oft in verräucherten Umgebungen stattfinden, ist es wichtig, dass der Gerätebediener mehrere Filter zur Verfügung hat, um Rauscheinflüsse unterdrücken zu können.

Die Sicherheit des Bedieners ist durch das Messverfahren mit Primärerregung gewährleistet, so dass an den Klemmen des Sekundärkreises am zu prüfenden Transformator keine gefährlichen Spannungen auftreten können. Die Speicherung der Transformatordaten im Messgerät und die Anzeige des Messergebnisses mit dessen prozentualer Abweichung zum Nennwert erleichtert stark die Interpretation der Messergebnisse.

Die lange Betriebszeit mit Batterie und die Speicherung der Messergebnisse ermöglicht den digitalen Windungsverhältnis-Prüfer eine hohe Effizienz bei der Messung und der Auswertung der Ergebnisse.

PRÜFUNG DER DREHFELDRICHTUNG UND DER MOTOR-DREHRICHTUNG

Die Zusammenschaltung mehrerer Abschnitte eines elektrischen Netzes oder von Gebäuden an einem Standort erfordert bei Drehstromnetzen die genaue Übereinstimmung der Drehfeldrichtung. Dies ist auch bei elektrischen Antrieben von großer Bedeutung, denn die Phasenfolge der Außenleiter bestimmt die Drehfeldrichtung und damit die Drehrichtung der Motoren.

Phasenfolge und Drehfeldrichtung

Die Drehfeldrichtung lässt sich durch Anschluss der drei Außenleiter des Drehstromnetzes an die entsprechend bezeichneten Anschlüsse des Drehfeldrichtungsanzeigers ermitteln. Das Prüfgerät zeigt nun die Phasenfolge an: im Uhrzeigersinn (Rechtsdrehfeld) oder entgegen dem Uhrzeigersinn (Linksdrehfeld). Das Prüfgerät versorgt sich selbst mit Strom aus den Messanschlüssen.

Um die verschiedenen Anwendungen abzudecken, sollten Drehfeldrichtungsanzeiger mit Frequenzen von 15 Hz bis 400 Hz arbeiten können.

Kontaktlose Drehfeldprüfung

Bei manchen Drehfeldrichtungsprüfern ist eine berührungslose Drehfeldprüfung durch einfaches Auflegen des Prüfgerätes auf das Motorgehäuse möglich. Dazu muss das Prüfgerät parallel zum Rotor in der angegebenen Richtung positioniert werden. Dieses Messverfahren ist nicht anwendbar bei Motoren, die über einen Frequenzumrichter angesteuert werden.

Prüfung des Drehstromanschlusses eines Motors

Wenn man den Drehstromanschluss eines Motors entfernt und die Klemmen an den Drehfeldrichtungsprüfers anschließt, kann man die Drehfeldrichtung prüfen, indem man den Motor von Hand um eine halbe Drehung nach rechts dreht.

Kontaktlose Prüfung der Ansteuerung von Magnetventilen

Mit kontaktlosen Drehfeldprüfern kann man auch die Ansteuerung von Magnetventilen prüfen, indem man das Prüfgerät nahe an das Ventil hält. Die Anzeige im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn zeigt dann die Richtung des Magnetfeldes an (Ventil geschlossen oder offen).

MESSUNG DER BATTERIEKAPAZITÄT

Untersuchungen von Batterieherstellern haben ergeben, dass die innere Impedanz einer Batterie mit ihrem Alter und der Anzahl an Entladungen zunimmt. Die Messung der inneren Impedanz liefert also Hinweise auf den Zustand der Batterie-Elemente und die Notwendigkeit, sie zu ersetzen.

Mehr als der Absolutwert der inneren Impedanz zählt ihre Veränderung mit der Zeit. Eine Zunahme der Impedanz um 25% entspricht einer Abnahme der Leistungsfähigkeit um ca. 80%. Diese Werte können natürlich je nach Bauart und Typ der Batterie schwanken. Die Prüfung sollte sich also auf die erste Messung beziehen, die beim Einbau der Batterie vorgenommen und gespeichert wurde.

