

SIEMENS

Ingenuity for life



**Stern-Dreieck-Schalten von
Drehstrommotoren
Verringerung der
Umschaltstromspitze durch
Vorzugsschaltung für Rechts- und
Linkslauf**

Industrielle Schalttechnik / SIRIUS Schalttechnik

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/24499345>

Siemens
Industry
Online
Support



Rechtliche Hinweise

Nutzung der Anwendungsbeispiele

In den Anwendungsbeispielen wird die Lösung von Automatisierungsaufgaben im Zusammenspiel mehrerer Komponenten in Form von Text, Grafiken und/oder Software-Bausteinen beispielhaft dargestellt. Die Anwendungsbeispiele sind ein kostenloser Service der Siemens AG und/oder einer Tochtergesellschaft der Siemens AG („Siemens“). Sie sind unverbindlich und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Funktionsfähigkeit hinsichtlich Konfiguration und Ausstattung. Die Anwendungsbeispiele stellen keine kundenspezifischen Lösungen dar, sondern bieten lediglich Hilfestellung bei typischen Aufgabenstellungen. Sie sind selbst für den sachgemäßen und sicheren Betrieb der Produkte innerhalb der geltenden Vorschriften verantwortlich und müssen dazu die Funktion des jeweiligen Anwendungsbeispiels überprüfen und auf Ihre Anlage individuell anpassen.

Sie erhalten von Siemens das nicht ausschließliche, nicht unterlizenzierbare und nicht übertragbare Recht, die Anwendungsbeispiele durch fachlich geschultes Personal zu nutzen. Jede Änderung an den Anwendungsbeispielen erfolgt auf Ihre Verantwortung. Die Weitergabe an Dritte oder Vervielfältigung der Anwendungsbeispiele oder von Auszügen daraus ist nur in Kombination mit Ihren eigenen Produkten gestattet. Die Anwendungsbeispiele unterliegen nicht zwingend den üblichen Tests und Qualitätsprüfungen eines kostenpflichtigen Produkts, können Funktions- und Leistungsmängel enthalten und mit Fehlern behaftet sein. Sie sind verpflichtet, die Nutzung so zu gestalten, dass eventuelle Fehlfunktionen nicht zu Sachschäden oder der Verletzung von Personen führen.

Haftungsausschluss

Siemens schließt seine Haftung, gleich aus welchem Rechtsgrund, insbesondere für die Verwendbarkeit, Verfügbarkeit, Vollständigkeit und Mangelfreiheit der Anwendungsbeispiele, sowie dazugehöriger Hinweise, Projektierungs- und Leistungsdaten und dadurch verursachte Schäden aus. Dies gilt nicht, soweit Siemens zwingend haftet, z.B. nach dem Produkthaftungsgesetz, in Fällen des Vorsatzes, der groben Fahrlässigkeit, wegen der schuldhaften Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, bei Nichteinhaltung einer übernommenen Garantie, wegen des arglistigen Verschweigens eines Mangels oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Der Schadensersatzanspruch für die Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist jedoch auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit vorliegen oder wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit gehaftet wird. Eine Änderung der Beweislast zu Ihrem Nachteil ist mit den vorstehenden Regelungen nicht verbunden. Von in diesem Zusammenhang bestehenden oder entstehenden Ansprüchen Dritter stellen Sie Siemens frei, soweit Siemens nicht gesetzlich zwingend haftet.

Durch Nutzung der Anwendungsbeispiele erkennen Sie an, dass Siemens über die beschriebene Haftungsregelung hinaus nicht für etwaige Schäden haftbar gemacht werden kann.

Weitere Hinweise

Siemens behält sich das Recht vor, Änderungen an den Anwendungsbeispielen jederzeit ohne Ankündigung durchzuführen. Bei Abweichungen zwischen den Vorschlägen in den Anwendungsbeispielen und anderen Siemens Publikationen, wie z. B. Katalogen, hat der Inhalt der anderen Dokumentation Vorrang.

Ergänzend gelten die Siemens Nutzungsbedingungen (<https://support.industry.siemens.com>).

