

Bibliografische Beschreibung

Müller, Jörg

Thema:

Beitrag zur systematischen, rechnergestützten Synthese und Bewertung mehrgängiger konventioneller und hybrider Planetenautomatikgetriebe

Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Chemnitz, Institut für Konstruktions- und Antriebstechnik, Professur Maschinenelemente, Chemnitz, 2012

404 Seiten, 265 Abbildungen, 33 Tabellen, 93 Literaturquellen

Referat:

Es wird ein neu entwickelter, methodischer Ansatz zur Erzeugung und Beurteilung mehrgängiger konventioneller und hybrider Planetenautomatikgetriebe vorgestellt. Deren Generierung basiert auf einer systematischen Synthese, die alle kombinatorischen Anordnungsmöglichkeiten von Planetenradsätzen und Schaltelementen sowie sämtliche Integrationsvarianten von E-Maschinen an internen Getriebewellen berücksichtigt. Die erstellten Getriebe werden mit einem flexiblen Verfahren anhand vielseitiger Eigenschaften analysiert und bewertet, sodass dem Ingenieur die besten Systeme hinsichtlich der definierten Entwicklungsziele vorgeschlagen werden. Die erarbeiteten Algorithmen wurden zudem in ein Rechenprogramm überführt, mit dem mehrgängige Planetenautomatikgetriebe, optional mit zusätzlichen Hybridfunktionen, für Personen- und Nutzkraftwagen zeiteffizient und mit hoher Entwicklungssicherheit gesucht werden können.

Abstract:

A newly developed, methodical approach for the generation and evaluation of multi-speed conventional and hybrid planetary automatic transmissions is introduced. The generation bases on a systematic synthesis which considers all combinatorial arrangement opportunities of planetary gear sets and shift elements as well as integration variants of electrical motors at internal transmission shafts. The resulting transmissions can be analysed and evaluated with a flexible method so that the best systems in regard to the defined development targets are suggested to the engineer. Furthermore the developed algorithms were transferred to a computer program that allows a search for new multi-speed planetary automatic transmissions optionally with additional hybrid functionality for passenger and commercial vehicles with a high degree of time efficiency and development safety.

Schlagwörter:

Automatikgetriebe, Fahrzeuggetriebe, Hybridgetriebe, Nutzwertanalyse, Optimierung, Planetengetriebe, Synthese

Inhaltsverzeichnis

0	Übersicht der Formelzeichen, Indizes und Abkürzungen	12
0.1	Formelzeichen	12
0.2	Indizes	23
0.3	Abkürzungen	24
1	Einführung	25
1.1	Problemstellung	28
1.2	Ziel der Arbeit	31
1.3	Vorgehensweise	31
2	Grundlagen	33
2.1	Fahrzeuggetriebe als Kennfeldwandler	33
2.1.1	Leistungsbedarf der Fahrwiderstände	33
2.1.2	Leistungsangebot von Antriebsmotoren	37
2.1.3	Definition der Übersetzungsreihe	44
2.2	Antriebsstränge im Fahrzeug	50
2.2.1	Pkw mit Frontantrieb	50
2.2.2	Pkw mit Heckantrieb	51
2.2.3	Pkw mit Allradantrieb	52
2.2.4	Antriebsstränge bei Nkw	53
2.3	Fahrzeuggetriebe	54
2.3.1	Konventionelle Fahrzeuggetriebe	55
2.3.1.1	Einteilung konventioneller Fahrzeuggetriebe	55
2.3.1.2	Automatisierte Schaltgetriebe	58
2.3.1.3	Doppelkupplungsgetriebe	60
2.3.1.4	Planetenautomatikgetriebe	62
2.3.1.5	Stufenlosgetriebe	64
2.3.2	Fahrzeuggetriebe für hybride Antriebsstränge	67
2.3.2.1	Motivation für die Hybridisierung	67
2.3.2.2	Klassifizierung und Ausführungsformen	69
2.4	Definitionen und Berechnung von Planetengetrieben	75
2.4.1	Begriffe Planetengetriebe	75
2.4.2	Berechnung einfacher Planetengetriebe	78
2.4.2.1	Grundlegende Zusammenhänge des Standgetriebes	78
2.4.2.2	Bauformen einfacher Planetengetriebe	79
2.4.2.3	Standübersetzung	81
2.4.2.4	Kinematik	82
2.4.2.5	Kinetik	88
2.4.2.6	Leistung	91
2.4.2.7	Berechnung mit Matrizen	96
2.4.3	Berechnung zusammengesetzter Planetengetriebe	100

