

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse

**Herausgeber:** Electrosuisse

**Band:** 98 (2007)

**Heft:** 5

**Artikel:** Neuartiger kompakter Resolver mit reduzierten Kosten

**Autor:** Fräger, Carsten

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857419>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Neuartiger kompakter Resolver mit reduzierten Kosten

## Kaskadenresolver als attraktiver Drehzahl- und Winkelsensor für elektrische Antriebe

Resolver finden breiteste Anwendung zur Drehzahl- und Lage erfassung in elektrischen Antrieben. Sie stellen ein kostengünstiges und robustes Messglied für rotierende Antriebe dar. Heute bestehen sie aus zwei Aktivteilen: einem Ringtransformator und einem gebleichten Teil mit zweisträngiger Statorwicklung. Durch eine neue Wicklungsanordnung lässt sich der Ringtransformator eliminieren. Dies führt zu einer Kostensenkung, einem einfachen mechanischen Aufbau und einer kürzeren Bauweise. Messungen an einem ausgeführten Resolver zeigen die Funktionsfähigkeit der neuen Anordnung.

Viele elektrische Antriebe werden drehzahl- oder winkelgeregelt betrieben. Typische Anwendungen sind beispielsweise Positionierantriebe, die eine Zielposition anfahren und auch unter Last

tragen extreme Temperaturen und Vibrat ionen und sind sowohl gegen Spannungs störungen als auch gegen radioaktive Strahlung resistent. Die empfindliche

Elektronik ist geschützt im Schaltschrank untergebracht und kommt mit den Umwelt einflüssen nicht in Kontakt. Bild 1 zeigt einen Servoumrichter mit integrierter Resoloverauswertung.

In Bild 2 ist ein Servomotor mit einge bautem Resolver abgebildet. Resolver liefern innerhalb von zwei Polen den absoluten Winkel. Das bedeutet, dass ein 2-poliger Resolver direkt eine Umdrehung auflösen kann. Ein 6-poliger Resolver kann  $\frac{1}{3}$  einer Umdrehung direkt auflösen, jedoch liefert er keine Information darüber, in welchem Drittel sich der Rotor befindet. Aus der Winkeländerung wird die Drehzahl ermittelt.

Beim Betrieb mit Synchronmotoren liefern die Resolver den besonderen Vor teil, dass sie innerhalb von zwei Polen den Winkel absolut und nicht nur inkrementell liefern. Dadurch ist eine Strom-

**Carsten Fräger**

halten sollen, oder Antriebe, die eine vor gegebene Drehzahl exakt auch bei Belas tung einhalten sollen.

Für diese Aufgabe werden Frequenz umrichter eingesetzt, die den Elektromotor – z.B. einen Synchron- oder Asynchronmotor – mit variabler Spannung und Frequenz versorgen. Die Steuerung des Frequenzumrichters erfolgt durch einen Regler, der neben dem Motorstrom auch Drehzahl und Drehwinkel des Motors entsprechend den Sollwerten regelt. Für Synchronmotoren wird der Drehwinkel des Rotors zur korrekten Stromvorgabe benötigt. Zur Drehzahl- und Winkelre gelung ist der aktuelle Drehwinkel des Rotors erforderlich. Zur Messung der Ist Drehzahl und des Ist-Winkels des Motors werden unter anderem Resolver eingesetzt.

Resolver sind elektromechanische Winkel messgeräte ohne elektronische Bauteile. Sie werden von einer im Fre quenzumrichter befindlichen elektronischen Schaltung versorgt und aus gewertet. Dadurch sind sie im Vergleich zu anderen Messgeräten wie etwa Inkre mental gebären mit optoelektronischer Auswertung äußerst robust: Resolver er

