

Was Sie schon immer wissen wollten über Motorschutz und Sanftanlauf



Bild 1: Typisches Anwendungsgebiet für Low-Cost Softstarter: ICE-Waschanlage

Als einfache Lösung für den sanften Start eines Motors, der nicht in der Drehzahl geregelt werden muss, hat sich der Low-Cost Softstarter durchgesetzt. Der Kostenaufwand liegt inzwischen bei der Anschaffung gleich oder nur unwesentlich über einer Stern-Dreieck-Lösung.

Wenn keine variablen Drehzahlen gefordert sind, bietet sich der Softstarter als die ideale Wahl an. Bedingt durch die zweiphasige Steuerung ergeben sich beim Start aber Drehmomentoszillationen, die sich gerade bei mittleren bis großen Leistungen erheblich bemerkbar machen. Viele Antriebe laufen nicht mehr brauchbar hoch, der Motorschutz wird durch die asymmetrischen Ströme ebenfalls erheblich erschwert. Im folgenden wird eine Lösung gezeigt, wie lastseitige Stromasymmetrie und Pendelmomente beim rampengeführten Start bei zweiphasig gesteuerten Softstartern unterdrückt werden können.

Ersatz von Stern-Dreieck-Kombinationen

Der Stern-Dreieckstarter wird aus verschiedenen Gründen zunehmend durch Softstarter ersetzt. Da sind die elektrischen Eigenschaften (Drehmoment-sprung, Stromstoß), die mechanischen Eigenschaften (Haltbarkeit, Platzbedarf) und die betriebsbedingten Gründe (Haltbarkeit des Antriebs, Serviceintervalle, Riemenverschleiß). Alle diese Gründe sind direkt in Kosten umrechenbar.

Lösungsmöglichkeit Softstarter

Der Softstarter kann alle diese Probleme beheben, hat jedoch in der Vergangenheit aus Kostengründen nur eine untergeordnete Rolle gespielt. Diese Geräte haben meist einen hohen Funktionsumfang, der weit über die Möglichkeiten eines Stern-Dreieck Starters hinausgeht. Erst die zweiphasig gesteuerten Varianten der letzten Jahre bieten eine ernstzunehmende Kostenalternative dar.

Drehmomentschwankungen

Ein entscheidender Nachteil der zweiphasigen Ansteuerung ist jedoch die Stromasymmetrie während der Zündwinkelrampe. Diese hat zweierlei Auswirkungen. Einerseits die asymmetrische Stromführung selbst, wodurch sich die Netzrückwirkung erhöht, was wiederum zur Folge hat, dass die Lastführung und die Erwärmung der Bauelemente in den einzelnen Phasen des Leistungskreises ungleichmäßig wird. Andererseits erzeu-

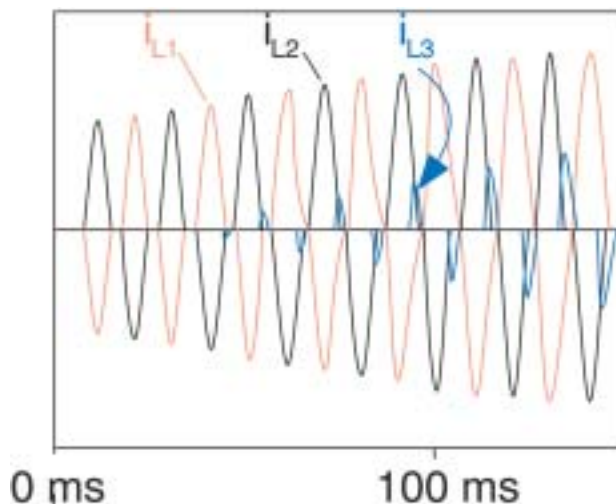


Bild 2: Stromverlauf beim symmetrisch gesteuerten zweiphasigen Softstarter. Gesteuert werden die Phasen L2 und L3. Phase L1 ist direkt mit dem Netz verbunden.

