

Elektronische Motorsanftstarter schonen Antriebe

An leistungselektronische Motorstarter werden beim Anlaufen von Drehstrom-Asynchronmotoren erhebliche Anforderungen gestellt. Ein hoher Anlaufstrom muß beherrscht werden. Der gesamte Antrieb und die Kraftübertragung zur Arbeitsmaschine sind vor zu hohen Einschaltmomenten zu schützen. Die bisherigen Verfahren zum Starten von Motoren sind nach heutigem Stand der Technik nicht mehr wirtschaftlich. Leistungselektronische Lösungen beherrschen die Anforderungen besser.

Seit dem Einsatz von Drehstrom-Asynchronmotoren werden mechanische und elektrische Hilfsmittel eingesetzt, um Einschaltströme und Momentenstöße zu reduzieren.

Spezielle Anlaufkupplungen (Schlupfkupplungen) schützen den Antrieb - bestehend aus Getriebe und Arbeitsmaschine sowie Netzeinspeisung und Stellglied - vor zu hohen Momentenstößen mechanisch. Das versorgende Drehstromnetz wird hingegen durch den hohen Anlaufstrom des Asynchronmotors immer noch zusätzlich belastet.

Die Verwendung von Stern-Dreieck-Anlaufschaltungen oder leistungselektronischen Lösungen bringt eine deutliche Entlastung des gesamten Antriebs und des Stromversorgungsnetzes. Mittlerweile haben sich elektronische Sanftstarter als echte Alternative zum Einschalten von Drehstrom-Asynchronmotoren gegenüber Schützen in Stern-Dreieck-Kombinationen durchgesetzt.

Aufbau und Wirkungsweise

Bei den konventionellen Anlassverfahren wird der Motor und das Stromversorgungsnetz in Auswirkung der Ein- und Umschaltvorgänge in der Maschine durch überhöhte Anlaufströme, schnelle Stromänderungen (Stromspitzen) und damit durch in der Asynchronmaschine erzeugte Momentenstöße hoch belastet. Diese mechanische Beanspruchung von Motor und gesamtem Antrieb vermeidet der Einsatz von Sanftstartern mit kontinuierlicher Spannungsänderung (Spannungsrampe).

Die Belastung des Netzes durch hohe Anlaufströme und Umschaltspitzen verringert sich infolge einer stetigen Beeinflussung des Stroms wirksam. Gleichzeitig gehören Spannungseinbrüche und

-spitzen (Spikes) der Vergangenheit an. Sanftstarter erfüllen damit alle Anforderungen, die empfindliche Betriebsbedingungen an sie stellen.

Sanftstarter sind speziell angesteuerte Drehstromsteller, zum Einsatz gelangen Thyristoren (Bild 1).

Mit den Verstellmöglichkeiten eines leistungselektronischen Sanftstarters können die verschiedensten Motor- und Lastkennlinien optimal aneinander angepasst werden (Bild 2). Durch diese Eigenschaft beschleunigt und stoppt der Antrieb sanft.

Das an der Welle erzeugte und von der Arbeitsmaschine (z. B. eine Pumpe) verlangte Moment M beträgt beim Einschalten des Motors ohne Sanftstarter ein Mehrfaches seines Nennmoments. Während

