

Multiphysikalische Betrachtungen des elektrischen Antriebsstranges für das Flugzeug Do 128-6

Marius-Silviu Donea

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik der Universität der Bundeswehr München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigte Dissertation.

Gutachter:

1. Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling
2. Prof. Dr.-Ing. Nejila Parspour

Die Dissertation wurde am 26.09.2016 bei der Universität der Bundeswehr München eingereicht und durch die Fakultät für Elektro- und Informationstechnik am 05.10.2016 angenommen. Die mündliche Prüfung fand am 04.05.2017 statt.

Forschungsberichte Elektrische Antriebstechnik und Aktorik

Band 27

Marius-Silviu Donea

**Multiphysikalische Betrachtungen des elektrischen
Antriebsstranges für das Flugzeug Do 128-6**

Shaker Verlag
Aachen 2017

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: München, Univ. der Bundeswehr, Diss., 2017

Copyright Shaker Verlag 2017

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5377-7

ISSN 1863-0707

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Danksagung

Zuallererst bedanke ich mich herzlich bei Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling für seine wertvollen Ermutigungen und kompetente Betreuung, die zur Entstehung der vorliegenden Arbeit beigetragen haben.

Mein Dank gilt weiterhin Prof. Dr.-Ing. Nejila Parspour für die Erstellung des zweiten Gutachtens sowie für die konstruktiven Diskussionen.

Für die große Hilfsbereitschaft, zahlreiche Fachgespräche und Unterstützung beim FEM-Aufbau danke ich insbesondere Oleg Moros und Yevgen Polonskiy.

Abschließend bedanke ich mich herzlich vor allem meiner Frau Ana-Maria und meinen Kindern Maria, Mina und Nicolae, ohne deren Geduld die Anfertigung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Inhaltverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Funktionsweise des konventionellen Flugzeugantriebes	1
1.1.1	Kolbenmotoren	2
1.1.2	Strahltriebwerke.....	3
1.1.3	Die Gasturbine PT6A-128	5
2	Aerodynamischen Betrachtungen	7
2.1	Propellerbaugrößen sowie deren Einflüsse auf die Motordrehzahl und -leistung	7
2.1.1	Der Propelleraußendurchmesser	8
2.1.2	Die Propellerleistung	10
2.2	Propellerwirkungsgrad	15
2.2.1	Wirkungsgradgrobabschätzung.....	16
2.2.2	Die Berechnungsmethode	18
2.2.3	Berechnungsergebnisse.....	21
2.3	Wellenleistung	23
2.4	Berechnung der Flugzeugreichweite.....	26
3	Das Getriebe.....	29
3.1	Stirnradgetriebe	30
3.2	Planetengetriebe	30
3.3	Getriebeentwurf und Bewertung	31
4	Die elektromagnetische Betrachtung	36
4.1	Vergleich und Auswahl von Maschinentopologien	36
4.1.1	Gleichstrommaschinen	36
4.1.2	Drehstrommaschinen.....	37
4.1.2.1	Asynchronmaschinen.....	37
4.1.2.2	Synchronmaschinen	38
4.1.3	Bewertungsmatrix der E-Motoren	42
4.2	Maschinenentwurf	44
4.2.1	Statorwicklung Ausführung	44

4.2.2	Auswahl der Wicklungstopologie	46
4.2.3	Grober analytischer Entwurf	51
4.2.4	Numerische Auslegung mittels ANSYS Maxwell 2D	56
4.3	Evaluierung der Maschinenleistung	66
4.3.1	Berechnung der mechanischen Verluste	66
4.3.2	Materialeinflüsse auf die Eisenverluste	69
4.3.3	Gegenüberstellung der Magnetverluste in 2D vs. 3D	72
4.3.4	Ohmsche Kupferverluste bei Gleich- und Wechselspannung.....	76
5	Validierung der PM-Maschine.....	85
5.1	Kühlung	85
5.2	Mechanische Rotorfestigkeit.....	90
6	Ergebnisse	95
6.1	Steigflug	95
6.2	Reiseflug.....	96
6.3	Wirkungsgrad	97
6.4	Konzept.....	99
6.5	Zusammenfassung	100
	Parameterverzeichnis	102
	Abbildungsverzeichnis	109
	Tabellenverzeichnis	112
	Literaturverzeichnis.....	113
	Anhang	121