Ein Gerät zur Prüfung von Batterien sollte gleichzeitig die mit einem Wechselstrom von 1 kHz und mit der 4-Leiter-Methode gemessene Innen-Impedanz und die gemessene Leerlaufspannung anzeigen. Da die gemessene Innen-Impedanz sehr kleine Werte annehmen kann, muss der Widerstand der Messleitungen durch Kurzschließen der Leitungen kompensiert werden können.

Dank der Vergleichsfunktion werden die Messergebnisse mit den im Gerät gespeicherten Sollwerten verglichen und das Messgerät warnt vor Beschädigungen der Batterie. Je nach Ergebnis des Vergleichs leuchtet dann eine Kontroll-LED «PASS», «WARNING» oder «FAIL» auf, um den Zustand der Batterie anzuzeigen.

Eine sorgfältige Auswertung der Messergebnisse ist wesentlich, um das Verhalten einer Anlage und die zu ergreifenden Maßnahmen genau zu ermitteln.

Mit den vorgenommenen Messungen lassen sich die Wirksamkeit der eingesetzten Lösungen überprüfen und die Dauerhaftigkeit der im Rahmen einer Optimierung der Energieeffizienz erzielten Einsparungen feststellen. Messungen sind die Voraussetzung zur Steigerung der Energieeffizienz Ihrer Anlagen, zur Überwachung Ihrer elektrischen Netze und zur gerechten Aufteilung der Kosten.

Messung der aufgenommenen Leistung

Die Messung der aufgenommenen Leistung ist das Schlüsselement für die Festlegung, den Erfolg und die Beständigkeit von Maßnahmen zur Energieoptimierung. Durch die Verringerung des Stromverbrauchs lassen sich auch auf einfache und schmerzlose Weise Kosten einsparen. Elektrizität ist zwar eine saubere und wenig umweltschädliche Energieform, hat aber dennoch Auswirkungen auf die Umwelt.

Parameter	Value 1	Value 2	Value 3
W	+34.83k	+34.77k	+34.60k
Wdc	+0	+0	+0
VAR	±19.71k	±20.26k	±20.01k
VAD	1.23k	1.12k	0.55k
VA	40.04k	40.26k	39.98k

Die unterschiedlichen Parameter einer Anlage werden regelmäßig gemessen. Die verschiedenen Leistungsaufnahmen, die die Dimensionierung des Netzes bestimmen, und die Phasenverschiebungen ergänzen die Messwerte von Spannung, Strom und Frequenz.

In Privathaushalten wird die Blindleistung weder gemessen noch extra berechnet, aber sie ist im Preis der Wirkleistung inbegriffen. Bei industriellen Verbrauchern ist die Lage anders: Stromversorgungsunternehmen verlangen höhere Preise von Verbrauchern, deren Verschiebungsfaktor ($\cos \varphi$ oder DPF) einen bestimmten Wert unterschreitet.

Mit diesen Messungen kann der für die Elektroinstallation Zuständige beispielsweise die Kondensatoren für die Blindleistungskompensation richtig dimensionieren.

Störungssuche



Durch den ständig zunehmenden Einsatz von Schaltnetzteilen werden die elektrischen Netze zunehmend «verschmutzt». Die Liberalisierung des Strommarktes hat außerdem dazu geführt, dass die Wahrscheinlichkeit von Netzausfällen («black-out») zunimmt.

Die Anforderungen an die Qualität der Stromversorgung sind ständig gestiegen. Praktisch alle in der Industrie und in Haushalten heute verwendeten elektrischen Geräte enthalten digitale Elektronik, die besonders

anfällig für kurze Stromausfälle, Spannungsspitzen oder -einbrüche, Oberschwingungen und sonstige Störungen sind.

Die Komplexität industrieller Ausrüstungen lässt sie empfindlich auf Störungen der Versorgungsspannung reagieren. Besonders neue Systeme mit hohen Schaltfrequenzen erzeugen vielfach Stromoberschwingungen niedriger Ordnung (3, 5, 7, 9, 11, ...).

