

The logo for MICROSTEP, featuring the word "MICROSTEP" in a bold, white, sans-serif font. The letter "O" is replaced by a stylized circular icon with a central dot and a square border.

MICROSTEP

Schrittmotoren, Steuerungen, Bewegungssysteme

Kleine Motoren. Große Technologie.

**Technologiewissen
für Entwicklung,
Einkauf und
Fertigung**



www.microstep-motoren.de



Technologiewissen, das bewegt.

Von der Wicklung bis zur Endmontage:

Kleine Elektromaschinen übernehmen zentrale Funktionen in modernen Geräten, Fahrzeugen und Industrieanwendungen. Ihre Herstellung erfordert höchste Präzision: Wickeltechnik, Isolierung, Kontaktierung und Montage müssen exakt aufeinander abgestimmt sein.

Dieses eBook liefert kompakte Einblicke in die Schlüsseltechnologien moderner Elektromotoren – für alle, die mitdenken, mitentwickeln und mitentscheiden. Mit dem richtigen Technologiewissen treffen Sie fundierte Entscheidungen zu Bauraum, Effizienz und Qualität. Sollten Sie Fragen zu Anwendungen, Fertigungsmöglichkeiten oder individuellen Anforderungen haben, stehen wir Ihnen jederzeit gern persönlich zur Verfügung.

Inhalte im Überblick

Überblick & Relevanz	2
Wickeltechnik & Qualitätssicherung	3
Kontaktierung & Prüfkonzpte	5
Verbindungstechnologien im Überblick	7
Statorisolierung & Rotorfertigung	9
Schaltungsdesign & Systemwirkung	11
Fügetechniken & Verbindungstechnologie	13
Kontakt	16



Marcus Hochheim
Geschäftsführer



Svenja Szygulla
Assistenz der
Geschäftsführung



Matze XXXXXXX
Produktionsleiter

Technologische Abstimmung als Schlüssel

Wickeltechnik, Isolierung, Kontaktierung und Baugruppenmontage sind keine Einzelschritte, sondern greifen funktional ineinander. Das frühzeitige Verständnis und die Berücksichtigung dieser Zusammenhänge ermöglichen es, Bauraum, EMV-Stabilität, Wärmeverhalten und Zykluszeiten optimal auszubalancieren. Eine vorausschauende technologische Abstimmung schafft entscheidenden Spielraum für Innovationen und vermeidet kostspielige Nachbesserungen.

Prozesssicherheit beginnt mit Kontrolle

Für eine effiziente Serienfertigung sind digitale Prüfverfahren und In-Prozess-Kontrollen unverzichtbar. Diese sichern konstante Ergebnisse – auch bei engen Toleranzen und hohen Stückzahlen – und bilden die Grundlage für verlässliche Fertigungssicherheit. Dadurch werden Planungssicherheit erhöht sowie Ausschuss und Nacharbeit deutlich reduziert.

Technologiewahl entscheidet über Effizienz

Drahtquerschnitt, Isoliermaterial und Wickelgeometrie beeinflussen maßgeblich Energieeffizienz, Wärmeverhalten und elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Manuelle oder automatisierte Montage prägen zusätzlich das Technologieprofil des Antriebssystems. Enge Wickelräume begünstigen Hotspots und EMV-Kopplungen – nur durch frühzeitige und ganzheitliche Abstimmung aller Parameter entstehen langlebige und effiziente Antriebseinheiten, die Produktionskosten senken und regulatorische Anforderungen erfüllen.

Wickeltechnik bestimmt die Leistung

Flyer-, Nadel- und Flachdrahtwicklungen unterscheiden sich wesentlich in Packungsdichte, Formflexibilität und Fertigungszeit. Flyerwicklungen ermöglichen hohe Taktzeiten bei geometrischen Einschränkungen, Nadelwicklungen bieten Flexibilität bei längeren Fertigungsprozessen. Flachdrahtwicklungen sorgen für exzellente Kupferausnutzung und effektive Wärmeableitung, erfordern jedoch hohe Anforderungen an Isolation und Kontaktierung. Die Wickeltechnik sollte strategisch auf die Anforderungen der Anwendung abgestimmt werden, um optimale Performance bei Effizienz und Kosten zu erzielen.

