

Pepperl+Fuchs GmbH – Lilienthalstraße 200 – 68307 Mannheim

Bei Veröffentlichungen bitte folgende Kontaktdaten angeben:

Tel.: +49 621 776-2222, Fax: +49 621 776-27-2222, www.pepperl-fuchs.com, pa-info@de.pepperl-fuchs.com

Ansprechpartner für Redaktionen: Christa Blas (Tel.: -1420, Fax: -1108), cblas@de.pepperl-fuchs.com

Nachweis der Eigensicherheit

Die Eigensicherheit Ex i ist in der MSR-Technik eine seit Jahrzehnten bewährte Zündschutzart, deren Funktionsprinzip darauf beruht, die im Stromkreis verfügbaren Spannungen, Ströme und Leistungen verlässlich auf Werte zu begrenzen, bei denen weder zündfähige Funken noch unzulässig hohe Oberflächentemperaturen entstehen. Dabei übernimmt jedoch der Anwender ein hohes Maß an Verantwortung, da dieser in der Regel aus einer Vielzahl auf dem Markt erhältlicher Betriebsmittel die für seine Anwendung am besten geeigneten auswählt und selbst zusammenschaltet. In diesem Zuge ist der Nachweis der Eigensicherheit zu führen, bei dem geprüft wird, ob die beiden oben genannten Zündmechanismen – zündfähige Funken und heiße Oberflächen – sicher vermieden sind. Dass dieser in aller Regel rechnerisch geführte Nachweis gelegentlich nicht ganz so trivial ist, wie oftmals dokumentiert, soll im Folgenden beschrieben werden.

Grundaufbau eigensicherer Stromkreise

Im einfachsten Fall besteht ein eigensicherer Stromkreis aus drei wesentlichen Komponenten:

1. einer Quelle – in der Terminologie der Eigensicherheit ein zugehöriges Betriebsmittel, welches in der Regel im nicht explosionsgefährdeten Bereich installiert wird
2. einem Verbraucher als Feldgerät im Ex-Bereich – das eigensichere Betriebsmittel
3. der Verbindungsleitung zwischen den beiden Erstgenannten.

In der Regel kommt ein bescheinigtes zugehöriges Betriebsmittel als Quelle zum Einsatz, welches von einer benannten Stelle bewertet wurde. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass es an sich bereits eigensicher ist. Allerdings ist vom Anwender zu prüfen, unter welchen Voraussetzungen dies der Fall ist; zum Beispiel für welche Zone und Explosionsgruppe (IIA, IIB oder IIC) die Quelle geeignet ist.

Die Aussage zur Funkenzündung bezieht sich zunächst nur auf die eigensicheren Klemmen. Das heißt, dort entstehende Funken sind für die vorgesehene Explosionsgruppe nicht

zündfähig. Da aber der Anwender an diese Klemmen Energiespeicher in Form einer Leitung sowie eines Feldgerätes anschließt, ist im zweiten Schritt zu prüfen, welche Energiespeicher in den gesamten Stromkreis eingebracht werden. Denn erst dadurch kann geklärt werden, ob die Summe aus der von der Quelle *gelieferten* Energie zuzüglich der in Induktivitäten und Kapazitäten *gespeicherten* Energie immer noch zündunfähig ist oder nicht.

Es wird klar, dass die erforderlichen Informationen zunächst vom Hersteller der Quelle geliefert werden müssen: Die in den Prüfbescheinigungen zu findenden Angaben U_0 , I_0 und P_0 beschreiben zunächst die Quelle an sich. Die Angaben zu den maximal anschließbaren Induktivitäten L_0 und Kapazitäten C_0 beschreiben, welche zusätzlichen Energiespeicher die Eigensicherheit der Quelle noch gewährleistet.

