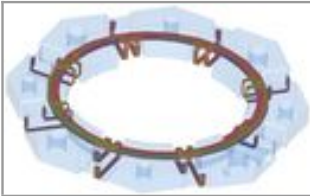


Starrflex-Leiterplatten

Wie Starrflex-Leiterplatten die Baugruppenzuverlässigkeit erhöht

14.03.2011 | Autor: Dirk Müller, Michael Matthes *

Starrflexible Leiterplatten ersetzen Steckverbinder-Leitungen in Antriebseinheiten und sorgen für höhere Zuverlässigkeit des Gesamtsystems.



Flex-Leiterplatte mit Mechanik:
Das gefaltete Starrflex-Board
im mCAD-Kontext

Nach wie vor ist die Miniaturisierung eine der stärksten Triebfedern für neue Produkte. Erreichbar durch die stete Erarbeitung verfeinerter Entwicklungs- und Fertigungsmethoden in Elektrotechnik, Elektronik und Feinmechanik. Wohl interessantester Anwendungsbereich der Miniaturisierung ist (neben der Konsumelektronik und Luftfahrt) die Medizintechnik. Nicht nur Steckverbinder, Elektroantriebe oder Sensoren werden dort für innovative Behandlungsgeräte auf das Äußerste geschrumpft. Hierzu ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit traditioneller Ingenieurbereiche unverzichtbar. Der vorliegende Beitrag skizziert, wie Kabel, Leitungen und Steckverbinder durch flexible Leiterbahnen ersetzt und hochpräzise, intelligente Sensoren in einen mechatronischen Antriebsstrang integriert werden.

Zuverlässige Motor-/Getriebeeinheiten

Präzise Motor-Getriebe-Einheiten erfordern eine hohe Zuverlässigkeit für den Einsatz in der industriellen Robotik, Verfahrenstechnik oder Medizintechnik. Eine hohe Zuverlässigkeit lässt sich durch die Optimierung der Mechanik des Motors, des Getriebes oder durch zusätzlichen Einsatz intelligenter Sensorik erreichen. Auch die Steuerelektronik lässt sich optimieren, jedoch kommt die schlussendliche Präzision durch die Gesamtbetrachtung des mechatronischen Antriebsstrangs. Das Zusammenspiel der Steuerelektronik mit den mechanischen Komponenten im Langzeitbetrieb erfordert langjährige Materialkenntnis und ein optimal auf einander abgestimmtes Gesamtsystem von Elektronik und Mechanik.

Ergänzendes zum Thema

- Das Modul Nextra im dreidimensionalen Raum
- +Das Modul Nextra im dreidimensionalen Raum

Bei steigender Miniaturisierung schaffen Kabelverbindungen mit Steckern ein Platzproblem. Alternativ bieten sich hier die starrflexiblen Leiterplatten an. Unter Betrachtung der Gesamtkosten ist diese Verbindungstechnik eine echte Alternative. Um den Einbau der Boards zu optimieren, können die PCB-Designdaten vom Allegro-PCB-Editor mit dem Zusatzprogramm Nextra im 3-D-Raum konstruiert werden. Das Flex-Board-Modul von NEXTRA stellt eine Reihe von Technologie-Parametern zur Verfügung, die speziell auf die Konstruktion von flexiblen Schaltungsträgern ausgerichtet sind. Es ermöglicht die Konstruktion von Flex-Boards unter Berücksichtigung der tatsächlichen Einbaugeometrien, d.h. in NEXTRA können Flex-Boards im gebogenen Zustand konstruiert werden und das auch direkt im mechanischen Kontext, etwa innerhalb eines Gehäuses. Jederzeit verfügbar ist eine zweidimensionale Abwicklung des dreidimensionalen Flex-Modells, über die auch die Ausgabe von z.B. Gerberdaten organisiert werden kann. Das Flex-Board-Modul von NEXTRA ist als optionales Ergänzungsmodul zu dem 3-D-Basis-Modul (PCB) verfügbar. Mögliche Anwendungen gibt es bereits in der Automatisierungs-, Verfahrens- und Medizintechnik sowie in der Automobilindustrie. Da alle Verbindungen in einem Herstellungsprozess erstellt werden, lässt sich eine hohe und konstante Präzision der Verbindungen erreichen.

