

Geräte und Maschinen ohne Freischalten prüfen

Th. Buchner, Glottertal

Wenn für eine Wiederholungsprüfung an ortsveränderlichen Geräten oder fest angeschlossenen Anlagen bzw. Maschinen die betreffenden Prüfobjekte nicht abgeschaltet werden dürfen, stellt sich oftmals die Frage, wie sich die Prüfung normgerecht durchführen lässt. Aus diesem Grund beschreibt der nachfolgende Beitrag die jeweils einzuhaltenden Prüfabläufe sowie einige Besonderheiten, die beim Messen in der Praxis zu beachten sind.

1 Prüfablauf bei ortsveränderlichen Geräten

Wenn es um die Prüfung ortsveränderlicher Geräte geht, wird der Prüfer in den Normen DIN VDE 0701-1 [1] sowie DIN VDE 0702-1

[2] fündig. Wenn die Betriebsmittel aber nicht vom Netz getrennt werden dürfen, verbirgt sich hier so manche Tücke. Der Prüfablauf nach [1] und [2] sieht die im Folgenden beschriebenen Prüfungen vor.

1.1 Sichtprüfung

Durch eine Sichtprüfung wird zunächst sichergestellt, dass kein Teil des Geräts oder der zugehörigen Zuleitung beschädigt ist. Außerdem muss auch überprüft werden, ob Typenschilder und Dokumentationen vorhanden und lesbar sind.

1.2 Schutzleiterprüfung

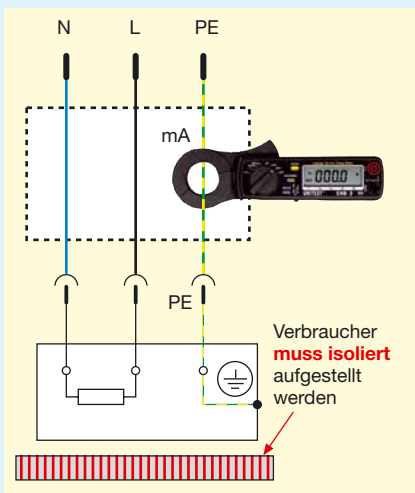
Hier schreibt die Norm einen minimalen Prüfstrom von ± 200 mA und Grenzwerte von 0,3 bis maximal 1,0 vor, die sich nach der Länge der Anschlussleitung richten. Eine Besonderheit zeigt sich z. B. bei vernetzten Anlagen. Den Schutzleiter eines vernetzten Computers könnte mit Hilfe eines kleinen Tricks auch an einem fest angeschlossenen Rechner geprüft werden, indem einfach ein Erdbezug einer benachbarten freien Schuko-Steckdose für die Messung kontaktiert wird, um dann gegen das PC-Gehäuse zu messen.

Jedoch kann das Messergebnis angezweifelt werden, da mit dieser Vorgehensweise nicht sichergestellt ist, dass der Schutzleiter auch tatsächlich nur über die Zuleitung gemessen wurde und nicht eventuell über die Abschirmung der Datenleitung des Netzwerks.

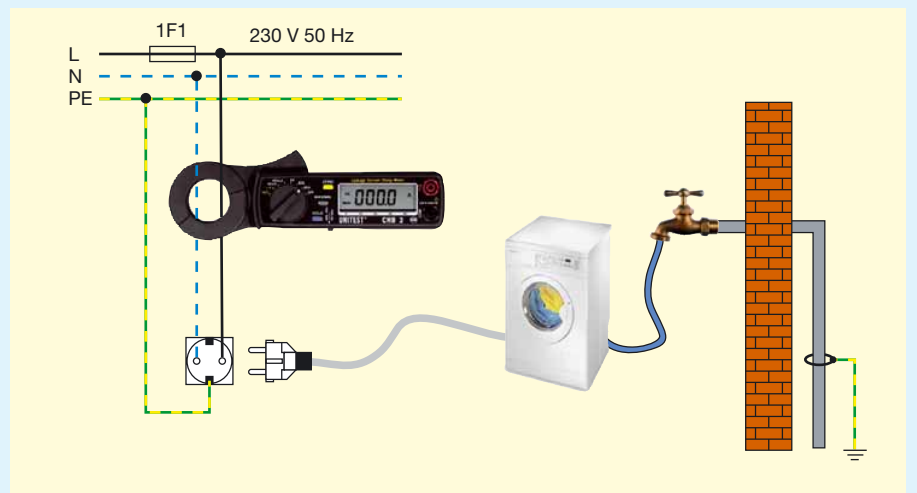
Um bei dieser einfachen Messung eine zuverlässige Aussage treffen zu können, muss der Rechner von allen Netzverbindungen getrennt werden. Wenn die unterschiedlichen Ableitströme (Filterströme, Fehlerströme usw.) nicht über den dafür vorgesehenen Schutzleiter in der Zuleitung gegen Erde abgeführt werden, sondern über die Abschirmung der Datenleitung, kann es dazu kommen, dass sich die Bits und Bytes in der Datenleitung

Autor

Thomas Buchner ist bei der Firma Fluke, Glottertal, im Bereich Elektrotechnik als Seminarleiter und technischer Kundenberater tätig.