Analysatoren der Spannungsqualität und Störungs-Recorder sind daher für die Industrie und Elektrik-Profis – von den Erzeugern über die Verteiler bis zu den Verbrauchern – unverzichtbare Hilfsmittel für die Überwachung und die zeitsparende Wartung von Anlagen.

Sie müssen direkte Messungen vornehmen, eine Vielzahl von Parametrierungen für die Aufzeichnung von Störungen zulassen und die nachträgliche Auswertung der Messergebnisse ermöglichen.

Gewisse Störungen treten immer wieder auf. Im Allgemeinen sind die drei folgenden Störereignisse am häufigsten:

1. Langsame und schnelle Spannungsänderungen

Die Amplitude der Wechselspannung ist ein ausschlaggebendes Kriterium für die Qualität einer Stromversorgung. Der Spannungspegel kann unerwünschte Schwankungen aufweisen und bis in die Nähe von Null zusammenbrechen.

Die Gründe dafür liegen hauptsächlich in der eigenen Elektroinstallation. Werden zu große Lasten angeschlossen, sinkt die Spannung und kann bei Erreichen einer zu gering dimensionierten Kurzschlussleistung des Hauptanschlusses völlig ausfallen.

Bei der Spannung werden mehrere Störungen unterschieden: Überspannungen, Spannungseinbrüche, Spannungsunterbrechungen,... Die zulässige Schwankungsbandbreite der an die Kunden gelieferten Spannung wird vom Stromversorgungsunternehmen festgesetzt.

2. Schnelle Spannungsschwankungen oder Flicker

Das Einschalten von stark schwankenden Lasten, wie etwa Lichtbogenöfen, Laserdrucker, Mikrowellengeräten oder Klimaanlage führt zu schnellen Schwankungen der elektrischen Spannung. Diese Schwankungen bezeichnet man auch als Flicker, dessen Wert mit sog. Flicker-Messgeräten ermittelt wird. Mit ihnen werden die gemessenen schnellen Spannungsschwankungen statistisch ausgewertet.

Eine Erfassung der Schwankungen über 10 Minuten wurde als guter Kompromiss für die Bewertung der Kurzzeit-Flickerstärke «Pst» angenommen.

Wenn mehrere störende Lasten in zufälliger Art und Weise zusammenwirken (z.B. Schweißgeräte oder elektrische Antriebe) oder wenn die den Flicker verursachenden Lasten länger eingeschaltet bleiben oder unvorhersehbar zu- oder abgeschaltet werden (z.B. Lichtbogenöfen), müssen diese Störungen über einen längeren Zeitraum erfasst werden. Die Erfassungsdauer wurde in diesem Fall auf 2 Stunden heraufgesetzt. Diese Zeit gilt als passend für die Funktionszyklen der Flicker-erzeugenden Last, sowie für die Beurteilung der Störung durch die langzeit Flickerstärke «Plt».

3. Oberschwingungen und Zwischenharmonische

Die von den Verbrauchern aus dem elektrischen Netz aufgenommene Wechselspannung weist oftmals keinen rein sinusförmigen Verlauf auf. Diese Verzerrung der Wellenform hängt stark von der Quellimpedanz der Stromversorgung ab. Diese als Oberschwingungen (oder Harmonische) bekannten Störungen werden durch nichtlineare Lasten im Netz verursacht, wie etwa Maschinen mit Leistungselektronik, Schaltnetzteile oder Frequenzumrichter.

Für gewisse störungsempfindliche Elektronik-Geräte sind diese Oberschwingungen sehr störend. Sie können zu Funktionsstörungen (Synchronisationsfehler, unerwünschte Umschaltungen,...), versehentlichen Abschaltungen oder Messfehlern bei Energiezählern führen.

Die durch Oberschwingungen hervorgerufenen zusätzlichen Erwärmungen können mittelfristig die Lebensdauer von Motoren, Kondensatoren, Leistungstransformatoren und Neutralleitern beeinträchtigen. Aktuelle Messgeräte für die Spannungsqualität müssen die Oberschwingungen der verschiedenen Ordnungen jeweils einzeln erfassen, um zwischen gerad- und ungeradzahligem Oberschwingungen unterscheiden zu können und daraus die gesamte harmonische Verzerrung THD zu berechnen. Nur so ist eine genaue Analyse der Störungsursachen in einem Netz möglich.

