

Wireless Power - Kontaktlose Energie- und Datenübertragung in der Medizintechnik

A. Hoppe^{1*}, M. Nesterov¹

¹Institut für Automation und Kommunikation e.V., Magdeburg

*Corresponding author, email: axel.hoppe@ifak.eu

Das Herstellen elektrischer Verbindungen, z. B. für die Aufladung mobiler Systeme oder die Versorgung von Diagnose- und Therapiegeräten, beinhaltet für Menschen mit Einschränkungen besondere Herausforderungen. Ebenso stellt die Energieversorgung von Sensoren und Implantaten im und am Körper besondere Anforderungen an die technischen Lösungen. Die kontaktlose Energieübertragung bietet eine innovative Lösung, die auf elektrische Schleifkontakte oder Steckverbindungen verzichtet und somit die Sicherheit und Zuverlässigkeit in vielen Anwendungsbereichen erhöht. Am Beispiel eines kontaktlosen Energieversorgungskonzeptes für einen autarken Sensor zur Erfassung von Kniebewegungen werden die Anforderungen an den Entwurf kontaktloser Systeme und die Besonderheiten bei einer Anwendung der Technologie direkt am Körper dargestellt.

© 2020 Corresponding Author; licensee Infinite Science Publishing GmbH

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. Einleitung

Im beruflichen und privaten Umfeld gehört die Nutzung elektrischer Verbraucher zum Alltag. Das Herstellen elektrischer Verbindungen, z. B. für die Aufladung mobiler Geräte, Mobilitätshilfen oder die Versorgung von Diagnose- und Therapiegeräten, beinhaltet für gesunde Menschen keine besonderen Herausforderungen. Weitaus schwieriger stellt sich eine solche Situation für Menschen mit Einschränkungen dar. Für ältere Patienten oder Patienten mit erhöhtem Behinderungsgrad ergibt sich aufgrund von körperlichen Beeinträchtigungen ein schwer zu bewerkstelliger Handlungsablauf, der häufig die Hilfestellung dritter Personen erfordert. Aber auch im beruflichen Alltag, z. B. für Klinik- und Pflegepersonal, ergeben sich bei einem solchen Handlungsablauf verschiedene Herausforderungen. Das können neben arbeitstypischen Zeitproblemen u.a. Handlingprobleme durch Schutzkleidung (Handschuhe, Schutzbrillen...) sein. Eine weitere Herausforderung für die anwendungsoptimierte Energieversorgung in der Medizintechnik stellen autarke gekapselte Sensoren oder aktive Implantate im und am Körper sowie mobile Medizingeräte für verschiedene Anwendungen dar.

Eine innovative Lösung hierfür offeriert die Technologie der kontaktlosen induktiven Energieübertragung. Kontaktlose Übertragungssysteme bieten den Vorteil des Verzichts auf elektrische Schleifkontakte oder Steckverbindungen und erhöhen somit die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Energieversorgung in vielen Anwendungsgebieten [1]. Sie ermöglichen die Reduzierung der Wartungskosten, sichern eine hohe Verfügbarkeit und schaffen neue Möglichkeiten in der Produktentwicklung. Weiterhin gibt es keine frei liegenden spannungsführenden Teile. Durch die vollständige Potenzialtrennung kann ein hohes Maß an elektrotechnischer Sicherheit gewährleistet werden

(Bild 1). Das hermetische Kapseln und die Verwendung glatter Oberflächen gestattet leichtes Reinigen und Sterilisieren. Neben bisher typischen industriellen Anwendungen [2] ergeben sich neue Applikationen in der Medizin- und Pflorgetechnik.

