

SIMOREG DC Master

Baureihe 6RA70

Applikation

Tips zur Projektierung,
Hard- und Software
sowie zur Regelung

Stromrichtergeräte mit Mikroprozessor von 6kW bis 1900kW
für drehzahlveränderbare Gleichstromantriebe



HINWEIS

Diese Applikationsschrift erhebt nicht den Anspruch, alle Gerätedetails oder -varianten zu erfassen oder jeden denkbaren Fall des Betriebes oder der Anwendung zu berücksichtigen.

Sollten Sie weitere Informationen benötigen oder sollten spezielle Probleme auftreten, die für Ihr Anwendungsgebiet nicht ausführlich genug behandelt werden, wenden Sie sich bitte an die örtliche Siemens-Niederlassung.

Der Inhalt dieser Applikationsschrift wird nicht Bestandteil einer früheren oder bestehenden Vereinbarung, Zusage oder eines Rechtsverhältnisses und ändert diese auch nicht ab. Der jeweilige Kaufvertrag stellt die gesamte Verpflichtung des Geschäftsgebietes Drehzahlveränderbare Antriebe A&D der SIEMENS AG dar. Die in dem Vertrag zwischen den Parteien festgelegte Gewährleistung ist die einzige vom Geschäftsgebiet Drehzahlveränderbare Antriebe A&D übernommene Gewährleistung. Die vertraglichen Gewährleistungsbestimmungen werden durch die Ausführungen dieser Applikationsschrift weder erweitert noch abgeändert.



WARNUNG



Die aufgeführten Geräte enthalten gefährliche elektrische Spannungen, gefährlich rotierende Maschinenteile (Lüfter) und steuern drehende mechanische Teile (Antriebe). Tod, schwere Körperverletzungen oder erheblicher Sachschaden werden eintreten, wenn die Anweisungen der zugehörigen Betriebsanleitungen nicht befolgt werden.

Nur qualifiziertes Personal, das sich zuvor mit allen in den Betriebsanleitungen enthaltenen Sicherheitshinweisen sowie Montage-, Betriebs- und Wartungshinweisen vertraut gemacht hat, sollte an diesen Geräten arbeiten.

Der einwandfreie und sichere Betrieb der Geräte setzt sachgemäßen Transport, fachgerechte Lagerung, Aufstellung und Montage sowie sorgfältige Bedienung und Instandhaltung voraus.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung.

Wir haben den Inhalt der Druckschrift auf Übereinstimmung mit der beschriebenen Hard- und Software überprüft. Dennoch können Abweichungen nicht ausgeschlossen werden, so dass wir für die vollständige Übereinstimmung keine Garantie übernehmen. Die Angaben in dieser Druckschrift werden jedoch regelmäßig überprüft und notwendige Korrekturen sind in den nachfolgenden Auflagen enthalten. Für Verbesserungsvorschläge sind wir dankbar.

SIMOREG ® ist ein Warenzeichen von Siemens

0 Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	4
2 Die Projektierung	5
2.1 Gleichstrommotor	5
2.2 SIMOREG DC-MASTER 6RA70 - Stromrichtergerät	6
2.3 Stromrichtertrafo	8
2.4 Kommutierungsdrossel	8
2.5 Hauptschütz	9
2.6 Schutzschalter	9
2.7 Halbleiterschutzsicherungen	10
2.8 Leitungen	10
2.9 Funkentstörfilter	10
2.10 Cosinus PHI	11
2.11 Netzseitige Oberschwingungen	11
2.12 Kompensationsanlage	11
3 Ein kleines ABC der Hardware	12
3.1 Die Mikroprozessorelektronik	13
3.1.1 Analoge Eingänge / Ausgänge	13
3.1.2 Impulsgebereingang	13
3.1.3 Serielle Schnittstellen	14
3.1.4 Motorschnittstelle	14
3.1.5 Zusatzbaugruppen	14
3.2 Meßwerterfassung im SIMOREG DC Master 6RA70	15
4 Die Software - flexibel in der Anpassung	17
5 Kenngrößen der Regelung	18
5.1 Stromregelkreis	18
5.2 Drehzahlregelkreis	18
5.3 Automatische Optimierungsläufe unterstützen bei der Inbetriebnahme	18
5.4 Rechenzyklen	18

1 Anwendungsbereich

SIMOREG Stromrichtergeräte sind mit volldigitaler Steuerung und Regelung ausgerüstet und dienen zur Anker- und Feldspeisung von drehzahlveränderbaren Gleichstromantrieben.

Volldigital mit Erfahrung: Stromrichtergeräte mit digitaler Regelung von SIEMENS, sind seit 1986 auf dem Markt. Seither sind über 100 000 digitale SIMOREG im Einsatz, weltweit in allen Industriebereichen mit Gleichstromtechnik, ob an Kränen, Papiermaschinen, Folienmaschinen oder Walzwerken -das digitale Stromrichtergerät von SIEMENS als drehzahlveränderbarer Gleichstromantrieb hat sich durchgesetzt.

Im Standard

- Bemessungsanschlußspannung: 400, 460, 575, 690, 830 V
- Bemessungsstrom Ankerkreis: 15 bis 2000 A (mit Parallelschaltung von SIMOREG bis 12000 A)
- Feldebemessungsstrom 3 bis 40 A
- 6- und 12-pulsiger Betrieb möglich
- Feldstrom größer 40A durch getrenntes 6RA70 / 1Q -Gerät möglich

Ein hoher Bereich der zulässigen Eingangsspannung und eine flexible Software befähigen die Geräte außerdem für besondere Einsatzbereiche.

Besondere Anwendungen

- Speisung der Erregung großer Generatoren
- Speisung von Hubmagneten
- Speisung von geregelten Gleichspannungsschienen
- Laden von Batteriesätzen
- Zwischenkreisspeisung von großen Pulsumrichteranlagen

Zur Projektierung der Stromrichtergeräte 6RA70 wird der Katalog DA21-1998 verwendet. Folgende Applikationsschrift soll zusätzliche Fragen zur Projektierung und den Eigenschaften der Geräte beantworten.