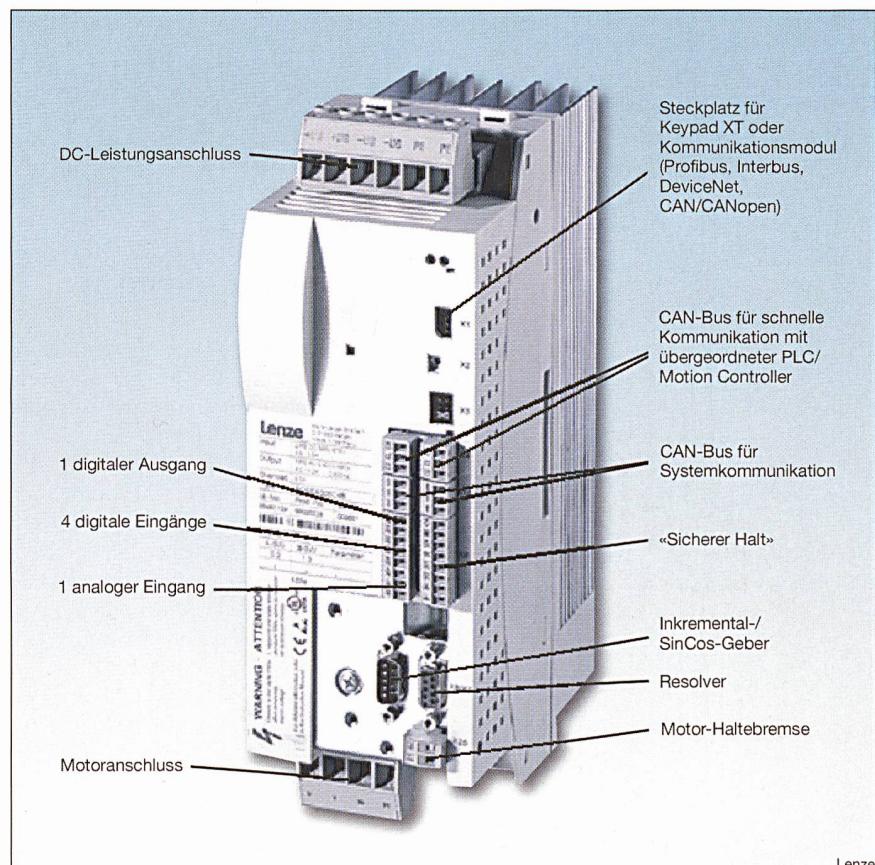


Bild 1 Servogerät mit Auswerte elektronik für Resolver

# Elektromotoren

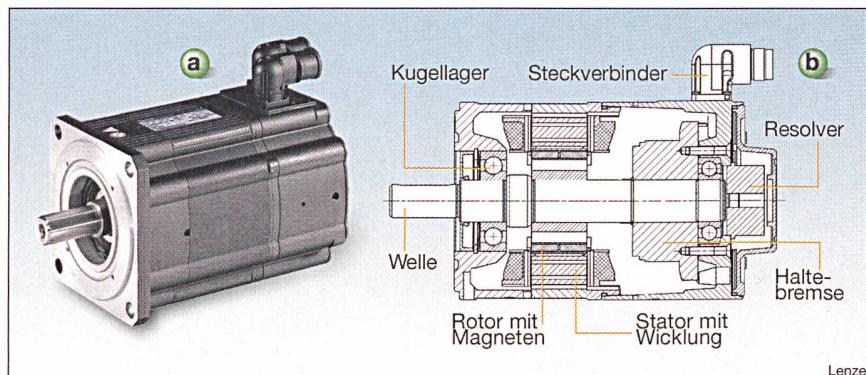


Bild 2 Synchronservomotor mit Resolver

Bild 2a: Seitenansicht; Bild 2b: Schematischer Längsschnitt

vorgabe passend zum Dauermagnetfeld des Rotors sofort nach Einschalten des Antriebs gegeben. Aufwendige Referenzfahrten oder zusätzliche Massnahmen zur absoluten Winkelmessung entfallen. Einzige Voraussetzung ist, dass die Polpaarzahl  $p_{\text{motor}}$  des Motors ein ganzzahliges Vielfaches der Resolverpolpaarzahl  $p$  ist. Dies macht Resolver zu attraktiven Drehzahl- und Winkelmessgeräten für elektrische Antriebe.

Im Folgenden wird gezeigt, wie durch eine besondere Ausführung des Resolvers die Kosten und das Bauvolumen weiter verringert werden können. Dazu wird das Prinzip der Kaskadenmaschine eingesetzt [1, 2].

## Resolver in normaler Ausführung

Ein Resolver besteht normalerweise aus einem Ringtransformator und dem ei-

gentlichen Resolverteil mit einer einsträngigen Rotorwicklung und einer zweisträngigen Statorwicklung der Polpaarzahl  $p$ , die üblicherweise als Speed  $p$  bezeichnet wird (Bild 3).

Mithilfe des Ringtransformators wird in den einsträngigen Läufer eine Trägerfrequenzspannung  $U_e$  übertragen (Bild 4).