Kontaktierung braucht Kontext

Isolierung, Statoraufbau und Kontaktierung bilden ein System. Orthozyklische Wicklungen erfordern einen anderen Statoraufbau als konventionelle Drahtverlegung. Kontaktierungsmethoden – Schweißen, Klemmen oder Umspritzen – beeinflussen Bauraum, Taktzeiten und Prüfstrategie. Die Bandbreite der Prüfverfahren reicht von Kraft-Weg-Messungen bis zu elektrischen Durchgangsmessungen. Eine ganzheitliche Betrachtung ermöglicht robuste, skalierbare und prüffähige Baugruppen, die den Herausforderungen moderner Serienfertigung gerecht werden.



Kontaktlösungen, die Prozesse tragen.

Jede Verbindung in kleinen Elektromotoren muss elektrischen, thermischen und mechanischen Anforderungen genügen, bei minimalem Bauraum. Die Anforderungen an Modularität, Standardisierung und Inline-Prüfbarkeit steigen. Entscheidend ist eine frühzeitige Abstimmung von Anschlussgeometrie, Kontaktierungsverfahren und Montageumfeld. Nur so entstehen leistungsfähige Komponenten, die effizient in bestehende Produktionslinien integrierbar sind – ohne Kompromisse bei Qualität, Skalierbarkeit oder Taktzeit. Technische Anschlussfähigkeit wird damit zum Entwicklungskriterium – nicht erst zum Thema in der Montage.

Zuverlässig kontaktiert. Prüffähig bis ins Detail.

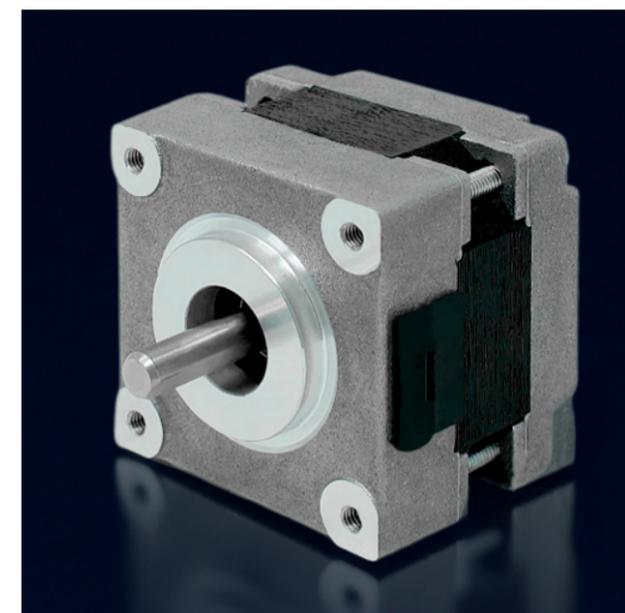
Kontaktierung trifft Prüfstrategie

Der richtige Kontakt – sei es Schweißpunkt, Crimp, Lötstelle oder umspritzter Anschluss – beeinflusst Widerstand, EMV-Stabilität, Reparaturfähigkeit und Prüfkonzepte. Je nach Anwendung müssen Kontaktierungen mechanisch belastbar, automatisiert prüfbar und kompakt in Baugruppenlayouts integrierbar sein.

Vorgedacht bis zur Endprüfung

Ein funktionierender Prüfprozess beginnt mit der Kontaktgeometrie. Materialeigenschaften, Kontaktflächen, Kabelabgänge und Montageumfeld müssen so gewählt sein, dass optische, elektrische und mechanische Prüfverfahren integriert werden können.