OBERSCHWINGUNGEN

Grundbegriffe

Die „Verunreinigung“ der Stromnetze wird heutzutage in der Industrie, im Dienstleistungsbereich, und sogar im Haushalt zu einem immer größeren Problem. Statt der normalen Sinusschwingungen von früher erhalten wir über die Netze immer stärker verzerrte Signale die mit herkömmlichen Messgeräten gar nicht mehr zu messen sind.

Zusätzlich zum echten Effektivwert eines Signals müssen Elektriker heute immer öfter dessen Spitzenwert, den Scheitelfaktor, den Verzerrungsgrad und den Oberschwingungsgehalt kennen.

Mit neuen Messgeräten, zum Beispiel den Netzanalysatoren, stehen heute Hilfsmittel zur Verfügung, mit denen die Oberschwingungen schnell und zuverlässig erkannt und gemessen werden können, um nach geeigneten Abhilfen zu suchen.

Oberschwingungsanalyse

Es lässt sich zeigen, dass jede beliebige periodische Signalform (z. B. ein verzerrter AC-Strom) in eine Summe rein sinusförmiger Schwingungen zerlegt werden kann, zuzüglich eines evtl. vorhandenen DC-Anteils (siehe Abb. 1).

Bei dieser Zerlegung der Schwingung erhält man eine Grundschwingung mit einer bestimmten Grundfrequenz und Oberschwingungen oder „Harmonische“, deren Frequenz jeweils ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz beträgt. In

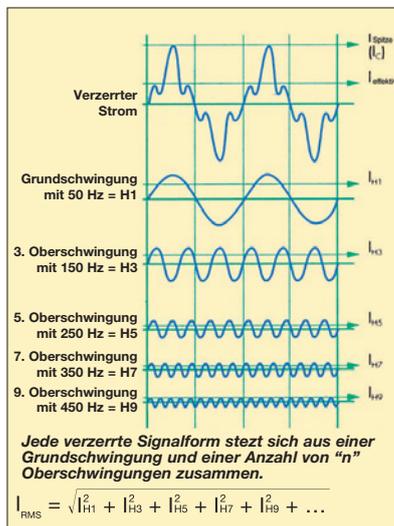


Abb. 1 - Beispiel eines verzerrten AC-Stroms mit ungeraden Oberschwingungen (3, 5, 7, 9, ...)

den europäischen Stromversorgungsnetzen hat die Grundschwingung (H1) grundsätzlich eine Frequenz von 50 Hz, die erste ungerade Oberschwingung der 3. Ordnung (H3) hat demzufolge eine Frequenz von 150 Hz usw... Diese Zerlegung einer Signalform in Grundschwingung und Oberschwingungen erfolgt durch ein mathematisches Verfahren, der sog. Fourier-Analyse, manchmal auch englisch abgekürzt als „FFT“ (Fast Fourier Transform).

Die Abb. 2 zeigt zwei Beispiele einer Fourier-Zerlegung von verzerrten Signalformen. In industriellen Stromnetzen kommen hauptsächlich Oberschwingungen ungerader Ordnung vor, die die sinusförmige Grundschwingung symmetrisch verformen. Die ungeraden Oberschwingungen niedrigerer Ordnung (3, 5, 7, ...) erzeugen meist die größten Verzerrungen des Ausgangssignals. Um die Oberschwingungen zu analysieren, beginnt man mit der Oberschwingung der 2. Ordnung, d. h. mit 100 Hz, und beschränkt sich im allgemeinen auf der 50. Ordnung, d. h. 2500 Hz.