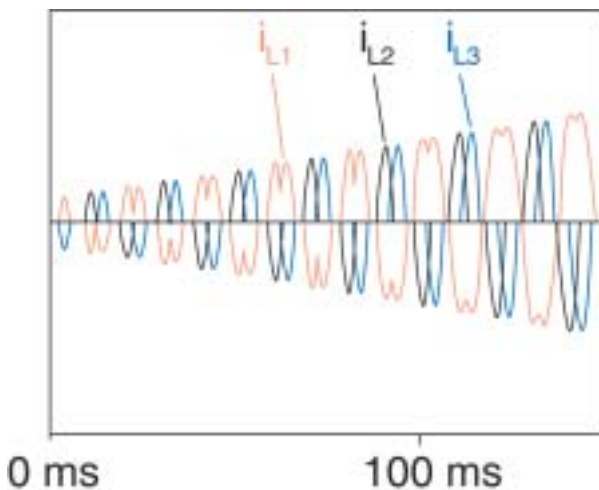


Bild 3: Stromverlauf in den drei Phasen bei Betrieb an einem zweiphasig gesteuerten Softstarter mit asymmetrischer Zündsteuerung. Gemessen an einem DS4 von Moeller mit 2,2kW Last

gen die asymmetrischen Ströme ein elliptisches Drehfeld im Motor [1], wodurch netzfrequente Pendelmomente entstehen, die die elektrischen und mechanischen Teile des Motors zusätzlich belasten und oft auch die angetriebene Technologie ungünstig beeinflussen [2].

DC-Anteil

Durch die entstehenden Pendelmomente wird der Gesamt-Drehmomentverlauf des Motors derart verschoben, dass ein DC-Anteil entsteht. Üblicherweise werden DC-Ströme zum Bremsen eines Motors benutzt und

können daher während des Starts einfach nur als unerwünscht betrachtet werden.

Problematik beim Schutz größerer Leistungen

Stromasymmetrie

Deutlich zu erkennen sind die ungleichmäßig verteilten Ströme in den drei Phasen im Bild 3. Der Strom in der Phase L3 kommt erst wesentlich später zum Fluss, in der Phase L1 fließt der Summenstrom. Dieser ist deutlich größer als die Ströme in den gesteuerten Phasen, und alle drei Ströme haben eine unterschiedliche Form. Dies

führt zu den Pendelmomenten, da diese Ungleichverteilung mit der Zeit durch die Phasen „wandert“. Es bleibt also nicht bei einer konstanten Schiefast in einer Phase, sondern das ganze System ist in ständiger Bewegung. Da zweiphasig gesteuerte Softstarter üblicherweise in Antrieben mit geringen Anforderungen des Lastmomentes eingesetzt werden, wirkt sich dies um so deutlicher auf die Antriebseigenschaften aus. Der Motor läuft unrund und gibt starke Geräusche von sich, die im Gegensatz zum Direktstart oder dem Start mit einem dreiphasig gesteuerten Softstarter ungewohnt heftig ausfallen. Bei höheren Anforderungen an den Drehmomentverlauf führt dies sogar dazu, dass mit diesem Ver-

überlastet wird, während eine andere ständig unter dem Durchschnitt läuft. In Summe ist die Belastung ausgeglichen, pro Phase betrachtet aber nicht. Konventionelle Schutzorgane können diesen Verlauf nur ungenügend erfassen, elektronische Schutzorgane sind erheblich teurer und nur dann sinnvoll, wenn sie aus anderen Gründen sowieso benötigt werden. Für den Schutz eines mit einem zweiphasig gesteuerten Softstarters betriebenen Motors wird daher eine leichte Überdimensionierung erforderlich, oder der Motorschutz muss in seiner Wirksamkeit eingeschränkt werden. Letzteres ist nicht unbedingt zu empfehlen, da früher oder später der Motor ausfallen kann. Die Kostensparnis ist dann schnell dahingeschmolzen. Letztlich hilft hier nur eine Lösung, die das Problem an der Wurzel packt und seine Entstehung verhindert.

Unterdrücken von Stromasymmetrien in den Phasen

Bisherige Ansteuerungsverfahren basieren auf der einfachen Beziehung „Zündwinkel ist proportional zur Ausgangsspannung“ und steuern beide Thyristorzweige mit dem gleichen Zündwinkel an. Als Folge entstehen die beschriebenen Effekte mit asymmetrischem Strom und oszillierendem Drehmomentverlauf im Motor. Der einfache Schluss, beide Phasen nun eben nicht symmetrisch anzusteuern, ist auch schon prinzipiell die Lösung des Problems. Während in den Endpunkten der Rampe, nämlich bei Spannung =0 und Spannung =100%, die symmetrische Ansteuerung, sprich die Ansteuerung beider Phasen mit dem gleichen Zündwinkel, korrekte Ergebnisse liefert, muss bei allen Zwischenstufen eine Korrektur aufgebracht werden. Durch die richtige Wahl der Korrekturwinkel, die im Detail auch von den Motorgrößen abhängig sind, kann man die Unsymmetrie kompensieren und einen gleichmäßigen Verlauf der Ströme in den gesteu-

