

Bedeutung von Ableitströmen in medizinischen Anwendungen

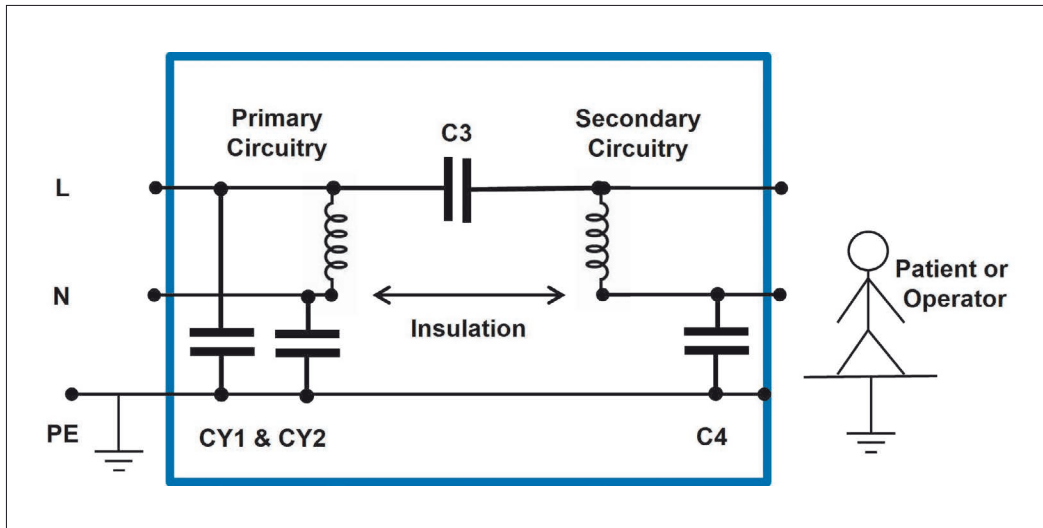


Bild 1: Anordnung von Entstörkondensatoren (Keramik) in einem AC/DC-Netzteil

Die IEC 60601-1 ist eine internationale Normenreihe für die grundlegende Sicherheit und die wesentlichen Leistungsmerkmale von medizinischen elektrischen Geräten. Sie ist in vielen Ländern weit verbreitet und gilt inzwischen als Voraussetzung für die meisten im Handel erhältlichen Produkte. Ein wichtiger Aspekt der Norm ist die Vermeidung eines elektrischen Schlags, der zu Verletzungen oder sogar zum Tod führen kann, insbesondere durch übermäßige Ableitströme.

Dieser Beitrag, der sich an Elektronikingenieure und Konstrukteure richtet, die mit Stromversorgungssystemen arbeiten, erläutert die verschiedenen Arten von medizinischen Ableitströmen.

Ableitstrom

Ein Ableitstrom ist zuerst einmal der messbare Strom, welcher über den Schutzleiter zur Erde fließt. Wenn keine Erdverbindung vorhanden ist, handelt es sich um den Strom, der zur Erde fließen könnte, sobald eine leitfähige Verbindung hergestellt ist. Dieser Strom könnte durch Berühren auch über einen menschlichen Körper fließen.

Wenn dieser Strom gefährliche Grenzwerte überschreitet, löst in modernen Wohn- und Bürogebäuden ein Fehlerstromschutzschalter (FI-Schalter) aus und trennt das Gerät von der Wechselstromversorgung. Viele Menschen haben diese Erfahrung schon einmal gemacht, wenn sie zum Beispiel bei Arbeiten mit einer Garten-Heckenschere das Netzkabel versehentlich durchtrennt haben.

In Medizinbereichen werden für Ableitströme je nach Art des verwendeten medizinischen Geräts sehr geringe tolerierbare Höchstwerte angesetzt. Medizinische Ableitströme dürfen unter normalen Bedingungen niemals über einen Patienten abfließen.

Wie erzeugt ein AC/DC-Netzteil Ableitströme?

Ein zertifiziertes medizinisches Netzteil muss neben den Grenzwerten für Ableitströme noch viele

weitere Vorgaben einhalten. Dazu gehören EMV (elektromagnetische Verträglichkeit) für leitungsgebundene und abgestrahlte Emissionen sowie Immunität gegen Spannungseinbrüche, elektrostatische Entladungen (ESD), Eingangstransienten, Hochfrequenz (HF) und sogar Magnetfelder. Die Einhaltung dieser EMV-Normen ist in vielen Ländern eine gesetzliche Verpflichtung. Sie stellt sicher, dass elektrische und elektronische Geräte in ihrer Umgebung korrekt funktionieren und keine unzulässigen Störungen erzeugen, die andere Geräte beeinträchtigen könnten.

