

28V-DREHSTROMANTRIEB FÜR ELEKTROFAHRZEUGE

Fachhochschule Bielefeld

Professor Dr. Klaus Hofer

Üblicherweise werden drehzahlvariable Drehstromantriebe in der industriellen Automatisierungstechnik aus Frequenzumrichtern gespeist, die wiederum ihre Energie aus dem öffentlichen Netz beziehen. Aus diesem Grunde liegen die Betriebsspannungen handelsüblicher Drehstromantriebe bei Nennwerten von 230/400 V. Der Einsatz solcher Standardantriebe ist in mobilen Fahrzeugen generell nicht möglich, da die Spannungswerte kleiner Traktionsbatterien deutlich unter dem Netzniveau liegen.

Obwohl der Bedarf an wartungsarmen Niederspannungs-Drehstromantrieben im Bereich der Elektrotraktion (Traktion = Bodenhaftung) Jahr für Jahr stetig ansteigt, gibt es keine diesbezüglichen Systemkomponenten auf dem Antriebsmarkt. Auch der bevorstehende Übergang zu den 42V-Batteriesystemen in den konventionellen Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotor wird den Bedarf nach robusten Drehstromantrieben für die Nebenaggregate sprunghaft ansteigen lassen.

Der im Labor für moderne Antriebstechnik der Fachhochschule Bielefeld entwickelte, drehzahlgeregelte Felgenantrieb soll hier Abhilfe schaffen, da er speziell auf die Bedürfnisse in kleinen Elektrofahrzeugen, wie Citycars, Scooter, Gabelstapler, sowie elektrischen Einrädern zugeschnitten ist. Mit diesem Exponat wird ein kompletter Drehstromantrieb, bestehend aus einer Asynchronmaschine, einem mechanischen Getriebe und einem dreiphasigen B6-Wechselrichter für Batteriebetrieb vorgestellt, der an niedrigen Zwischenkreisspannungen im Bereich von 40-60V eingesetzt werden kann. Demonstriert wird die prak-

tische Einsatztauglichkeit und die hohe Dynamik dieses Antriebskonzepts am Beispiel eines innovativen und umweltfreundlichen Elektrofahrzeugs mit nur einem Rad.



Professor Dr.-Ing. habil. Klaus Hofer vertritt an der Fachhochschule Bielefeld das Lehrgebiet Moderne Leistungselektronik und Antriebstechnik. Darüber hinaus lehrt er als Privatdozent an der Universität Bielefeld über intelligente Antriebssysteme für die Robotik.

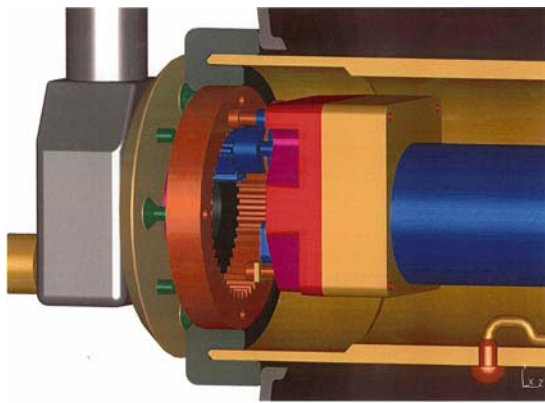
Fon: 0521/1067280

Fax: 0521/1067150

Email: klaus.hofer@fh-bielefeld.de

100 mal Umschalten pro Sekunde

Der mechanische Antriebsstrang eines Elektrofahrzeugs kann erheblich vereinfacht werden, wenn der Elektromotor und das Festgetriebe in die Felge des Rades integriert werden. Solche platzsparenden Felgenantriebe genügen hohen mechatrischen und dynamischen Anforderungen. Ein Blick in den aufgeschnittenen 25 cm breiten Fahrzeugreifen zeigt den 200W starken Drehstromasynchronmotor (28/48V, 50 Hz) und das Übersetzungsgetriebe ($\ddot{u} = 1:4$), welche fest mit dem Fahrzeugrahmen verbunden sind und ihre Drehzahl und Kraft über einen Zahnkranz ($\ddot{u} = 1:8$) auf die Radfelge übertragen.

