

Motorfilter - dU/dt-Filter

Wenn heute von modernen Antriebskonzepten die Rede ist, dann wird immer auch der Frequenzumrichter erwähnt, mit dem es möglich ist, die Drehzahl und das Drehmoment von Drehstrom-Asynchronmotoren in einem großen Bereich stufenlos zu beeinflussen. Diese Antriebsart senkt die Kosten in dem sie alle Vorteile eines leistungselektronischen Bauteils, wie



Bild 1 dU/dt-Filter 35 A

- geringes Gewicht
- kleine äußere Abmessungen
- niedrige elektrische Verluste
- umfangreiche Regelungsmechanismen

für den Motor zur Verfügung stellt.

Diese überzeugenden Vorteile dürfen jedoch nicht darüber hinweg täuschen, dass diese Art der Motoransteuerung auch einige Nachteile mit sich bringt. Diese äußern sich einerseits in einer stark erhöhten Beanspruchung des Motors und andererseits in der Schaffung von EMV-Problemen. Die nachfolgenden Ausführungen sollen sich vorwiegend mit der ersten Problematik im Zusammenhang mit Frequenzumrichtern mit Spannungszwischenkreis befassen. Bei diesen wird aus der gleichgerichteten Eingangsspannung eine pulsweitenmodulierte Ausgangsspannung erzeugt.

Motorbelastung

Die heutigen Leistungshalbleiter, die in den Umrichtern die Ausgangsspannung schalten, sind so konstruiert, dass die darin stattfindenden Kommutierungsvorgänge sehr schnell ablaufen um, u. a. die Erzeugung von Verlustenergie, zu minimieren. Diese Eigenschaft hat eine steile Spannungsflanke am Umrichterausgang zur Folge.

Dabei belasten die hohen dU/dt -Werte im Zusammenspiel mit der Induktivität und der Kapazität der Motorzuleitung den Motor mit Resonanzüberschwingungen. Höchste Spannungsgradienten rufen bei Inhomogenitäten, in der Lackisolation oder bei konstruktionsbedingter Feldstärkekonzentration, Durchschläge hervor. Im Allgemeinen sinkt auch die Durchschlagsfestigkeit der polyesterbasierten Kupferlacke der Motorwicklungen mit steigender Frequenz und dU/dt -Belastung.

- Bei IGBT-Frequenzumrichtern für 400/440V Netzbetrieb (560-650V Zwischenkreisspannung) schalten die IGBT's innerhalb von rund $<200\text{ns}$ um. Dies führt zu einer Spannungssteilheit an den Motorleitungen von rund 3-5kV und zum Teil bis zu $10\text{KV}/\mu\text{s}$. Eine typische kapazitätsarme Motorleitung ist ein gemeinsam abgeschirmtes mehradriges Kabel mit einem Kapazitätsbelag von ca. 200pF/m .
- Die Flankensteilheit führt zu Umladeströmen von rund $0,6\text{A/m}$. Dies summiert sich bei langen Motorleitungen zu Umladeströmen bis zu 20A auf, die auch bei Geräten kleiner Leistung fließen. Eine nicht unerhebliche Belastung für den Wechselrichter.
- Bei langen Motorleitungen wachsen die Ströme aufgrund der Wellenausbreitung (5ns/m) nicht weiter an.
- Basierend auf diesen Werten (geschirmtes, mehradriges Kabel) treten Resonanzen mit dem FU bei 20m/50KHz: 40m/35KHz; 100m/22KHz auf.

Problemlösung

Diese und weitere Nachteile, wie Geräuschentwicklung und HF-Einwirkung auf benachbarte Elektrogeräte, lassen die Vorteile der Umrichtertechnik schnell verblassen, wenn zum Beispiel ein Anwender aus bestimmten Gründen gezwungen ist, sein Antriebskonzept zu ändern, sich aber aus Kostengründen nicht von den Motoren älterer Bauart trennen kann. Um bei diesen Motoren nicht die Zerstörung durch Wicklungsschluß zu riskieren, wird sich dieser Anwender zu einer Befilterung des Umrichterausgangs durch einen Motorlastfilter oder dU/dt -Filter entschließen. Diese stellen regelungstechnisch gesehen ein PT_2 -Glied dar, bei dem eine Verzögerung

2. Ordnung des Ausgangssignals gegenüber dem Eingangssignal auftritt.

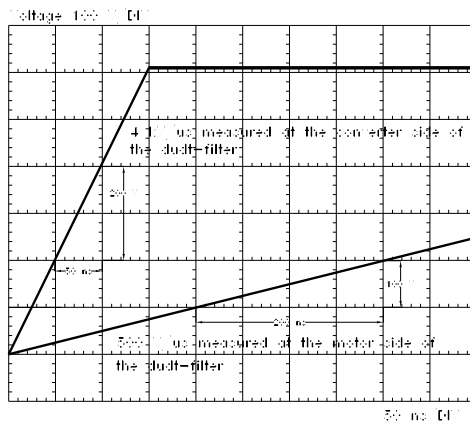


Bild 2

Elektrisch gesehen ist das Filter ein Schwingkreis bestehend aus einer RLC-Kombination.