In Stromversorgungen kommen Hochfrequenz- und Hochspannungsschaltkreise zum Einsatz, die in der Regel zwischen 40 kHz und über

500 kHz arbeiten. Diese Schaltungen erzeugen hochfrequente elektrische Störungen.

Um die Grenzwerte für leitungsgebundene und abgestrahlte Emissionen einzuhalten, sind Filterschaltungen erforderlich. Keramische Filterkondensatoren werden zur Reduzierung der elektromagnetischen Störungen eingesetzt (Bild 1).

Die Kondensatoren CY1 und CY2 werden in Verbindung mit Filterdrosseln (nicht abgebildet) eingesetzt. Hochfrequente Störungen werden von der Wechselstromseite über die Kondensatoren zum Erdungsanschluss (Schutzerde) abgeleitet. Auf diese Weise werden Interferenzen mit anderen Geräten, welche die gleiche Wechselstromquelle nutzen, vermieden.

Der Kondensator C3, der zwischen der Primär- und der Sekundärseite des Transformators angeschlossen ist, reduziert das Hochfrequenzrauschen und kompensiert die Wicklungskapazität des Transformators. C4 reduziert das Ausgangsrauschen und hat nur geringen Anteil am Ableitstrom. Die dafür maßgeblichen Komponenten sind CY1 und CY2 zwischen Phase und Erde bzw. Nullleiter und Erde.

Niedrigere Kapazitätswerte von CY1 und CY2 führen zu einem geringeren Ableitstrom. Dies kann jedoch dazu führen, dass das Netzteil die Grenzwerte der Norm für leitungsgebundene und abgestrahlte EMV nicht mehr einhält (Bild 2).

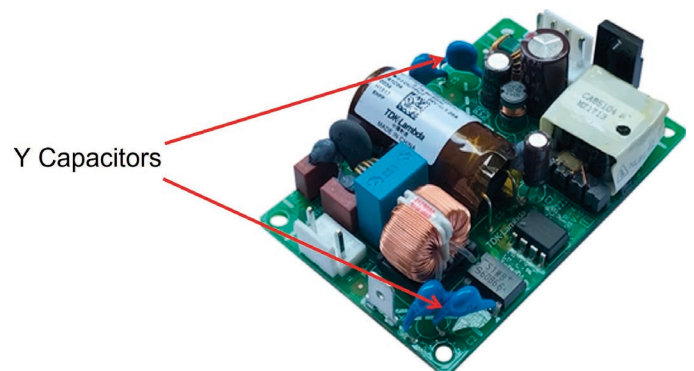


Bild 2: Y-Kondensatoren im TDK-Lambda CUS30M

Autor:
David Buck

Produktmanager
TDK-Lambda

www.emea.lambda.tdk.com/uk

Stromversorgung

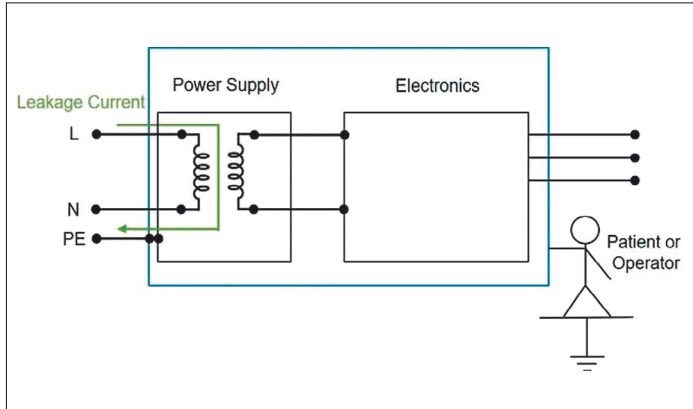


Bild 3: Weg des Erdableitstroms

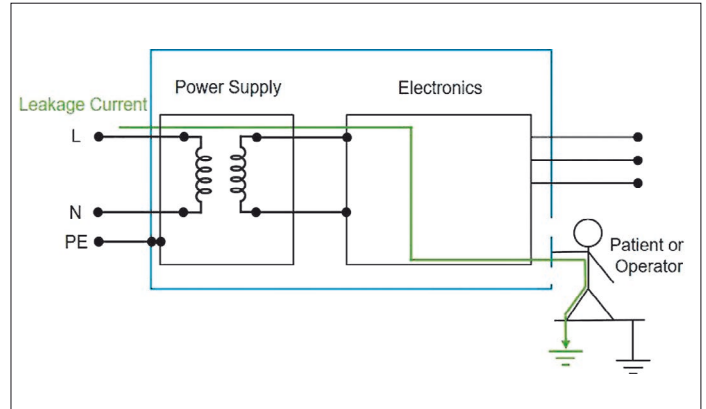


Bild 4: Berührungstrompfad

	Normal condition (NC)	Single fault condition (SFC)
Equipment enclosure leakage	100µA	500µA
Permanently Installed Equipment	5mA	10mA