Typische Verfahren reichen von Durchgangsprüfungen und Kraft-Weg-Messungen bis zu EMV-Vorbewertungen. Das systematische Einplanen von Prüfflächen und Sichtbereichen ist entscheidend für Reproduzierbarkeit und Taktzeit im Produktionsalltag.



Skalierbare Verbindungstechnik

Verbindungstechnologie beeinflusst nicht nur den elektrischen Widerstand, sondern auch Taktzeit, Bauraumnutzung und Prüfaufwand. Besonders bei kleinen Antriebseinheiten ist das Zusammenspiel von Wickelgeometrie, Kontaktierungsart und Prüfstrategie entscheidend für die Gesamtperformance.

Technologien, die Montage- und Prüfanforderungen früh berücksichtigen, ermöglichen robuste Qualität, sichere Automatisierung und effiziente Integration in Baugruppen – auch bei Variantenvielfalt und hohen Stückzahlen. So entsteht eine verlässliche Grundlage für Serienproduktion und flexible Skalierung.

Verbindungstechnologien, die überzeugen.

Einblick in die Praxis

Kleine Elektromotoren verlangen höchste Präzision – nicht nur in Konstruktion und Material, sondern auch in der Verbindungstechnik. Anhand ausgewählter Praxisbeispiele zeigen wir, wie durch optimierte Wickelverfahren, Kontaktierung und Fertigungsprozesse kompakte, leistungsstarke und langlebige Antriebssysteme entstehen. Dabei stehen Miniaturisierung, Serienfähigkeit und Prozesssicherheit im Fokus – entscheidende Faktoren für den Erfolg in Industrie und Haushalt.

BLDC-Pumpe im Geschirrspüler

Kompakte Bauform mit Nadeldirektbewicklung und Vergusstechnik. Serienfähig durch kurze Taktzeiten und stabile Umformprozesse.

Die Nadeldirektbewicklung ermöglicht eine hohe Packungsdichte und gleichmäßige Wickelgeometrie, was Wärmeeffizienz und elektrische Leistung verbessert. Die Vergusstechnik schützt vor Feuchtigkeit und mechanischen Belastungen. Inline-Prüfsysteme wie Isolationstests und Kraft-Weg-Messungen sichern eine gleichbleibende Qualität in der Serienfertigung.



Verbindungstechnologien im Vergleich

Widerstandsschweißen

Weit verbreitet für Verbindung von Blechen und Drähten, besonders in Elektronik- und Hochstromanwendungen. Garantiert stabile mechanische und elektrische Verbindungen.

Laserschweißen

Präzise, saubere Schweißnähte; ideal für Feinmechanik und Medizintechnik. Gewährleistet hohe Qualität bei empfindlichen Bauteilen.

Crimpen

Sehr gut automatisierbar mit kurzen Taktzeiten; benötigt enge Toleranzen und Prozesskontrolle. Häufig eingesetzt in der Automobil- und Elektronikfertigung für zuverlässige elektrische Verbindungen.

Umspritzen

Formschlüssiger Schutz und integrierte Isolation; beeinflusst Bauraum positiv, bindet jedoch Gestaltungsspielraum. Oft verwendet in der Medizintechnik und Haushaltsgerätebau zur sicheren und kompakten Kabelverbindung.



Radnabenmotor für Robotik

Segmentierter Stator mit orthozyklischer Flachdrahtwicklung und automatisierter Bestückung – ideal für enge Bauräume.

Die orthozyklische Wicklung optimiert Kupferausnutzung und reduziert Wirbelströme sowie thermische Hotspots. Segmentierte Statoren ermöglichen komplexe Geometrien und modulare Baugruppen. Automatisierte Bestückungs- und Prüfprozesse sichern die Serienqualität auch bei hoher Variantenvielfalt und kurzen Taktzeiten.



Qualitätssicherung und Zukunftstrends

Inline-Prüfungen wie Durchgangs-, EMV- und Kraft-Weg-Messungen sind fester Bestandteil moderner Fertigungslinien. Sie sichern die Reproduzierbarkeit auch bei Variantenvielfalt und kurzen Taktzeiten.