Die Trägerfrequenzspannung induziert in den beiden Strängen der Statorwicklung die Spannungen  $U_{\cos}$  und  $U_{\sin}$ . Da die beiden Stränge elektrisch um  $90^\circ$  versetzt sind, sind die Spannungen cosinusförmig bzw. sinusförmig vom Drehwinkel abhängig:

$$U_{\cos} = U_e \cdot \dot{u}_{tr} \cdot \dot{u}_{rs} \cdot \cos(p \cdot \varphi)$$

$$U_{\sin} = U_e \cdot \dot{u}_{tr} \cdot \dot{u}_{rs} \cdot \sin(p \cdot \varphi)$$

Aus dem Verhältnis der Spannungen lässt sich der Drehwinkel bestimmen:

$$\varphi_{\text{mess}} = \frac{1}{p} \cdot \arctan \left( \frac{U_{\sin}}{U_{\cos}} \right) \quad (1)$$

Der gemessene Winkel  $\varphi_{\text{mess}}$  weicht aufgrund von Messungenauigkeiten vom tatsächlichen Winkel  $\varphi$  ab.

Zur Durchführung der Rechnung in der Auswerteelektronik existieren verschiedene Verfahren. Beispielsweise kann eine arctan-Tabelle verwendet werden oder es kommt ein Nachlaufregler zum Einsatz, der den Winkel  $\varphi_{\text{mess}}$  dadurch bestimmt, dass die Spannungen  $U_{\cos}$  und  $U_{\sin}$  mit den Werten einer Sinus- bzw. Cosinus-Tabelle verglichen werden. Der Winkel ist dann gefunden, wenn die Abweichungen mit den Tabellenwerten am geringsten sind.

Die Spannungen  $U_{\cos}$  und  $U_{\sin}$  werden durch synchrone Gleichrichtung bzw. Abtastung der Trägerfrequenzsignale gewonnen. Hier ist besonders auf eingekoppelte Störungen mit Trägerfrequenz zu achten.

Die oben beschriebene Winkelabhängigkeit der Spannungen lässt sich auch

durch ein komplexes Übersetzungsverhältnis  $\underline{U}$  beschreiben:

$$\begin{aligned} \dot{u}_{\cos} &= \frac{U_{\cos}}{U_e} = \dot{u}_{tr} \cdot \dot{u}_{rs} \cdot \cos(p \cdot \varphi) \\ &= \dot{u} \cdot \cos(p \cdot \varphi) \\ \dot{u}_{\sin} &= \frac{U_{\sin}}{U_e} = \dot{u}_{tr} \cdot \dot{u}_{rs} \cdot \sin(p \cdot \varphi) \\ &= \dot{u} \cdot \sin(p \cdot \varphi) \\ \underline{U} &= \dot{u}_{\cos} + j \cdot \dot{u}_{\sin} = \dot{u} \cdot e^{j \cdot p \cdot \varphi} \end{aligned} \quad (2)$$

Daraus folgt:

$$\varphi_{\text{mess}} = \frac{1}{p} \cdot \arctan \left( \frac{\text{Im}[\underline{U}]}{\text{Re}[\underline{U}]} \right)$$

## Fehlerinflüsse auf die Winkel- und Drehzahlmessung

Bei der realen Bestimmung des Winkels aus den Spannungen treten Fehler auf, da das Übersetzungsverhältnis des Resolvers nicht ideal sinusförmig verläuft. Ursachen sind unter anderem:

- Oberfelder im Resolver.
- Exzentrizität des Rotors gegenüber dem Stator.
- Unsymmetrie in den beiden Strängen des Stators.
- Unsymmetrien in der Auswerteelektronik und in der Leitung zum Resolver.
- Störreinkopplungen auf die Spannungsmessung.

Daher ist bei Resolvoren für eine genaue Winkelmessung der Einsatz von oberfeldarmen Wicklungen erforderlich. Die Lagerung muss genau erfolgen, sodass Exzentrizitäten klein gehalten werden. Unsymmetrien in der Auswerteelektronik, der Leitungsführung und der Statorwicklung müssen vermieden werden. Störreinkopplungen werden durch geschirmte Leitungen und eine Schirmung gegenüber der Motorwicklung vermieden.