- WITTENSTEIN-Fakten
- +WITTENSTEIN-Fakten

Kernkompetenzen der WITTENSTEIN electronics GmbH sind Beratung, Entwicklung, Herstellung und Vertrieb kundenspezifischer Elektronik- und Softwarelösungen für die Antriebstechnik. Die miniaturisierten Komponenten sind durch Netzwerkfähigkeit, Zuverlässigkeit und Integrationsfreundlichkeit charakterisiert. Kunden sind Unternehmen der Luft- und Raumfahrt, Automobil- sowie Industrie- und Medizintechnik. WITTENSTEIN electronics ist einer von insgesamt acht Unternehmensbereichen der WITTENSTEIN AG in Igersheim.

Hochpräzise und miniaturisierte Sensoren

Präzisionsmotoren werden in den unterschiedlichsten Branchen eingesetzt und müssen den verschiedenen Vorschriften von der Verfahrenstechnik der Luft- und Raumfahrt bis hin zum Automobilbau einhalten. Bei vielen Anwendungen ist die vorhersagbare Zuverlässigkeit der eingesetzten Komponenten wichtig. An Motoren angebaute Getriebe wurden bislang als Blackbox betrachtet und bargen viele Rätsel. Durch den Einsatz von elektronisch ausgewerteten Sensoren im Getriebe wird die Lebensdauer während des Betriebs diagnostiziert und visualisiert.



Hierdurch wird nicht nur die Diagnose laufender Prozesse ermöglicht, sondern auch eine adaptive Regelung und somit die Prozessoptimierung innerhalb des gesamten Antriebs. Das bedeutet, der Kunde des Maschinen- oder Anlagenherstellers wird befähigt, Prozesse direkt im Betrieb zu messen und bei Bedarf auch rechtzeitig mit veränderten Prozessparametern gegenzusteuern

Flexible Leiterbahnen ersetzen Kabel

Die Zuverlässigkeit einer Motor-Getriebe-Einheit lässt sich an verschiedenen Stellen optimieren. Ein Schwachpunkt sind bei vibrierenden mechatronischen Elementen die Kabelverbindungen. Wenn zwei Elektronikbaugruppen über zwei Steckverbinder mit einem Kabel verbunden werden, dann sind dies zwei Stellen, an denen es im Betrieb des Motors zu Verunreinigungen kommen kann. Diese Verunreinigungen haben Veränderungen des Übergangswiderstands an den Kontakten zur Folge. Dies wiederum verändert über die Lebensdauer des Motors die elektrischen Eigenschaften der Leitung und kann zu Steuer- oder Messfehlern führen. Die Zuverlässigkeit und damit die Qualität der Baugruppe nimmt ab.

In Zukunft werden Motoren, wie z.B. in der Medizintechnik, noch weiter miniaturisiert, sodass es wegen der eingeschränkten Platzverhältnisse keine Möglichkeit mehr gibt, einen Steckverbinder einzusetzen. Durch die daraus resultierende Verwendung von starrflexiblen Leiterplatten als Ersatz für die Kabel und Steckverbinder, wird zusätzlich die Zuverlässigkeit der Baugruppen deutlich erhöht.

Heute ist die Produktion von starrflexiblen Leiterplatten sowohl aus Kostengründen als auch im Hinblick auf konstante Fertigungsqualität als Ersatz für Kabel eine echte Alternative. Benötigte Steckverbindungen werden auf den Baugruppen direkt durch flexible Leiterplattenbereiche ersetzt. Im Laufe des Betriebs kommt es innerhalb des elektrischen Schaltkreises zu keinen Alterungseffekten auf der Verbindungsstrecke. Übergangswiderstände, die sich im Laufe der Zeit bilden bzw. verändern, kommen somit nicht mehr vor. Das Kupfer der flexiblen Leitungen ist direkt durch Lötstopplack vor äußeren Einflüssen geschützt.