Methodik: Funkenprüfgerät und Zündgrenzkurven

Im Abschnitt Typprüfungen der Gerätenorm EN 60079-11 ist beschrieben, wie die Funkenprüfungen für eigensichere Stromkreise erfolgen kann. Ein mögliches Verfahren besteht in der Verwendung des Funkenprüfgerätes, welches auf einem experimentellen Nachweis der Zündunfähigkeit beruht. Nachteil ist allerdings der erhöhte konstruktive Aufwand sowie die v.a. vom Anwender de facto nicht durchführbare Fehlerbetrachtung an den Geräten, die in Abhängigkeit von der geforderten Gerätekategorie und damit der Zone, für die das Betriebsmittel geeignet ist, zugrunde gelegt werden muss.

Vor diesem Hintergrund ist der Wunsch der Gerätehersteller nachvollziehbar, ein einfacheres Bewertungsverfahren zu haben, welches etwa bereits in der Entwicklungsphase eine Bewertung der Stromkreise ermöglicht – erster Ansatzpunkt war zunächst das zugehörige Betriebsmittel selbst. Auf Basis zahlreicher Experimente wurden deshalb schon früh so genannte Zündgrenzkurven veröffentlicht. Sie ermöglichen mit recht einfachen Mitteln eine Beurteilung der Quelle. Das Grundverfahren bei der Anwendung besteht für den Hersteller der Quelle in zwei Schritten. Im ersten Schritt wird geprüft, inwieweit die Quelle im Hinblick auf Strom und Spannung selbst bereits eigensicher ist. Hierbei wird die ohmsche Zündgrenzkurve herangezogen. Im zweiten Schritt wird geprüft, welche maximalen Reaktanzen angeschlossen werden können, ohne die Eigensicherheit zu beeinträchtigen. Hier kommen die induktive sowie die kapazitive Zündgrenzkurve zum Einsatz. Allerdings ist an dieser Stelle bereits Vorsicht geboten: Zum einen macht die Gerätenorm EN 60079-11 darauf aufmerksam, dass die genannten Zündgrenzkurven nur dann herangezogen werden dürfen, wenn der zu beurteilende Stromkreis dem einfachen Stromkreis entspricht, von dem die Kurven abgeleitet wurden. In erster Linie bedeutet das: Dies trifft nur auf Quellen mit linearer Ausgangskennlinie zu. Zum anderen ist – wenn auch nicht ausdrücklich beschrieben – der Zustand, in dem sich sowohl Induktivitäten als auch Kapazitäten im Stromkreis befinden, durch die Kurven nicht abgedeckt.

Problem: Die Bescheinigungen von Quellen

Die EG-Baumusterprüfbescheinigungen von Quellen listen die sicherheitstechnischen Kenngrößen U_0 , I_0 , P_0 , L_0 und C_0 auf, sodass der Anwender diese für die Berechnung relevanten Werte problemlos erhält; gleiches gilt für die auf der Feldgeräteseite korrespondierenden Werte U_i , I_i , P_i , L_i und C_i . Hält man sich jedoch die Herkunft der an die Quelle maximal anschließbaren Induktivitäts- und Kapazitätswerte L_0 und C_0 vor Augen, ist leicht zu erkennen, dass bereits an dieser Stelle eine erste Schwierigkeit lauern kann. Haben sich nämlich Hersteller oder Prüfstelle im Rahmen der Quellenbewertung bei der Angabe von L_0 und C_0 auf die Zündgrenzkurven bezogen, gilt die oben genannte Einschränkung bezüglich der Verwendbarkeit. Der zu prüfende Stromkreis muss dem einfachen Stromkreis entsprechen, aus dem die Kurve abgeleitet wurde. Wenn nun aber beispielsweise ein Feldgerät zum Einsatz kommen soll, welches gleichzeitig Kapazitäten und Induktivitäten enthält, ist dies offenkundig nicht der Fall. Auf diesen Umstand hat die Physikalisch-technische Bundesanstalt PTB in Braunschweig schon frühzeitig hingewiesen und in entsprechenden Berichten veröffentlicht. Spätestens mit der deutschen Ausgabe der Errichternorm EN 60079-14 aus dem Jahr 1997 (VDE 0165-1:1998) wurde dieser Sachverhalt in Form eines nationalen Vorwortes hervorgehoben. Hieraus ging hervor, dass die L_0 - und C_0 -Werte üblicherweise so zu verstehen sind, dass entweder L_0 oder C_0 als so genannte konzentrierte Reaktanzen in den Stromkreis eingebracht werden dürfen; bei ausschließlicher Ausnutzung als Leitungsreaktanzen sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich. Bei gemischter Beschaltung sollte der PTB-Bericht W-39 (mittlerweile als ThEX-10 oder Anhang C der EN 60079-25 bekannt) herangezogen werden.