2 Die Projektierung

Die verwendeten Formeln stellen teilweise Näherungen dar, was jedoch für die Praxis für eine schnelle Bestimmung der Größen meist ausreichend ist.

2.1 Gleichstrommotor

Die Projektierung beginnt mit der Auslegung des Gleichstrommotors nach Katalog DA12. Abhängig vom Speisernetz und der Betriebsart 1Q / 4Q (Ein- / Vierquadrantenbetrieb) ergibt sich die Ankerbemessungsspannung des Motors, die die weitere Auslegung des Ankerkreises ermöglicht.

Anker-Bemessungsspannung Motor	Netzanschluß 50/60 Hz	Stromrichter-Schaltung	Betriebsart
420 V	3AC 400 V	(B6)A(B6)C	4Q
470 V	3AC 400 V	B6C	1Q
520 V	3AC 500 V	(B6)A(B6)C	4Q
600 V	3AC 500 V	B6C	1Q
720 V	3AC 690 V	(B6)A(B6)C	4Q
810 V	3AC 690 V	B6C	1Q

Bei Netzspannungen 415 / 440 / 460 / 480 V wird der nächstliegende passende Ankerkreis ausgewählt. Die Feinanpassung der Drehzahl kann über das Motorfeld erfolgen. Bei größeren Abweichungen zwischen der Bemessungsspannung des Motors und der Ausgangsspannung des Stromrichters, bitten wir um Rückfrage beim Motorhersteller.

Hinweis: Bei SIEMENS-Motoren bis Baugröße 136 beträgt die zulässige Nennspannung des speisenden Netzes maximal 440 V.

Ein Berechnungsbeispiel finden Sie im nachfolgendem Kapitel.

Als Bemessungsspannung für das Motorfeld werden 310 V empfohlen. Da die 6RA70 - Geräte über ein integriertes geregeltes Feldgerät verfügen, ist auch ein drehzahlabhängiges Feldschwächen möglich. Im Feldschwächbereich wird der Motor mit konstanter Leistung betrieben, wobei das Moment mit steigender Drehzahl abnimmt.

Der Zusammenhang zwischen Bemessungsleistung und Moment ergibt sich wie folgt:

$$M = (9549 \cdot P_N) / n$$

M: Motormoment [Nm], P_N : Motorbemessungsleistung [kW], n : Motordrehzahl [min^{-1}].

Für Drehzahlen bis Bemessungsdrehzahl (Ankerstellbereich) gilt als Moment das Bemessungsmoment des Motors. Überlastbarkeit des Motors nach DA12 beachten.

Häufig sollen auch bestehende Anlagen mit älteren Motoren durch die Verwendung moderner Stromrichter nachgerüstet werden.

Was muß dabei beachtet werden?

- Da die Altmotoren meist auch auf Sicherheit gebaut wurden, ist bei 6-pulsiger Stromrichterspeisung die Verwendung einer Glättungsdrossel im Gleichstromkreis meist nicht notwendig.
- Für die neuen modernen SIEMENS-Motoren sind bei dynamischen Vorgängen Stromänderungsgeschwindigkeiten bis 200 I_N/s zulässig. Bei Altmotoren sollte man sanfter vorgehen. Dazu wird im SIMOREG 6RA70 der Stromsollwertintegrator aktiviert. Parametervorschlag: Parameter P157 = 1, P158 = 0.040 einstellen.
- Und wenn die Motornennspannung deutlich tiefer liegt, z.B. bei 160 oder 220 V und dieser direkt über einem Stromrichter am 400 V Netz betrieben werden soll, ist Vorsicht geboten. Obwohl der Mittelwert der Ausgangsspannung am SIMOREG zwischen Null und Bemessungsausgangsspannung geregelt werden kann, tritt als Spitzenspannung das Wurzel zweifache vom Effektivwert der Netzspannung auf, und dies sind am 400 V Netz immerhin 565 V. Die Frage ob dies für den Kommutator

zulässig ist, kann der Motorhersteller beantworten. Im Zweifelsfall setzen Sie einen Anpaßtransformator am SIMOREG - Eingang. Die Berechnung entnehmen Sie den nachfolgenden Kapiteln.

Hinweis:

Bei permanenterregten SIEMENS-Motoren der Type 1HU ist ein Anpaßtransformator (Sekundärspannung ca. 160 - 200 V) nötig.

Die Merkmale der SIEMENS-Motoren sind:

- hohe Leistungsdichte in kompakter Bauweise
- hohe Betriebssicherheit und Verfügbarkeit: Bürstenstandzeiten bis 15000 Stunden
- große Dynamik: Drehmomentanregelzeiten unter 10 ms bei Betrieb am SIMOREG
- hohe dynamische Grenzmomente für kürzeste Umsteuerzeiten
- ausgezeichneter Rundlauf: Drehmomentwelligkeit unter 1% bei 50/min
- wartungsfreundliches, busfähiges Diagnosekonzept im Zusammenhang mit 6RA70
- Baukastensystem zur Anpassung an Kundenwünsche

2.2 SIMOREG DC-MASTER 6RA70 - Stromrichtergerät

Das SIMOREG ist ein netzgeführter Stromrichter, dies erfordert das Vorhandensein einer Netzspannung für die Kommutierung des Stromes, eine Aufrechterhaltung des Stromflusses bei Ausfall der Netzspannung (z.B. bei Kurzunterbrechung) ist nicht möglich.