Messung von Oberschwingungen

Die Verzerrung eines Stroms oder einer Spannung durch Oberschwingungen lässt sich durch zwei Parameter angeben:

- THD: gibt den Anteil der Oberschwingungen in Bezug zur Grundschwingung an. Der THD (manchmal auch als THD-F bezeichnet) errechnet sich nach der folgenden Formel:

$$THD = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2}}{A_1}$$

- DF: gibt den Anteil der Oberschwingungen in Bezug zum Effektivwert des Gesamtsignals an. Der DF (manchmal als THD-R oder THD-RMS bezeichnet) errechnet sich nach der folgenden Formel:

$$DF = \frac{\sqrt{A_0^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2}}{A_{eff}}$$

- wobei: A_{eff} = Effektivwert des Gesamtsignals
 A_0 = Amplitude des DC-Anteils
 A_1 = Amplitude der Grundschwingung
 A_n = Amplitude der n-ten Oberschwingung

Wenn DF = 40% so bedeutet das, dass 40% des Effektivwerts in höherfrequenten Oberschwingungen vorliegen und beispielsweise in einem Elektromotor als unnütze Erwärmung verlorengehen.

Manchmal werden THD und DF nicht nur als Summen aller Oberschwingungen angegeben, sondern getrennt für jede Oberschwingungsordnung.

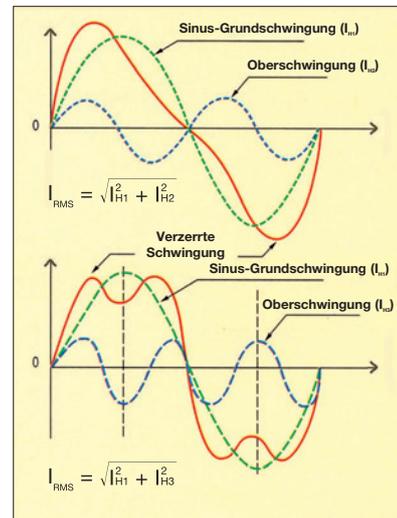


Abb. 2 - Zerlegung einer verzerrten Schwingung in Grundschwingung und Oberschwingung 2. bzw. 3. Ordnung

Entstehung und Auswirkung von Oberschwingungen

Besonders der heute weitverbreitete Einsatz von elektronischen Schaltreglern führt zur Entstehung von Oberschwingungen in den Stromnetzen. In Netzen mit rein ohm'schen Lasten werden diese Oberschwingungen bedämpft. Befinden sich jedoch Kapazitäten oder Induktivitäten im Netz, so können sich die Oberschwingungen durch Resonanz-Phänomene sogar verstärkt im ganzen Netz ausbreiten.

Die wichtigsten Erzeuger von Oberschwingungen sind Leistungssteller oder Schaltregler, Schaltnetzteile, Frequenzrichter, Asynchronmotoren, Schweißgeräte, Lichtbogenöfen, usw....

Oberschwingungen können sich auf zweierlei Art auswirken:

Durch sofortige Störungen aufgrund der verzerrten Schwingungsform, z. B. in Form von Resonanzen, falschem Ansprechen von Steuerungen, Ausfällen durch Spannungsspitzen usw...

Durch Langzeiteffekte, z. B. Verringerung der Lebensdauer oder vorzeitiger Ausfall aufgrund der thermischen Überlastung oder Überhitzung der entsprechenden Maschinen und Geräte.

Messung und Überwachung von Stromnetzen:

von der Erzeugung bis zum Verbraucher

Die Verteilung des Stroms vom Kraftwerk bis zum Verbraucher erfolgt über komplexe Netze und muss die Sicherheit von Personen und Sachgütern gewährleisten, sowie die einschlägigen Normen einhalten. Um eine hohe Qualität sicherzustellen, werden von den Energieversorgern bei der Inbetriebnahme und Wartung zahlreiche Messungen vorgenommen.

CHAUVIN ARNOUX verfügt über ein umfangreiches Angebot an feldtauglichen Instrumenten, die für diese Messungen notwendig sind.

ELEKTRISCHE SICHERHEIT

Zur elektrischen Sicherheit müssen die grundlegenden Eigenschaften einer Installation, d. h. die Erdung, die Isolations- und Durchgangswiderstände, die Leiter und die Sicherheitsvorrichtungen, geprüft werden.

Erdungsprüfer, Zangenstromwandler, Isolationsprüfer, Installationsprüfer mit zwei oder mehr Funktionen sowie Wärmebildkameras sind daher unverzichtbare Hilfsmittel.