Securityhinweise

Siemens bietet Produkte und Lösungen mit Industrial Security-Funktionen an, die den sicheren Betrieb von Anlagen, Systemen, Maschinen und Netzwerken unterstützen.

Um Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke gegen Cyber-Bedrohungen zu sichern, ist es erforderlich, ein ganzheitliches Industrial Security-Konzept zu implementieren (und kontinuierlich aufrechtzuerhalten), das dem aktuellen Stand der Technik entspricht. Die Produkte und Lösungen von Siemens formen nur einen Bestandteil eines solchen Konzepts.

Der Kunde ist dafür verantwortlich, unbefugten Zugriff auf seine Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke zu verhindern. Systeme, Maschinen und Komponenten sollten nur mit dem Unternehmensnetzwerk oder dem Internet verbunden werden, wenn und soweit dies notwendig ist und entsprechende Schutzmaßnahmen (z.B. Nutzung von Firewalls und Netzwerksegmentierung) ergriffen wurden.

Zusätzlich sollten die Empfehlungen von Siemens zu entsprechenden Schutzmaßnahmen beachtet werden. Weiterführende Informationen über Industrial Security finden Sie unter: <https://www.siemens.com/industrialsecurity>.

Die Produkte und Lösungen von Siemens werden ständig weiterentwickelt, um sie noch sicherer zu machen. Siemens empfiehlt ausdrücklich, Aktualisierungen durchzuführen, sobald die entsprechenden Updates zur Verfügung stehen und immer nur die aktuellen Produktversionen zu verwenden. Die Verwendung veralteter oder nicht mehr unterstützter Versionen kann das Risiko von Cyber-Bedrohungen erhöhen.

Um stets über Produkt-Updates informiert zu sein, abonnieren Sie den Siemens Industrial Security RSS Feed unter: <https://www.siemens.com/industrialsecurity>.

Inhaltsverzeichnis

Rechtliche Hinweise	2
1 Einführung.....	4
2 Funktion.....	5
2.1 Beschreibung der Funktionalität für Rechtslauf	5
2.1.1 Verwendung der Vorzugsschaltung	5
2.1.2 Keine Verwendung der Vorzugsschaltung	6
2.2 Änderung der Drehrichtung von Rechts- auf Linkslauf	7
2.3 Bemessung der Geräte bei Normanlauf.....	7
2.4 Günstige und ungünstige Schaltungen	8
3 Aufbau und Verdrahtung	9
3.1 Der Hauptstromkreis in der Übersicht	9
3.2 Der Steuerstromkreis in der Übersicht	9
4 Siemens – Lösung für komplette Stern-Dreieck-Kombinationen bis 90 kW für eine Drehrichtung.....	10
5 Anhang.....	12
5.1 Ansprechpartner	12
5.2 Literaturverzeichnis	12

1 Einführung

Nach wie vor wird der Stern-Dreieck-Anlauf zum Einschalten von Drehstrom-Asynchronmotoren verwendet. Bei dieser Schaltungsart reduziert sich der Anlaufstrom auf $\frac{1}{3}$ des Stromes gegenüber dem bei Direkteinschaltung.

Bei der Umschaltung von Stern- in Dreieck können aber, verstärkt durch eine ungünstige Konstellation von Netzfrequenz und Läuferfeld, Ausgleichsvorgänge im Motor auftreten, die zu größeren Stromspitzen führen als beim direkten Zuschalten des stehenden Motors in Dreieckschaltung. Im ungünstigen Fall ergeben sich folgende Probleme:

- Kurzschlusseinrichtungen lösen aus,
- das Dreieckschütz verschleißt bzw. unterliegt hohem Kontaktabbrand,
- der Motor unterliegt einer hohen dynamischen Beanspruchung.

In diesem Funktionsbeispiel wird die Vorzugsschaltung für Stern-Dreieck-Starter beschrieben. Durch einen günstigen Anschluss des Hauptstromkreises werden Ausgleichsströme und Stromspitzen beim Umschalten von der Stern- in die Dreieckschaltung reduziert.