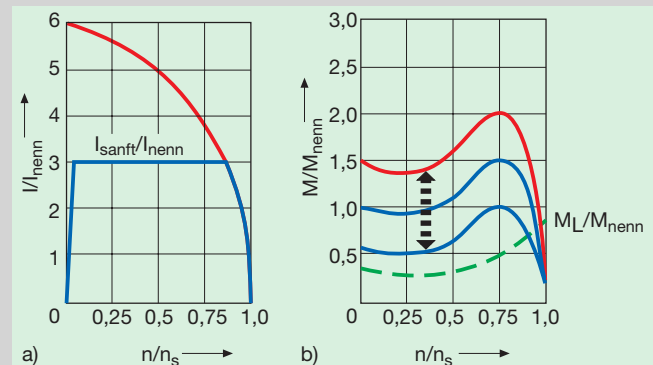
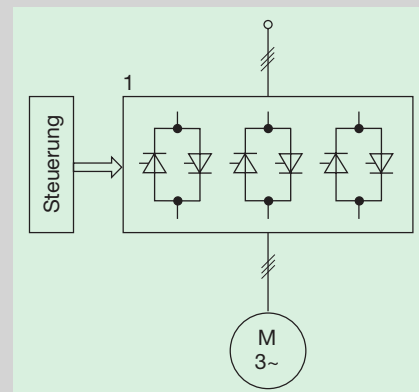
der gesamten Anlaufzeit des Motors entstehen sehr hohe Momente an der Welle, die den Antrieb entsprechend schnell beschleunigen. Der größte Momentenwert (Kippmoment) wird kurz vor dem stationären Arbeitspunkt (Bemessungsbetriebspunkt) durchfahren. Die gesamten Antriebskomponenten wie Getriebe und Lastmaschine müssen für diesen Momentenverlauf ausgelegt sein.

Weil der größte, vom Netz zu liefernde Anlaufstrom das 6fache des Nennstromes erreichen kann, ist mit der Beeinträchtigung der Stromversorgung anderer Verbraucher durch Spannungseinbrüche zu rechnen.

Die blauen Kurvenverläufe belegen, auf welche Werte mit Hilfe

der Sanftstarter der Anlaufstrom des Motors verringert bzw. wie stark das Moment an der Motorwelle reduziert wird. Typischerweise sinkt das Anlaufmoment auf Beträge weit unterhalb des Nennmoments (Bereich 30% bis 80% M_{nenn}), der Anlaufstrom auf bis zu 30% des natürlichen Motoranlaufstroms. Die Einflussnahme auf die Motorkennlinien von Strom und Moment erfolgt über eine Veränderung der Motor-Klemmenspannung. Ihr rampenartiger Verlauf ist die einfachste und meist genutzte Form bei spannungsgesteuerten Sanftstartern. Hierbei wird die Motorklemmenspannung mittels Phasenanschnitt vermindert, um während des gesamten Starts kontinuierlich erhöht zu werden. Da-

1 Prinzipschaltung des Sanftstarters mit Thyristoren



2 Typische statische Kennlinien eines Drehstromantriebs mit Pumpenlast

(alle Werte sind bezogen auf den Nennwert bzw. die synchrone Motordrehzahl)

a Stromkennlinien

I – Motorstrom ohne Sanftstarter (natürliche Kennlinie)

I_{nenn} – Motornennstrom

I_{sanft} – Motorstrom mit Sanftstarter

b Momentenkennlinien

M – Motormoment

M_{nenn} – Motornennmoment

M_L – Lastmoment (der Pumpe)

n – Motordrehzahl

n_s – synchrone Motordrehzahl

rot – Motorkennlinie ohne Sanftstarter (natürliche Kennlinie)

blau – Motorkennlinien für unterschiedliche, vom Sanftstarter bereitgestellte Spannungen

grün – typische Last (hier z.B. eine Pumpen)

Info

Zuordnungsarten

Typ 1 nach EN 60947-4-1 bzw. DIN VDE 0660 Teil 102: Der Verbraucherabzweig (z. B. Motorstarter) darf nach jeder Kurzschlussabschaltung funktionsunfähig sein. Beschädigungen des Schützes (oder hier des Sanftstarters) und des Überlastrelais sind zulässig, ein weiterer Betrieb ist nur nach Reparatur oder Austausch defekter Geräte möglich.

Typ 2 nach EN 60947-4-1 bzw. DIN VDE 0660 Teil 102: Nach erfolgter Kurzschlussabschaltung dürfen die Geräte des Verbraucherabzweigs keine Beschädigungen zeigen. Als Ausnahme gilt ein mögliches Verschweißen der Schützkontakte, wenn diese ohne nennenswerte Verformung wieder leicht zu trennen sind.

durch verringert sich der Anlaufstrom und das Moment. Ausgehend von einer einstellbaren geringen Startspannung zum Zeitpunkt des Einschaltens wird während einer frei wählbaren Zeit (Rampenzeit) die Spannung bis auf die Netzspannung erhöht. Während des Ablaufs der Spannungsrampe erreicht der Motor mit geringerem Anlaufstrom und herabgesetztem Moment seine Bemessungsdrehzahl.