Ob Haushaltstechnik oder Robotik – nur durch abgestimmte Verbindungstechnologie, geprüfte Kontaktierungen und optimierte Fertigung entstehen zuverlässige und effiziente Antriebssysteme.

Zukünftige Trends in der Verbindungstechnologie umfassen Mehrkomponenten-Fügen, miniaturisierte Bauteile sowie nachhaltige Werkstoffe und digitale Prozessüberwachung. Diese Entwicklungen erhöhen die Systemintegration und Fertigungseffizienz weiter.

Verbindungstechnologien sind der Schlüssel für Miniaturisierung, Prozesssicherheit und Serienfähigkeit. Nur durch ganzheitliches Design, Fertigung und Qualitätssicherung entstehen leistungsfähige und langlebige Elektromotoren.

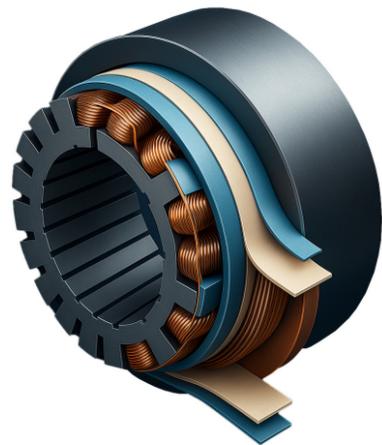
Statorisolierung

Der Stator als Herzstück

Der Stator bildet das zentrale Bauteil kleiner Elektromotoren. Eine hochwertige Isolierung der Wicklungen schützt vor Kurzschlüssen und verlängert maßgeblich die Lebensdauer des Motors.

Auswahl der Isoliermaterialien

Je nach Anwendung kommen lackierte Kupferdrähte, mehrschichtige Folien aus Polyimid oder Polyester sowie spezialisierte Vergussstoffe zum Einsatz. Diese Materialien bieten nicht nur elektrischen Schutz, sondern verbessern auch die mechanische Stabilität und Wärmeableitung.



Verschiedene Isolierverfahren

Isolierverfahren variieren mit Baugröße, Leistungsanforderungen und Umgebungsbedingungen. Die Tauchlackierung beispielsweise taucht die Wicklung vollständig in Isolierlack und trocknet sie anschließend – so entsteht eine gleichmäßige, dünne Schicht mit hoher Spannungsfestigkeit. Für komplexe Statorformen und enge Bauräume kommt häufig die Folienverlegung zum Einsatz. Mehrlagige, hochfeste Kunststofffolien bieten dabei sowohl mechanischen Schutz als auch elektrische Trennung.

Komplette Statorpaketierungen vereinen Wicklung, Isolation und mechanische Führung in einem Bauteil. Präzise geschichtete Folien und Trennschichten gewährleisten maximale Isolation und thermische Stabilität. Dünne Isolierschichten verbessern die Wärmeableitung und verhindern gezielt Hotspots, was die Effizienz steigert und die Lebensdauer des Motors verlängert. Die richtige Kombination aus Material und Verfahren ist maßgeblich für elektrische und Prozesssicherheit in der Serienfertigung.