2 Funktion

In den Stern-Dreieck-Starter-Schemata sind oft zwei verschiedene Anschlussarten des Motors angegeben: Einmal für Rechts- und zusätzlich für Linkslauf der Motoren. Bei der Installation sollte das beachtet werden, um die Umschaltstromspitze möglichst klein zu halten. Es ist auf die richtige Verdrahtung am Motorklemmbrett zu achten.

2.1 Beschreibung der Funktionalität für Rechtslauf

2.1.1 Verwendung der Vorzugsschaltung

Das untenstehende Zeigerdiagramm zeigt die Spannungen in einem rechts laufenden Motor beim Umschalten von Stern auf Dreieck. Die Motorklemmen sind nach der Vorzugsschaltung richtig verbunden, das heißt Phase L1 mit Motorklemmen U1 und V2, L2 mit V1 und W2, L3 mit W1 und U2:

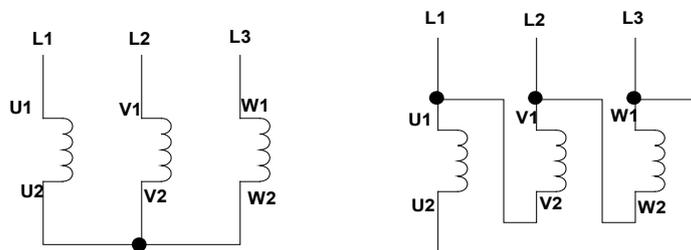


Bild 1: Richtige Verbindung der Motorphasen für Rechtslauf

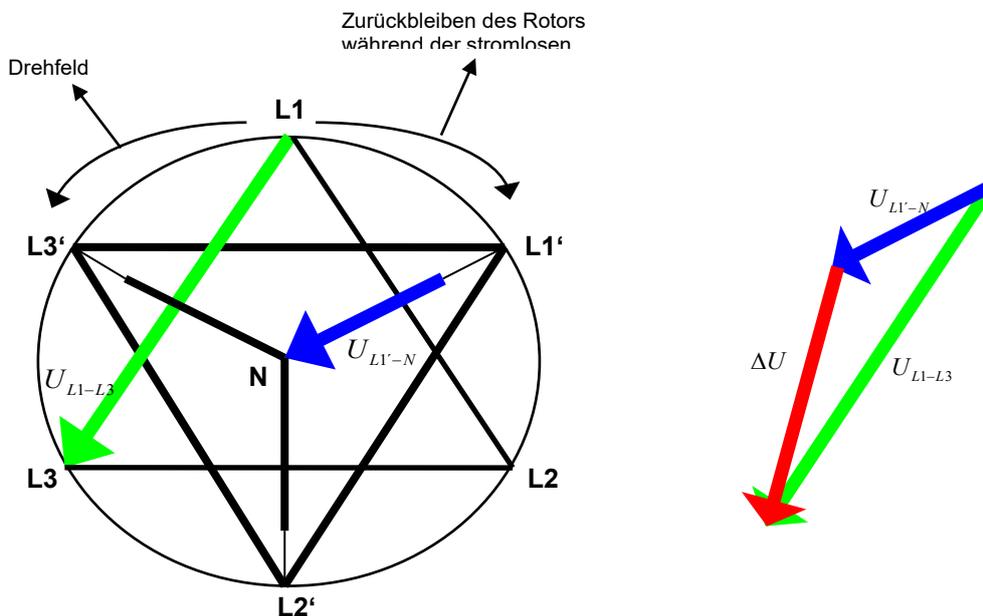


Bild 2: Zeigerdiagramm für Stern-Dreieck-Umschaltung bei Rechtslauf mit richtigen Verbindungen der Motorphasen

Während der stromlosen Umschaltpause bleibt der Rotor gegenüber dem Drehfeld zurück. Sein magnetisches Feld induziert eine abklingende Restspannung, hier im Spannungszeiger-Diagramm für die Phase L1 eingetragen: $U_{L1'-N}$.

