

SYNCHRON-RELUKTANZMASCHINEN ALS ALTERNATIVER DREHANODENANTRIEB FÜR RÖNTGENRÖHREN

Christiane MELLAK¹

Einleitung

Das Prinzip der Röntgenstrahlerzeugung hat sich, obwohl über die Jahre verfeinert und verbessert, seit seiner Entdeckung im Wesentlichen nicht verändert: In einer vakuumevakuierten Hülle werden Elektronen



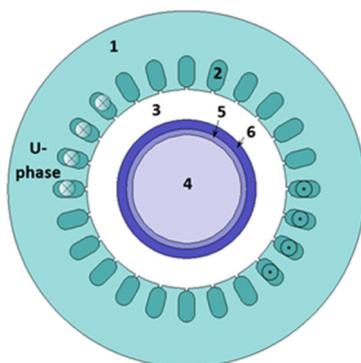
zwischen zwei Elektroden über eine angelegte Hochspannung beschleunigt und beim Auftreffen auf das Anodenmaterial wird ein Bruchteil der entstehenden Energie in Röntgenstrahlen, in Form von sogenannter Bremsstrahlung bzw. charakteristischer Strahlung, umgewandelt (Abb. 1). So wird auch der Antrieb der Drehanode in der Röntgenröhre seit seiner Einführung als Asynchronmaschine mit Massivläufer mit Kupferschicht ausgeführt.

Durch die besonderen Anforderungen an den Antrieb, d.h. insbesondere Betrieb bei hohen Temperaturen, großer Luftspalt zwischen Läufer und Ständer, Betrieb des Läufers im Vakuum, und leiser Betrieb aufgrund des medizinischen Anwendungsbereiches, ergeben sich bei der Wahl des Antriebs entsprechende Einschränkungen. Vor allem die hohen Temperaturen begrenzen die Strahlerzeugungsleistung, der Asynchronmotor erzeugt unvermeidlich Kupfer-, d.h. Wärmeverluste im Läufer. So lag es nahe, zunächst für einen speziellen Anwendungsfall mit gegebenen Randbedingungen, zu untersuchen, ob dieser durch einen Synchron-Reluktanzmotor ersetzt werden kann.

Abbildung 1: Röntgenröhre ohne Ständer [1]

Aufbauend auf bisherigen Forschungsergebnissen wurden zweipolige Synchron-Reluktanzmotoren mit drei verschiedenen Läuferformen analysiert und die entstehenden Verluste mit jenen der Referenz-Asynchronmaschine verglichen. Am vielversprechendsten war dabei ein aus axialen Schichten aufgebauter Läufer, der bei gleichem Drehmoment 50 % weniger Verluste erzeugt. Die Kompatibilität der Läuferformen mit der Vakuumumgebung der Röntgenröhre wird in zukünftigen Arbeiten untersucht. [2]

Methodik



Mittels 2D-Finite Elemente Methode (FEM) wurden sowohl eine bestehende Asynchronmaschine simuliert, als auch drei Läufer einer synchronen Reluktanzmaschine, unter Verwendung des Ständers der ursprünglichen Asynchronmaschine. Abb. 2 zeigt den Querschnitt der Asynchronmaschine wie er in der FEM verwendet wurde. Der große Luftspalt ist deutlich zu sehen. Die untersuchten Läuferbauformen der Synchron-Reluktanzmaschine sind in Abb. 3 zu sehen.

Zum Vergleich der Verluste wurde der Betrieb bei 1 Nm, 10.800 rpm gewählt.

Abbildung 2: Querschnitt der Asynchronmaschine

- 1: Ständer
- 2: Wicklung
- 3: Luftspalt
- 4: Welle
- 5: Eisenrückführung
- 6: Kupferschicht

¹ Technische Universität Graz, Institut für Elektrische Antriebstechnik und Maschinen, Inffeldgasse 18/1, 8010 Graz, Tel. +43 316 873-7747, christiane.mellak@tugraz.at, www.eam.tugraz.at

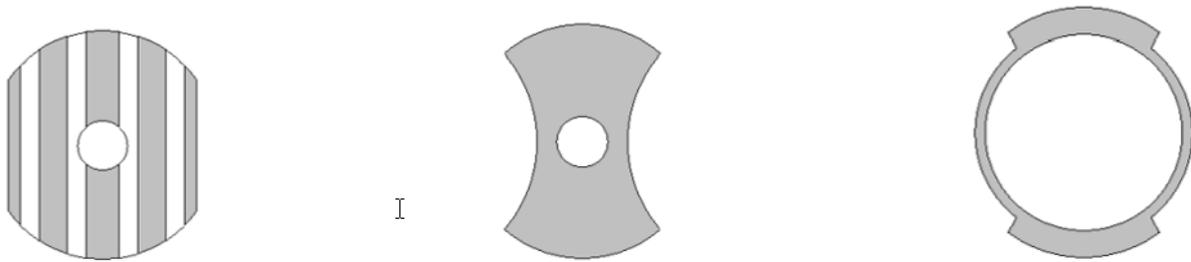


Abbildung 3: Untersuchte Läuferformen der Synchron-Reluktanzmaschine.
Links: Axiale Schichten aus magn. leitfähig und magnetisch nicht leitfähigem Material
Mitte: Massivläufer mit ausgeschnittenen Teilen
Rechts: Beibehaltung des ursprünglichen Wellendurchmessers

