

Freilauf-Dioden

für Schalter induktiver Lasten wie Elektromotoren und Relais

Freilaufdioden werden überall dort benötigt, wo Induktivitäten vorhanden sind – z. B. in Motorwicklungen oder Relaispulen. Induktive Lasten wie diese werden üblicherweise über einen Schalter angesteuert. Die Komplexität der Ansteuerungen kann dabei stark variieren: von einem einfachen Ein/Aus-Schalter bis hin zu aufwändigen 3-Phasen Motorsteuerungen. In vielen Fällen ist der Schalter ein elektronisches Bauteil, z. B. ein MOSFET oder IGBT. Aber wozu wird die Diode benötigt? Dies wird im Folgenden näher erläutert, und es werden verschiedene Dioden vorgeschlagen, inklusive der Protectifiers®.

Vorweg etwas Physik. Die Spannung u über einer Spule mit der Induktivität L ist proportional zur zeitlichen Stromänderung di/dt :

$$u = L \times di/dt \quad (1)$$

Bei Anlegen einer konstanten Spannung u beginnt ein linear ansteigender Strom durch die Spule zu fließen, mit dem Betrag di innerhalb der Zeit dt . Wird u wieder Null, so muss auch die Änderung des Stromes Null werden; mit anderen Worten, ein bereits fließender Strom bleibt konstant auf seinem aktuellen Wert!

Auf der anderen Seite erzeugt eine rapide Änderung des Stromes – z. B. wenn ein Schalter den Stromkreis unterbricht – ein hohes di/dt und damit eine extreme Spannungsspitze u . Dieser Effekt wird z. B. bei Zündspulen ausgenutzt, um Funken zu erzeugen.

Die unten stehende Schaltung zeigt die typische Anwendung eines Gleichstrommotors, bei der die oben genannten Effekte eine Rolle spielen. Anstelle des Motors (M) könnte auch eine Relais- oder Ventil-Spule eingefügt werden. Solange der Schalter (S) geschlossen ist, fließt ein Strom (i) durch die Motorwicklung, während die Diode (D) sperrt, siehe Bild a). Wird der Schalter geöffnet, so fließt der Strom durch den so genannten Freilaufpfad durch die Diode, Bild b). Die Spannung über der Spule ist im Idealfall Null, so dass der Strom mit konstantem Betrag weiterfließt (in der Praxis nimmt er aufgrund der Verluste im Freilaufpfad sowie der Fluss-Spannung der Diode ab). Wäre keine Freilaufdiode vorhanden, so würde der Strom in sehr kurzer Zeit auf Null abfallen, mit einer extremen Stromänderung di/dt . Als Folge würde gemäß Formel (1) eine hohe Spannungsspitze u auftreten, durch die der Schalter zerstört werden kann. Die Freilauf-Diode eliminiert jegliche Spannungsspitzen und schützt somit den Schalter und andere Komponenten!



Bei niedrigen Systemspannungen werden in vielen Fällen Schottky-Dioden aufgrund ihrer niedrigen Fluss-Spannung V_F eingesetzt. Bei höheren Sperrspannungen (z. B. 100V) ist die Fluss-Spannung V_F der Bauteile jedoch kaum noch niedriger als die einer Bipolar-Diode. Schottkys sind vorteilhaft bei sehr hohen Taktfrequenzen f_T ; aber in den meisten Anwendungen ist f_T eher niedrig – unter 40kHz – um EMV-Probleme zu vermeiden. Bei niedrigen und mittleren Schaltfrequenzen können Fast- bzw. Ultrafast-Recovery Dioden verwendet werden. Bei einfachen Ein/Aus-Schaltern in Gleichstromanwendungen kommen sogar Standard-Recovery Bauteile zum Einsatz.

Die sehr kurze Schaltzeit von MOSFETs, aber auch das von Kollektormotoren erzeugte „Bürstenfeuer“ können induktive Spannungsspitzen zur Folge haben, welche die Dioden beschädigen können. Daher muss die Diode sorgfältig ausgewählt und dimensioniert werden, um eine Zerstörung durch sperrseitige Überlastung zu vermeiden.

Eine optimale Lösung für alle diese Anwendungen sind die von Diotec entwickelten **Protectifiers®**: Das sind „geschützte Gleichrichter“, mit einer **niedrigen Fluss-Spannung V_F** und einer **sehr robusten Sperrcharakteristik**, vergleichbar zu Suppressor-Dioden (TVS). Sie sind deutlicher robuster als einige am Markt befindliche Schottky-Dioden mit einer sehr niedrigen, für die praktische Anwendung kaum brauchbaren Avalanche-Charakteristik. Die Protectifiers® können mit einer Sperrverzugszeit t_{rr} um die 200ns geliefert

werden, was deren Einsatz bis zu 10 kHz erlaubt.