Sensible Kabellängen zur Regelelektronik

Bei einigen Sensorapplikationen ist die exakte Leitungslänge vom integrierten Sensor bis zur Regelelektronik von Bedeutung. Da geringe Unterschiede der Signalspannung vom Sensor ausgewertet werden müssen, werden die Sensorleitungen exakt abgestimmt. Die letztendlichen Leitungslängen sind mit ihren parasitären Eigenschaften in der Schaltung zu berücksichtigen und sind für die präzise Funktion der Schaltung relevant. Durch den Einbau und das Biegen der flexiblen Elemente der Starrflex-Leiterplatte müssen 3D-Biegeradien berücksichtigt werden, die dann in der 2-D-Abwicklung die Kontur der flexiblen Folie für das Routing und die spätere Fertigung ergeben. Sowohl die Elektronik als auch die Mechanik erfordert exakte

Längenangaben bereits im Design. Eine spätere Längenanpassung hätte ein Redesign mit entsprechenden Kosten zur Folge.



Da der mechanische Einbau zuverlässig erfolgen muss, ist es zwingend erforderlich das mechanische Umfeld bereits beim Festlegen der Leiterplattenkontur zu berücksichtigen. Bei WITTENSTEIN werden die mechanischen Unigraphics-Daten zusammen mit den Allegro-PCB-Design-Daten im Modul Nextra, einer Starrflex-Entwicklungsumgebung, eingelesen. Anschließend kann der exakte Verlauf der flexiblen Leitungselemente in den dreidimensionalen mechanischen Gehäuse-Design-Daten verlegt werden. Das Tool liefert eine zweidimensionale Abwicklung des dreidimensionalen Körpers (PCB-Outline), der sich direkt in die Leiterplatten-Layout-Software einlesen lässt. Die Starrflex-Modelle im Leiterplatten-Design-Modul Nextra erlauben eine realistische Darstellung der Leiterplatte mit echtem Lagenaufbau.

Der Lagenaufbau ist entscheidend

Für eine 3-D-Darstellung sind kleinste Abweichungen in Teillängen oder Segmentwinkeln des flexiblen Leiterplattenstücks von großer Bedeutung, da sie alle in der Abwicklung folgenden Segmente und Winkel im Raum beeinflussen und somit die endgültige Lage des letzten Teilstücks, das kontaktiert wird, erheblich beeinflussen. Bei dieser Darstellung ist eine realistische Repräsentation des Lagenaufbaus und des Biegeverhaltens von größter Bedeutung.

Für eine vereinfachte Simulation der Abwicklung wäre ein Biegeverhalten der Leiterplatte ideal, wenn es sich um einen fünflagigen Schaltungsträger handeln würde, der in der Mitte das flexible Material hätte. Dann wäre die für das Biegen und das Simulationsmodell notwendige neutrale Phase in der Mitte des Lagenaufbaus. Jedoch erfordert die Fertigung von Starrflex-Leiterplatten einen meist asymmetrischen Aufbau und die flexiblen Folien sind auf der Top oder einer äußeren Innenlage. Dies kann in mechanischen Systemen nur schwer nachgebildet werden. Der Lagenaufbau hat aber einen erheblichen Einfluss auf die exakt zu konstruierenden Leitungslängen und damit auch auf die Funktion der gesamten Schaltung, gerade im Hinblick auf Sensoren für Drehmomente und Rotationskräfte im Antriebsstrang.

Für eine 3-D-Darstellung sind kleinste Abweichungen in Teillängen oder Segmentwinkeln des flexiblen Leiterplattenstücks von großer Bedeutung, da sie alle in der Abwicklung folgenden Segmente und Winkel im Raum beeinflussen und somit die endgültige Lage des letzten Teilstücks, das kontaktiert wird, erheblich beeinflussen. Bei dieser Darstellung ist eine realistische Repräsentation des Lagenaufbaus und des Biegeverhaltens von größter Bedeutung.