Das Filter hat die Aufgabe die steilen Spannungsflanken von oftmals über 5 kV/μs auf einen für die Motoren erträglichen Wert von ca. 500 V/μs oder

niedriger zu begrenzen (siehe Bild 2). Ob geschirmte Leitungen erforderlich sind, kann nicht pauschal vorausgesetzt werden. Der Einsatz hierzu ist individuell auf den jeweiligen Anwendungsfall hin zu prüfen.

Der herabgesetzte dU/dt-Wert hat auf jeden Fall den Vorzug, dass parasitäre Kabel- und Erdströme zwischen Leiter und Schirm, wie auch zwischen Leiter und benachbarte Komponenten, massiv unterdrückt werden und somit der Umrichter durch die der EMV zuträglichen Maßnahmen nicht zusätzlich belastet wird.

Wichtig dabei ist die Dimensionierung des Filters, damit die Resonanzfrequenz zwischen FU-Taktfrequenz und Filter ausgeschlossen werden kann.

Bei heutigen Anlagenkonzepten, die zunehmender Optimierung und Minimierung unterliegen, nehmen die EMV-Maßnahmen, wie Netzentstörfilter und Motorlastfilter, gerade bei höheren Strömen ab 100A aufwärts einen volumen- und kostenmäßig hohen Anteil ein. Um hierbei den Aufwand für den Anwender klein zu halten, hat die Bajog electronic eine neue Technologie für dU/dt-Filter und Sinus- Filter entwickelt, die es ermöglicht anhand der Anwenderangaben

- Strom,
- Spannung,
- Motorfrequenz,

- FU-Taktfrequenz
- dU/dt-Begrenzung,
- Überstrom,
- Überschwingen,
- Umgebungstemperatur,
- Anschlußart,
- Länge der Motorzuleitung und
- Bauform

ein Optimum zu ermitteln. Durch spezielle Ferritmaterialien, eigene Spezialkondensatoren und durchdachte Wärmeabführungsmechanismen ist dabei ein entscheidender Schritt zur Minimierung der äußeren Filtergeometrie getan worden.

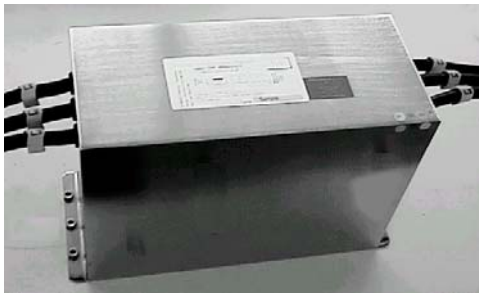


Bild 3 dU/dt-Filter 100A

Es muss hierbei betont werden, dass dU/dt-Filter nicht in jedem Fall eine Standardapplikation darstellen. Besonders die Anwender, deren Kosten-Nutzen-Denken schon einmal durch Standardprodukte enttäuscht wurde, weil sie entweder eine oder mehrere der o. g. Randbedingungen nicht erfüllten und

dadurch ein Anlagenredesign notwendig wurde, wissen davon zu berichten. Eine Überdimensionierung kommt wegen erhöhter Kosten ebenfalls selten in Betracht.

Ein Beispiel für eine erfolgreiche Optimierung ist ein Filtermodell mit folgenden Kenndaten:

- Abmessungen 115mm x 260mm x 180mm (BxLxH),
- Nennstrom 100 A bei 100% ED,
- Betriebsspannung 1000 Vac,
- Taktfrequenz bis 4-18 kHz,
- dU/dt-Faktor 500 V/ μ s,
- Kabellänge bis 50 m,
- Umgebungstemperatur bis +55°C.

Wir stehen auch unseren Kunden gerne mit Rat und Tat zur Verfügung.

Zusammenfassung

Alle erwähnten Gesichtspunkte tragen wesentlich zur Erhöhung der Lebenserwartung des Motors und zur Begrenzung von EMV-Störungen bei.

Es soll dabei immer das Ziel bleiben, dem Anwender den dU/dt-Filter als leistungsfähiges und kostengünstiges Bauteil bei der Bewältigung seiner EMV-Probleme einerseits zu erhalten und andererseits ständig durch neue Ideen zu verbessern.