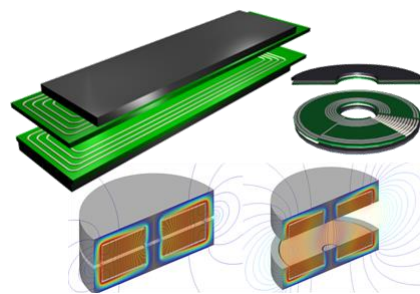


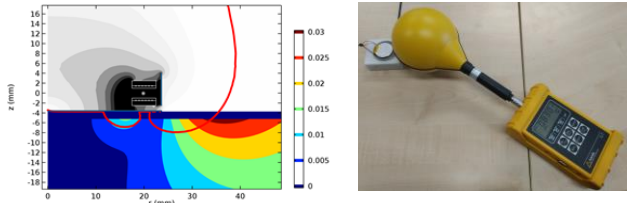
Bild 1 Spulensysteme für die Kontaktlose Energie- und Datenübertragung mit galvanischer Trennung

Im Rahmen des Fachbeitrages werden die Grundlagen und Potentiale der Technologie der kontaktlosen Energie- und Datenübertragung, aber auch die technischen und normativen Grenzen, insbesondere für den Einsatz im Bereich der Medizintechnik aufgezeigt. Am Beispiel eines mobilen und stationären kontaktlosen Energieversorgungskonzeptes für einen autarken Sensor zur Erfassung von Kniebewegungen werden die Anforderungen an den Entwurf kontaktloser Systeme und die Besonderheiten bei einer Anwendung der Technologie direkt am Körper dargestellt. Der Knieensor unterstützt die Verlagerung der Behandlung von Patienten nach einer Knieendoprothetik in den ambulanten Bereich und kann damit zur Verkürzung der Verweildauer im Krankenhaus führen.

II. Methodik

Den Kern kontaktloser Übertragungssysteme bildet eine transformatorische Übertragungsanordnung, mit der die

Energie gegenüber einem konventionellen Transformator



über einen großen Luftspalt (mehrere Dezimeter) und bei hohen Frequenzen (einige hundert Kilohertz) übertragen wird. Unter Verwendung weichmagnetischer Kernmaterialien und Litzenleiter für die Wicklungen lässt sich der Wirkungsgrad solcher Systeme signifikant erhöhen. Komplettiert wird das Spulensystem durch leistungselektronische Energiewandlungsstufen mit schnell schaltenden Halbleiterschaltern auf der Primär- und der Sekundärseite. Eine weitere Besonderheit ist die verlustreduzierende Kompensation der gegenüber herkömmlichen Transformatoren sehr hohen Streuinduktivitäten durch entsprechende Kondensatorbeschaltungen in verschiedenen Kombinationen. Damit verbunden ist weiterhin ein resonanter Betrieb des Spulensystems, der zur Verringerung der Schaltverluste in den Halbleitern beiträgt.

Prinzipiell wird ein induktives Übertragungssystem durch die Spulengüte und den Koppelfaktor charakterisiert (Bild 2). Bei zielgerichteter elektrischer und magnetischer Auslegung ist selbst bei großen Luftspalten ein Gesamtwirkungsgrad von über 90 Prozent erreichbar: Die auf diesem Weg übertragbare elektrische Leistung bewegt sich zwischen einigen Milli- und mehreren Kilowatt.

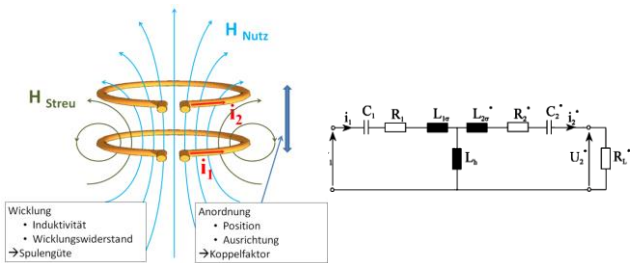


Bild 2: Grundprinzip, Einflussfaktoren Spulengüte und Koppelfaktor, Ersatzschaltbild

Untersuchungen im Frequenzbereich bis 400 kHz haben ergeben, dass das statische und auch das dynamische Verhalten jeder kontaktlosen Übertragungsanordnung mit Luftspalt mit dem Ersatzschaltbild des Transformators beschrieben werden können (Bild 2).