-Anzeige-

netSwitch

bringt Ethernet
und Feldbus auf die
Schiene



www.hilscher.com

fahren eine Maschine nicht mehr gestartet werden kann. In solchen Fällen müssen dann dreiphasig gesteuerte Softstarter eingesetzt werden, die einen deutlichen finanziellen Mehraufwand bedeuten.

Angemessener Motorschutz

Betrachtet man nun den Stromverlauf in den einzelnen Phasen untereinander, so stellt man schnell fest, dass bezogen auf einen Direktstart am Netz ständig eine Phase

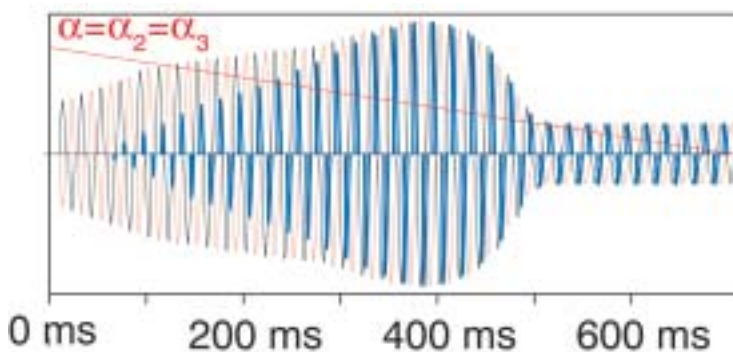


Bild 4: Hochlauf bei einer linearen Zündwinkelrampe von 150° auf 0° eines 11kW-Asynchronmotors mit drehzahlabhängiger Last mit symmetrischer Ansteuerung

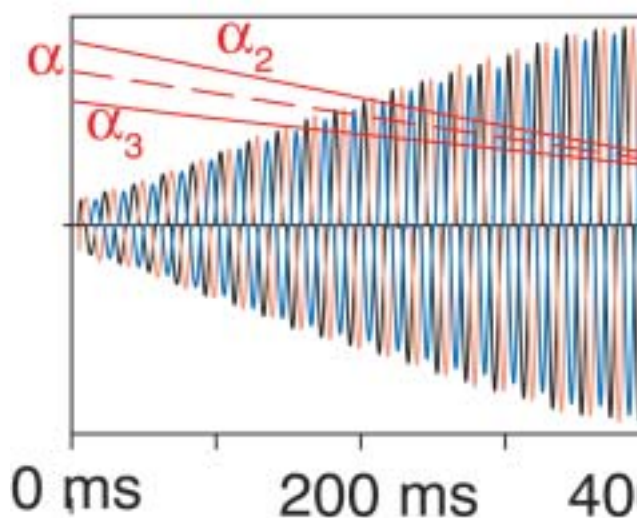


Bild 5: Hochlauf bei einer linearen Zündwinkelrampe von 150° auf 0° eines 11kW-Asynchronmotors mit drehzahlabhängiger Last und asymmetrischer Ansteuerung

ten Phasen erzeugen. In Bild 3 ist deutlich zu erkennen, dass der Stromverlauf in den gesteuerten Phasen gleich wird, der Summenstrom in Phase L1 ebenfalls gleichmäßig zwei typische „Höcker“ aufweist. Die Hüllkurve, die letztlich für den Gesamt-Drehmomentverlauf verantwortlich ist, bleibt gleichmäßig. Der Rundlauf des Motors wird vergleichbar zum dreiphasig gesteuerten Softstarter, ohne dessen Kosten zu erreichen. Über einen größeren Zeitraum betrachtet, ergibt sich folgendes Bild für den Stromverlauf (Bild 4): Betrachtet man die Hüllkurven und die Verläufe der einzelnen Phasen während des Hochlaufs, so erkennt man sehr schnell, dass die thermische Belastung des Motors mit der asymmetrischen Zündsteuerung deutlich geringer ist als ohne (Bild 5). Der Verwendung von Standard-Schutzorganen zum Motorschutz steht daher auch ohne Überdimensionierung nichts mehr im Wege. Eine ähnlich günstige Wirkung der asymmetrischen Zündsteuerung ist bei Widerstandslast zu beobachten. Mit diesem Verfahren können z.B. auch dreiphasige Lampenlasten sanft eingeschaltet werden und somit deren Lebensdauer verlängert werden.