2.4.3.1	Bezeichnungen	100
2.4.3.2	Ergänzungen zur Berechnung.....	101
2.4.3.3	Reduzierte Planetengetriebe	103
3	Stand der Technik	105
3.1	Fahrzeuggetriebe mit Planetengetrieben	105
3.1.1	Konventionelle Fahrzeuggetriebe	105
3.1.1.1	Ravigneaux-Automatikgetriebe.....	105
3.1.1.2	Lepelletier-Automatikgetriebe	106
3.1.1.3	Aisin-Achtgang-Automatikgetriebe	107
3.1.1.4	Daimler-Fünfgang-Automatikgetriebe	107
3.1.1.5	Daimler-Siebengang-Automatikgetriebe.....	108
3.1.1.6	General Motors-Sechsgang-Automatikgetriebe	108
3.1.1.7	ZF-Achtgang-Automatikgetriebe	109
3.1.1.8	Polak-Automatikgetriebe.....	110
3.1.1.9	Ecomat-Automatikgetriebe.....	111
3.1.2	Fahrzeuggetriebe für hybride Antriebsstränge.....	111
3.1.2.1	Toyota Hybrid System/Hybrid Synergy Drive	111
3.1.2.2	Two-Mode-Hybrid	114
3.1.2.3	SEL-Getriebe.....	116
3.1.2.4	DualDrive	116
3.1.2.5	Geely Hybrid Power-Train	117
3.1.2.6	Multistrang-Getriebe	118
3.1.2.7	Elektrodynamisches Anfahrerelement.....	119
3.2	Synthese mehrgängiger Planetengetriebe und Hybridgetriebe	120
3.3	Entwicklung zukünftiger Getriebegenerationen	122
4	Codierung und rechnergestützte Analyse von Getrieben	125
4.1	Bezeichnungen der Wellen und Schaltelemente	126
4.2	Codierung der Getriebe und Randbedingungen	127
4.2.1	Beschreibung der Radsatzstruktur	127
4.2.2	Beschreibung der Schaltelemente	129
4.2.3	Beschreibung der Massenträgheiten	130
4.2.4	Beschreibung der Schaltlogik	131
4.2.5	Beschreibung der äußeren kinematischen und kinetischen Randbedingungen.....	133
4.3	Rechnergestützte Analyse von Getrieben	137
4.3.1	Berechnungsalgorithmus der Kinematik.....	137
4.3.2	Berechnungsalgorithmus der Kinetik.....	140
4.3.3	Anwendung der Analysemethodik am Beispiel	148
5	Synthese konventioneller und hybrider Planetenautomatikgetriebe	155
5.1	Erzeugung der Planetenradsatzstruktur	155
5.1.1	Definition der Wellencodierung und Betrachtungen zur Isomorphie	155
5.1.2	Erzeugung der Varianten eines Planetenradsatzes	156
5.1.3	Zusammensetzen der Planetenradsätze	158
5.1.4	Entfernung der Isomorphien und Dreifachkopplungen.....	160
5.1.5	Einteilung der Reduzierten Getriebe-Matrizen	165

5.1.6	Vorgehensweise für eine effiziente Generierung	167
5.2	Erzeugung der Schaltelemente	169
5.2.1	Definition der Schaltelemente	169
5.2.2	Erzeugung der Koppel-Matrizen	169
5.2.3	Einteilung der Koppel-Matrizen	171
5.3	Erzeugung der Getriebestrukturen.....	173
5.3.1	Erstellung der Getriebestrukturen.....	173
5.3.2	Überprüfung der technischen Relevanz.....	176
5.3.3	Überprüfung der Bindbarkeit unter Verwendung der Graphentheorie	177
5.3.3.1	Die Graphentheorie	178
5.3.3.2	Die Abbildung der Getriebestruktur durch einen Graphen	180
5.3.4	Einteilung der Getriebestrukturen.....	188
5.3.5	Bindbarkeit der Getriebestruktur mit zusätzlicher elektrischer Maschine	190
5.4	Ermittlung der maximalen Ganganzahl	192
5.4.1	Schaltzustände zusammengesetzter Planetengetriebe.....	193
5.4.2	Bestimmung nutzbarer Schaltzustände für verschiedene Gänge	194
5.4.3	Maximale Ganganzahl der Getriebestrukturen der Anbindungs fälle.....	200
5.5	Optimierung der Standübersetzungen und der Schaltlogik	202
5.5.1	Vorstellung des Optimierungsablaufs.....	203
5.5.2	Voroptimierung der Standübersetzungen ohne Beachtung der Schaltlogik.....	205
5.5.2.1	Erstellung der Schaltlogik-Matrizen	205
5.5.2.2	Definition der Zielfunktion	206
5.5.2.3	Definition der Optimierungsräume	211
5.5.2.4	Optimierung der Standübersetzungen ohne Schaltlogik	214
5.5.3	Nachoptimierung der Standübersetzungen unter Beachtung der Schaltlogik.....	222
5.5.3.1	Variation der Schaltlogik-Matrizen.....	222
5.5.3.2	Modifizierung der Zielfunktion.....	223
5.5.3.3	Optimierung der Standübersetzungen und Schaltlogik	225
5.5.4	Überprüfung des Optimierungsergebnisses	228
5.6	Zusammenfassung des Kapitels.....	231
6	Analyse des Verbrennungsmotorstarts.....	234
6.1	Startverhalten des Verbrennungsmotors	235
6.2	Start mit Hybridmodul.....	239
6.2.1	Funktionsweise und Berechnung.....	239
6.2.2	Simulationsergebnisse	242
6.3	Start mit im Getriebe integrierter E-Maschine.....	244
6.3.1	Schaltzustände zum Start des Verbrennungsmotors	244
6.3.2	Belastungen im Automatikgetriebe und an der E-Maschine	249
6.4	Zusammenfassung des Kapitels.....	252
7	Analyse des elektrischen Fahrens.....	254
7.1	Zugkraftangebot durch den Elektromotor.....	255
7.2	Elektrisches Fahren mit Hybridmodul	259
7.2.1	Funktionsweise und Berechnung von Strukturvarianten	260