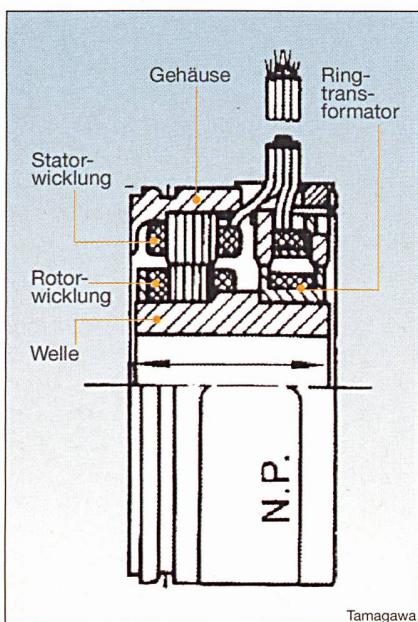


Bild 3 Schnittbild Resolver in normaler Ausführung

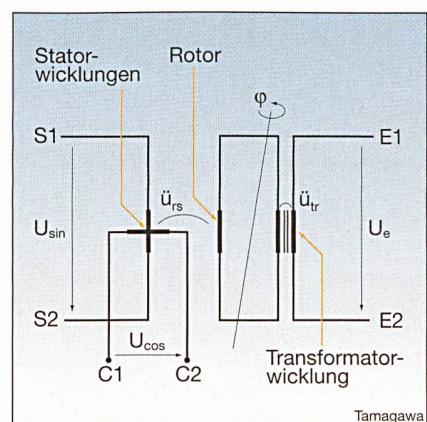


Bild 4 Schaltung Resolver in normaler Ausführung

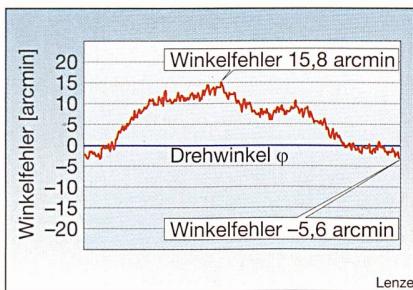


Bild 5 Fehlerkurve eines Resolvers

den. Bild 5 zeigt die Winkelfehlerkurve eines Resolvers.

### Resolver aus zwei in Kaskade geschalteten Teilen

Die Übertragung der Trägerfrequenzspannung vom Stator zum Rotor geschieht bei einem üblichen Resolver durch einen Ringtransformator mit winkelunabhängigem Übersetzungsverhältnis. Alternativ kann die Übertragung durch einen Resolverteil mit winkelabhängiger Übersetzung erfolgen. Dies ist in Bild 6 der Resolverteil 1 (links) mit einsträngiger Statorwicklung und mehrsträngiger Rotorwicklung. Die Rotorwicklung 1 ist mit der Rotorwicklung 2 verbunden. An der zweisträngigen Statorwicklung 2 lassen sich die winkelabhängigen Spannungen  $U_{\cos}$  und  $U_{\sin}$  abgreifen. Das komplexe Übersetzungsverhältnis  $\dot{U}$  der Kaskadenschaltung ergibt sich folgendermassen:

$$\dot{U} = \dot{U}_1 \cdot \dot{U}_2 = \dot{u}_1 e^{j p_1 \varphi} \cdot \dot{u}_2 e^{-j p_2 \varphi} \quad (3)$$

$$= \dot{u}_1 \cdot \dot{u}_2 e^{j(p_1 - p_2)\varphi}$$

Entsprechend lässt sich aus den Spannungen der Winkel bestimmen:

$$\varphi_{\text{mess}} = \frac{1}{p_1 - p_2} \arctan \left( \frac{\text{Im}(\dot{U})}{\text{Re}(\dot{U})} \right) \quad (4)$$

$$= \frac{1}{p_1 - p_2} \arctan \left( \frac{U_{\sin}}{U_{\cos}} \right)$$

Damit verhält sich die Kaskadenschaltung identisch zu der normalen Resolverausführung. Die Kaskadenschaltung zweier Resolverteile ist natürlich komplizierter als die normale Resolverausführung mit Transformator, jedoch lassen sich die beiden Teile zu einem einzigen Teil vereinigen.

### Kaskadenresolver

Sind die Nutzahlen der beiden in Kaskade geschalteten Resolverteile gleich und die Polpaarzahlen unterschiedlich,  $|p_1| \neq |p_2|$ , so lassen sich beide Teile zu einem Kaskadenresolver vereinigen. Die

Wicklungen werden dann in einem gemeinsamen Blechpaket untergebracht (Bild 7). Die zugehörige Schaltung ist in Bild 8 dargestellt.