Beim Einschalten auf Dreieck (Bild1 und Bild2) wird die diese Restspannung führende Statorwicklung an die Netzspannung U_{L1-L3} gelegt. Die Differenzspannung ΔU ist dank der günstigen Vektorlage der Restspannung $U_{L1'-N}$ und der Netzspannung U_{L1-L3} , welche annähernd gleichgerichtet sind, relativ klein. Somit wird die von dieser resultierenden Spannung herrührende Stromspitze ebenfalls klein bleiben.

2.1.2 Keine Verwendung der Vorzugsschaltung

Der Motor hat ebenfalls Rechtslauf, wenn die Motorklemmen wie folgt verbunden werden: Phase L1 mit Motorklemmen U1 und W2, L2 mit V1 und U2, L3 mit W1 und V2.

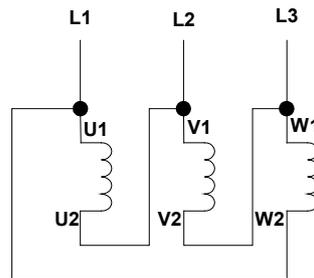


Bild 3: Falsche Verbindung der Motorphasen ergibt ebenfalls Rechtslauf

Im Stator wirkt wieder die zurückbleibende und abklingende Restspannung. Die Phasenwicklung mit dem Zeiger $U_{L1'-N}$ wird jetzt beim Einschalten auf Dreieck an die Netzphase U_{L1-L2} gelegt. Diese beiden Spannungen haben jedoch ganz verschiedene vektorielle Richtungen, die Differenzspannung ΔU ist hoch und bewirkt eine entsprechend hohe Umschaltstromspitze.

Beim Umschalten von Stern auf Dreieck ergibt sich also folgendes Zeigerdiagramm:

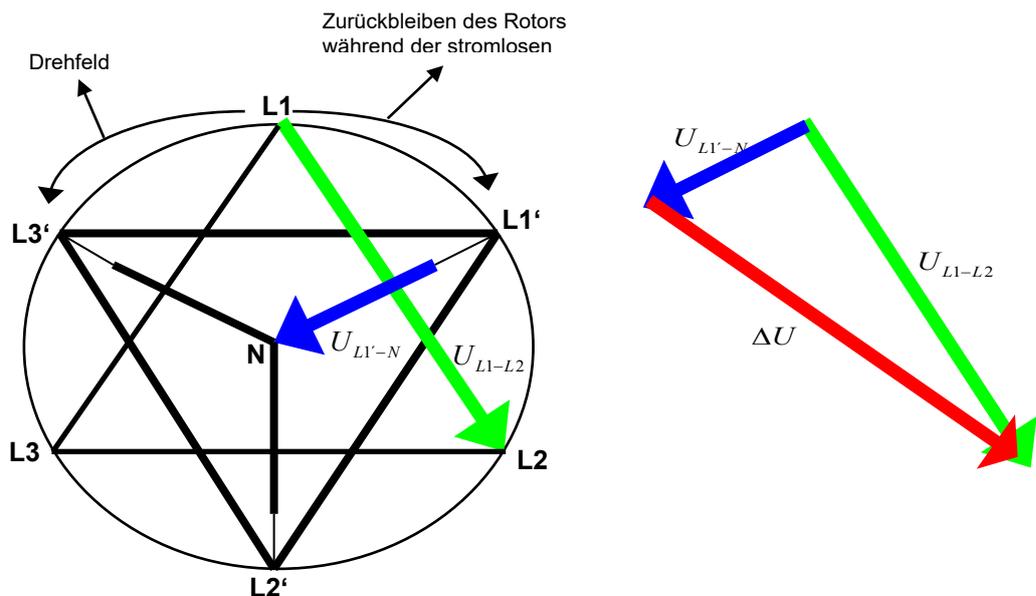


Bild 4: Zeigerdiagramm für Verbindungen der Motorphasen nach Bild3, ergibt eine große Umschaltstromspitze

2.2 Änderung der Drehrichtung von Rechts- auf Linkslauf

Bei *Linkslauf* des Motors genügt es nicht, nur an beliebiger Stelle zwei Phasen zu vertauschen. Damit ergäben sich die gleichen Verhältnisse wie bei Rechtslauf beschrieben. Um auch hier die Umschaltstromspitze von Stern- auf Dreieck-Schaltung möglichst klein halten zu können, muss die Verdrahtung wie folgt realisiert werden:

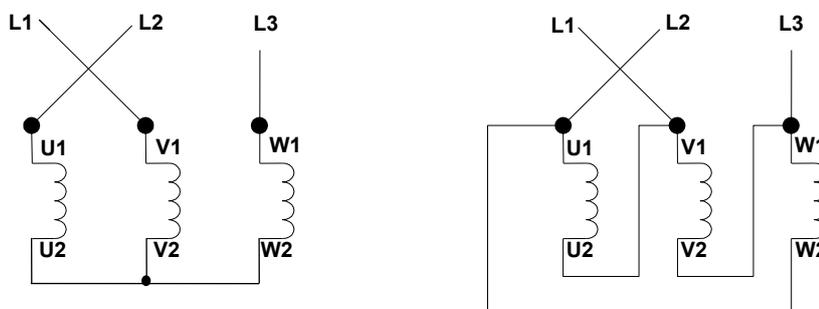


Bild 5: Richtige Verbindung der Motorphasen für Linkslauf des Motors

Aufbau der Haupt- und Steuerstrom-Verdrahtung siehe Punkt 3., dort sind die Stromlaufpläne für Stern- Dreieck-Kombinationen mit Rechts- und Linkslauf in der Vorzugsschaltung dargestellt.

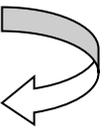
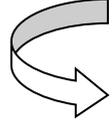
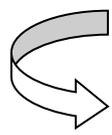
2.3 Bemessung der Geräte bei Normanlauf

Sternschütz:	$I_{e \text{ Motor}} \times 0,33$
Netz- und Dreieckschütz:	$I_{e \text{ Motor}} \times 0,58$
Überlastrelais:	$I_{e \text{ Motor}} \times 0,58$

2.4 Günstige und ungünstige Schaltungen

Hier sind die verschiedenen Möglichkeiten der Schaltungen zusammengefasst und die Verdrahtung in der Dreieck-Schaltung aufgeführt.