Tabelle 1: Maximaler Erdableitstrom

	Normal condition (NC)	Single fault condition (SFC)
Equipment enclosure touch current	100µA	500µA

Tabelle 2: Maximaler Berührungstrom

Arten von medizinischen Ableitströmen

In der IEC 60601-1 sind drei verschiedene Grundarten von medizinischen Ableitströmen definiert. Sie werden unter zwei Bedingungen gemessen - Normalbetrieb (NC) und dem einfachen Fehlerfall (SFC). Im einfachen Fehlerfall, z. B. wenn die Erdverbindung eines steckbaren Geräts unterbrochen ist, ist gemäß IEC 60601-1 ein höherer Grenzwert für den Ableitstrom zulässig.

Der Ableitstrom fließt vom Primärkreis durch oder über die Isolierung in den Schutzleiter (PE). Beim Berühren des medizinischen Geräts fließt kein Strom vom Gehäuse über den Patienten oder den Bediener (Bild 3, Tabelle 1).

Der Berührungstrom fließt über das Gehäuse des Medizingeräts oder Teilen davon, mit Ausnahme von Anwendungsteilen, bei normalem Gebrauch über den Patienten oder den Bediener extern (nicht über den PE-Anschluss) zur Erde (Bild 4).

Der Berührungstrom wird soweit vorhanden auch an Ausgangsanschlüssen gemessen, falls diese für den Patienten berührbar sein könnten (Tabelle 2).

Der Patientenableitstrom fließt im Normalbetrieb über beabsichtigte Verbindungen zwischen Pati-

ent und Medizingerät (Anwendungsteile) über den Patienten zur Erde. Ein Anwendungsteil ist ein Teil des Medizingeräts, welches unter normalen Einsatzbetriebsbedingungen den Patienten berührt.

Es gibt drei Hauptkategorien für Anwendungsteile:

- **B (Body):**
Kann mit Erde verbunden sein. Normalerweise ist er nicht leitfähig und kann jederzeit vom Patienten entfernt werden.
Beispiele: Medizinische Laser, MRI-Körperscanner, Phototherapiegeräte, Betten und Kabel
- **BF (Body Floating):**
Hat eine leitfähige Verbindung zum Patienten
Beispiele: Blutdruckmessgeräte, Inkubatoren, Ultraschallgeräte
- **CF (Cardiac Floating):**
Kann in direkten Kontakt mit dem Herzen kommen
Beispiel: Dialysegeräte

Der Patientenableitstrom fließt von der gewollten elektrischen Verbindung des Medizingeräts - dem Anwendungsteil - über den Patienten zur Erde (Bild 5, Tabelle 3).

Design der Stromversorgung

Durch die Minimierung der vom Schaltregler erzeugten internen elektromagnetischen Störungen lässt sich die Größe der erforderlichen Kondensatoren zur Entstörung drastisch verringern. Dadurch wird der Ableitstrom des Netzteils reduziert und die EMV-Normen trotzdem eingehalten.

Die Design-Vorgaben für das 250-W-Netzteil CUS250M (Bild 6) von TDK-Lambda enthielten ambitionierte Ziele sowohl für Ableit-

ströme als auch für EMV-Verhalten. Dem Entwicklungsteam war von Anfang an bewusst, dass diese Anforderungen im Focus des gesamten Entwicklungsprozesses stehen mussten. Es wurde eine zum Patent angemeldete in die Ausgangsklemme integrierte Drossel entwickelt, um Gleichtaktstörungen zu reduzieren. Ein spezieller Ferritkern für den PFC-Regler (Leistungsfaktor-Korrektur) reduziert dort die EMI erheblich und nicht zuletzt war eine besondere Sorgfalt des Entwicklungs-