1 Prinzip des direkten Messverfahrens zur Schutzleiterstrommessung mit einer Stromzange



2 Prinzip der Differenzstrommessung mit einer Stromzange

„verklemmen“ und dadurch Systemabstürze im Netzwerk verursachen. Sollten keinerlei Erdverbindungen vorhanden sein, kann der Ableitstrom im ungünstigsten Fall nicht abgeführt werden, sodass am Metallgehäuse des Rechners die komplette Netzspannung ansteht.

1.3 Isolationsprüfung

Die Isolationsprüfung wird im netzfreien Zustand mit einer Prüfspannung von DC 500 V durchgeführt. Dabei müssen die Geräte der Schutzklasse I (SK I) einen Isolationswiderstand von mindestens 1 M aufweisen. Für Geräte der Schutzklasse II (SK II) liegt der Grenzwert bei mindestens 2 M. Isolationsmessungen an elektronisch beschalteten Anlagen (PC-Netze u. Ä.) machen messtechnisch allerdings ohnehin keinen Sinn, da das Prüfobjekt dafür im spannungsfreien Zustand eingeschaltet werden muss, was z. B. bei einem Transistor nicht möglich ist. Wenn ein Prüfling lediglich eine ohmsche Last darstellt, ist das Messen des Isolationswiderstands eine nützliche Prüfung, die sich auch problemlos im spannungsfreien Zustand durchführen lässt. Für elektronisch beschaltete Prüflinge bieten die Normen als alternative Prüfverfahren die Messung des Ableitstroms im Betriebszustand an. Hierbei empfiehlt sich als Messverfahren die Differenzstrommessung.

1.4 Ableitstrommessungen

Um eine Ableitstrommessung durchzuführen, kommen drei verschiedene Messverfahren in Frage:

1. Ersatzableitstrommessung. Bei diesem Verfahren wird der Prüfling von der Netzeinspeisung getrennt und über das Prüfgerät mit einer Prüfspannung versorgt. Ebenso wie bei der Isolationsmessung muss der Prüfling eingeschaltet werden können. In

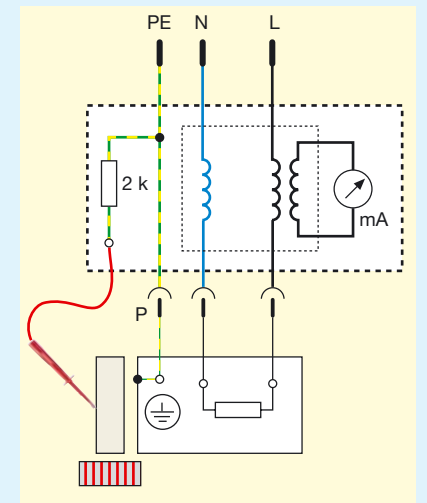
dieser Erläuterung wird in erster Linie auf Heizgeräte im Sinne von [1] Anhang G eingegangen. Die entsprechenden Grenzwerte variieren um je 1,0 mA pro kW Heizleistung des Prüflings. Der maximale Grenzwert für Heizleistungen 6 kW liegt bei 7,0 mA und für Heizleistungen > 6 kW bei 15 mA. An elektronisch beschalteten Prüflingen ist die Messung jedoch nicht durchführbar.

2. Schutzleiterstrommessung mit direktem Messverfahren. Hierfür muss der Prüfling isoliert aufgestellt, mit der Netzspannung verbunden und eingeschaltet sein. Der Schutzleiterstrom wird bei diesem Messverfahren direkt im Schutzleiter gemessen, z. B. mit einer hoch auflösenden AC-Stromzange (Bild 1). Als Grenzwert ist hierbei eine Stromstärke von 3,5 mA anzusetzen.