umverdrahten

Ungünstige Varianten	⇒	Günstige Varianten																								
 Schaltung rechts ungünstig <table border="1"> <tr><td>U1:</td><td>L1</td><td>U2:</td><td>L2</td></tr> <tr><td>V1:</td><td>L2</td><td>V2:</td><td>L3</td></tr> <tr><td>W1:</td><td>L3</td><td>W2:</td><td>L1</td></tr> </table>	U1:	L1	U2:	L2	V1:	L2	V2:	L3	W1:	L3	W2:	L1	⇒	Schaltung rechts günstig <table border="1"> <tr><td>U1:</td><td>L1</td><td>U2:</td><td>L3</td></tr> <tr><td>V1:</td><td>L2</td><td>V2:</td><td>L1</td></tr> <tr><td>W1:</td><td>L3</td><td>W2:</td><td>L2</td></tr> </table>	U1:	L1	U2:	L3	V1:	L2	V2:	L1	W1:	L3	W2:	L2
U1:	L1	U2:	L2																							
V1:	L2	V2:	L3																							
W1:	L3	W2:	L1																							
U1:	L1	U2:	L3																							
V1:	L2	V2:	L1																							
W1:	L3	W2:	L2																							
 Schaltung rechts ungünstig <table border="1"> <tr><td>U1:</td><td>L2</td><td>U2:</td><td>L3</td></tr> <tr><td>V1:</td><td>L3</td><td>V2:</td><td>L1</td></tr> <tr><td>W1:</td><td>L1</td><td>W2:</td><td>L2</td></tr> </table>	U1:	L2	U2:	L3	V1:	L3	V2:	L1	W1:	L1	W2:	L2	⇒	Schaltung rechts günstig <table border="1"> <tr><td>U1:</td><td>L2</td><td>U2:</td><td>L1</td></tr> <tr><td>V1:</td><td>L3</td><td>V2:</td><td>L2</td></tr> <tr><td>W1:</td><td>L1</td><td>W2:</td><td>L3</td></tr> </table>	U1:	L2	U2:	L1	V1:	L3	V2:	L2	W1:	L1	W2:	L3
U1:	L2	U2:	L3																							
V1:	L3	V2:	L1																							
W1:	L1	W2:	L2																							
U1:	L2	U2:	L1																							
V1:	L3	V2:	L2																							
W1:	L1	W2:	L3																							
 Schaltung rechts ungünstig <table border="1"> <tr><td>U1:</td><td>L3</td><td>U2:</td><td>L1</td></tr> <tr><td>V1:</td><td>L1</td><td>V2:</td><td>L2</td></tr> <tr><td>W1:</td><td>L2</td><td>W2:</td><td>L3</td></tr> </table>	U1:	L3	U2:	L1	V1:	L1	V2:	L2	W1:	L2	W2:	L3	⇒	Schaltung rechts günstig <table border="1"> <tr><td>U1:</td><td>L3</td><td>U2:</td><td>L2</td></tr> <tr><td>V1:</td><td>L1</td><td>V2:</td><td>L3</td></tr> <tr><td>W1:</td><td>L2</td><td>W2:</td><td>L1</td></tr> </table>	U1:	L3	U2:	L2	V1:	L1	V2:	L3	W1:	L2	W2:	L1
U1:	L3	U2:	L1																							
V1:	L1	V2:	L2																							
W1:	L2	W2:	L3																							
U1:	L3	U2:	L2																							
V1:	L1	V2:	L3																							
W1:	L2	W2:	L1																							
 Schaltung links ungünstig <table border="1"> <tr><td>U1:</td><td>L1</td><td>U2:</td><td>L2</td></tr> <tr><td>V1:</td><td>L3</td><td>V2:</td><td>L1</td></tr> <tr><td>W1:</td><td>L2</td><td>W2:</td><td>L3</td></tr> </table>	U1:	L1	U2:	L2	V1:	L3	V2:	L1	W1:	L2	W2:	L3	⇒	Schaltung links günstig <table border="1"> <tr><td>U1:</td><td>L1</td><td>U2:</td><td>L3</td></tr> <tr><td>V1:</td><td>L3</td><td>V2:</td><td>L2</td></tr> <tr><td>W1:</td><td>L2</td><td>W2:</td><td>L1</td></tr> </table>	U1:	L1	U2:	L3	V1:	L3	V2:	L2	W1:	L2	W2:	L1
U1:	L1	U2:	L2																							
V1:	L3	V2:	L1																							
W1:	L2	W2:	L3																							
U1:	L1	U2:	L3																							
V1:	L3	V2:	L2																							
W1:	L2	W2:	L1																							
 Schaltung links ungünstig <table border="1"> <tr><td>U1:</td><td>L3</td><td>U2:</td><td>L1</td></tr> <tr><td>V1:</td><td>L2</td><td>V2:</td><td>L3</td></tr> <tr><td>W1:</td><td>L1</td><td>W2:</td><td>L2</td></tr> </table>	U1:	L3	U2:	L1	V1:	L2	V2:	L3	W1:	L1	W2:	L2	⇒	Schaltung links günstig <table border="1"> <tr><td>U1:</td><td>L3</td><td>U2:</td><td>L2</td></tr> <tr><td>V1:</td><td>L2</td><td>V2:</td><td>L1</td></tr> <tr><td>W1:</td><td>L1</td><td>W2:</td><td>L3</td></tr> </table>	U1:	L3	U2:	L2	V1:	L2	V2:	L1	W1:	L1	W2:	L3
U1:	L3	U2:	L1																							
V1:	L2	V2:	L3																							
W1:	L1	W2:	L2																							
U1:	L3	U2:	L2																							
V1:	L2	V2:	L1																							
W1:	L1	W2:	L3																							
 Schaltung links ungünstig <table border="1"> <tr><td>U1:</td><td>L2</td><td>U2:</td><td>L3</td></tr> <tr><td>V1:</td><td>L1</td><td>V2:</td><td>L2</td></tr> <tr><td>W1:</td><td>L3</td><td>W2:</td><td>L1</td></tr> </table>	U1:	L2	U2:	L3	V1:	L1	V2:	L2	W1:	L3	W2:	L1	⇒	Schaltung links günstig <table border="1"> <tr><td>U1:</td><td>L2</td><td>U2:</td><td>L1</td></tr> <tr><td>V1:</td><td>L1</td><td>V2:</td><td>L3</td></tr> <tr><td>W1:</td><td>L3</td><td>W2:</td><td>L2</td></tr> </table>	U1:	L2	U2:	L1	V1:	L1	V2:	L3	W1:	L3	W2:	L2
U1:	L2	U2:	L3																							
V1:	L1	V2:	L2																							
W1:	L3	W2:	L1																							
U1:	L2	U2:	L1																							
V1:	L1	V2:	L3																							
W1:	L3	W2:	L2																							