Für eine vereinfachte Simulation der Abwicklung wäre ein Biegeverhalten der Leiterplatte ideal, wenn es sich um einen fünflagigen Schaltungsträger handeln würde, der in der Mitte das flexible Material hätte. Dann wäre die für das Biegen und das Simulationsmodell notwendige neutrale Phase in der Mitte des Lagenaufbaus. Jedoch erfordert die Fertigung von Starrflex-Leiterplatten einen meist asymmetrischen Aufbau und die flexiblen Folien sind auf der Top oder einer äußeren Innenlage. Dies kann in mechanischen Systemen nur schwer nachgebildet werden. Der Lagenaufbau hat aber einen erheblichen Einfluss auf die exakt zu konstruierenden Leitungslängen und damit auch auf die Funktion der gesamten Schaltung, gerade im Hinblick auf Sensoren für Drehmomente und Rotationskräfte im Antriebsstrang.



Beim Einsatz von starrflexiblen Leiterplatten in mechatronischen Anwendungen bietet sich ein Co-Design der mCAD- und eCAD-Daten in einem Designtool, gegenüber der herkömmlichen Methodik mit einem permanenten Wechsel zwischen den CAD-Welten mit speziellen Zwischenformaten (DXF, IDF) an. Der wesentliche Vorteil der neuen Methodik ist die zeitgleiche Abwägung der technischen Entwicklungskompromisse in einem inhaltlichen Kontext. Es können die Position der Sensoren, der flexiblen Zuleitungen und des Gehäuses gleichzeitig optimiert werden. Falls sich größere funktionelle Änderungen ergeben, lassen sich die Zwischenergebnisse in den ursprünglichen CAD-Welten im nativen Datenformat weiterbearbeiten.

Durch den neuen eCAD-mCAD-Design-Flow hat WITTENSTEIN das Risiko deutlich minimiert, dass es im Betrieb zu fehlerhaften Messungen kommt und die Zuverlässigkeit des gesamten Antriebsstrangs erhöht.

Betrachtung zur Nachkalkulation

Betrachtung zur Nachkalkulation

Neue Technologien müssen sich nicht nur technisch, sondern auch kommerziell beweisen. So führte WITTENSTEIN einen Vergleich der beiden Lösungsansätze zwischen Kabeln mit Steckverbindern und normaler Leiterplattentechnik sowie dem Einsatz von Starrflex-Leiterplatten durch. Nach der Inbetriebnahme wurden die einzelnen Kosten verglichen. Der hohe Einbauaufwand der Sensoren mit Kabeln lässt sich durch den Einsatz von Starrflex-Leiterplatten, welche zum einen als Sensorträger, zum anderen als Kabelersatz dienen, deutlich verringern. Die Kostenersparnis bei der Montage der Steckverbindungen wiegt die geringen Mehrkosten in der Herstellung der Leiterplatte mehr als auf.

Aber neben den Kosten gab es noch weitere Kriterien für den Erfolg der neuen Technologie. Die Strukturen lassen sich feiner darstellen und somit eröffnet diese Technologie bei der weiteren Miniaturisierung von Motor-Getriebe-Einheiten weitere Möglichkeiten und Innovationen. Der aber wohl wichtigste Punkt für den weiteren Einsatz der Starrflex-Technologie in der Motorentchnik ist sowohl die deutlich gestiegene Zuverlässigkeit bei der gesamten Lebensdauer als auch bei der Qualität der Sensorsignale im Laufe der Betriebszeit.

*Dirk Müller ...ist Geschäftsführer beim PCB-Spezialisten FlowCAD in Feldkirchen.

* Michael Matthes ...ist Entwicklungsingenieur beim Antriebsexperten WITTENSTEIN electronics GmbH (Entwicklung und Design im Bereich Antriebs-, Medizintechnik und Sensorik) in Igersheim.

