

Endbericht: High Torque Disc Generator

F. Aschenbrenner

Für die alternative Energieerzeugung mit Wasserrädern oder Windturbinen werden Getriebe für ein hohes Eingangsdrehmoment bei sehr geringer Drehzahl benötigt. Die Drehzahl bei einem Wasserrad mit 3m Durchmesser beträgt 15 bis 20 U/min. Das Drehmoment liegt zwischen 2000 und 5000 Nm. Die üblichen Generatoren für so kleine Leistungen werden meist für Drehzahlen von über 500 U/min gebaut. Der Wirkungsgrad der benötigten Getriebe ist dabei nicht sehr hoch oder das Getriebe ist sehr teuer.

Eine Alternative ist ein Direktantrieb. Es wird dabei eine hochpolige Generatorkonstruktion benötigt. Ein Betrieb mit Netzfrequenz ist schwer zu realisieren. Aber auch beim Einspeisen in einen Gleichspannungszwischenkreis ist eine gewisse Mindestfrequenz erforderlich. Wichtige Forderungen für Komponenten zur alternativen Energieerzeugung ist immer Wartungsfreiheit und niedriger Anschaffungspreis.

Als Lösung bietet sich ein Generator mit SE Magneten als Erregung am Polrad an. Die hohe Polzahl führt naturgemäß zu einem relativ großen Durchmesser bei geringer Eisenlänge.

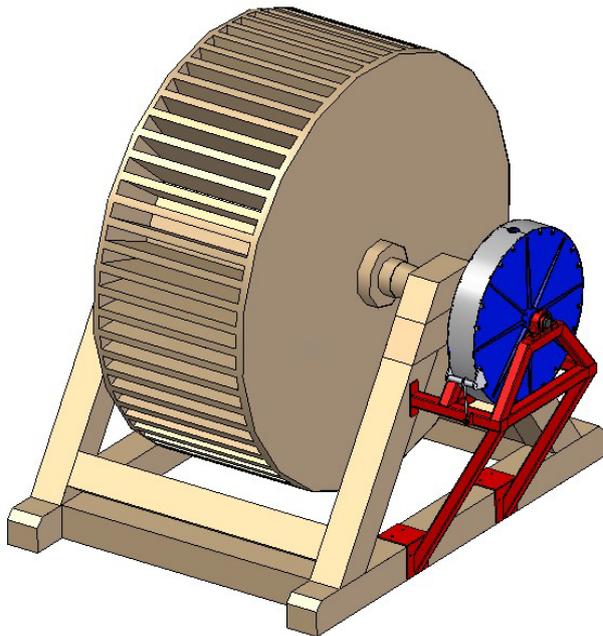


Bild 1: Traditionelles Wasserrad mit Generator

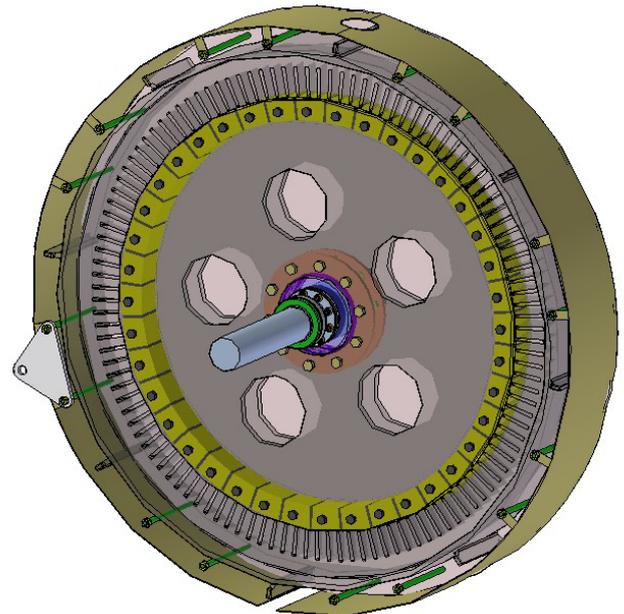


Bild 2: Konstruktiver Aufbau des Generators

Als günstigste Lösung für den Magnetkreis im Läufer erscheint eine Flusskonzentrationsbauweise. Das Aufsetzen der Magnete an der Läuferoberfläche ist im aufmagnetisierten Zustand ziemlich problematisch, weil hohe Kräfte zwischen den Magneten und allen ferromagnetischen Teilen am Arbeitsplatz auftreten. Das nachträgliche Magnetisieren der NdFeB Magnete benötigt eine spezielle Einrichtung, die alle Pole gleichzeitig erfasst. Dieser Aufwand lohnt sich aber nur bei sehr großen Stückzahlen. Für Prototypen oder Kleinserien werden immer die Magnete im fertig magnetisierten Zustand eingebaut.