Trotz aller beschriebenen Vorteile wie die Reduzierung von Motormoment und Anlaufstrom, die optimale Anpassmöglichkeit an die Arbeitsmaschine und eine kontinuierliche Beeinflussung des Anlaufs, keine Umschaltungen, Stöße oder Spikes, war bisher die Integration der elektronischen Sanftstarter in einen Motorabzweig wegen seines relativ großen Platzbedarfs nicht so einfach möglich. Auch erfüllten die Anforderungen für einen effektiven Kurzschlusschutz in leistungselektronischen Motorabzweigen bisher nur spezielle Halbleitersicherungen. Deshalb wurde mit dem Sanftstarter SIRIUS 3RW3 (Bild ③) ein großer Schritt in die Kombinationsfähigkeit mit anderen Schaltgeräten vollzogen.

Das Gerät unterscheidet sich in seiner Grundfunktion (Bild ①) zwar nicht von bisher bekannten Sanftstartern. Er bietet deshalb auch in seiner einfachsten Ausführung die Grundmerkmale für sanften Start, Strom- und Momentenreduzierung.

Zusätzlich kann aber durch die zweite integrierte Funktion „Sanftauslauf“ das abrupte Stehenbleiben des Antriebs vermieden werden. Dieser Sanftauslauf arbeitet mit einer abfallenden Spannungsrampe.

Um beide Funktionen optimal und voneinander unabhängig einzustellen, besitzt der SIRIUS Sanftstarter drei Potentiometer für Anlauframpenzeit, Startspannung sowie Auslaufzeit. Die Auslaufzeit 0 sec bedeutet das Abschalten der Sanftauslauffunktion.

Der SIRIUS 3RW3 Sanftstarter ist lediglich mit je 2 antiparallelen Thyristoren in zwei gesteuerten Phasen ausgerüstet (Bild ①). Die dritte Phase ist durchverbunden. Die kompakten Abmessungen erhalten die Starter nicht nur durch die zweiphasige Ausführung, sondern ebenfalls durch den konsequenten Einsatz der Hybridtechnik. Darunter verbirgt sich bei diesen Sanftstartern die Kombination von Leistungshalbleitern und kon-



③ Kompakte Bauform mit kleinem Platzbedarf ist das hervorragende Merkmal des SIRIUS Sanftstarters 3RW3 Baugröße 2, Bildmitte

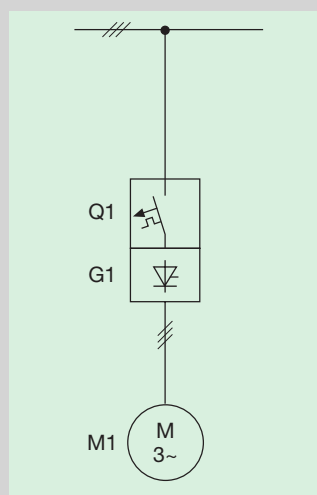
(Foto: Siemens).

Durch übereinstimmende Baubreite und einfache Kombination mit den Komponenten der SIRIUS-Schaltgeräte-Familie lassen sich komplette Motorstarter sehr einfach zusammenstellen und montieren.

