

Neue Softstarter für Verdichter und Pumpen*

Das Zauberwort heißt „Phasenanschnittsteuerung“

Martin F. Albert, Heusenstamm

Beim Direktstart von Verdichtern und Pumpen am Netz entstehen hohe Anlaufströme, die zu unakzeptablen Spannungseinbrüchen führen können. In der Kältetechnik gibt es mehrere Anlaufverfahren, die den Vorschriften der EVUs gerecht werden, in denen definiert ist, welche Anlaufströme gefahren werden dürfen. Diese Verfahren und eine neue Softstarter-Technologie sollen hier beschrieben werden.

zum Autor

Martin F. Albert,
Produktmanager
Danfoss
Maneurop,
Danfoss Wärme-
und Kältetechnik
GmbH,
Heusenstamm



Obwohl der **Stern-Dreieck-Anlauf** (Bild 1) nicht das wirkungsvollste Verfahren zur Begrenzung der Anlaufströme darstellt, findet dieses Verfahren bei Verdichtern und Pumpen immer noch Anwendung. Während des Startvorgangs wird die Wicklung des Asynchronmotors in Stern geschaltet. Dadurch reduziert sich der Strom und somit auch das Moment um den Faktor 3. Notwendigerweise sollte das Lastmoment nicht größer als das 0,3fache des Drehmoments bei Direktanlauf sein. Bei Kältemittelverdichtern ist deshalb die Montage einer Anlaufentlastung erforderlich. Zum Zeitpunkt der Umschaltung von Stern- auf Dreieckbetrieb ist der Motor stromlos und die Drehzahl fällt wegen der geringen Schwungmasse und der vorhandenen Druckdifferenz schnell ab. Beim erneuten Anlauf auf Nenndrehzahl wird eine hohe Stromspitze erzeugt, die zwischen 70–100 % des Anlaufstromes bei Direktanlauf betragen kann. Dieser Strom kann reduziert werden, indem die Anlaufentlastung erst nach dem Zuschalten der Dreieckwicklung weggeschaltet wird. Hierzu ist ein zweites Zeitrelais notwendig. Für die Verwirklichung einer Stern-Dreieck-Schaltung ist ein Motor mit offenen Wicklungen, drei Hauptschützen, einem Überstromrelais, 1–2 Zeitrelais sowie Anlaufentlastung notwendig, was mit einem hohen Montage- und Verkabelungsaufwand verbunden ist.

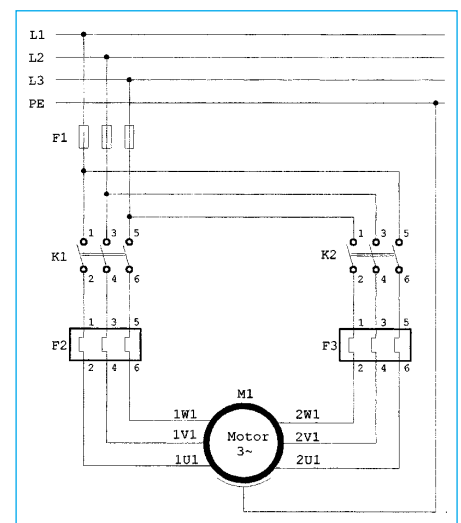


Bild 2 Teilwicklungsanlauf

Beim **Teilwicklungsanlauf** (Bild 2) ist die Motorwicklung in zwei Hälften aufgeteilt. Gebräuchliche Aufteilungen bei Kältemittelverdichtern sind 1/2 zu 1/2 oder 2/3 zu 1/3. Die zweite Wicklung wird mit einer Zeitverzögerung von ca. 0,5 bis 1 Sekunde zugeschaltet. Da sich das Startmoment um die Aufteilung der Motorwicklung verringert, ist fast immer eine Anlaufentlastung notwendig. Hierzu sind die Angaben der Hersteller zu beachten. Bei der Aufteilung 2/3 zu 1/3 beträgt der Anlaufstrom ca. 75 % des Wertes bei Direktstart. Durch den im Vergleich zur Aufteilung 1/2 zu 1/2 höheren Anlaufstrom (ca. 65 % bei Direktstart) ergibt sich auch ein höheres Drehmoment, so daß die Nenndrehzahl erreicht wird. Beim Zuschalten der zweiten Teilwicklung wird die erste Stromspitze der ersten Teilwicklung nie überschritten. Dies ist der Grund warum häufig 2/3 zu 1/3 Aufteilungen zu finden sind. Die mechanische Belastung während des Startvorganges ist beim Teil-