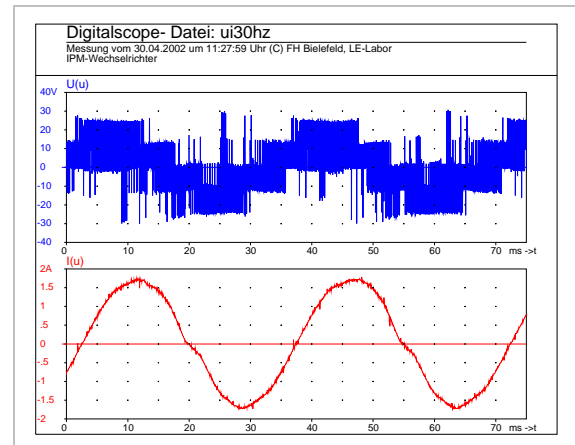


Felgenmotoren lassen sich nicht nur in Einrädern sondern auch in Elektrofahrzeugen mit mehr als einem Rad vorteilhaft als Mehrmotorensystem einsetzen und dadurch allradgetriebene Zweiräder, Dreiräder und Vierradfahrzeuge mit besten Traktionseigenschaften realisieren.

Um die Asynchronmaschine drehzahlvariabel betreiben zu können, wird über einen multiprozessorgesteuerten Dreiphasen-Wechselrichter aus der Gleichspannung der Traktionsbatterie (60V) ein synthetisches (künstliches) Drehstromsystem variabler Spannung (0 bis 28 V) und Frequenz (0 bis 50 Hz) erzeugt.

Für ein gleichförmiges Drehmoment an der Motorwelle dürfen im Motorstrom keine Oberschwingungen auftreten. Einen hohen Grundschwingungsgehalt und eine hohe Ausnutzung des Stromrichters erreicht man

durch ein spezielles Ansteuerungsverfahren, die so genannte Raumzeigermodulation.



Zum schnellen Umschalten von vorwärts auf rückwärts in Drehmoment und Drehzahl muss der B6-Wechselrichter zwei Phasen des Drehstromsystems vertauschen. Dies geschieht softwaremäßig über die digitale Ansteuerung der sechs Leistungstransistoren des B6-Wechselrichters.



Damit lassen sich Reversierzeiten im Millisekundenbereich erreichen, was diesem Stromrichterstellglied beste dynamische Eigenschaften verleiht. Diese sind zum Beispiel beim Einsatz in Elektroeinrädern die Grundvoraussetzung für eine automatische Stabilisierung des Schwerpunkts.

Als Energiequelle dient im nachfolgend beschriebenen Elektroeinrad ein 60V-NiCd-Batterieblock mit einem Energieinhalt von 50Wh. Diese geringe Energiemenge entspricht nur wenigen Tropfen Benzin und reicht dennoch für mehr als eine halbe Stunde Fahrbetrieb auf einer glatten, waagerechten Oberfläche aus.

Fahren auf einem inversen Pendel

Muskelbetriebene Einräder weisen in alle Bewegungsrichtungen instabiles Verhalten auf, weshalb eine automatisierte Stabilisierung hohen dynamischen und mechatronischen Anforderungen gerecht werden muss. Beim Bielefelder Elektro-Einrad sorgt ein extra breiter Reifen für eine ausreichende Querstabilität.

Durch die elastische Verformbarkeit des 25 cm breiten Luftreifens ist bei einer Gewichtsverlagerung des Fahrers nach links oder rechts außerdem eine gute Lenkfähigkeit gewährleistet.

Das Umkippen des Einrades in Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung verhindert der hochdynamische Felgenmotor plus Leistungselektronik, welche zusammen mit einem mechanischen Festgetriebe in die Felge des Rades integriert sind.



Die zugehörige Gravitations-Regelung des drehzahlstarken Elektroantriebs arbeitet nach dem Prinzip eines inversen Pendels und hält den Gesamtschwerpunkt permanent über der Radachse. Diese Positionierung des Schwerpunkts erfolgt im Reversierbetrieb ca. einhundert Mal pro Sekunde. Dadurch kann das elektrische Einrad wie von Geisterhand alleine stehen und darüber hinaus Personen und Gegenstände

ohne deren Mithilfe selbsttätig ausbalancieren.