3. Differenzstrommessung. Auch bei einer Differenzstrommessung muss der Prüfling mit der Netzspannung verbunden und angeschlossen sein. Gemessen wird in der Zuleitung des Prüflings – entweder mit einer externen, hoch auflösenden AC-Stromzange (Bild 2) oder mit Hilfe eines integrierten DIN-VDE-0701/0702-Gerätetesters (z. B. Fluke 6500). Der Grenzwert beträgt auch hier 3,5 mA.

Vor- und Nachteile der drei Messverfahren. Die Ersatzableitstrommessung kann nur bei ohmschen Verbrauchern, im netzfreien Zustand erfolgen und ist, wie der Name es schon sagt, eine Ersatzmessung. Sie ist im Prinzip ein messtechnischer Notausgang, denn sie kann für Wärmegeräte angewendet werden, die z. B. den Grenzwert der Isolationsmessung nicht einhalten können. Für die fest angeschlossenen Prüflinge ist dieses Messverfahren jedoch nicht geeignet.

Eine Schutzleiterstrommessung mit direktem Messverfahren kann prinzipiell sowohl bei fest angeschlossenen als auch bei Prüflingen mit beweglichen Netzanschlussleitungen durch-



3 Prinzip einer Berührungsstrommessung

geführt werden. Der große Nachteil dieses Messverfahrens liegt darin, dass der Prüfling während der Messung keine zusätzliche Erdverbindung haben darf. Das heißt, der Prüfling muss während der Messung absolut isoliert aufgestellt sein. Diese Bedingung kann ein fest angeschlossener Prüfling nicht immer einhalten. Bei der Auswahl des Messverfahrens muss dieser Umstand daher mit berücksichtigt werden.

Die Differenzstrommessung ist das einzige Messverfahren, mit dem die Summe aller Ableitströme gemessen wird. Bei diesem Messverfahren ist es völlig egal, ob noch weitere Erdverbindungen vorliegen oder nicht. Der Prüfling muss nicht zwingend isoliert aufgestellt sein und somit kann die Messung auch problemlos an fest angeschlossenen Prüflingen durchgeführt werden. Jedoch ist hier Vorsicht geboten, denn das Verfahren funktioniert nur dann zuverlässig, wenn ein niederohmiger Schutzleiter vorhanden ist.

Die drei zuvor beschriebenen Messverfahren beziehen sich alle auf SK-I-Geräte. Für Geräte der Schutzklasse II heißt das Zauberwort für die Ableitstrommessung „Berührungsstrom“.

1.5 Berührungsstrommessung

Den Berührungsstrom misst man an solchen Prüflingen, die an einer Netzspannung angeschlossen sind und sich im Betriebszustand befinden. Der Grenzwert für gewöhnliche Geräte liegt bei 0,5 mA und bei Geräten der IT-Technologie gemäß DIN VDE 0701-240 [3] bei 0,25 mA.

Die Berührungsstrommessung ist je nach Ausführung des Messgeräts sowohl an steckbaren als auch an fest angeschlossenen Prüflingen durchführbar. Dazu muss der Prüfer die metallenen Teile des Prüflings mit der Prüfspitze abtasten, die theoretisch und ohne technischen Aufwand durch Personen berührt werden können (Bild 3).

1.6 Funktionsprüfung

Als letzter Schritt bei einer Geräteprüfung bleibt noch die Funktionsprüfung. Sie wird natürlich unter Betriebsbedingungen durchgeführt.

2 Prüfablauf bei fest angeschlossenen Objekten

Wenn an einer fest angeschlossenen Anlage bzw. Maschine eine Wiederholungsprüfung durchgeführt werden soll, dann hat der verantwortliche Prüfer die Qual der Wahl. Er kann nach DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) [4] oder auch nach DIN VDE 0100-610 [5] prüfen. Hinsichtlich der Prüfschritte sind dabei einige Parallelen zur Geräteprüfung zu erkennen. Die folgenden Prüfungen müssen durchgeführt werden.

2.1 Sichtprüfung

Zunächst muss wieder eine Sichtprüfung erfolgen, bei der u. a. überprüft wird, ob äußere Schäden vorliegen, elektrische Anschlüsse sowie sonstige Verbindungen korrekt ausgeführt und die Verriegelungen intakt sind. Darüber hinaus ist auch festzustellen, ob eine vollständige Dokumentation vorliegt und, falls notwendig, lesbare Warnhinweise (evtl. mehrsprachig) vorhanden sind.