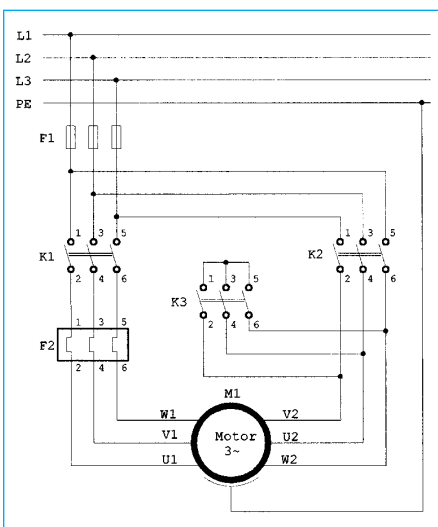


Bild 1 Stern-Dreieck-Anlauf

* Dieser Beitrag wurde auf der letztjährigen DKV-Tagung 2001 als Vortrag gehalten.

wicklungsanlauf geringer als beim Stern-Dreieck-Anlauf, da beim zweiten Zuschalten keine starken Beschleunigungskräfte auf den Verdichter übertragen werden müssen. Der Montage- und Verkabelungsaufwand ist bei diesem Verfahren jedoch recht hoch, da zwei Hauptschütze, zwei Überstromauslöser, ein Zeitrelais und eine Anlaufentlastung notwendig sind.

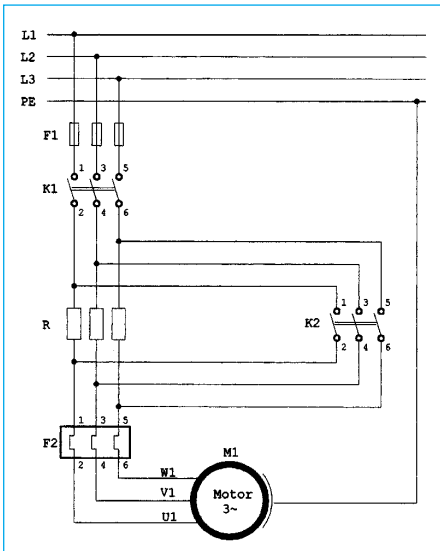


Bild 3 Widerstandsanzahlungs

Beim **Widerstandsanzahlungs** (Bild 3) werden in der Startphase dem Motor des Kältemittelverdichters Widerstände vorgeschaltet. Die Widerstandsgrößen werden vom Hersteller angegeben, mittels der Herstellerangaben berechnet oder überwiegend beim Hersteller von Kälte- und Klimasystemen im Test ermittelt. Mit der Anlaufentlastung ist eine Strombegrenzung auf ca. 55 % des Anzugsmomentes von Kältemittelverdichtern bei Direktstart möglich. Die Stromreduktion wird durch das minimal notwendige Drehmoment begrenzt. Befindet sich das System außerhalb des ermittelten zulässigen Betriebszustandes oder sind die Widerstände zu groß berechnet, wirkt der Widerstandsanzahlungs dem Startvorgang entgegen. Dies ist bedingt dadurch, daß der stärker ansteigende Strom einen weit größeren Spannungsabfall erzeugt und dies so weitergeführt wird, bis der Überstrom die Anlage abschaltet. Der Nachteil dieses Verfahrens liegt darin, daß die Widerstände Leistung vernichten, die als Wärme abzuführen sind. Um die Widerstände vor Zerstörung zu schützen wird die Schalthäufigkeit meistens auf 5-6 Schaltungen pro Stunde und die Einschaltdauer auf

0,5 Sekunden begrenzt. Für den Widerstandsanzahlungs sind zwei Hauptschütze, individuell optimierte Widerstände, ein Überstromauslöser, Anlaufentlastung und ein Zeitrelais notwendig. Auch hier ist ein hoher Montage- und Verkabelungsaufwand notwendig.