Bei Vierquadrantgeräten und Netzurückspeisung kann bei Ausfall der Versorgungsspannung bzw. hoher Netzunterspannung Sicherungsfall auftreten (Wechselrichterkippen). Dies ist ein physikalischer Effekt der Stromrichterschaltung, der durch die Regelung nicht verhindert werden kann. Die Einspeisung erfolgt mit Wechselstrom (für Feldkreis) / Drehstrom (für Ankerkreis) der Betrieb des Leistungsteiles an einem Gleichspannungsnetz ist nicht möglich.

Das SIMOREG 6RA70 ist kurzzeitig bis 1,8 fach überlastbar, sofern das Gerät vorher mit einem Grundlaststrom kleiner als Gerätebemessungsstrom betrieben wurde. Wird das Gerät für einen längeren Zeitraum mit Bemessungsstrom betrieben ist keine Überlast möglich. Dazu wird im Gerät der thermische Zustand der Thyristoren berechnet, um einen Schutz der Leistungshalbleiter zu gewährleisten. Sind die thermischen Grenzen bei Überlast erreicht erfolgt wählbar eine automatische Reduzierung auf Gerätebemessungsstrom oder Abschaltung mit Fehlermeldung. Die Projektierung der Überlast erfolgt mit dem Katalog DA21, bzw. der Betriebsanleitung.

Bereich der zulässigen Nennspannung des speisenden Netzes

Der Bereich der zulässigen Eingangsspannung ist abhängig von der Bemessungsanschlußspannung des 6RA70 Gerätes. Für Netzspannungen 480V / 500V / 575V werden Geräte mit Bemessungsanschlußspannung 575 V verwendet. Für Kleinspannung 15 bis 85 V Eingang ist die Hardwareoption L04 verfügbar.

Bemessungsanschlußspannung 6RA70	Bereich Nennspannung speisendes Netz
Ankerkreis 400V	3AC 85 - 415 V
Ankerkreis 400/460/575 V mit Option L04	3AC 15 - 85 V
Ankerkreis 460 V	3AC 85 – 460 V
Ankerkreis 575 V	3AC 85 – 575 V
Ankerkreis 690 V	3AC 130 – 690 V
Feldkreis	2AC 85 – 460 V

Hinweis:

Bei 4Q-Betrieb mit Netzurückspeisung muß die Netzspannung immer höher als die Motorspannung / 1,17 sein, sonst kann Wechselrichterkippen mit Sicherungsfall auftreten.

Ausgangsspannung am SIMOREG

Die in den technischen Daten angegebene Bemessungsausgangsspannung gilt für Bemessungsanschlußspannung minus 5%. Es ist also schon eine gewisse Reserve eingerechnet um betriebsmäßige Unterspannungen des Einspeisernetzes abzudecken. Eine genauere Berechnung der Ausgangsspannung ist nach folgendem Zusammenhang möglich.

Ankerkreis:

$$4Q \text{ Schaltung (B6)A(B6)C: } U_{\text{DC-Ausgang}} = U_{\text{SIMOREGein}} * 1,35 * \cos 30^\circ = U_{\text{SIMOREGein}} * 1,17$$

$$1Q \text{ Schaltung B6C: } U_{\text{DC-Ausgang}} = U_{\text{SIMOREGein}} * 1,35 * \cos 5^\circ = U_{\text{SIMOREGein}} * 1,34$$

Feldkreis:

$$\text{Schaltung B2HZ: } U_{\text{DC-Ausgang}} = U_{\text{SIMOREGein}} * 0,9$$

Für Feldebemessungsspannungen zwischen 180 und 340 V (normal 310 V) ist eine Einspeisespannung des Stromrichters von 400 V (Ausnahme bei älteren Motoren) vorgesehen, bei niedrigerer Bemessungsspannung des Motorfeldes wird ein Anpaßtransformator auf der Einspeiseseite empfohlen.

Hinweis: Als $U_{\text{SIMOREGein}}$ wird die Netzspannung minus dem Spannungsabfall der Kommutierungsdrossel (normal 4% der Netzspannung) verwendet.

$U_{\text{DC-Ausgang}}$: berechnete Ausgangsspannung am SIMOREG.

Bei Verwendung eines Anpaßtransformators sollten einige % als Spannungsreserve eingerechnet werden.

Berechnungsbeispiel:

Anlagendaten: Netzennspannung 415 V, Spannungsabfall Kommutierungsdrossel 16 V
4Q Betrieb,

$$U_{\text{SIMOREGein}} = 415 - 16 = 399 \text{ V}$$

$$U_{\text{DC-Ausgang}} = 399 * 1,17 = 467 \text{ V}$$

Als Ankerkreis für den Motor kann der entsprechende mit 470 V ausgewählt werden.

Um auch Reserve bei Unterspannung zu haben wird als Eingabe der Motorbemessungsspannung 440 V empfohlen (Parameter P101).

Die Motordrehzahl bei 440 V bezogen auf 470 V kann linear umgerechnet werden (die Drehzahl im Ankerstellbereich ist proportional zur Motorspannung). Die Bemessungsdrehzahl kann durch geringfügiges Feldschwächen erreicht werden.

Eine Reserve wird eingerechnet wegen: betriebsmäßige Unterspannungen im Netz, Unterspannungen infolge anderer Verbraucher, Spannungsabfall an Leitungen, erhöhter Spannungsabfall $I \cdot R$ im Motor bei Beschleunigungsströmen.

Verlustleistungen am SIMOREG

Leistungsunabhängige Verluste	
Stromversorgung	ca. 200 W
Gerätelüfter	ca. 750 W bei 400 bis 850 A Geräte
	ca. 570 W bei > 850 A
Leistungsabhängige Verluste	
Ankerkreis	3 V mal Ankerstrom
Feldkreis	3 V mal Feldstrom
Gesamtverluste	Summe aller obigen Verluste

Abgegebene Leistung: Gleichspannung mal Gleichstrom Anker

Aufgenommene Leistung: Abgegebene Leistung plus Verluste

Wirkungsgrad: Abgegebene durch aufgenommene Leistung.