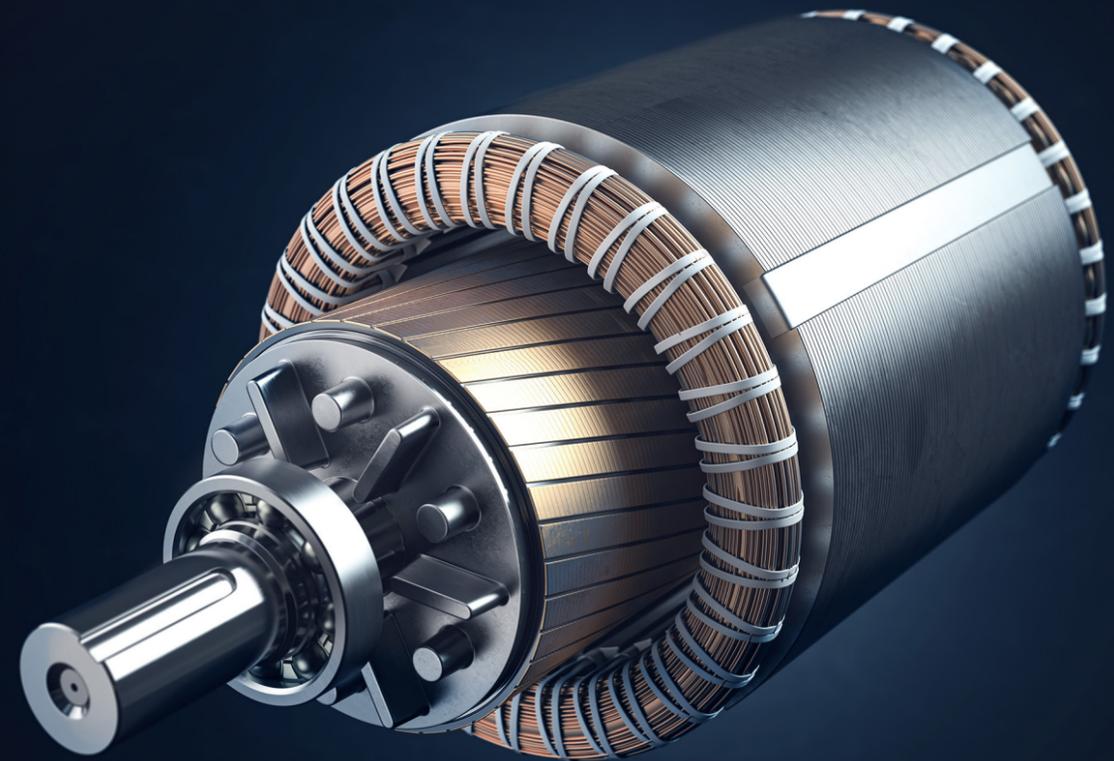
Qualitätssicherung und Prozesskontrolle

Hochspannungsprüfungen (HiPot-Tests) und Durchgangsprüfungen sind entscheidend, um elektrische Isolationsfehler und Verbindungsunterbrechungen frühzeitig zu erkennen. Automatisierte In-line-Tests gewährleisten eine kontinuierliche Kontrolle während der Fertigung und minimieren Fehlerquellen.

Zusätzlich ermöglichen zerstörungsfreie Verfahren wie Thermografie das Aufdecken verborgener Materialdefekte, die die Leistung beeinträchtigen könnten. Durch statistische Prozessregelung (SPC) wird die Einhaltung von Toleranzen sichergestellt, was Ausschuss reduziert und die Produktionsqualität stabil hält.

Rotorfertigung – Präzision trifft Effizienz

Die Fertigung von Rotoren ist ein hochpräziser Prozess, der maßgeblich die Leistung und Zuverlässigkeit moderner Elektromotoren bestimmt. Je nach Anforderung kommen Einpress-, Klebe- oder Innenläuferrotoren zum Einsatz, die jeweils spezifische Vorteile bieten.