CHAUVIN ARNOUX bietet außerdem Messgeräte, die speziell für Stromversorgungsanlagen gedacht sind: **Erdungsprüfer für Leitungsmasten, Mikro-Ohmmeter, Ratiometer.**



QUALITÄT DER ELEKTRISCHEN STROMVERSORGUNG

Die Stromversorgungsqualität ist ein entscheidender technischer Parameter für die Sicherstellung des Nennbetriebs einer elektrischen Anlage. Mit den Netz- und Energieanalytoren **Qualistar®** von CHAUVIN ARNOUX lassen sich umfassende Qualitätsprüfungen der bereitgestellten Energieversorgung vornehmen.

ALLGEMEINE MESSUNGEN BEI NIEDERSPANNUNG

Für punktuelle Messungen und Prüfungen vor Ort bietet CHAUVIN ARNOUX unter den Marken **Chauvin Arnoux®** und **Matrix®** Multimeter und Multimeter-Zangen, deren Funktionalität, Sicherheitsniveau und robuste Bauweise bei vielen Anwendern hoch eingeschätzt wird.

Fehlerprüfung und Kontrollen

Um die Sicherheit von Personen und Sachgütern zu gewährleisten, gibt es in jedem Land einschlägige Vorschriften für elektrische Anlagen und Geräte. Um die Einhaltung dieser Vorschriften zu prüfen, werden in der Regel Sichtprüfungen und Tests vorgenommen.

Die von CHAUVIN ARNOUX Prüfen & Messen angebotenen Geräte sind perfekt dazu geeignet, Messungen im Rahmen dieser Prüfungen vorzunehmen.



ELEKTRISCHE SICHERHEIT VON INSTALLATIONEN, MASCHINEN, SCHALTAFELN

Mit den Installationsprüfern mit zwei oder mehr Funktionen, den Maschinenprüfern und den Wärmebildkameras lassen sich **Messungen vor der Inbetriebnahme oder in regelmäßigen Abständen vornehmen.**

ENERGIEVERBRAUCHSANALYSE

Der Energieverbrauch von Installationen wird mit Hilfe von Datenloggern und Leistungsanalytoren ermittelt. Mit ihnen kann der Verbrauch an einzelnen Stellen bestimmt und ein Lastenprofil erstellt werden. Messungen mit Hygrometern, Luxmetern und Infrarot-Kameras vervollständigen die energetische Analyse.

UMWELTKONTROLLE

Die Luxmeter, Schallpegelmesser, Messgeräte für elektromagnetische Felder, Kontaktthermometer und berührungslose Thermometer von **Chauvin Arnoux®** ermöglichen die Messung und die Risikobewertung für Personen von Parametern wie Luftqualität, Beleuchtungsstärke und Lärm- und Elektromogbelastung.

THERMISCHE ANALYSE VON GEBÄUDEN

Mit den Wärmebildkameras von **Chauvin Arnoux®** können Mängel und Unregelmäßigkeiten in der Wärmedämmung aufgrund von Wärmebrücken, sowie bei der Luft- und Wasserdichtheit erkannt werden.

Vorbeugende Wartung und Reparatur

Von Wartungsdiensten werden Pläne zur Überwachung industrieller Prozesse erstellt. Sie dienen dazu, mittels Messungen und Kontrollvorgängen an den Anlagen auftretende Abweichungen zu ermitteln, ehe diese zu einer Verringerung oder gar dem Ausfall der Produktion führen.

Bei diesen Wartungsprogrammen werden Geräte von Chauvin Arnoux® in großem Umfang eingesetzt.

Die Überwachung industrieller Prozesse umfasst:

- die elektrische Sicherheit von Installationen und Maschinen
- die Überwachung der Temperaturen
- die von industriellen Prozessen verursachten Oberschwingungsstörungen
- die Wartung elektronischer Steuer- und Kontrollsysteme an Maschinen
- verschiedene physikalische Parameter.

Mit den von CHAUVIN ARNOUX Messen & Prüfen angebotenen Geräten lassen sich diese Aufgaben perfekt erfüllen.