2.3 Stromrichtertrafo

Die Berechnung der Scheinleistung des Stromrichtertransformators für den Ankerkreis erfolgt nach folgender Formel:

$$S = 1,35 * U_{\text{Netz-secundär}} * \text{Gleichstrom} * 1,05$$

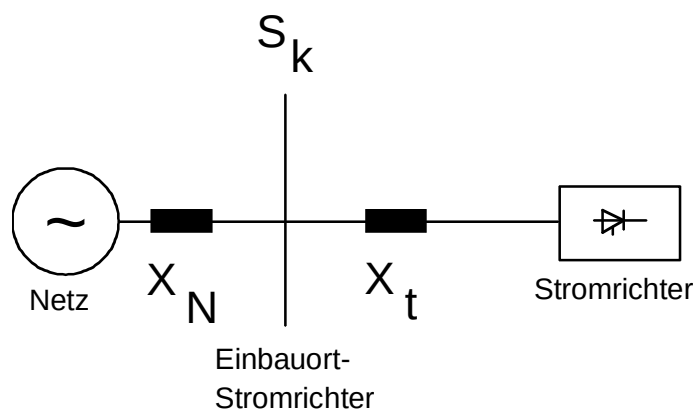
Für den Feldkreis

$$S = U_{\text{Netz-secundär}} * \text{Gleichstrom}$$

2.4 Kommutierungsdrossel

Zur Begrenzung der Kommutierungseinbrüche in der Netzspannung sind immer Induktivitäten auf der Netzseite der SIMOREG K - Geräte erforderlich. Den Geräten müssen deshalb Kommutierungsdrossel vorgeschaltet werden. Der erforderliche induktive Spannungsabfall läßt sich hierbei, wie die Kurzschlußspannung des Transformators, auf die Netzspannung beziehen und als bezogener Spannungsabfall angeben.

Der Mindestwert der Transformator-Kurzschlußspannung bzw. des bezogenen Spannungsabfalls der Kommutierungsdrossel soll mit Rücksicht auf die zulässigen Kommutierungseinbrüche im speisenden Netz 4% betragen, damit bei einem Verhältnis der Stromrichteranschlußleistung zu Netzkurzschlußleistung von 1% die Kommutierungseinbrüche 20% nach VDE 0160 nicht überschreiten. Dies bedeutet auch, daß bei schwachen Netzen ggf. die Induktivität der Kommutierungsdrossel erhöht werden muß (z.B. zwei Drosseln in Serie).



X_N : Netzreaktanzen, X_t : Traforeaktanz, U_n : Nennspannung des Netzes
 S_k : Kurzschlußleistung des Netzes am Einbauort des Stromrichters
 P_s : Stromrichter-Anschlußleistung

Spannungsabfall im speisenden Netz am Punkt S_k :

$$\Delta U / U_n = X_N / (X_N + X_t) \text{ soll } \leq 0,2$$

$$\Delta U / U_n = 1 / (1 + u_k * S_k / P_s)$$

u_k ist die relative Kurzschlußspannung des Stromrichtertrafos bzw. der Kommutierungsdrossel (normal 0,04 = 4%).

Ein Netz kann als starr bezeichnet werden wenn $P_s / S_k \leq 0,01$. Am starren Netz 4% Drosseln verwenden.

Wann kann auf die Kommutierungsdrossel verzichtet werden: Wenn ein Stromrichter an einen Stromrichterttransformator (als einzige Last) mit einem $u_k \geq 4\%$ betrieben wird. Spartransformatoren haben ein geringes u_k , daher ist hier meist zusätzlich eine Kommutierungsdrossel notwendig.

Wann muß immer eine Kommutierungsdrossel verwendet werden: Wenn mehrere Stromrichtergeräte an einem Transformator betrieben werden sind für jedes Gerät getrennte Kommutierungsdrosseln vorzusehen.

Bei Auswahl der Kommutierungsdrosseln gemäß Katalog DA93.1 kann wie folgt vorgegangen werden: Da sowohl der Motor wie auch die Kommutierungsdrossel kurzzeitig überlastbar sind, erfolgt die Auslegung des Drosselstromes im Ankerkreis auf den Motorbemessungsstrom. Der Bemessungsstrom der 3-Phasendrossel ist Motorbemessungsstrom mal 0,82. Dabei wird aus der Tabelle für eine 80% Drossel die geeignete Type ausgesucht.

Die Drossel für den Feldstromkreis wird auf den Bemessungsstrom des Motorfeldes (Einphasendrossel) ausgelegt.

Hinweis: Bei 60 Hz Netzfrequenz, Drossel um 10% höher auslegen.

2.5 Hauptschütz

Die Verwendung eines Hauptschützes ist nicht zwingend vorgeschrieben (abhängig von Anwendung). Bei Verwendung des Relaiskontaktes Klemme 109/110 des SIMOREG - Gerätes für die Hauptschützsteuerung wird sichergestellt, daß im Normalbetrieb das Hauptschütz stromlos zu- und abgeschaltet wird. Im Fehlerfall können jedoch Überströme mit Gleichstromanteilen auftreten.

2.6 Schutzschalter

Im Übersichtschaltbild für das SIMOREG - Gerät sind Schutzschalter für Elektronikstromversorgung und Feld eingezeichnet.

Diese werden auf Leitungsschutz ausgelegt. Alternativ kann der Leitungsschutz durch andere Maßnahmen erreicht werden.

2.7 Halbleiterschutzsicherungen

Zum Schutz der Thyristoren sind Halbleiterschutzsicherungen vorgeschrieben (siehe Katalog DA21 bzw. Betriebsanleitung).

Hinweis:

Geräteschäden die durch Verwendung unzulässiger Sicherungen entstehen unterliegen nicht der Gewährleistung.