Automatisierte Montagelinien

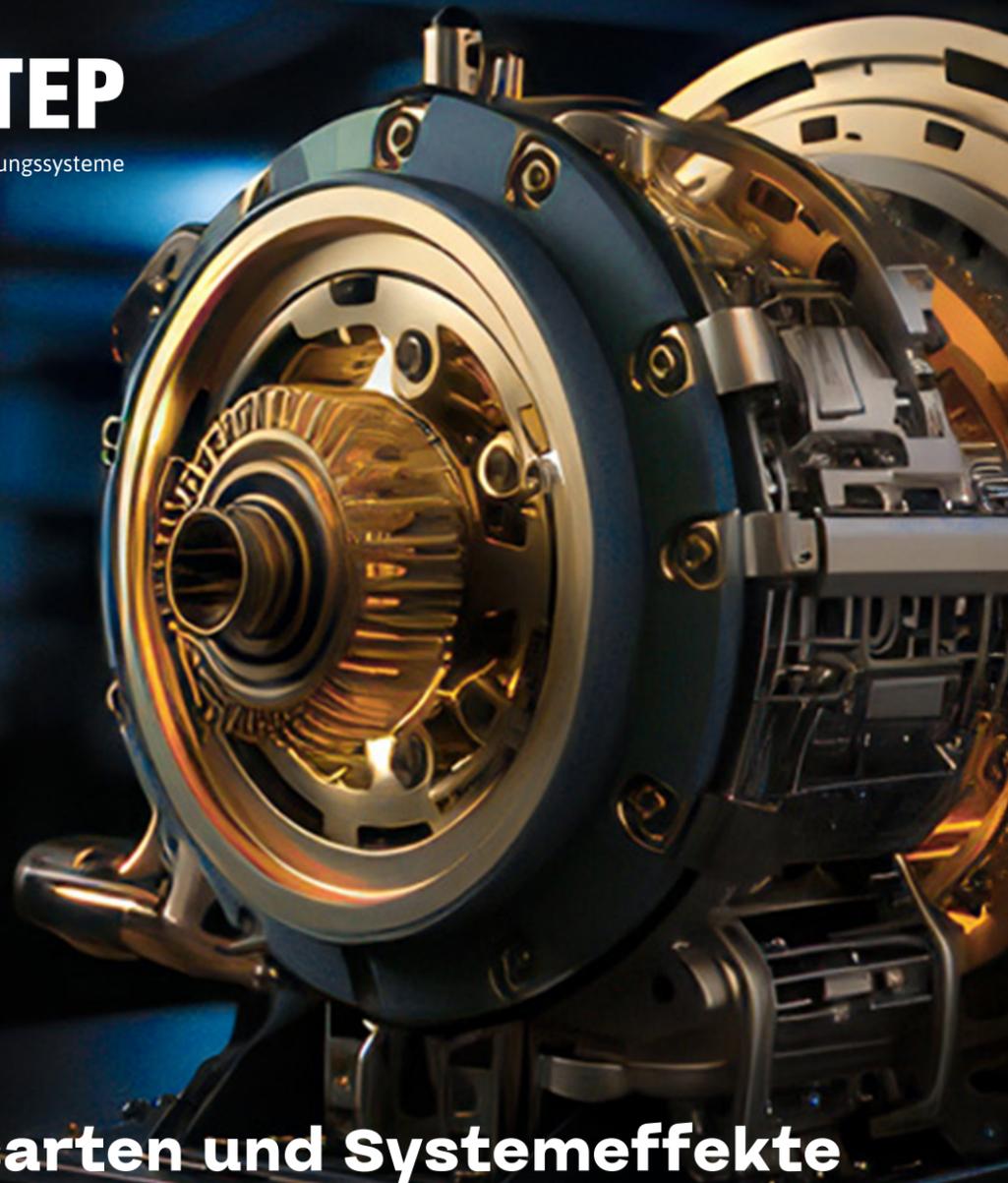
Moderne Fertigungslinien integrieren sämtliche Produktionsschritte – von Wicklung und Isolierung bis zur Endmontage – in durchgängige, automatisierte Abläufe. Dies ermöglicht hohe Flexibilität bei Variantenvielfalt und Losgrößen sowie verkürzte Taktzeiten.

Innovative Prüftechnologien

Automatisierte In-line-Prüfungen wie EMV-Tests und Kraft-Weg-Messungen sichern eine gleichbleibend hohe Qualität. Die Rückverfolgbarkeit mittels Barcode oder RFID erlaubt schnelle Reaktionen auf Prozessabweichungen und sorgt für maximale Transparenz in der Produktion.

Nachhaltige Qualität und Langlebigkeit

Präzise Fertigung, innovative Prüftechnologien und konsequente Prozesskontrolle schaffen robuste, langlebige Antriebssysteme, die auch hohen Anforderungen in Industrie- und Medizinanwendungen zuverlässig gerecht werden.