Die Vorteile dieses Kaskadenresolvers sind:

- Erhebliche Reduktion der Anzahl der Bauteile gegenüber heutigen Resolvern.
- Teure Materialien für den Ringtransformator entfallen, was zu einer Kostenreduktion um etwa 30% führt.
- Einfachere Gestaltung von Welle und Gehäuse, ggf. gehäuse- und wellenlose Ausführung.
- Um etwa 50% reduzierte Baulänge.

Mit den Polpaarzahlen der beiden Grundfelder  $p_1$  und  $p_2$  ist die resultierende Polpaarzahl  $p$  (Speed  $p$ ) des Kaskadenresolvers festgelegt:  $p = p_1 - p_2$ .

Um eine bestimmte Polpaarzahl  $p$  des Kaskadenresolvers zu verwirklichen, können unterschiedliche Polpaarzahlkombinationen  $p_1, p_2$  verwendet werden. Dabei sind sowohl positive als auch negative Polpaarzahlen möglich. Positive und negative Polpaarzahlen bedeuten positiven bzw. negativen Drehsinn des zugehörigen Magnetfeldes im Luftspalt des Resolvers.

Bei der Auswahl der Polpaarzahlen sind verschiedene Gesichtspunkte zu beachten:

- Zu den beiden Polpaarzahlen  $p_1$  und  $p_2$  müssen Ständerwicklungen existieren, die elektromagnetisch entkoppelt sind, also keine gemeinsamen Feldpolpaarzahlen besitzen.
- Die Ständerwicklungen müssen die gleiche Nutzahl besitzen.

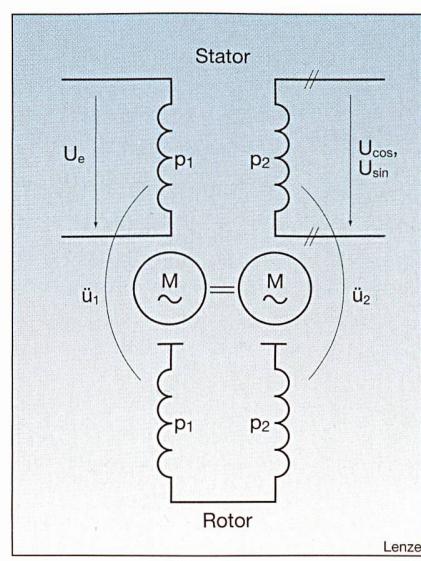


Bild 6 Resolver aus der Kaskadenschaltung zweier Teile

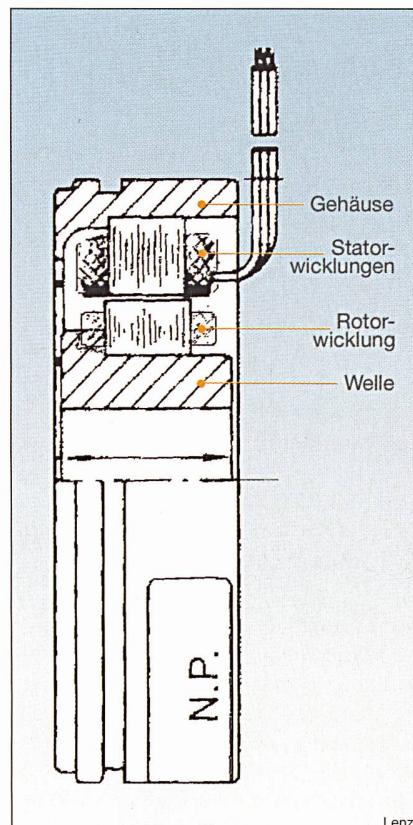


Bild 7 Schnittbild Kaskadenresolver

- Durch Montageungenauigkeiten darf nur eine geringe Beeinflussung der magnetischen Kopplung erfolgen.
- Die einzelnen Polpaarzahlen sollen möglichst niedrig sein.

In der Praxis ergeben sich folgende sinnvolle Kombinationen für 6-polige Synchron- und Asynchronmotoren:  $p_1 = 1$ ,  $p_2 = -2$  oder  $p_1 = 2$ ,  $p_2 = -1$  und somit  $p = 3$ . Für 8-polige Synchronmotoren ergeben sich die entsprechenden Kombinationen:  $p_1 = 1$ ,  $p_2 = -3$  oder  $p_1 = 3$ ,  $p_2 = -1$  und somit  $p = 4$ .