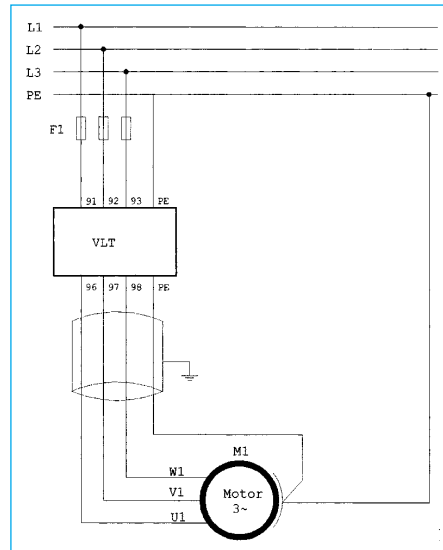


Bild 4 Frequenzanzahlungs

Bei einem **Frequenzanzahlungs** (Bild 4) wird die Frequenz von einem Minimalwert bis zum Nennwert proportional zur Spannung geregelt. Beim Frequenzanzahlungs entsteht nur ein Anzugsstrom vom 1,1- bis max. 2,0fachen des Nennstroms. Dies stellt die effektivste Anlaufstrombegrenzung dar. Von Nachteil sind die höheren Investitionskosten, eine speziell auszuführende Verdrahtung, abgeschirmte Kabel, eventuelle Filter und die notwendige Parametrierung.

Die **Phasenanschnittsteuerung** wurde in der Vergangenheit so gut wie gar nicht eingesetzt, da sie in Konkurrenz zum einfacheren Widerstandsanzahlungs steht. Bei diesem Verfahren wird mit Hilfe einer Anschnittsteuerung die Spannung stetig von einem Minimalwert, welcher wieder vom minimal notwendigen Drehmoment abhängt, bis auf Nennspannung geändert. Die Phasenanschnittsteuerung ist mit dem gleichen Aufwand wie das Widerstandsanzahlungs-Verfahren verbunden.

Notwendige Eigenschaften eines neuen Anlaufverfahrens:

- Der Verdrahtungsaufwand im Hauptstromkreis und Steuerstromkreis sollte so gering wie möglich sein
- Leichte, einfache und schnelle Montage

- Reduzierte mechanische Belastungen beim Startvorgang
- Längere Lebensdauer der mechanischen Bauteile
- Anlaufstromreduzierung um ca. 40 bis 50 % des Anzugsstromes und somit besser als die Stern-Dreieck-Schaltung und die Teilwicklungsschaltung
- Einhaltung der Vorgaben der EVUs
- Sicherer, schneller Start ohne notwendigen Druckausgleich und ohne große Verlustleistung
- Technisch optimaler und wirtschaftlicher Startvorgang
- Preiswerte Lösung
- Konkurrenzfähigkeit gegenüber herkömmliche Lösungen steigt

Die neuen Danfoss-Softstarter-Modelle MCI 3/15/25/25-Bypaß, diese sind individuell auf die jeweiligen Anforderungen einstellbar, sowie MCI 15/25 C, welche auf die Maneurop Hubkolbenverdichter und die Danfoss Performer Scrolls abgestimmt sind, erfüllen diese Anforderungen. Die Zahlenangaben hinter der Typenbezeichnung definieren die möglichen Betriebsströme der nachgeschalteten Verdichter oder Pumpen. Bei den neuen Sanftanlassern sind das Netzschütz, die elektronische Phasenanschnittsteuerung und die Abschaltung der Ansteuerung im Gerät integriert. Der Sanftanlasser wird nach der Sicherheitskette direkt angesteuert. Die MCI-Softstarter sind mit einer Steuerspannung von 24 bis 480 V a.c./d.c. universell einsetzbar, was die Lagerhaltung auf ein Modell reduziert. (Bild 5)