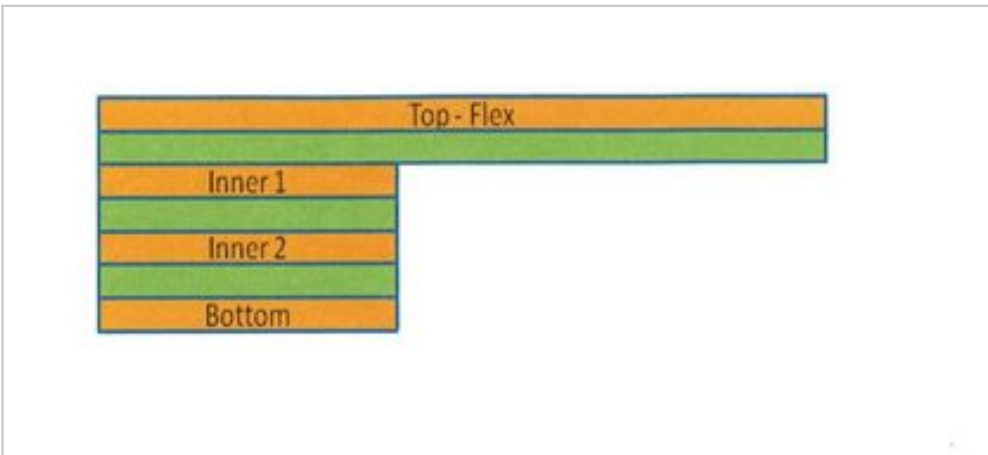
Redakteur: Gerd Kucera

Dieser Beitrag ist urheberrechtlich geschützt.
Sie wollen ihn für Ihre Zwecke verwenden?
Infos finden Sie unter www.mycontentfactory.de.

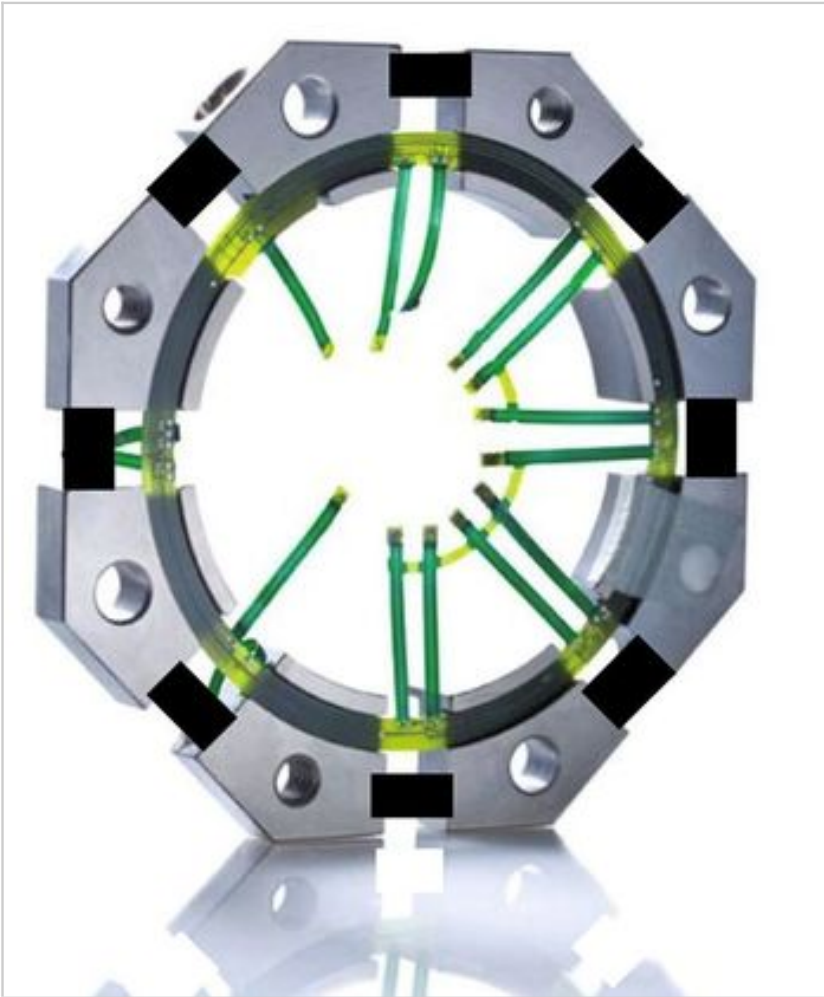
Dieses PDF wurde Ihnen bereitgestellt von <http://www.elektronikpraxis.vogel.de>



Komplett: Die Motor-Getriebe-Einheit mit integrierter und externer Steuerelektronik
(Bilder: WITTENSTEIN)



Querschnitt: Lagenaufbau der Starrflex-Leiterplatte



Integriert: Die Steuerelektronik in der Motor-Getriebe-Einheit