Die Läuferwicklung des Kaskadenresolvers hat einzlig die Aufgabe, die beiden verschiedenen Felder der Polpaarzahlen  $p_1$  und  $p_2$  der Ständerwicklung miteinander zu koppeln. Die Wicklung muss eine Verkopplung der beiden Felder genauso bewirken, wie es getrennte Läuferwicklungen tun. Sie braucht dazu weder eine bestimmte Strangzahl zu besitzen, noch sind die absoluten Werte der in ihr induzierten Spannungen von Interesse. Sie ist in sich geschlossen und ähnelt damit einer Käfigwicklung.

Die Aufgabe der Läuferwicklung, die beiden Ständerwicklungen mit den Polpaarzahlen  $p_1$  und  $p_2$  miteinander zu koppeln, bedeutet, dass in der Läuferwicklung fliessende Ströme gleichzeitig ein Feld der Polpaarzahl  $p_1$  und ein Feld der

# Elektromotoren

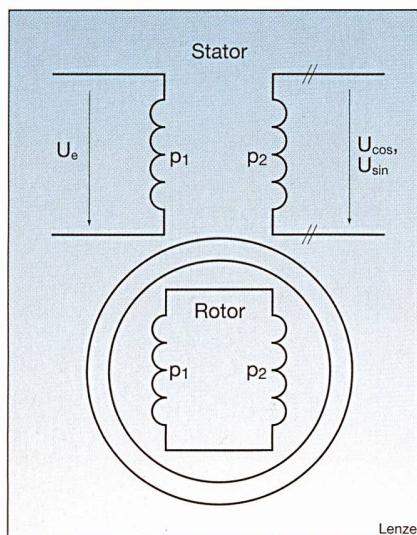


Bild 8 Schaltung Kaskadenresolver

Polpaarzahl  $p_2$  erzeugen. Dann können in der Läuferwicklung sowohl die Ständerwicklung mit der Polpaarzahl  $p_1$  als auch die Ständerwicklung mit der Polpaarzahl  $p_2$  im Läufer die gleichen Ströme induzieren. Das heisst, dass die beiden Ständerwicklungen durch die Läuferströme miteinander gekoppelt sind.

Die Läuferwicklung muss also so gestaltet sein, dass in ihr fliessende Ströme eine Felderregerkurve nach sich ziehen, die die beiden Polpaarzahlen  $p_1$  und  $p_2$  enthält. Die komplexe Felderregerkurve  $\underline{v}$  mit diesen Polpaarzahlen zieht jeweils Drehfelder mit der Läuferkreisfrequenz  $\omega_r$  nach sich.

$$\begin{aligned} \underline{v} &= \hat{V}_1 \cdot e^{j(\omega_r t - p_1 x_r)} + \hat{V}_2 \cdot e^{j(\omega_r t - p_2 x_r)} \\ &= \underline{v}_{1,2} \cdot e^{j\omega_r t} \end{aligned} \quad (5)$$

mit  $\underline{v}_{1,2} = \hat{V}_1 \cdot e^{-j p_1 x_r} + \hat{V}_2 \cdot e^{-j p_2 x_r}$

Für die Anteile bzw. die resultierende Felderregerkurve gilt in reeller Schreibweise:

$$\begin{aligned} v_1 &= \hat{V}_1 \cdot \cos(\omega_r t - p_1 x_r) \\ &= \operatorname{Re}\{\hat{V}_1 \cdot e^{j(\omega_r t - p_1 x_r)}\} \\ v_2 &= \hat{V}_2 \cdot \cos(\omega_r t - p_2 x_r) \\ &= \operatorname{Re}\{\hat{V}_2 \cdot e^{j(\omega_r t - p_2 x_r)}\} \\ v &= v_1 + v_2 = \hat{V}_1 \cdot \cos(\omega_r t - p_1 x_r) \\ &\quad + \hat{V}_2 \cdot \cos(\omega_r t - p_2 x_r) \end{aligned} \quad (6)$$

Bild 9 zeigt die Ortskurven der komplexen Felderregerkurven  $\underline{v}_{1,2}$  für verschiedene Polpaarzahlen. Die Kreuze  $\times$  kennzeichnen Umfangswinkel im Abstand von  $10^\circ$ . Es handelt sich um bizarrale Quartiken.

Charakteristisch für alle Polpaarzahl-kombinationen ist der keulenförmige Verlauf der Ortskurve mit ausgeprägten Mi-

nima und Maxima des Betrags mit unterschiedlichen Phasenlagen der Felderregerung.