Ergebnisse

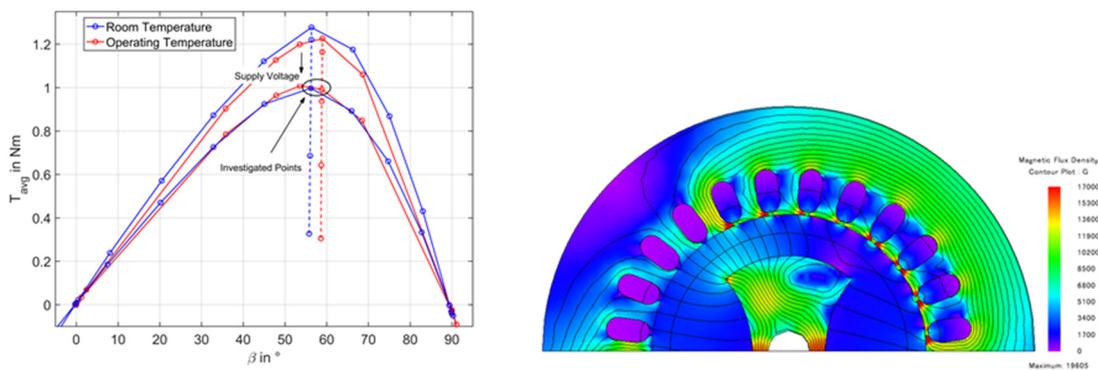


Abbildung 4: Links: Auswirkung des Stromwinkel β auf das Drehmoment
Rechts: Mit FEM berechnete magnetische Flussdichte, visualisiert mit JMAG® [3]

Mit allen drei untersuchten Läuferformen kann das geforderte Drehmoment erreicht werden. Bei einer Synchron-Reluktanzmaschine kann durch Variation des Stromwinkels β das Drehmoment auf den gewünschten Wert eingestellt werden.

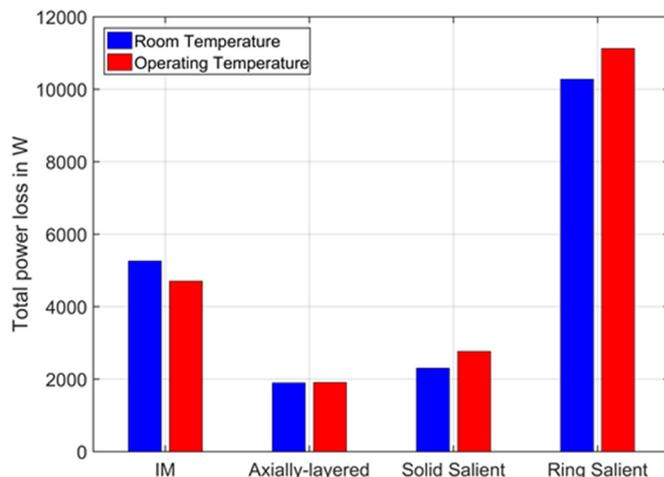


Abbildung 5: Vergleich der Verluste, die für die vier untersuchten Maschinentypen berechnet wurden; IM = Asynchronmaschine

Abb. 4, links, zeigt dazu einige exemplarisch ausgewählte Ergebnisse für einen massiven Läufer mit ausgeschnittenen Teilen (Abb. 3, Mitte). Die Visualisierung der magnetischen Flussdichte in Abb. 4, rechts, gibt Hinweise auf Stellen hoher Sättigung, die möglicherweise die Performance der Maschine beeinträchtigen können und optimiert werden sollten.

Der Vergleich der Verluste zeigt, dass bei den ersten beiden Läuferformen eine Reduktion der Gesamtverluste erreicht werden kann.

Referenzen

- [1] <http://historischesarchiv.dgk.org/2015/03/10/roentgenroehren/roentgenroehre-optitrop-150-40-80-hl-100-fa-siemens/>
- [2] C. Mellak, Rotary Anode Drive for X-Ray Tubes, TU Graz 2017.
- [3] www.jmag-international.com