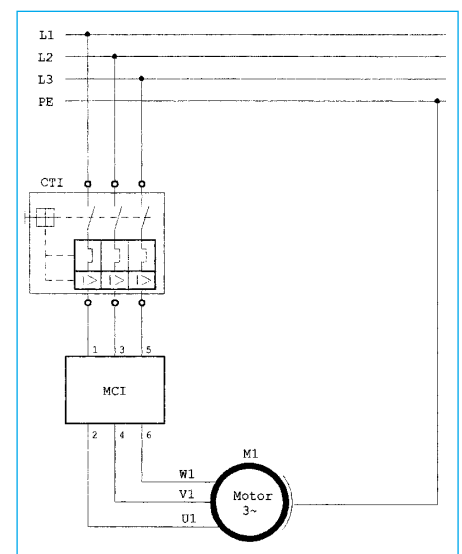


Bild 5 MCI-Anlauf

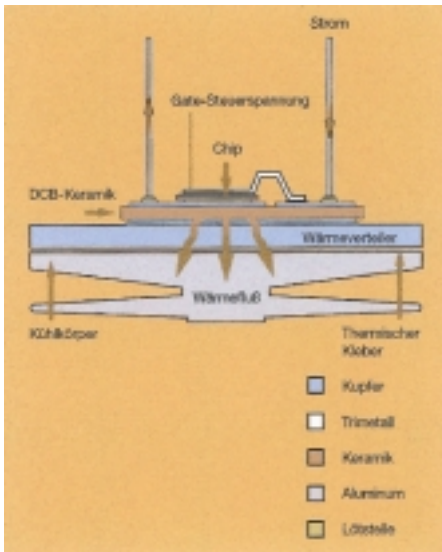


Bild 6 Leistungschip mit LTE-Technik

Bei dem MCI-Softstarter wird ein neuartiger Leistungschip mit LTE-Technik (Low Thermal Expansion) verwendet (Bild 6). Dieser Leistungschip wird unter Vakuum gefertigt, um Lufteinschlüsse während des Lötverfahrens zu vermeiden. Lufteinschlüsse würden heiße Stellen – „hot spots“ erzeugen welche die Wärmeabfuhr und somit auch die Lebenszeit vermindert. Die daraus resultierende gute Hitzebeständigkeit birgt den Vorteil, den MCI-Softstarter dauerhaft direkt am Netz betreiben zu können. Die Wärmeleitwerte des Chips, der Stromklemme und des Wärmeableiters wurden durch Verwendung von neuen Materialien aneinander angepasst, um Materialermüdungen vor-

zubeugen. Dies gewährleistet eine lange Lebensdauer. Ein Ergebnis dieser Verbesserungen ist eine Beständigkeit des achtfachen Anlaufstromes während einer Zeitspanne von drei Sekunden und somit ein sicheres Ansteuern von Kältemittelverdichtern gegeben. Die bisherigen elektronischen Sanftanlasser konnten nur den dreifachen Anlaufstrom anbieten. Die MCI-Softstarter erfüllen den neuen Konstruktionsstandard IEC/EN 60947-4-2.



Bild 7 Die neuen Danfoss-Sanftanlasser, hier die Typenreihe MCI 3/15/25/35 Bypass

Bei den MCI 3/15/25/25-Bypass-Modellen (Bild 7) sind individuelle Einstellungen auf jeden Verdichter oder jede Pumpe möglich, so beispielsweise das Anlaufmoment von 0 bis 85 %, die Beschleunigungs- und Bremszeiten von 0 bis 10 Sekunden und auch die Anfahrfunktion „Kickstart“. Bei MCI 15C und MC 25C sind die Voreinstellungen auf die Danfoss-Maneurop-Verdichter abgestimmt. Die Voreinstellungen des Anlaufmoments und der Beschleunigungszeit ermöglicht den Sanftanlauf auch unter dem kritischsten

freigegebenen Anwendungspunkt. Eine Einstellung vor Ort entfällt.

Das nachfolgende Beispiel aus der Praxis soll die Softbremsfunktion für eine Pumpe erläutern. Eine 250 Meter lange, ohne Bögen im Erdreich verlegte Grundwasserversorgungsleitung bei Danfoss in Nordborg wurde kurz nach der Inbetriebnahme undicht. Es wurde ein Drucksensor an diese Leitung montiert, um die Ursache zu untersuchen. Beim direkten

Abschalten der Grundwasserpumpe vom Typ SP77-3 von Grundfoss wurde ein heftiger Druckstoß gemessen. Mit Verwendung der Bremsfunktion des MCI-Gerätes konnte der Druckstoß um 60 % gesenkt werden. Die Anlage läuft seitdem ohne Beanstandungen. Dieses Beispiel soll aufzeigen, dass durch kontrolliertes Bremsen von Pumpen eventuelle Flüssigkeitsschläge, besonders bei gefährdeten Systemen, zum Beispiel mit langen geraden Rohrleitungen, vermieden werden können. □