Damit solch eine Felderregerkurve entstehen kann, ist eine ungleichmässige Stromverteilung und damit eine ungleichmässige Leiterverteilung der Läuferwicklung erforderlich. Im Extremfall bleiben einige Nuten des Läufers unbewickelt. Für den Läufer kommen damit bezüglich der Grundpolpaarzahlen nur unsymmetrische Wicklungen in Frage.

Die Kaskadenschaltung zweier Resolver kann also innerhalb eines Aktivteils mit einer Läuferwicklung verwirklicht werden, wenn eine Wicklung kreiert wird, die die oben dargestellten Eigenschaften hat.

## Funktionsmuster Kaskadenresolver

Zur Überprüfung der theoretischen Überlegungen wurde ein Funktionsmuster mit den Polpaarzahlen  $p_2 = 2$  und  $p_2 = -1$  ( $p = 3$ ) aufgebaut.

Wie oben erwähnt, erhalten Resolver in der Regel sehr oberfeldarme Wicklungen, um eine genaue Winkelbestimmung aus den induzierten Spannungen zu ermöglichen. Für ein erstes Funktionsmuster wurden jedoch im Gegensatz dazu sehr einfache Wicklungen im Stator und Rotor verwendet (Bild 10).

Infolge der einfachen Wicklungen ist die Winkelfehlerkurve mit einem Fehler von  $\pm 33$  Winkelminuten relativ schlecht (Bild 11). Durch die Verwendung oberfeldärmer Statorwicklungen lassen sich die Fehler jedoch stark vermindern, so dass hier ein Weg zur Reduzierung der Kosten bei Resolvoren gefunden ist.

## Zusammenfassung

Bei dem hier vorgestellten Kaskadenresolver werden gegenüber Resolvoren normaler Ausführung die Zahl der Bau-

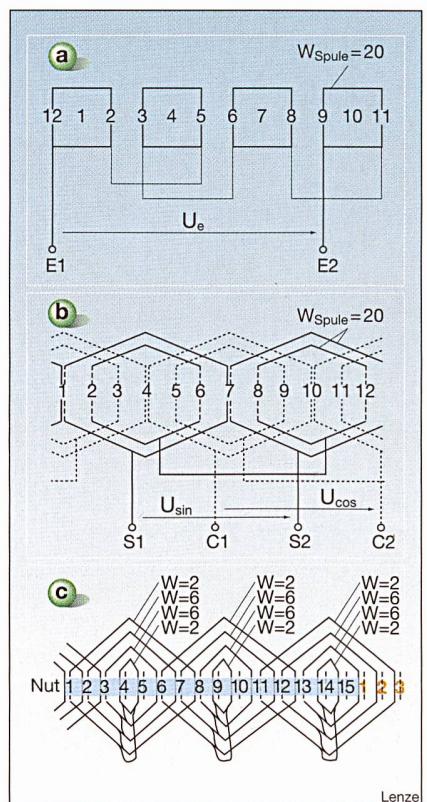


Bild 10 Funktionsmuster

Bild 10a: Einsträngige Statorwicklung 1 des Funktionsmusters (2p = 4, Oberlage)

Bild 10b: Zweisträngige Statorwicklung 2 des Funktionsmusters (2p = 1, Unterlage, Nuten 1, 4, 7 und 10 auch Oberlage)

Bild 10c: Rotorwicklung des Funktionsmusters

teile und die Baugröße verringert. Dies geschieht dadurch, dass der Ringtransformator entfällt. Das Statorblechpaket des Kaskadenresolvers erhält dazu eine zweisträngige und eine einsträngige Wicklung mit verschiedenen Polpaarzahlen. Im Rotor kommt eine spezielle Wicklung zur winkelabhängigen Kopplung der Statorwicklungen zum Einsatz.

Messungen an einem Funktionsmuster belegen die Funktionsfähigkeit des Kaskadenresolvers.