Neben den Randbedingungen Bauraum, Effizienz, Kosten spielt die Berücksichtigung der Auswirkung der technologiebedingten magnetischen Felder direkt auf den Menschen eine wichtige Rolle. Insbesondere bei Anwendungen direkt im und am Körper sind umfangreiche Betrachtungen der entstehenden Körperströme und die Einhaltung der nationalen und internationalen Grenzwerte erforderlich [3]. Für einen Einsatz der kontaktlosen induktiven Technik in industriellen, öffentlichen und privaten Umgebungen gelten verschiedene Systemanforderungen und Rahmenbedingungen (Normen, Richtlinien) [3].

Bild 3: Simulation der Körperströme für Sensorsysteme direkt am Körper

So sind die Anforderungen bei den gesetzlichen EMV-Grenzwerten im Wohnumfeld oder im medizinischen Bereich wesentlich höher. Ebenso muss für den Dauereinsatz eine gesundheitliche Beeinträchtigung des Menschen unter allen Umständen ausgeschlossen werden, z.B. durch die simulative und messtechnische Untersuchung der Magnetfelder (Bild 3).

III. Ergebnisse

Der Kniesensor „Stickie“ wurde als autarkes sensorgestütztes System entwickelt, das auf mehreren Ebenen in der stationären und ambulanten Behandlung der Patienten nach einer Knie-Endoprothetik eingesetzt werden kann und die Funktion des operierten Kniegelenkes sowie die Aktivität des Patienten überwacht, um den Rehabilitationsverlauf jederzeit steuern zu können.

Für die tägliche Aufladung des Energiespeichers, der aufgrund der Baugröße des Sensors nicht für die geplante Betriebsdauer von bis zu 10 Tagen ausreicht, wurde eine kontaktlose induktive Energieübertragung mit dazugehörigem Energiemanagement entwickelt, wobei die Sekundärseite der kontaktlosen Ladung in der vollständig gekapselten Sensoreinheit implementiert ist. Für die Ladevariante am Patienten wurde eine spezielle Gehäuseform entwickelt, die mittels einer Gurtbefestigung auf dem Sensor, der sich unter einem Pflasterverband befindet, fixiert wird (Bild 4).

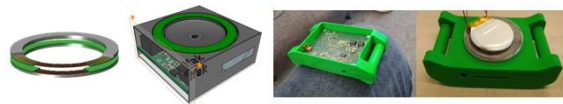


Bild 4: Spulensystem, stationäre und mobile Ladestation, Anwendung am Knie

Aufgrund der Gehäusekonzeption wurde eine ringförmige Spulenordnung, bestehend aus einer Leiterplattenspule mit Ferritfolie ausgewählt (Bild 4). Die maximal übertragbare Leistung beträgt ca. 2 W, um eine Ladedauer von etwa 1 h zu erreichen. Bei der Entwicklung stellte die Sicherstellung der Rückwirkungsfreiheit des induktiven Systems auf die Sensorik und den Akkumulator eine besondere Herausforderung dar.

IV. Zusammenfassung

Die Technologie der kontaktlosen Energieübertragung bietet eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten in der Medizintechnik. Auch bei körpernahen Anwendungen, wie Sensoren und Implantate können sichere, normkonforme und technisch ausgereifte Lösungen entwickelt werden.

LITERATUR

- [1] Eßer, Albert (1992), Berührungslose, kombinierte Energie- und Informationsübertragung für bewegliche Systeme. Dissertation, RWTH Aachen, 1992
- [2] Knaup, Peter (1999), Berührungslose Energieübertragung auf linear bewegte Systeme, Dissertation, Universität Darmstadt,
- [3] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric

and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz),” Health Physics, vol. 99, no. 6, pp. 818–836, 2010.

- [4] Hoppe, A.: Neue Einsatzmöglichkeiten und Entwicklungstendenzen in der kontaktlosen Energie- und Datenübertragung. 9. Fachveranstaltung Kontaktlose Energieübertragung Stand der Technik, 30.06. - 01.07.2014, Stuttgart, Universität Stuttgart, 2014 [