Schaltungsarten und Systemeffekte

Die Wahl der Schaltungsart ist entscheidend für die Leistung und Zuverlässigkeit kleiner Elektromotoren. Die gängigsten Schaltungsarten – Seriell, Parallel und Stern – beeinflussen nicht nur den Stromfluss, sondern auch das thermische Verhalten, die Energieeffizienz und die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).

Seriell geschaltete Wicklungen bieten eine einfache Konstruktion, sind jedoch empfindlicher gegenüber Ausfällen einzelner Wicklungsabschnitte. Parallelschaltungen erlauben höhere Ströme und eine verbesserte Ausfallsicherheit, bedingen aber komplexere Steuerungskonzepte. Die Sternschaltung ermöglicht eine effiziente Verteilung von Strömen und Spannungen und wird häufig in mehrphasigen Motoren verwendet.

Schaltungsdesigns in der Praxis

Effizienz und Zuverlässigkeit im Fokus

Die Wahl der Schaltungsarchitektur beeinflusst maßgeblich die Effizienz, Zuverlässigkeit und Steuerbarkeit kleiner Elektromotoren. Unterschiedliche Anwendungen stellen spezifische Anforderungen an die Schaltungsarten sowie deren elektrische und thermische Eigenschaften.

Schaltungsarten in industriellen Automatisierungssystemen

In komplexen Automatisierungslösungen werden häufig mehrphasige Motoren mit Sternschaltung eingesetzt. Diese Schaltungsart sorgt für eine ausgeglichene Spannungsverteilung und reduziert thermische Belastungen in den Wicklungen. Dadurch wird die Lebensdauer der Isolierung verlängert und Hotspots werden wirksam vermieden.

Zudem verbessert die Sternschaltung die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), indem Störfelder minimiert und die Einhaltung strenger EMV-Normen erleichtert wird. Sie unterstützt die Integration in moderne Antriebssysteme mit variabler Frequenzregelung (VFD), was eine flexible Drehzahlsteuerung ermöglicht und die Energieeffizienz steigert.

Typische Anwendungsfälle sind Förder-techniksysteme, CNC-Maschinensteuerungen und Verpackungsmaschinen, wo eine zuverlässige, präzise und energieeffiziente Motorsteuerung entscheidend ist.



Antriebssysteme in medizinischen Geräten

Medizinische Anwendungen erfordern präzise, zuverlässige Motorsteuerungen. Hier kommen häufig Parallelschaltungen zum Einsatz, die eine hohe Ausfallsicherheit und verbesserte Steuerbarkeit bieten. Die redundante Auslegung durch Parallelschaltungen minimiert das Risiko von Totalausfällen und sorgt für eine gleichbleibend hohe Leistung auch unter anspruchsvollen Bedingungen.

Prüfstrategie und Qualitätskontrolle

Prüfverfahren sind eng mit dem Schaltungsdesign verknüpft. Inline-Durchgangsprüfungen, Kraft-Weg-Messungen und EMV-Vorbewertungen überwachen kontinuierlich die Qualität von Verbindungen und Schaltungsaufbau. Die gezielte Planung von Prüfflächen und Sichtfenstern sichert reproduzierbare und effiziente Fertigungsprozesse.

Schaltungsdesign als Erfolgsfaktor

Die praxisgerechte Auswahl und Umsetzung von Schaltungsarten ist entscheidend für die Gesamtleistung kleiner Elektromotoren. Durch frühzeitige Abstimmung von Schaltungsdesign, Verbindungstechnologie und Prüfstrategie entstehen robuste, effiziente und langlebige Antriebssysteme, die optimal auf moderne Anforderungen abgestimmt sind.

Fügetechniken

In der Fertigung kleiner Elektromotoren spielen Fügetechnologien eine entscheidende Rolle für die elektrische und mechanische Qualität der Baugruppen. Die gängigsten Verfahren sind Widerstandsschweißen, Laserschweißen, Ultraschallschweißen sowie MIG/MAG- und TIG-Schweißen.