Ausbildung und Labore für Forschung und Entwicklung

CHAUVIN ARNOUX engagiert sich in der beruflichen Ausbildung und unterhält umfangreiche Beziehungen zu den Bereichen Ausbildung und Forschung.

Davon zeugt der "Club du Mesurage", der sich aus Ausbildern und Vertretern von CHAUVIN ARNOUX zusammensetzt und es sich zur Aufgabe gemacht hat, die Anliegen der Ausbildung und der Industrie im Bereich der Messtechnik gemeinsam zu erörtern.

AUSBILDUNG AN SCHULEN, IM BERUF UND AN UNIVERSITÄTEN

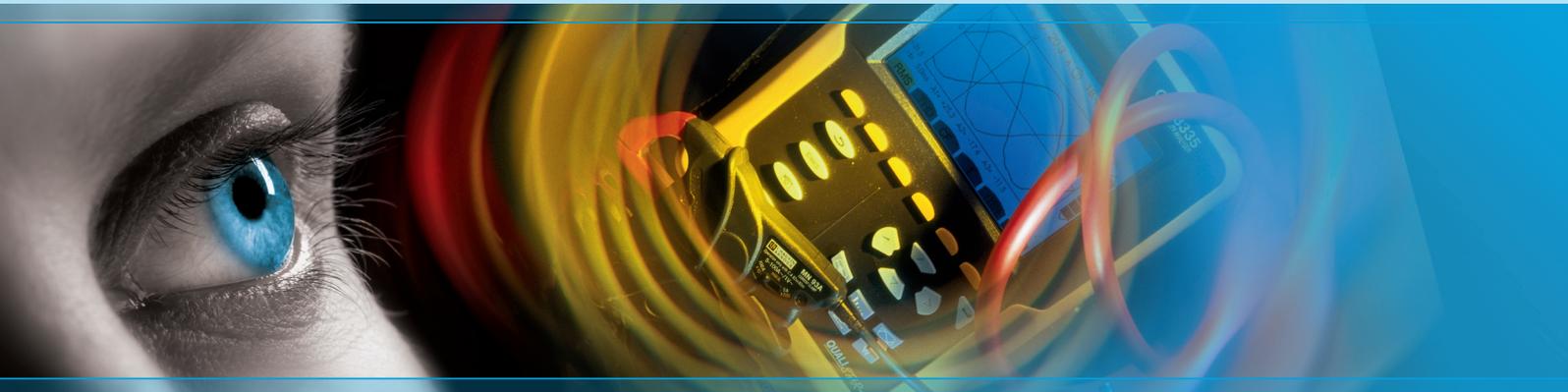
Die Geräte von Chauvin Arnoux® und Metrix® können in der Ausbildung in Elektrik und Elektrotechnik auf jeder Stufe, von einfachsten Anwendungen in der Berufsausbildung bis hin zu komplexen, tagtäglich von Profis ausgeführten Anwendungen eingesetzt werden:

- Technische Gymnasien
- Allgemeine Gymnasien in den Fächern Physik und Chemie
- Universitäten
- Technische Institute an Universitäten
- Ingenieurschulen
- Berufsbildende Schulen

DIDAKTISCHE GERÄTE UND DIDAKTIK-KOFFER

Neben den klassischen Messgeräten bietet CHAUVIN ARNOUX didaktische Geräte an, mit denen einfache Phänomene erläutert — Widerstands- und Kapazitätsdekaden, Leistungsfaktormesser, Nebenwiderstände, Didaktik-Oszilloskope — oder physikalische Phänomene simuliert werden können:

- Koffer für elektrische Installationen
- Leistungs- und Oberschwingungskoffer
- Testbank für Mikrowellen
- Testbank für Infrarot-Thermografie usw.



Messung bei
Niederspannung



Messung & Prüfung der
elektrischen Sicherheit



Messung, Erfassung und
Analyse **elektrischer
Leistung & Energie**



Messung **physikalischer
Größen**



Messgeräte für die
Elektronik



Didaktische Geräte



www.chauvin-arnoux.at

vie-office@chauvin-arnoux.at

Gastgebasse 27, A-1230 Wien, Tel.: +43 (0)1 61 61 961-0