© Siemens AG 2006 All rights reserved

Anmerkung: Wenn zwei Phasen im Netz vertauscht werden um die Drehrichtung zu ändern, wird automatisch die Schaltung von der günstigen in die ungünstige geändert bzw. umgekehrt.

ρ = Umschaltstromfaktor = Umschaltstromspitze / Anlaufstromspitze

Der Umschaltstromfaktor hat in der Theorie den maximalen Wert 2.

z.B. gemessen: günstige Schaltung: $\rho = 0,8$
 ungünstige Schaltung: $\rho = 1,37$

3 Aufbau und Verdrahtung

3.1 Der Hauptstromkreis in der Übersicht

In der folgenden Grafik ist die Hauptstromverdrahtung, in der Vorzugsschaltung, für eine Stern-Dreieck-Schaltung für Rechts- und Linksanlauf dargestellt.

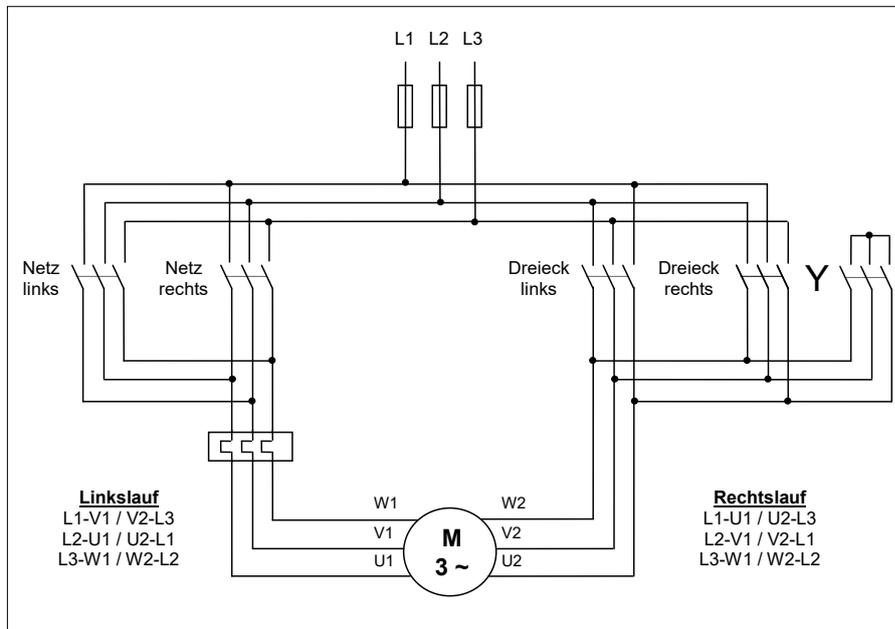


Bild 6: Hauptstromkreis Stern-Dreieck-Kombination

3.2 Der Steuerstromkreis in der Übersicht

Unten ist der Steuerstromkreis für den oben gezeigten Hauptstromkreis dargestellt.