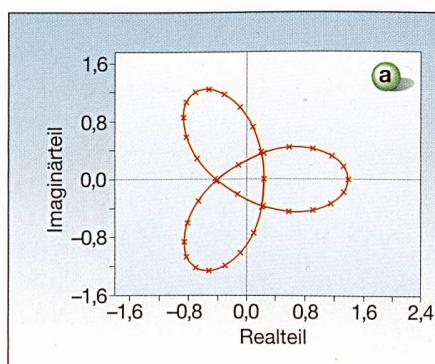


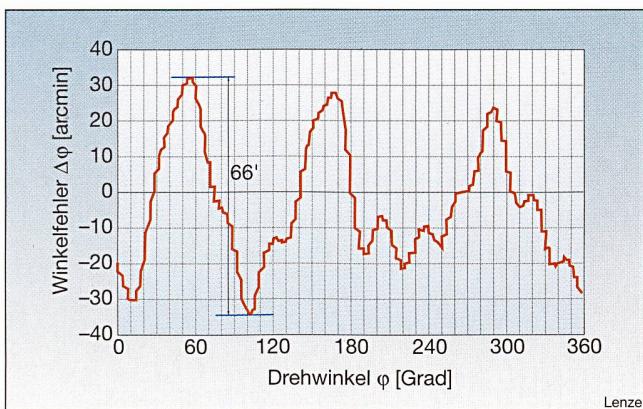
Bild 9 Ortskurven der Felderregerkurve

Bild 9a:  $p_1 = 1, p_2 = -2, p = 3$ ; Bild 9b:  $p_1 = 1, p_2 = -3, p = 4$

Bild 11 Winkelfehlerkurve des Funktionsmusters

1994 promovierte er an der Universität Hannover zum Thema «Kaskadenmaschine für Antriebe mit geringem Stromrichteraufwand». An der FVA ist er in den Arbeitskreisen Lineartechnik und Direktantriebe tätig.

Lenze, D-31763 Hameln, fraeger@lenze.de



Die Vorteile des Kaskadenresolvers (weniger Bauteile, Wegfall teurer Materialien, einfachere Bauteilgestaltung, reduzierte Baulänge) machen den Kaskadenresolver zu einem attraktiven Drehzahl- und Winkelsensor für elektrische Antriebe mit Synchron- oder Asynchronmotoren.

Besonders bei kleinen Antrieben ist durch den Kaskadenresolver eine deutliche Kostensenkung gegenüber heutigen Lösungen möglich.

## Referenzen

- [1] C. Fräger: Neuartige Kaskadenmaschine für bürstenlose Drehzahlstellantriebe mit geringem Stromrichteraufwand. VDI-Verlag 1995,

Fortschrittberichte Reihe 21, Nr. 189, ISBN 3-18-318921-6.

- [2] C. Fräger: Wicklung für den Läufer elektrischer Maschinen zur Kopplung zweier Felder verschiedener Polzahl. Patentschrift DE19526440C2.
- [3] E. Tüxen: Das Oberwellenverhalten mehrphasiger Wechselstromwicklungen. Jahrbuch der AEG-Forschung 8 (1941), Seiten 78-105.
- [4] F. Heiles: Gegenseitige Beeinflussung von Wicklungen verschiedener Polzahl. ETZ-A 92 (1971), Heft 9, Seiten 528-533.

## Angaben zum Autor

Dr.-Ing. **Carsten Fräger** ist Leiter Product Management Servotechnik bei Lenze Drive Systems. Er studierte an der Universität Hannover Elektrotechnik. Seit 1989 ist er bei Lenze tätig, Stationen waren die Applikation Servoantriebe, die Motorenentwicklung und die strategische Entwicklung Elektromechanik.

## Résumé

### Nouveau capteur angulaire compact à coûts réduits

*Un capteur angulaire en cascade: un palpeur intéressant de vitesse de rotation et d'angle pour entraînements électriques.* Les capteurs angulaires sont très employés dans la saisie de la vitesse de rotation et de la position des entraînements électriques. Ils représentent un élément de mesure économique et robuste pour les entraînements rotatifs. Actuellement, ils se composent de deux parties actives: un transformateur toroïdal et une partie à tôles à double enroulement stator. Une nouvelle disposition des enroulements permet d'éliminer le transformateur toroïdal. Ceci permet une réduction des coûts, une construction mécanique simplifiée et une longueur réduite. Les mesures effectuées sur un capteur angulaire réalisé prouvent le bon fonctionnement de la nouvelle disposition.

**EMCT Swiss-ConnTec SA**

POSTFACH 241, GRUBENSTR. 7a  
CH-3322 Urtenen-Schönbühl / Bern  
E-MAIL: info@emct.ch

TELEFON + 41 (0)31 859 34 94  
TELEFAX + 41 (0)31 859 20 17

**Steckverbinder, MIL-C & Eigenfabrikation**  
Alarm / Schallgeber      Steckverbinder      Relais  
Ringkerntransformatoren      Kabel & Zubehör      Elektromagnete

**Piezo-Schallgeber      Electronic-Summer**  
EMCT, Swiss made, high quality buzzers and access to worldwide connector technology.

24 HRS. Information & Service      W3.emct.ch