Die vorgeschriebenen Halbleiterschutzsicherungen sind für den Leitungsschutz nicht geeignet. Ausnahme: die Type 3NE1 ist auch für den Leitungsschutz geeignet. Zusätzlich zu dem Halbleiterschutz sind Maßnahmen für den Leitungsschutz z.B. durch Leitungsschutzsicherungen zu treffen.

Ausnahme:

Folgende Halbleiterschutzsicherungen sind unter nachfolgenden Bedingungen auch für den Leitungsschutz geeignet:

Type: Halbleiterschutz- sicherung	Leitung muß auf folgenden Mindeststrom ausgelegt werden
5SD420	15 A
5SD440	22 A
5SD480	26 A
3NE8015	27 A
3NE8003	36 A
3NE4102	36 A

2.8 Leitungen

Die Motorleitungen werden auf den Gleichstrom ausgelegt. Im Einspeisekreis des Ankerkreises fließt der Motorstrom mal 0,82.

Bei der Feldversorgung ist der Gleichstrom gleich dem Einspeisestrom.

Schutzleiter: Der Schutzleiter muß auf Wurzel 3 fachen Einspeisestrom für den Fehlerfall ausgelegt werden.

Bei Verwendung einer Erdschlußüberwachung kann der Schutzleiterquerschnitt reduziert werden.

Hinweis: FI-Schutzschalter am SIMOREG sind nicht zulässig.

2.9 Funkentstörfilter

Soll die Norm EN55011 Klasse A1 eingehalten werden, so sind immer Kommutierungs-drosseln und Funkentstörfilter notwendig. Die strommäßige Auslegung des Funkentstörfilters erfolgt wie bei der Kommutierungs-drossel. Bei 400 V Netz können mehrere Verbraucher (Ankerkreis, Feldkreis, Stromversorgung) über ein Filter geführt werden. Dazu wird für die Filterauslegung der Summenstrom für die Verbraucher berechnet.

Weitere Hinweise sind der Betriebsanleitung bzw. dem Katalog DA21 zu entnehmen.

2.10 Cosinus PHI

Da es sich bei dem SIMOREG K - Gerät um einen gesteuerten Gleichrichter handelt tritt Steuerblindleistung und Kommutierungsblindleistung auf. Der $\cos\phi$ für den Ankerkreis kann je nach Motordrehzahl zwischen Null und ca. 0,9 liegen. Da bei Stromrichterschaltungen nicht sinusförmige Ströme vorliegen ist die Bestimmung der Leistungen etwas komplexer.

Bei voll geglätteten Gleichstrom gelten für die Grundswingungsleistungen folgende Beziehungen:

$$S_1 = U_{di} \cdot I_d, P = P_1 = U_{di} \cdot I_d \cdot \cos\alpha, Q_1 = U_{di} \cdot I_d \cdot \sin\alpha. \cos\phi_1 = \cos\alpha.$$

Die Blindleistung ist stets induktiv.

Für die Praxis kann der $\cos\phi$ nach folgender Beziehung näherungsweise bestimmt werden:

$$\cos\phi \cong U_d / U_{di} = U_{Motor} / (1,35 \cdot U_{Netz})$$

Berechnungsbeispiel:

Gegeben:

Motor 1GG6164-0JF40-6WV5, Ankerbemessungsspannung 470 V, Bemessungsdrehzahl 1800 / min, Bemessungsstrom 171 A, Netzspannung 400 V

a) Bei Bemessungsdrehzahl:

$$\cos\phi \cong 470 / (1,35 \cdot 400) = 0,87$$

b) Bei 900 / min:

Im Ankerstellbereich sind Drehzahl und Motorspannung proportional, bei halber Drehzahl daher halbe Motorspannung.

$$\cos\phi \cong (470 / 2) / (1,35 \cdot 400) = 0,44$$

c) Bei 2500 / min

Der Motor ist im Feldschwächbereich, die Gleichspannung ist konstant (Motorbemessungsspannung), Berechnung wie a).

2.11 Netzseitige Oberschwingungen

Oberschwingungen entstehen dadurch, daß der Stromrichter das Netz mit mehr oder weniger ausgeprägten rechteckförmigen Stromblöcken belastet. Die Zerlegung des Netzstromes in seine Frequenzanteile ergibt die Grundschiwingung und Oberschwingungen.

In der Betriebsanleitung des Stromrichtergerätes bzw. im Katalog DA21 ist ein berechnetes Beispiel angegeben.

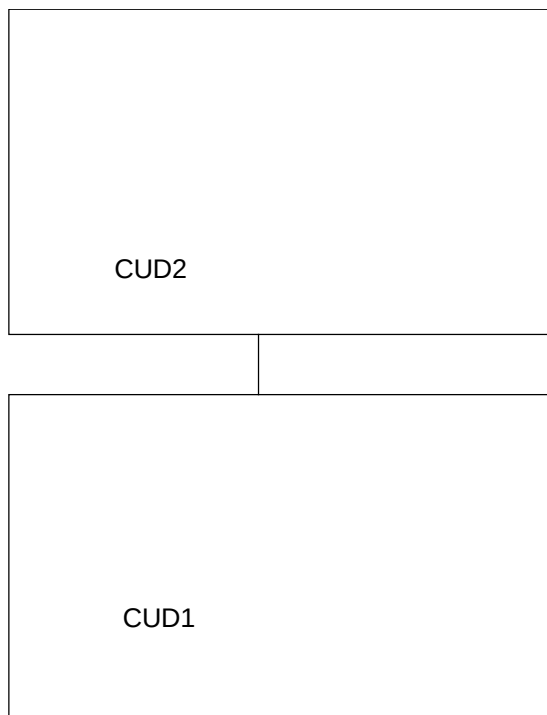
Bei genauer Kenntnis der Netz- und Motordaten (Kurzschlußleistung Netz, Daten der Kommutierungsdrossel, Motorinduktivität und -widerstand, Transformatoraten und Betriebspunkt des Motors) kann eine Berechnung der netzseitigen Oberschwingungen durchgeführt werden.