Zusätzliche Möglichkeiten

Insbesondere für größere Leistungen bietet diese Lösung einen enormen Vorteil. Rein softwarebasiert kann diese Lösung kostengünstig bei mittleren bis großen Leistungen für die Strombegrenzung eingesetzt werden. Damit erschließt sich dann auch das Anwendungsfeld der bisherigen dreiphasigen Softstarter. Mit diesem Verfahren können jetzt auch diejenigen Applikationen bedient werden, die bisher einen dreiphasigen Softstarter erforderten, z.B. Förderbänder, die mit Last anlaufen. Die bisherige Startmethode führt bei solchen Applikationen dazu, dass im unteren Zündwinkelbereich nicht genügend Drehmoment zum Start bereitsteht. Wird ein gewisser Drehmomentbetrag überschritten, läuft das Band trotz Softstarter ruckartig an. Das neue Verfahren lässt das Förderband von Beginn an sanft anlaufen.

Softstarter DS4

Die asymmetrische Zündsteuerung ist in den Softstartern der Reihe DS4 von Moeller umgesetzt. Neben dem für zweiphasig gesteuerte Geräte außergewöhnlichen Rundlaufverhalten bietet

DS4 noch einige weitere Merkmale, die hier nur am Rande erwähnt werden sollen. Dazu gehört der Weitspannungsbereich für den Leistungsanschluss (110-500V mit einem Gerät), ein selektiver Multispannungseingang mit unterschiedlichen Schaltschwellen für +24V DC und 110-230V AC Steuersignale auf einer Klemme, Gerätevarianten mit interner elektronischer Wendeschützfunktion und einem internen Netzteil und dadurch bedingt einer schützgleichen Handhabung. Einschaltreihenfolgen oder spezielle Resetroutinen nach einem Not-Aus sind nicht erforderlich. Die Geräte können ohne Leistungsreduzierung direkt aneinander angereicht werden. Neben den Vorteilen des Softstarts und der daraus resultierenden Schonung der Mechanik kann der Anwender durch die interne Wendeschützfunktion bis zu 75% Schaltschrankfläche einsparen.

Produktspektrum

DS4 ist ein System aus drei verschiedenen Gerätereihen. Die dreiphasigen Geräte verfügen alle über die asymmetrische Zündsteuerung: einphasige Halbleiterschütze für 10A bis 50A, Halbleiterschütze für dreiphasige Lasten von 2,2kW bis 11kW Motorleistung sowie

Softstarter für Motoren von 2,2kW bis 22kW Motorleistung. Die Geräte für dreiphasige Lasten gibt es auch in einer Ausführung mit interner Wendeschützfunktion (bis 15kW).

Literaturangaben

- 1 Brosch, P.F.: Drehzahlvariable Drehstromantriebe Teil 20: Gegenüberstellung der Verfahren. Elektrotechnik für die Automatisierung 1-26.1.1999, pp.63-64.
- 2 Riera-Guasp, M.: Soft-Starters Some considerations about their industrial application. Proc. of EDPE'99 (Electronics Drives and Power Electronics Internat. Conf.), Kosice, Slovakia, 5-7. October 1999.
- 3 Magyar, P.: Verfahren zum Betreiben einer Drehstromstellerschaltung. Internationale Patentanmeldung PCT/EP00/12938, 2001.
- 4 Hermann, I., Magyar, P.: Schaltungsanordnung. Deutsche Patentanmeldung 10030554.7, 2000.
- 5 Günzel, R., Magyar, P.: Elektrisches Schaltgerät. Deutsche Patentanmeldung Nr. 10003692.9, 2000.

www.moeller.net

Autor: Dipl.-Ing. Rainer Günzel arbeitet in der Produktlinie Drives der Firma Moeller und ist dort tätig in Entwicklung/Marketing/Support Antriebstechnik.



Bild 6: DS4-Familie, 30 A einphasig, 2,2 - 5,5 und 15 kW dreiphasig direkt aneinander angereicht. Durch gleiche Bautiefe ergibt sich eine geschlossene Front, alle Anschlüsse liegen gut zugänglich nahe der Gerätefront.