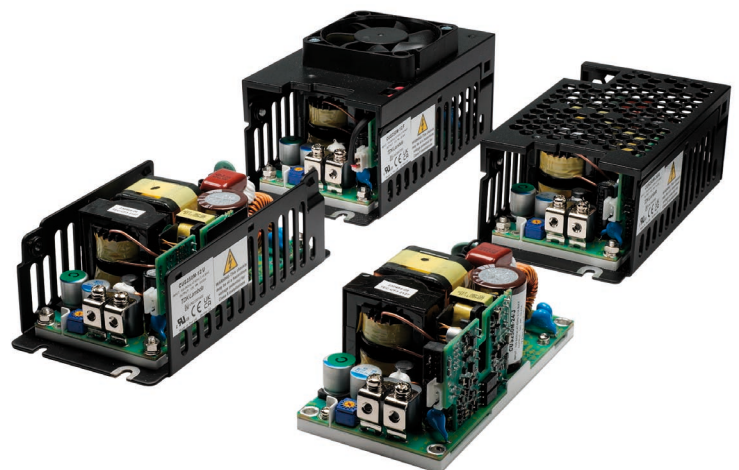


Bild 6: Medizinische Stromversorgungen der Serie CUS250M

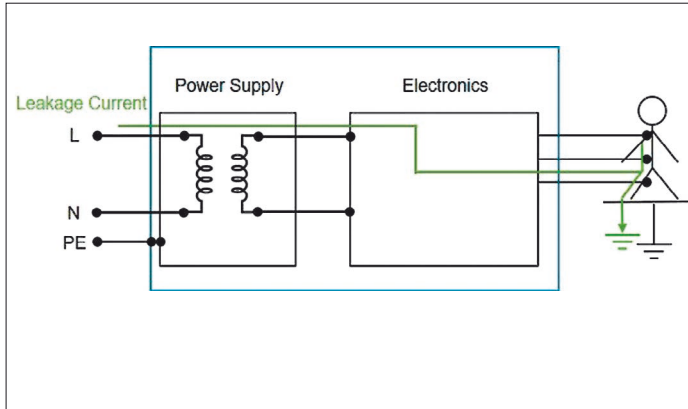


Bild 5: Patientenableitstrom

	Normal condition (NC)	Single fault condition (SFC)
Patient Leakage	100µA	500µA

Tabelle 3: Maximaler Patientenableitstrom

teams beim Layout der Leiterplatte (PCB) unerlässlich.

Das Resultat war ein Ableitstrom von weniger als 150 µA (bei 264 Vac 63 Hz - der ungünstigsten Spannung und Frequenz), ein Berührungsstrom von <math><10 \mu\text{A}</math> (Schutzklasse I) und <math><70 \mu\text{A}</math> (Schutzklasse II, kein Erdungsanschluss). Trotz dieser beeindruckend geringen Ableitströme werden die EMV-Grenzwerte sowohl für leitungsgebundene als auch für abgestrahlte Emissionen der Klasse B mit ganz erheblichen Sicherheitsreserven übererfüllt.

Zusammenfassung

Es gibt eine große Anzahl von Anbietern medizinischer Stromversorgungen. Es empfiehlt sich, ein Unternehmen auszuwählen, das über umfangreiche Erfahrungen in der Betreuung seiner Kunden ver-

fügt. Jede medizinische Entwicklung hat Vorgaben für die Ableitströme des Gesamtsystems. Ein kompetenter Anwendungssupport kann wertvolle Hilfestellung geben, wie die Stromversorgung optimal in das Endgerät integriert werden sollte um am Ende alle Grenzwerte mit beruhigenden Sicherheitsreserven einzuhalten. Dies kann dem Kunden viel Zeit und nicht zuletzt auch Geld sparen.

Bei Fragen oder Anmerkungen können Sie sich auch an den Autor wenden: tlu.powersolutions@tdk.com

Referenzen

www.emea.lambda.tdk.com/medical

www.emea.lambda.tdk.com/cus250m

www.emea.lambda.tdk.com/cus30_60m ◀



Pro Minute fallen 21 Hektar Wald.
So schnell kann er
leider nicht weglaufen.

Hilf mit! Gemeinsam schützen wir weltweit Wälder
und ihre Bewohner. Spende jetzt auf wwf.de/wald



Die Vernichtung der Wälder in Amazonien und weltweit bedroht Millionen von Arten – und unsere Gesundheit. Der WWF setzt sich in Projekten vor Ort, bei Unternehmen und auf politischer Ebene für ihren Schutz ein. Hilf uns dabei mit deiner Spende. WWF Spendenkonto: IBAN DE06 5502 0500 0222 2222 22