2.2 Schutzleiterprüfung

Diese Prüfung kann entweder mit der bereits unter Punkt 1.2 beschriebenen Niederohm-Messung erfolgen oder durch Messen des Schleifenwiderstands (Z_s). Letzteres bietet den Vorteil, dass zusätzlich zum gemessenen Z_s -Wert auch der dazugehörige Kurz-

schlussstrom ermittelt wird. Zudem erhalten Prüfer so Informationen über das Ausschaltvermögen der vorgeschalteten Sicherungsgänge (LS-Schalter, Schmelzsicherungen usw.). Diese Informationen erscheinen bei großen und komplexen Maschinen aussagekräftiger zu sein als die mit der Niederohm-Messung ermittelten Messwerte. Aus diesem Grund ist die Schleifenwiderstandsmessung der Niederohm-Messung vorzuziehen.

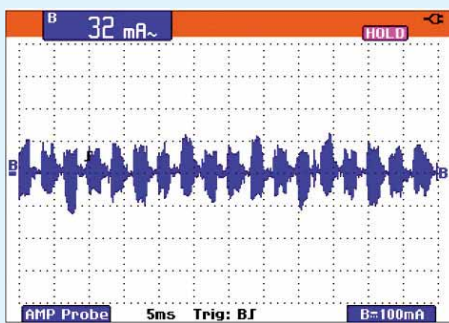
2.3 Isolationsmessung

Hinsichtlich der Durchführbarkeit der Isolationsmessung an fest angeschlossenen Maschinen scheiden sich für gewöhnlich die Geister, da diese Messung nur im spannungs-

freien Zustand durchgeführt werden kann. Bei einer in Betrieb stehenden Anlage ist es ein fragwürdiges Vergnügen, diese spannungsfrei zu schalten, denn für gewöhnlich steht ja ein Produktionsprozess im Mittelpunkt, der nicht unterbrochen werden soll oder darf.

Als eine Alternative könnte hier die Differenzstrommessung herangezogen werden. Sie ist zwar weder in [4] noch in [5] zu finden, wohl aber in [1] und [2].

Somit stellt sich die Frage, was man falsch machen kann, wenn eine Technologie aus einer artverwandten Norm angewendet wird. Dazu ist zu sagen, dass man nichts falsch macht, wenn man die Besonderheiten dieser Messung kennt.



④ Darstellung des Messergebnisses einer Differenzstrommessung bei nicht sinusförmigen Ableitströmen

⑤ Differenzstrommessung mit einem portablen digitalen Hochleistungs-Oszilloskop

Quellen: Fluke



2.4 Differenzstrommessung

Eine der auffälligsten Besonderheiten ist, dass sich in keiner der Normen ein Grenzwert für fest angeschlossenen Maschinen bzw. Anlagen finden lässt. Es scheint als würde hier absolute Narrenfreiheit herrschen – so als könnten Maschinenhersteller tun und lassen was sie wollen. In der Praxis werden an Maschinen nicht selten Ableitströme gemessen, die im zwei- oder gar vierstelligen Milliampère-Bereich liegen. Die Frage, woher sich die Hersteller die Freiheit nehmen, mit den Ableitströmen so freizügig umzugehen, lässt sich einfach beantworten. Es gibt nämlich eine ganz besondere Norm – die DIN VDE 0160 [5]. Diese Norm beschreibt in den Abschnitten 5.2.11.1 und 5.3.2.1 Folgendes:

„Hat ein elektronisches Betriebsmittel bei bestimmungsgemäßer Verwendung dauernd einen höheren Ableitstrom als AC 3,5 mA oder DC 10 mA, so ist für den Schutz ein fester Anschluß erforderlich; dies ist in den Betriebsunterlagen anzugeben. ... kann eine Person einem Ableitstrom ausgesetzt sein, der höher als die Grenze von AC 3,5 mA oder DC 10 mA ist ... solange keine internationalen Normen vorliegen, die das verhindern, ist Folgendes vorzunehmen:

- Verlegung eines zweiten Schutzleiters; der Schutzleiterquerschnitt muss mindestens 10 mm² betragen
- ein zweiter Schutzleiter muss elektrisch parallel zum ersten Schutzleiter liegen, über getrennte Klemmen führen, ...“

Hiermit wurde also eine Lücke in die Norm eingebaut, welche die Maschinenhersteller auch entsprechend auszunutzen wissen. Von dem Prüfer sind deshalb folgende Punkte zu beachten. Die Differenzstrommessung muss natürlich mit den geeigneten Messmitteln durchgeführt werden. Die Stromzange, die zum Einsatz kommen soll, muss den Anforderungen der zu prüfenden Industrieanlagen oder der Produktionsmaschinen gerecht werden. Sie muss die richtige Bandbreite für die jeweiligen Messungen zur Verfügung stellen und ferner echte Effektivwerte (TRMS) messen können. In der Industrie kommen inzwischen immer häufiger Frequenzumrichter (FU) zum Einsatz, die für den Steuerungsprozeß

der Anlage benötigt werden. Die eingesetzten Frequenzumrichter haben zum Teil abenteuerlich hohe Ableitströme, die alles andere als sinusförmig sind (Bild ④).