Für diesen Prototyp wurde ein Blechpaket mit 120 Ständernuten und einem Bohrungsdurchmesser von ca. 900 mm gewählt. Die Eisenlänge dieser 40-poligen Maschine beträgt 60 mm. Die Magnete haben eine Länge von 30 mm und eine Dicke von 6mm in Magnetisierungsrichtung. Es wird ein werkzeuggepresster Magnet verwendet. Weil dabei nur die Dicke auf genaues Maß zu bearbeiten ist, ergibt sich damit die relativ kostengünstigste Anordnung für NdFeB Magnete.

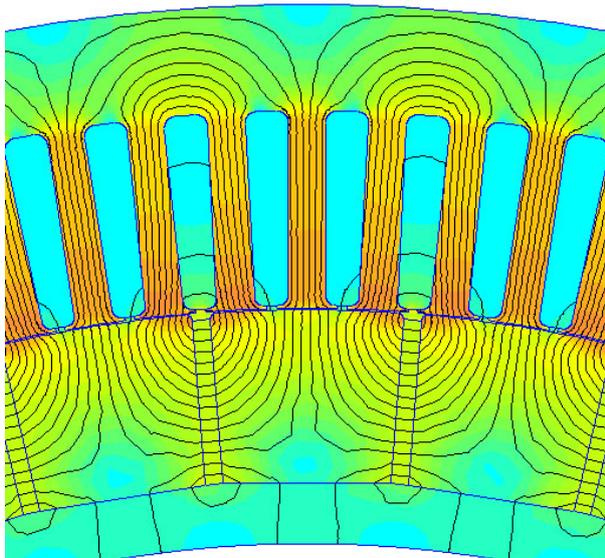


Bild 3: Feldbild mit FEM berechnet

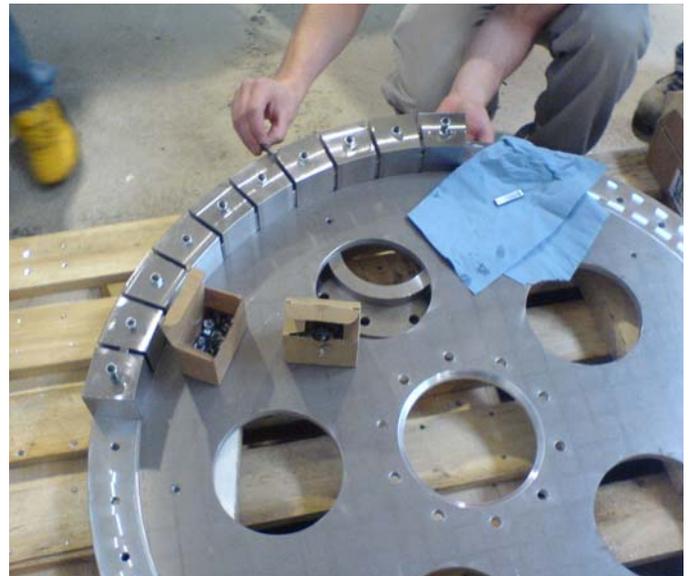


Bild 4: Montage der Pole am Rotorseitenblech



Bild 5: Montage des Rotors

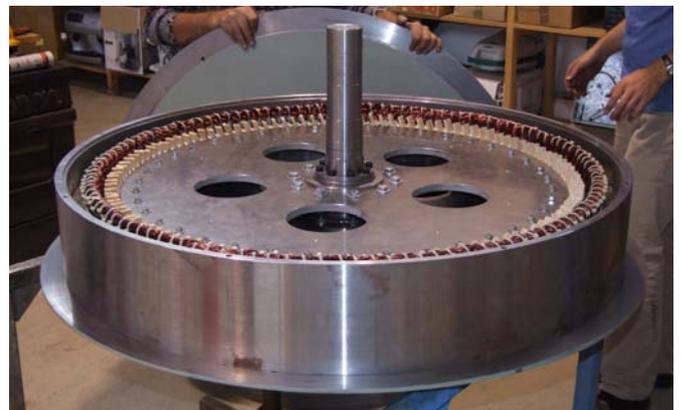


Bild 6: Rotor und Stator vor der Montage des Lagerschilds

Der Generator speist einen Gleichspannungszwischenkreis. Die Energie wird über einen geeigneten Wechselrichter ins 50Hz Netz eingespeist. Die kalkulierte Nennleistung der Maschine liegt bei 3,2 kW im Wirkungsgradmaximum.

Zur Prüfung des Generators wurde ein Leistungsprüfstand in der Montagehalle der Fa. GBL aufgebaut. Der Generator wird bei dieser Prüfung als Pendelmaschine in Lagerböcken montiert. Der Antrieb des Wasserrades erfolgt über einen Getriebemotor mit stufenlos stellbarer Übersetzung und einem Riementrieb.

Die Messung des Drehmomentes erfolgt über einen Zugstab der mit Dehnungsmessstreifen bestückt ist. Die mechanische Aufnahmeleistung des Generators kann auf diese Weise gemessen werden.



Bild 7: Generator mit Wasserrad am Leistungsprüfstand

Die elektrische Leistung des Generators wird an den Klemmen der Drehstromwicklung mit einem Poweranalyser in allen drei Phasen gemessen. Dieses Messgerät ist in der Lage die Effektivwerte von Strom und Spannung korrekt zu messen obwohl die Kurvenform nicht sinusförmig ist und die Frequenz nur 5 Hz beträgt. Zusätzlich wird die Leistung nach dem Gleichrichter erfasst. Die Belastung erfolgt beim Prüfaufbau durch Widerstände.