Es war offenbar der Nachweis gelungen, dass sonst der geforderte Sicherheitsfaktor auf Werte unter eins sinken kann, was bedeutet, dass zündfähige Funken entstehen können. Auf diesen Umstand weisen auch viele Baumusterprüfbescheinigungen der PTB hin, die sowohl für den Fall der Ausnutzung ausschließlich als Leitungsbeläge als auch im Falle gemischter Beschaltung unterschiedliche Wertepaare für L_0 und C_0 ausweisen.

Berichtswesen: Nachweis der Eigensicherheit

Für den Fall, dass die oben genannte Bedingung der Ausnutzung als Leitungsbeläge sichergestellt ist, kann vom Nachweisverfahren her direkt auf eine beispielsweise tabellarische Darstellung verwiesen werden. Ansonsten ist der auf einem graphischen Verfahren beruhende Bericht ThEX-10 anzuwenden, welcher über die gemischte Beschaltung hinaus zusätzlich noch den Fall der Zusammenschaltung mehrerer Quellen abdeckt sowie – im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Kurven – auch die Bewertung für nichtlineare Ausgangskennlinien erlaubt. Damit steht ein sehr hilfreiches Instrument zur Bewertung verschiedener Schaltungssituationen zur Verfügung.

Das Grundverfahren zur Anwendung des Berichtes gliedert sich im Groben in folgende Schritte: Ausgehend von der erforderlichen Explosionsgruppe – zur Verfügung stehen IIB und IIC – wird zunächst ein geeignetes Diagramm ausgewählt, welches die maximal zu erwartende Induktivität zulässt (5 Diagramme von 0,15 ... 5 mH). In dieses Diagramm wird die Kennlinie der Quelle eingetragen; gleiches gilt für die Summenkennlinie im Falle mehrerer beteiligter Quellen.

Anschließend wird geprüft, welche Grenzkurven von dieser Kennlinie (nicht) geschnitten werden oder unterhalb welcher weiterer Grenzkurven der durch die Kennlinie bestimmte Punkt (U_{max} ; I_{max}) verläuft. Abhängig vom Kennlinienverlauf sowie der Lage des Punktes (U_{max} ; I_{max}) wird nun die maximale Kapazität C_o ermittelt. Mit den auf diese Weise ermittelten Werten für L_o und C_o kann nun der Nachweis der Eigensicherheit erfolgen.

Obwohl dieses Verfahren im Grunde sehr vielseitig anwendbar ist, ist es doch mit einem gewissen Aufwand verbunden, den man für bestimmte Anwendungsfälle deutlich zu reduzieren versucht hat. In den neuesten Ausgaben der Gerätenorm EN 60079-11 sowie der Errichternorm EN 60079-14 wird deshalb ein neues Verfahren – die 50-Prozent-Regel – beschrieben. Letztere ist in Deutschland zwischenzeitlich als DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1):2009-05 erschienen

Modernisierung: Die neue 50-Prozent-Regel

Dieses neue Verfahren trägt der Tatsache der unter Umständen höheren Zündfähigkeit gemischter Stromkreise Rechnung, allerdings wird nicht in jedem Fall davon ausgegangen, dass beliebige Mischverhältnisse der beteiligten Reaktanzen als gleichermaßen zündfähig anzusehen sind.