Bei komplexen Stromrichteranlagen ist die Messung der Oberschwingungen zielführend.

2.12 Kompensationsanlage

Alle Stromrichter verursachen Netzzrückwirkungen. Entstörmaßnahmen im Netz vorzusehen ist Aufgabe des Netzbetreibers. Für eine Netzberechnung muß die Kenntnis der Netz-Topologie und ihrer möglichen Veränderung bekannt sein. Ein wildes Bestücken der Netze mit Saugkreisen, insbesondere mit unverdrosselten Kompensationseinrichtungen, wird meist keine Verbesserung bringen, und unter Umständen die Resonanzempfindlichkeit der Netze vergrößern. Bei der Ermittlung der Oberströme kann nicht einfach von der Summe der Oberströme der einzelnen Stromrichter ausgegangen werden (ist geringer als die Summe). In der Praxis wird man bei komplexen Anlagen auf eine Messung der Oberströme zurückgreifen. Um Haftungsfragen auszuschließen, soll der Netzbetreiber vom Stromrichterhersteller auf das Vorhandensein von Oberschwingungsströmen hingewiesen werden.

3 Ein kleines ABC der Hardware



CUD1: Mikroprozessor-Elektronik: Eine Variante für die gesamte Baureihe

CUD2: Option Klemmenerweiterung

3.1 Die Mikroprozessorelektronik

Ein Zwei-Prozessor-System auf Basis der leistungsfähigen Mikrocontroller der **C166** Familie von SIEMENS, getaktet mit 48 MHz, ist das Herz der Regelung. Ein C163 ist mit einem C167 über ein Dual Port RAM synchronisiert bzw. gekoppelt. Es handelt sich hier um hochleistungsfähige Mikrocontroller, deren Befehlsatz auf die schnelle Reaktion auf externe Ereignisse optimiert wurde. Auf einem Chip wurden zusätzlich zum Mikroprozessor „intelligente“ Peripherieschaltungen implementiert, um die Flexibilität der gesamten Steuerung zu erhöhen.

Ein Controller der C166 Familie besteht aus folgenden Funktionsblöcken: Einem hochleistungsfähigen Mikroprozessor, einem voll programmierbarem Interruptsystem, universell einsetzbaren Ein-/Ausgabekanälen und unabhängig voneinander arbeitenden, intelligenten Peripherieschaltungen.

Die wichtigsten Eigenschaften des C163 bzw. C167:

- Befehlsausführungszyklus von 83 ns bei 24 MHz internem Takt, 16 bit- Multiplikation bzw. Division in 0,416 bzw. 0,83 μ s
- Die meisten Befehle werden innerhalb eines einzigen Zyklus ausgeführt,
- Umfassende Bitmanipulationen, Befehle für leistungsfähige Programmverzweigung
- Flexible Bussteuerung mittels programmierbaren, adressabhängigen Eigenschaften
- 16-Kanal 10 bit-Analog-/Digitalwandler (-> nur C167!)
- Fünf 16 bit-Zeitgeber/-Zähler mit Schaltung für Zeiterfassung und Vergleich
- Hohe Systemsicherheit durch Watchdog
- Zwei integrierte serielle Schnittstellen

Ein **ASIC**-Baustein (kundenspezifischer Baustein) unterstützt den Mikrocontroller für:

- 4 Kanäle für hochauflösende A/D Wandlung mit 14 bit plus Vorzeichen
- Impulsgeberauswertung mit zwei Spuren und Nullmarke für bis zu 300kHz Impulsfrequenz

3.1.1 Analoge Eingänge / Ausgänge

- Analoger Drehzahlwert mit 14 bit plus Vorzeichen, Wandlungszeit 1,15 ms
- 2 analoge Eingänge über Differenzverstärker mit 14 bit plus Vorzeichen.
Die Auflösung für den Hauptsollwert (Klemme 4/5) ist über P707 einstellbar:
11 bit plus Vorzeichen Meßzeit 0,53 ms
12 bit plus Vorzeichen Meßzeit 0,95 ms
13 bit plus Vorzeichen Meßzeit 1,81 ms
14 bit plus Vorzeichen Meßzeit 3,51 ms
- 2 analoge Eingänge mit 10 bit plus Vorzeichen
- 4 analoge Ausgänge 11 bit plus Vorzeichen
- ein direkter analoger Echtzeit-Ausgang für den Stromwert z.B für Anschluß an einen Schreiber

3.1.2 Impulsgebereingang

Es werden Impulsgeber mit zwei um 90° versetzten Spuren empfohlen (bei 1Q auch eine Spur möglich, Anwahl über P140). Eine Nullmarke wird empfohlen wenn ein Positionswert (Hardwarezähler 24 bit, Konnektor K0043 High-word, K0042 Low-word, K0044 Anzahl Nullmarken) gewünscht wird.

Die Erfassung erfolgt über Differenzverstärker (Achtung auch Minusanschluß anschließen an Masse oder an der Querspür).

Bei HTL Impulsgebern kann die Spannungsversorgung vom SIMOREG erfolgen. 5V Geber (TTL) erfordern eine getrennte Stromversorgung. Der Bereich der Eingangsspannung ist über Parameter P142 wählbar. Es werden 1024 Impulse je Umdrehung oder höher empfohlen. Die Meßzeit der Auswertung ist zwischen 1 bis 4 ms wählbar. Bei längerer Meßzeit - besserer Rundlauf bei kleinen Drehzahlen.

Die niedrigste mit einem Impulsgeber meßbare Drehzahl ist abhängig von der Strichzahl des Impulsgebers:

$$n_{\min} [\text{U/min}] = 14648 / (X * \text{Strichzahl})$$

Die größte mit einem Impulsgeber meßbare Drehzahl ist:

$$n_{\max} [\text{U/min}] = 18\,000\,000 / \text{Strichzahl}$$

X = 1 oder 2 oder 4 für einfach, zweifach oder 4fach Auswertung.