Widerstandsschweißen

Dieses Verfahren ist besonders verbreitet für die Verbindung von Blechen und Drähten in Elektronik- und Hochstromanwendungen. Es garantiert stabile mechanische und elektrische Verbindungen mit hoher Prozesssicherheit und eignet sich ideal für Serienfertigung.

Laserschweißen

Laserschweißen erzeugt präzise, saubere Schweißnähte und ist damit perfekt für anspruchsvolle Anwendungen in der Feinmechanik und Medizintechnik, bei denen höchste Qualität gefordert ist.

Ultraschallschweißen

Speziell bei Kunststoffkomponenten verbindet das Ultraschallschweißen schnell und zuverlässig ohne zusätzliche Materialien. Dieses Verfahren ist besonders effizient und schont die Bauteile.

MIG/MAG- und TIG-Schweißen

Diese Verfahren bieten hochpräzise Schweißnähte bei dünnen Materialien und sind flexibel für robuste Konstruktionen aus Stahl oder Aluminium. TIG-Schweißen zeichnet sich durch besonders hochwertige Nähte aus.

Verbindungstechnologie mit Systemwirkung

Verbindungstechnologien beeinflussen nicht nur den elektrischen Widerstand, sondern auch Taktzeiten, Bauraumnutzung und die gesamte Systemperformance. Besonders bei kleinen Antriebseinheiten entscheidet das Zusammenspiel von Wickelgeometrie, Kontaktierungsart und Prüfstrategie über die Effizienz und Zuverlässigkeit der Motoren. Frühzeitige Einbindung von Montage- und Prüfanforderungen ermöglicht robuste Qualität und sichere Automatisierung – selbst bei hoher Variantenvielfalt und Serienzahlen.

Qualitätssicherung & Zukunftstrends

Moderne Fertigungslinien integrieren automatisierte Inline-Prüfungen wie EMV-Tests, Durchgangsprüfungen und Kraft-Weg-Messungen. Diese Verfahren sichern eine gleichbleibend hohe Produktqualität und erlauben schnelle Reaktionen auf Prozessabweichungen dank Rückverfolgbarkeit via Barcode oder RFID.

Zukünftige Entwicklungen in der Verbindungstechnologie fokussieren auf Mehrkomponenten-Fügen, miniaturisierte Bauteile und digitale Prozessüberwachung. Diese Innovationen erhöhen die Systemintegration und verbessern die Fertigungseffizienz weiter. Verbindungstechnologien bleiben somit der Schlüssel für Miniaturisierung, Prozesssicherheit und Serienfähigkeit moderner Elektromotoren.

MICROSTEP

Schrittmotoren, Steuerungen, Bewegungssysteme

MICROSTEP steht seit Jahrzehnten für innovative Antriebslösungen und höchste Präzision in der Schrittmotor-Technologie. Mit fundiertem Fachwissen, modernster Fertigungstechnik und individuell abgestimmten Systemen unterstützen wir Kunden aus verschiedenen Branchen – von der Automobilindustrie bis zur Medizintechnik. Unsere zertifizierten Prozesse nach ISO 9001 und IATF 16949 garantieren höchste Qualität und Zuverlässigkeit. Ob Prototypenfertigung, Serienproduktion oder individuelle Lösungen – wir begleiten Sie kompetent und flexibel vom Konzept bis zur Umsetzung. Nehmen Sie jetzt Kontakt mit uns auf und profitieren Sie von unserem Expertenwissen für Ihre Antriebssysteme. MICROSTEP – Ihr zuverlässiger Partner für Präzision, Innovation und Leistung.

**MICROSTEP GmbH - Schrittmotoren,
Steuerungen, Bewegungssysteme**
Rheinmetallstraße 11
99610 Sömmerda
Tel.: +49 (0) 3634 / 6897-0
E-Mail: info@microstep-motoren.de



febana group:



www.microstep-motoren.de