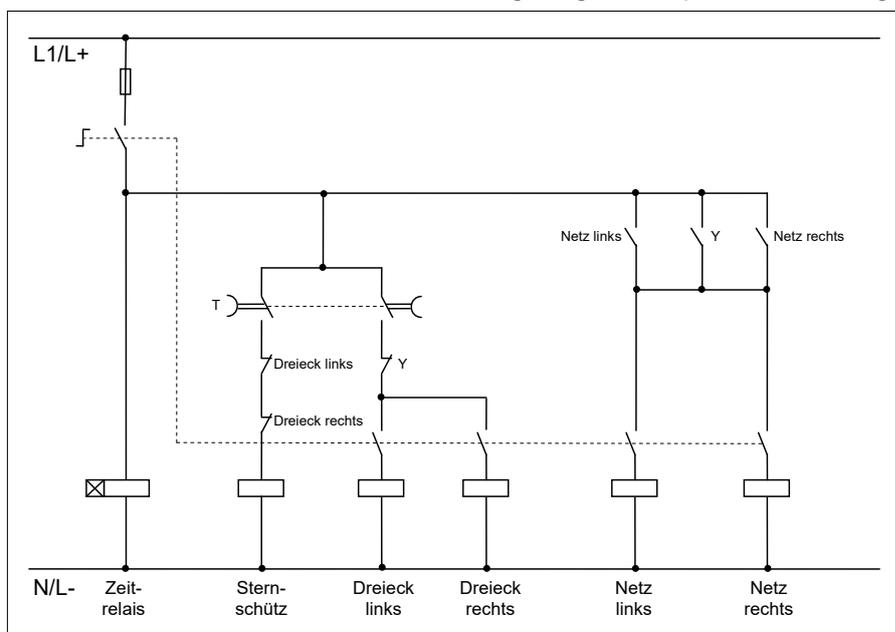


Bild 7: Steuerstromkreis Stern-Dreieck-Kombination

4 Siemens – Lösung für komplette Stern-Dreieck-Kombinationen bis 90 kW für eine Drehrichtung



Schütz – Kombinationen			
Drehstrommotor AC-3/400V		Baugröße	fertig verdrahtet und geprüft
[kW]	[A]		
5,5	12	S00-S00-S00	3RA2415-8XF31-1...
7,5	16	S00-S00-S00	3RA2416-8XF31-1...
11	25	S00-S00-S00	3RA2417-8XF31-1...
11	25	S0-S0-S0	3RA2423-8XF32-1...
15/18,5	32/40	S0-S0-S0	3RA2425-8XF32-1...
22	50	S0-S0-S0	3RA2426-8XF32-1...
22/30	50	S2-S2-S0	3RA2434-8XF32-1...
37	80	S2-S2-S0	3RA2435-8XF32-1...
45	86	S2-S2-S0	3RA2436-8XF32-1...
55	115	S2-S2-S2	3RA2437-8XF32-1...
55	115	S3-S3-S2	3RA2444-8XF32-1...
75	150	S3-S3-S2	3RA2445-8XF32-1...
90	160	S3-S3-S2	3RA2446-8XF32-1...

Schütz – Kombinationen			
Drehstrommotor AC-3/400V		Baugröße	fertig verdrahtet und geprüft
[kW]	[A]		Federzuganschluss
5,5	12	S00-S00-S00	3RA2415-8XF31-2...
7,5	16	S00-S00-S00	3RA2416-8XF31-2...
11	25	S00-S00-S00	3RA2417-8XF31-2...
11	25	S0-S0-S0	3RA2423-8XF32-2...
15/18,5	32/40	S0-S0-S0	3RA2425-8XF32-2...
22	50	S0-S0-S0	3RA2426-8XF32-2...

Weitergehende Informationen, beispielsweise für andere Spannungen und/oder Zubehör, siehe Katalog IC 10.

5 Anhang

5.1 Ansprechpartner

Technical Support für Electrical Products

Support Anfrage: www.siemens.de/support-request

Telefon: +49 (911)-895-7222

5.2 Literaturverzeichnis

- [1] Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen, Fachbuch Siemens
- [2] L. Vercelli, Sprecher&Schuh AG, CH-5000 Aarau (Suisse): "Rechts und Linkslauf der Motoren bei Y-D-Anlauf" in Elektrotechnik (CH) 2/1978, Seite 53