Abhängig von der gewünschten Minimal-/ Maximaldrehzahl wird die Strichzahl (Pulszahl Impulsgeber) des Impulsgebers bestimmt (1024 Impulse je Umdrehung sind meist passend).

3.1.3 Serielle Schnittstellen

Das SIMOREG Grundgerät verfügt über zwei serielle Schnittstellen. Eine 3. serielle Schnittstelle befindet sich auf der Klemmenerweiterung CUD2.

Am Gerätebedienfeld befindet sich der Stecker X300 wahlweise mit einer RS232 oder RS485 Schnittstelle für das USS-Protokoll. Die RS232 Schnittstelle ermöglicht eine Punkt- zu Punktkopplung zum Anschluß an einen PC. Darüber wird meist die menuegeführte Inbetriebnahme mit SIMOVIS durchgeführt. Die RS485

Schnittstelle ist geeignet für eine busfähige Anbindung der Geräte an die Automatisierung oder einen PC (Umsetzer auf der PC Seite nötig) oder für den Anschluß eines OP1S.

Maximale Baudraten: 19,2 kBd für RS232 und 187,5 kBd für RS485.

Auf der CUD1 und CUD2 sind je eine RS485 (Vierdraht oder Zweidraht) Schnittstelle vorhanden. Diese können für das USS- oder Peer To Peer- Protokoll verwendet werden.

3.1.4 Motorschnittstelle

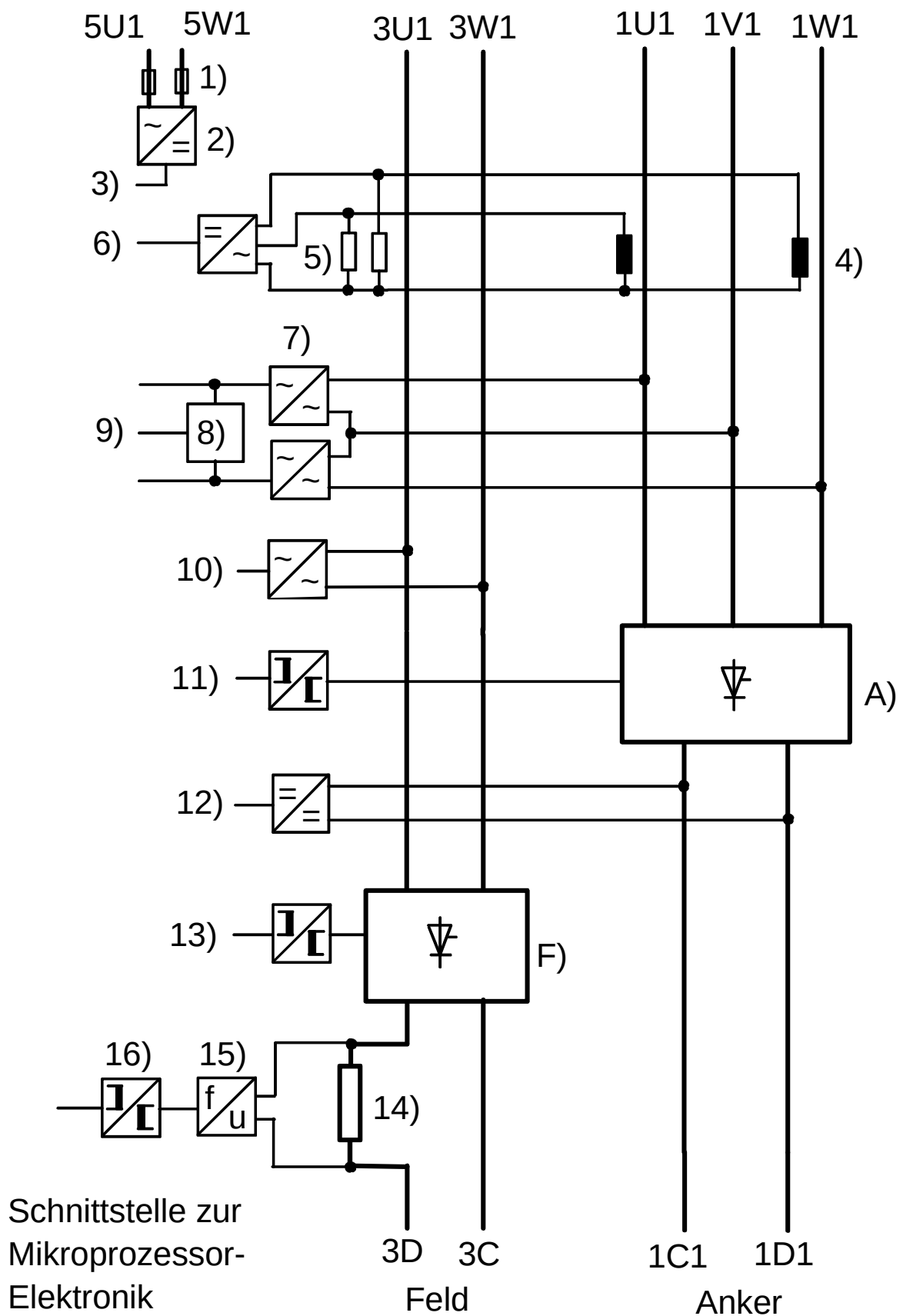
Die Möglichkeiten der Motorschnittstelle auf der CUD2 sind im Katalog DA21 beschrieben.

3.1.5 Zusatzbaugruppen

Die Technologiebaugruppe T400 und die Schittstellenbaugruppe CBP werden über ein Dual Portram angekoppelt.

Weitere Information siehe Katalog DA21.