Das Umschalten der Bewegungsrichtung im Bereich von Millisekunden ist ein Privileg der elektrischen Antriebstechnik und mit Pneumatik-, Verbrennungs- oder Muskelantrieben nicht annähernd erreichbar.

Die Vorwärts- oder Rückwärtsfahrt des Einrads ist durch eine leichte Schwerpunktverlagerung des Fahrers nach vorne oder hinten ohne irgendwelche Bedienelemente oder Steuerbefehle möglich. Drehgriffe, Pedale oder Schalter sind nicht vorhanden, denn diese Innovation auf einem Rad wird ausschließlich durch die Körpersprache des Benutzers gefahren, gelenkt und gebremst.

Sparsamer als ein Fußmarsch

Anwendungen für Elektro-Einräder finden sich vor allem im Freizeit- und Spaßbereich für junge Menschen, trendy people und creative workers. Wegen der kleinen geometrischen Abmessungen kann das einrädige Ökomobil praktisch überall hin mitgenommen und in Gebäuden, Hallen, Supermärkten, Airports oder Innenstädten vorteilhaft eingesetzt werden.



Der Energieverbrauch dieses innovativen Fortbewegungsmittels liegt deutlich unter dem eines vergleichbaren Fußmarsches. Somit sind elektrisch stabilisierte Einräder besonders umweltfreundliche Elektrofahrzeuge, die kinderleicht zu bedienen sind und dem Benutzer ein völlig neues Fahrgefühl vermitteln.

Literatur

Hofer, K.: Moderne Leistungselektronik und Antriebe. Offenbach: VDE-Verlag 1996

Hofer, K.: Regelung elektrischer Antriebe. Offenbach: VDE-Verlag 1998

Hofer, K.: Elektrotraktion/ Elektrische Antriebe für Fahrzeuge. Offenbach: VDE-Verlag 2005

Anmerkung

Der Autor dankt allen an diesem Entwicklungsprojekt beteiligten Lehrlingen und Mitarbeitern der Firma HARTING KGaA in Espelkamp sowie den beteiligten Studenten und Angehörigen der FH Bielefeld für die engagierte und freundliche Zusammenarbeit.

Zum Autor



Professor an der Fachhochschule Bielefeld, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik.

Privatdozent an der Universität Bielefeld, Tech-Fak. **Erfinder** der Binären Beobachter, LineCars und MonoCycs. **Autor** von acht Fachbüchern beim VDI/VDE-Verlag. **Speaker und Chairman** auf internationalen Fachkongressen. **Referent** im Haus der Technik (HdT) in Essen. **Senior Member** in the IEEE (USA).

Forschung und Entwicklung

Forschung und Entwicklung hat an der Fachhochschule Bielefeld einen besonderen Stellenwert.

Einerseits schafft sie durch ihren hohen Anwendungsbezug eine attraktive und praxisnahe Lehre. Andererseits versteht sie sich durch den intensiven Kontakt der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer zu der regionalen Wirtschaft als kompetenter Problemlöser für industrielle, wirtschaftliche und gesellschaftliche Fragestellungen.

Eine praxisnahe und mittelstandsgerechte Übersicht über rund 200 Kompetenzprofile aus Forschung, Entwicklung und Beratung bietet das Online-Angebot www.transfer-owl.de, das über Leistungsangebote und Kompetenzen, Forschungs- und Arbeitsschwerpunkte und Labore und Einrichtungen, die für die Kooperation mit der Praxis geeignet sind, informiert.

Das Zusammenwirken mit unseren Partnern vollzieht sich dabei auf vielen Ebenen. Neben Forschungsdienstleistungen im direkten Kundenauftrag sind auch Kooperationen in öffentlich oder privat geförderten Forschungsvorhaben denkbar. Außerdem sind bei kleinen Forschungs- und Entwicklungsaufgaben Diplomarbeiten durch ihre kurzen Bearbeitungszeiten ein willkommenes und erfolgreiches Instrument im Transfer zwischen Hochschule und Wirtschaft.