Differenzstrommessungen in einer solchen Anlage könnten z. B. mit Hilfe eines portablen digitalen Hochleistungs-Oszilloskops durchgeführt werden (Bild ⑤). Bei einer Erstfassung bilden die Ergebnisse derartiger Messungen lediglich eine Grundlage, die dann später für Vergleiche herangezogen werden können.

2.5 Funktionsprüfung

Hierzu ist es mitunter erforderlich, den Anlagenbetreiber bzw. Anlagenverantwortlichen mit heran zu ziehen, damit auch alle anderen sicherheitsrelevanten Funktionen getestet werden können, damit diese auch in Zukunft gewährleistet sind.

3 Fazit

Prüfung ortsveränderlicher Geräte. Fordert ein Auftraggeber eine Wiederholungsprüfung, bei der der Betrieb der Anlage, in der die zu prüfenden Geräte im Einsatz sind, nicht unterbrochen werden kann, so sollte der verantwortliche Prüfer sich sehr wohl bewusst sein, worauf er sich einlässt. An dieser Stelle sei noch darauf hingewiesen, dass fraglich ist, inwieweit diese Art der Prüfungen auch von einer elektrotechnisch unterwiesenen Person (EUP) problemlos durchgeführt werden kann.

Hier zeigt sich dann die wahre Fachkompetenz. Zunächst klingt das Angebot nach einem lukrativen Geschäft, dass sich rückwirkend jedoch schnell als Damoklesschwert erweisen kann. Eines ist sicher – sollte es in der Anlage durch einen Störfall zum Brand kommen, dann wird die Anlage sofort abgeschaltet. Auf der Suche nach einem Verantwortlichen, der in diesem Fall für den Regress aufkommt, wird sich dann auch noch jemand geeignetes finden lassen – z. B. derjenige, der als Letzter die Geräte bzw. die Elektroanlage geprüft und für einsetzbar befunden hat.

Prüfung fest angeschlossener Objekte. In [4] steht im Abschnitt 18.1 Folgendes: *„Diese Norm enthält allgemeine Anforderungen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen. Die entsprechenden Prüfungen für einen speziellen Maschinentyp werden in den zugeordneten Produktnormen angegeben. Fehlen der Maschine zugeordnete Produktnormen, so können die angemessenen Prüfungen eine oder mehrere der folgenden Prüfungen einschließen, ... sie müssen jedoch immer die Überprüfung der Durchgängigkeit des Schutzleitersystems enthalten:*

- Überprüfen, dass die elektrische Ausrüstung mit der technischen Dokumentation übereinstimmt,
- durchgehende Verbindung des Schutzleitersystems,
- Isolationswiderstandsprüfungen (wenn technisch möglich),
- Funktionsprüfungen.“

Wenn möglich sollte zusätzlich zu den zuvor aufgezählten Prüfungen auch eine Differenzstrommessung durchgeführt werden, damit bei späteren Wiederholungsprüfungen die Ableitströme verglichen werden können. Eine Differenzstrommessung liefert leider keine direkte Aussage dazu, in welchem Isolationszustand sich die jeweilige Maschine oder Anlage befindet. Doch bei der nächsten Wiederholungsprüfung können die Werte miteinander verglichen werden. Erst daraus lässt sich dann eventuell ein veränderter Zustand feststellen.

Literatur

- [1] DIN VDE 0701-1 (VDE 0701-1):2000-09 Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte; Teil 1: Allgemeine Anforderungen.
- [2] DIN VDE 0702-1 (VDE 0720-1):1995-11 Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten.
- [3] DIN VDE 0701-240 (VDE 0701-240):1986-04 Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte; Sicherheitsfestlegungen für Datenverarbeitungs-Einrichtungen und Büromaschinen.
- [4] DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1):2007-01 Elektrische Ausrüstung von Maschinen; Sicherheit von Maschinen; Teil 1: Allgemeine Anforderungen.
- [5] DIN VDE 0100-610 (VDE 0100-610):2004-04 Errichten von Niederspannungsanlagen; Teil 6-61: Prüfungen – Erstprüfungen.