Protectifiers® werden mit 10/1000µs Pulsen charakterisiert, wie sie bei Blitzeinwirkungen üblich sind; weniger energiereiche ESD Pulse sind kein Problem für die Bauteile. Die spezifizierte Überlastfähigkeit und sperrseitige Spannungsbegrenzung ist ein großer Vorteil beim Schaltungsdesign. Potentielle Fehlerquellen durch zu knappe Dimensionierung werden vermieden, und in vielen Fällen kann sogar die Sperrspannung des MOSFETs reduziert werden. Das erlaubt eine deutliche Kostenreduzierung!

Die untenstehende Tabelle zeigt eine Übersicht typischer Freilaufdioden in verschiedenen Technologien und Gehäusebauformen.

| Artikel-Nr. | Technologie | Gehäuse | Typ ¹⁾ | V _{F1} | I _{FAV} | V _{WM} /V _{RRM} | t _{Tr} |
|-------------|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------------------------|-----------------|
| F5K120 | Protectifiers® | DO-201 | Axial | 0.99 V | 5 A | 120 V | <350 ns |
| P1000M | Standard Recovery | D8 x 7.5 | Axial | 0.90 V | 10 A | 1000 V | ~1500 ns |
| F12K120 | Protectifiers® | D8 x 7.5 | Axial | 0.82 V | 12 A | 120 V | <300 ns |
| F1200D | Superfast Recovery | D8 x 7.5 | Axial | 0.82 V | 12 A | 200 V | <200 ns |
| F12K120 | Protectifiers® | D8 x 7.5 | Axial | 0.82 V | 12 A | 120 V | <300 ns |
| PX1500M | Standard Recovery | D8 x 7.5 x d1.6 | LowRth Axial | 0.90 V | 15 A | 1000 V | ~1500 ns |
| FX2000D | Superfast Recovery | D8 x 7.5 | Axial | 0.82 V | 20 A | 200 V | <200 ns |
| FX20K120 | Protectifiers® | D8 x 7.5 x d1.6 | LowRth Axial | 0.82 V | 20 A | 120 V | <300 ns |
| FT2000AA | Superfast Recovery | TO-220AC | A = Kühlfahne | 0.84 V | 20 A | 50 V | <200 ns |
| FT2000AB | Superfast Recovery | TO-220AC | A = Kühlfahne | 0.84 V | 20 A | 100 V | <200 ns |
| FT2000AC | Superfast Recovery | TO-220AC | A = Kühlfahne | 0.84 V | 20 A | 150 V | <200 ns |
| FT2000AD | Superfast Recovery | TO-220AC | A = Kühlfahne | 0.84 V | 20 A | 200 V | <200 ns |
| FT2000KA | Superfast Recovery | TO-220AC | K = Kühlfahne | 0.84 V | 20 A | 50 V | <200 ns |
| FT2000KB | Superfast Recovery | TO-220AC | K = Kühlfahne | 0.84 V | 20 A | 100 V | <200 ns |
| FT2000KC | Superfast Recovery | TO-220AC | K = Kühlfahne | 0.84 V | 20 A | 150 V | <200 ns |
| FT2000KD | Superfast Recovery | TO-220AC | K = Kühlfahne | 0.84 V | 20 A | 200 V | <200 ns |
| KT20A120 | Protectifiers® | TO-220AC | A = Kühlfahne | 0.85 V | 20 A | 120 V | <300 ns |
| KT20K120 | Protectifiers® | TO-220AC | K = Kühlfahne | 0.85 V | 20 A | 120 V | <300 ns |
| P2000M | Standard Recovery | D8 x 7.5 | Axial | 0.87 V | 20 A | 1000 V | ~1500 ns |
| P2000MTL | Standard Recovery | D8 x 7.5 x d1.6 | LowRth Axial | 0.87 V | 20 A | 1000 V | ~1500 ns |
| BYZ35K33 | Protectifiers® | Pressfit | K = Draht | 1.10 V | 35 A | 26.8 V | ~1500 ns |

Für detaillierte Datenblätter einfach die Artikel-Nr. in das "Suche"-Feld eingeben auf <http://www.diode.com/>

1 A = Anode, K = Kathode