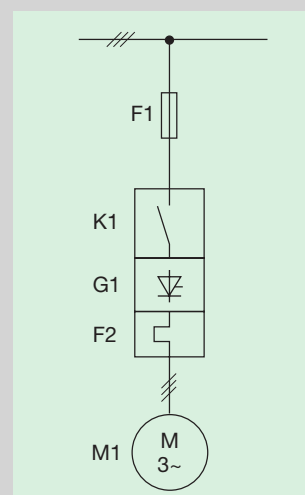
Tafel ① Leistungsdaten der Gerätefamilie SIRIUS Sanftstarter 3RW3

1	Bemessungsbetriebsstrom 6 bis 100A
2	Bemessungsbetriebsspannung 200 bis 575V
3	Sanftan- und auslauffunktion
4	Zulässiger Umgebungstemperaturbereich von -25°C bis 60°C.
5	Dicht-an-dicht-Montage zulässig
6	Flexible Einbaubedingungen durch optionalen Lüfter
7	Kombinierbar mit Leistungsschaltern oder Sicherungen (Bild ①)

ventionellen Kontakten. Hierbei werden die Thyristoren nur während der Anlaufphase belastet. Nach erfolgtem Hochlauf des



④ Sicherungsloser Motorstarter bestehend aus Leistungsschalter Q1 und leistungselektronischem Sanftstarter G1, Zuordnungsart Typ 1



⑤ Sicherungsbehafteter Motorstarter bestehend aus Schütz-Überlastrelais-Kombination K1/F2, Sicherung F1 und Sanftstarter G1, Zuordnungsart Typ 1 oder 2

Antriebs übernehmen parallel geschaltete mechanischen Kontakte die Führung des Stroms. Somit werden die Verluste klein gehalten, und es entsteht die kompakte Abmessung als eine der Voraussetzungen, um einen elektronischen Motorstarter einfach zu installieren. Außerdem wird die Kombination mit den herkömmlichen Schutzorganen wie Leistungsschaltern oder Überlastrelais und Sicherungen mühelos möglich.

Die Leistungsdaten der Gerätefamilie zeigt Tafel ①.

Schutz gegen Kurzschluss und Überlast

Die erläuterten leistungselektronischen Sanftstarter lassen sich einfach zu kompletten Motorstartern mit Standard-Schutzkomponenten zusammenstellen. Dazu existieren zwei Möglichkeiten:

- Die einfachste Variante zeigt Bild ④. Der komplette Motorstarter besteht aus Leistungsschalter Q1 mit angeschlossenem Sanftstarter G1. Der Leistungsschalter übernimmt die Abschaltung bei Überlast und im Kurzschlussfall. Diese Kombination ist bei Kurzschlussströmen bis zu 50kA entsprechend der Zuordnungsart 1 nach EN 60947-4-1 und DIN VDE 0660 Teil 102 geeignet (s. Info). Das betriebsmäßige Ein- und Ausschalten übernimmt der Sanftstarter mit seiner Sanftanlauf- und Sanftauslauffunktion. Die

Freischaltung des Abzweigs durch den Leistungsschalter entspricht ebenfalls der Trennung gemäß gültiger Vorschriften.

Durch die einfache elektrische und mechanische Kombinationsmöglichkeit mittels nur eines Verbindungsbausteins sinken die Montage- und Wartungskosten gegenüber einer Stern-Dreieck-Schaltung.

- Die zweite Möglichkeit zeigt Bild ⑤. Hier setzt sich der komplette Motorstarter aus Schütz-Überlastrelais-Kombination K1/F2 sowie einer Ganzbereichssicherung F1 mit angeschlossenem Sanftstarter G1 zusammen. Die Schütz-Überlastrelais-Kombination übernimmt die Abschaltung bei Überlast und die Ganzbereichssicherung die Abschaltung im Kurzschlussfall. Diese Schaltgerätekombination ist bei Kurzschlussströmen bis zu 50kA entsprechend der Zuordnungsart 2 für das Schütz geeignet. Für den Sanftstarter wird mit der Sicherung sogar voller Schutz vor Zerstörung der Halbleiter und der integrierten Überbrückungsrelais erreicht. Das betriebsmäßige Ein- und Ausschalten erfolgt entweder mit dem Sanftstarter oder mit dem Schütz. Die Freischaltung (Trennfunktion) dieses Abzweigs erfordert zusätzliche Trennelemente wie Sicherungslastschalter, Hauptschalter oder ähnliches.

W. Böke