Das Grundverfahren geht vom Vorhandensein der hohen, auf Basis der Zündgrenzkurven der EN 60079-11 ermittelten, L_o - und C_o -Werte in der Dokumentation der Quelle aus. Das Verfahren gliedert sich dabei in folgende Schritte:

- Es ist zu prüfen, welche konzentrierten Reaktanzen L_i und C_i sich insgesamt im Stromkreis befinden.
- Übersteigen sowohl L_i als auch C_i ein Prozent des Wertes der jeweiligen L_o -, C_o - Werte der Quelle, sind reduzierte L_o -, C_o - Werte zu ermitteln.
- Falls zutreffend, erfolgt die Ermittlung der neuen Werte durch Halbierung der bisherigen Werte.
- In allen anderen Fällen, so beispielsweise der ausschließlichen Ausnutzung in Form von Leitungsreaktanzen oder der Kombination einer Leitung mit einer Reaktanz, werden nach wie vor die ursprünglich bescheinigten höheren Werte herangezogen.

Dieses Verfahren ist deutlich einfacher anzuwenden, ist allerdings auf den Fall beschränkt, dass sich zum einen nur eine Quelle im Stromkreis befindet, die zudem auch eine lineare Ausgangskennlinie besitzen muss. In allen anderen Fällen ist etwa wieder auf den ThEX-10 zurückzugreifen.

Fazit

Die beschriebenen Nachweisverfahren und vor allem deren Hintergründe zu den Grenzen der Anwendbarkeit zeigen, dass der Nachweis der Eigensicherheit offenkundig eine gewisse Komplexität erreicht hat, der einigen Anwendern auf den ersten Blick verwirrend erscheinen mag. Führt man sich jedoch die Entwicklung des Kenntnisstandes zu dieser Thematik vor Augen, so lässt sich nachvollziehen, warum an der ein oder anderen Stelle mittlerweile die Notwendigkeit besteht, die bisherige einfache tabellarische Gegenüberstellung zumindest im Hinblick auf die Herkunft der Lo-, Co-Werte zu überdenken. Weiterhin empfiehlt es sich, auch bereits vorhandene Nachweise bestehender Installationen im Hinblick auf den beschriebenen Effekt zu überprüfen; schließlich gilt es zu bedenken, dass der in diesem oder ähnlichen Fällen häufig zitierte *Bestandsschutz* nicht existiert! Außerdem gilt nicht erst seit Inkrafttreten der Betriebssicherheitsverordnung, dass überwachungsbedürftige Anlagen – und damit auch Ex-Anlagen – nach dem Stand der Technik zu installieren sind, was nach allgemeiner Lesart sehr häufig über das hinausgeht, was in Anwendernormen wie z.B. der DIN EN 60079-14 beschrieben ist. Zur Ermittlung dieses Standes der Technik sind beispielsweise der zuvor beschriebene PTB-Bericht ThEX-10 als Erkenntnisquelle heranzuziehen sowie gegebenenfalls weitere Veröffentlichungen zum jeweiligen Themenkreis. Da andererseits mit der neuen 50-Prozent- Regel zwischenzeitlich ein einfaches Mittel zur Berechnung einer Vielzahl in der Praxis vorkommender Stromkreise zur Verfügung steht, wird die Eigensicherheit genauso unkompliziert einsetzbar sein wie zuvor; im Zweifelsfalle stehen kompetente Experten zur Unterstützung bereit.

Über Pepperl+Fuchs

Pepperl+Fuchs ist einer der Marktführer in Entwicklung und Herstellung von elektronischen Sensoren und Komponenten für den weltweiten Automatisierungsmarkt. Kontinuierliche Innovation, hohes Qualitätsniveau und ständiges Wachstum bilden die Basis unseres Erfolges – und das seit mehr als 60 Jahren.

Ein Unternehmen, zwei Geschäftsbereiche

Pepperl+Fuchs – PROTECTING YOUR PROCESS

Der **Geschäftsbereich Prozessautomation** ist ein Marktführer im Bereich des eigensicheren Explosionsschutzes. Wir bieten umfassende, applikationsorientierte Systemlösungen bis hin zu kundenspezifischen Schaltschranklösungen für die Prozessindustrie. Hierzu steht eine große Auswahl an Komponenten aus unseren verschiedenen Produktlinien zur Verfügung: Trennbarrieren, Feldbusinfrastruktur-Lösungen, Remote I/O Systeme, HART Interface Solutions, Füllstandsmesstechnik, Überdruckkapselungssysteme, Bedienen+Beobachten, Stromversorgungen sowie Warnanlagen für Öl- und Fettabseider, Signalgeräte, Leuchten, Notaus-Ausrüstungen und -Zubehör.