3.2 Meßwerterfassung im SIMOREG DC Master 6RA70



5U1/5W1: Anschluß Elektronikstromversorgung, Phasenlage beliebig

3U1/3W1: Einspeisung Feldversorgung, Phasenlage beliebig

1U1/1V1/1W1: Einspeisung Ankerkreis, Drehfeld beliebig

3C/3D: Anschluß für Motorfeld

1C1/1D1: Anschluß für Ankerkreis Motor

A) Leistungsteil Ankerkreis , Schaltung B6C für 1Q, Schaltung (B6)A(B6)C für 4Q

B) Leistungsteil Feld, Schaltung B2HZ

- 1) Sicherung Stromversorgung 1A mittelträge Best. Nr. 6RY1702-0BA00
- 2) Potentialgetrenntes Schaltnetzteil
- 3) Gleichspannungen: P5, P15, P24, N15
- 4) Wechselstromwandler in Phase U/W zur Ankerstrommessung und Potentialtrennung
- 5) Bürdenwiderstände für Stromwandler mit max. 1V Bürdenspannung für Bemessungsstrom. Die Feinanpassung des Gerätenennstromes erfolgt über die Software ohne Auflösungsverlust. Die Bürdenanpassung erfolgt in 10% Stufen über Parameter P76.
- 6) Zur elektronischen Gleichrichtung des Stromistwertes auf der Elektronikbaugruppe, Auflösung 10 bit für Bemessungsstrom.
- 7) Hochohmige Spannungsmessung über Differenzverstärker im Ankerkreis.
- 8) Nachbildung der 3. Phase
- 9) Zum A/D Wandler, Spannungsmessung und dreiphasige Synchronisierung
- 10) Hochohmige Spannungsmessung für Synchronisierung im Feldkreis über Differenzverstärker und Auswertung über A/D Wandler.
- 11) Potentialtrennung für Zündimpulse Ankerkreis über Impulsübertrager.
- 12) Hochohmiger Differenzverstärker für die Ankerspannungsmessung, für tacholosen Betrieb über EMK - Regelung.
- 13) Potentialtrennung für Zündimpulse Feldkreis über Impulsübertrager.
- 14) Shuntwiderstand für Messung Feldstrom. Die Bürdenanpassung erfolgt über Parameter P76 in 10% Stufen.
- 15) Spannungs-/ Frequenzwandlung für Meßwerterfassung.
- 16) Übertrager für Meßfrequenz zur Potentialtrennung.

4 Die Software - flexibel in der Anpassung

Die Software ist modular aufgebaut und verfügt über freizügige Verschaltungsmöglichkeiten über die Parameter. Die verfügbaren Softwaremodule sind im Katalog DA21 und in der Betriebsanleitung für die SIMOREG beschrieben.

Binektoren und Konnektoren sorgen für eine freizügige Verschaltung der Softwaremodule.

5 Kenngrößen der Regelung

Die Regelung arbeitet als Drehzahlregelung mit unterlagerter Stromregelung.

5.1 Stromregelkreis

Zur Erreichung hoher Dynamik ist dem PI-Stromregler eine Vorsteuerung parallel geschaltet. Die Vorsteuerung berechnet aus EMK und Stromsollwert den benötigten Steuerwinkel und wirkt als schneller Kanal parallel zur Stromregelung. Der Stromregler wirkt mit seiner PI-Charakteristik für langsamere Vorgänge.

Die Anregelzeit für den Stromregelkreis beträgt ca. 6,6 ms. Statistisch kann eine zusätzliche Totzeit von 3,3 ms bei 50 Hz auftreten. Die Grenzfrequenz für den Stromregelkreis beträgt 47,5 Hz.

5.2 Drehzahlregelkreis

Der Drehzahlregler ist ein PI-Regler mit D-Anteil im Istwertkanal.

Die Anregelzeit beträgt 25 ms, die Grenzfrequenz für den Drehzahlregler ist 24 Hz.

5.3 Automatische Optimierungsläufe unterstützen bei der Inbetriebnahme.

Die Auswahl des Optimierungslaufes erfolgt über Parameter P051.

P051 = 22 Interne Offstabgleiche

P051 = 25 Vorsteuerung und Stromregler (Anker und Feld)

P051 = 26 Drehzahlregler

P051 = 27 Feldschwächregelung (Feldkennlinie und EMK-Regler)

P051 = 28 Reibungs- und Schwungmomentkompensation.

Die Optimierung der Regler erfolgt nach folgenden Kriterien:

Ankerstromregler nach dem Betragsoptimum.

Feldstromregler nach dem symetrischen Optimum.

Drehzahlregler nach dem symetrischen Optimum.

EMK-Regler nach dem symetrischen Optimum.

Der Stromregelkreis sollte immer automatisch optimiert werden, eine manuelle Anpassung ist nicht notwendig.

Der Drehzahlregler sollte in folgenden Fällen per Hand nachoptimiert werden:

Starke Getriebelose

Riemenantriebe mit hohen Schwungmomenten

Schwingungsfähige Mechanik

Prozesse die eine hohe Dynamik nicht zulassen.

5.4 Rechenzyklen

Zwischen zwei Zündimpulsen das sind **3,3 ms** bei 50 Hz werden folgende Funktionen gerechnet:

Ankerstromregelung, Drehzahlregelung, Technologieregler, Motorpoti, Sollwertbildung, Hochlaufgeber, Analogeingänge, Analogausgänge, Binärausgänge, Schnittstellen.

In **6,6 ms** bei 50 Hz:

Binäreingänge

In **10 ms** bei 50 Hz:

EMK- und Feldstromregelung

Bei 60 Hz sind die Rechenzyklen um 20% kürzer.

Die Parametrierung erfolgt im **20 ms** Zyklus.

Siemens AG
Elektronikwerk Wien
Postfach 83, A-1211 Wien

Siemens Aktiengesellschaft

© Siemens AG, 2000
Änderungen vorbehalten

SIMOREG DC Master Applikation
Tips zur Projektierung, Hard- und Software sowie zur
Regelung

Printed in Austria