Ergebnisse

Die Auswertung der Messung ergab leider eine geringere Leistung als der kalkulierte Wert. Die Klemmenleistung bei 15 U_{pm} liegt bei ca. 1kW. Die Ursache für diese Minderung liegt an einem Fehler der beim Stanzen der Ständerbleche passiert ist. Die Bohrung der Maschine ist um einen mm größer als angenommen.

Dieser Fehler wurde leider zu spät bemerkt. Der Luftspalt wird dadurch vergrößert. Bei unserer Konstruktion des Läufers in Flusskonzentrationsbauweise geht diese Vergrößerung des Luftspaltes leider sehr stark auf die Streuung des Magnetfeldes ein. Aus dem Feldbild (Bild 3) sieht man, dass die Streufeldlinien auch bei korrektem Luftspalt ca. 15 % des Nutzflusses ausmachen.

Ein Magnet mit hoher Koerzitivfeldstärke kann sehr dünn ausgeführt werden. Diese gute Eigenschaft aus der Sicht der Materialausnutzung hat für das Streufeld aber leider Nachteile. Als Streuung muss man jenen Teil des Magnetflusses betrachten, der die Wicklung nicht umschließt. Da es leider nicht möglich ist Magnetfelder mit einem Isolator zu blockieren, geht immer ein Teil als Streuung verloren.

Obwohl das Ergebnis leider ungünstig ist, konnten aus diesem Prototyp wertvolle Erkenntnisse für die Gestaltung von Magnetkreisen gewonnen werden.

Das Projekt wird als wissenschaftliche Arbeit an der Montanuniversität weiter verfolgt. Die Ergebnisse werden auf einer internationalen Konferenz (EPE 2009, in Barcelona) präsentiert



Montanuniversität Leoben

Dipl.-Ing. Dr. Franz Aschenbrenner
Assistenzprofessor
Institut für Elektrotechnik

Tel. + 43 (0)3842 402-2404
Fax + 43 (0)3842 402-2402
Mobil + 43 (0)650 8793011
franz.aschenbrenner@imtu-leoben.at

University of Leoben
Franz-Josef-Strasse 18
A-8700 Leoben
http://www.unileoben.ac.at/~estechnik