Pepperl+Fuchs – SENSING YOUR NEEDS

Mit der Erfindung des induktiven Näherungsschalters im Jahre 1958 hat das Unternehmen im **Geschäftsbereich Fabrikautomation** einen entscheidenden Meilenstein in der Automatisierungswelt gesetzt. Unter dem Motto „Sensing your needs“ profitiert der Kunde von maßgeschneiderten Sensorlösungen für die Fabrikautomation. Die Zielmärkte der Fabrikautomation sind Maschinen- und Anlagenbau, Automobilindustrie, Lager- und Fördertechnik, Druck- und Papierindustrie, Verpackungstechnik, Process Equipment, Tür-, Tor-, Aufzugsbau, Mobile Equipment und erneuerbare Energien.

Der Geschäftsbereich bietet von induktiven, optoelektronischen und Ultraschallsensoren über Drehgeber, Identifikationssysteme, Barcodes, Lesegeräte für Data-Matrix-Codes und Vision Sensoren eine breite Palette industrieller Sensoren.

Schlagworte: Eigensicherheit, Nachweis, konzentrierte und verteilte Reaktanzen

Autor: Michael Wenglorz, Dipl.-Ing. (BA)
Trainer für Explosionsschutz, Eigensicherheit und funktionale Sicherheit
Geschäftsbereich Prozessautomation

Zeichen: 10.657, ohne Leerzeichen

Zeichen Kurzfassung: 815, ohne Leerzeichen

Juni 2010



Bild 1: Aufmacher



Bild 2: Einfacher eigensicherer Stromkreis mit zugehörigem Betriebsmittel, Leitung und Feldgerät

Zugehöriges Betriebsmittel	Kabel	Eigensicheres Betriebsmittel
$U_o \leq$		U_i
$I_o \leq$		I_i
$P_o \leq$		P_i
$L_o \geq$	L_c	+ L_i
$C_o \geq$	C_c	+ C_i

Bild 3: Vergleich sicherheitstechnischer Kennwerte

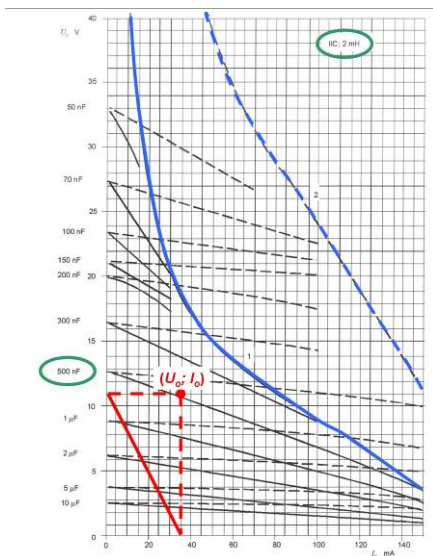


Bild 4:

Graphisches Verfahren gem. ThEX-10. Die Kennlinie der beispielhaft dargestellten Quelle (rot) darf die induktive Grenze der Rechteckquelle (blau) nicht schneiden, der Punkt $(U_o; I_o)$ muss unterhalb der Grenze der linearen Quelle (blau gestrichelt) liegen. Die max. zulässigen Reaktanzen betragen in diesem Beispiel 2 mH und 500 nF.



- $L_i \leq 1 \%$, $C_i \leq 1 \%$: L_o , C_o
- $L_i \leq 1 \%$, $C_i > 1 \%$: L_o , C_o
- $L_i > 1 \%$, $C_i > 1 \%$: $L_o = 105 \text{ mH}$, $C_o = 1,205 \mu\text{F}$ **600 nF**

Bild 5:

Anwendung der 50-Prozent-Regel am Beispiel eines Trennschaltverstärkers mit hohen L_o , C_o -Werten

Anmerkung: nach Informationen der DKE, Frankfurt/M. wird empfohlen, die Kapazitätswerte 600 nF (IIC) bzw. 1 μF (IIB) nicht zu überschreiten.