7.2.2	Simulationsergebnisse.....	268
7.3	Elektrisches Fahren mit im Getriebe integrierter E-Maschine	275
7.3.1	Schaltlogiken zum elektrischen Fahren	276
7.3.1.1	Schaltzustände für elektrische Gänge.....	276
7.3.1.2	Überprüfung der Schaltzustände für einen Antriebswechsel.....	283
7.3.1.3	Schaltlogiken für das elektrische Fahren.....	286
7.3.2	Belastungen im Automatikgetriebe und resultierende Fahrdynamik	291
7.4	Zusammenfassung des Kapitels.....	296
8	Analyse des Boostens und der Rekuperation.....	298
8.1	Steigerung des Zugkraftangebots durch das Boosten.....	298
8.2	Untersuchungen zum Boosten und Rekuperieren.....	307
8.2.1	Leistungsvermögen einer E-Maschine im Drehzahlbereich des Verbrennungsmotors.....	307
8.2.2	Leistungsvermögen einer E-Maschine im Zyklus.....	310
8.2.3	Elastizitätsverbesserung durch Boosten.....	322
8.2.4	Belastungen im Automatikgetriebe und an der E-Maschine.....	325
8.3	Zusammenfassung des Kapitels.....	335
9	Bewertung konventioneller und hybrider Planetenautomatikgetriebe.....	338
9.1	Ablauf der Nutzwertanalyse.....	338
9.2	Eigenschaften und deren Korrelation mit Entwicklungszielen	340
9.2.1	Eigenschaften des verbrennungsmotorischen Fahrens.....	342
9.2.2	Eigenschaften des Verbrennungsmotorsstarts.....	345
9.2.3	Eigenschaften des elektrischen Fahrens.....	346
9.2.4	Eigenschaften des Boostens.....	347
9.2.5	Eigenschaften der Rekuperation	348
9.3	Definition der Eingabeparameter	349
9.3.1	Vorsortierungsparameter.....	349
9.3.2	Berechnungsparameter.....	350
9.3.3	Killerwerte	353
9.3.4	Gewichtungsfaktoren	354
9.4	Analyse der Eigenschaften	355
9.5	Ermittlung der Bewertungszahlen.....	356
9.6	Ermittlung der Systemreihenfolge.....	358
9.6.1	Killersuche	358
9.6.2	Berechnung der Einzelerfüllungsgrade	358
9.6.3	Detektierung von Getriebefamilien.....	359
9.6.4	Berechnung der Gesamterfüllungsgrade und Erstellung des Rankings	362
9.7	Sensitivitätsanalysen zur Steigerung der Ergebnisqualität.....	364
10	Vorstellung synthetisierter Getriebestrukturen	366
10.1	Neue Planetenautomatikgetriebe für Pkw-Anwendungen	366
10.1.1	Achtgang-Automatikgetriebe für Standardanwendungen	366
10.1.2	Achtgang-Automatikgetriebe für Frontqueranwendungen.....	372

10.2	Neue Planetenautomatikgetriebe für Nkw-Anwendungen	376
10.2.1	Neungang-Automatikgetriebe für flexible Übersetzungsreihen.....	376
10.2.2	Neungang-Automatikgetriebe mit ableitbarer Achtgang-Variante	380
10.2.3	Neungang-Automatikgetriebe für höchste Wirkungsgrade.....	384
10.3	Weitere neue Planetenautomatikgetriebe.....	386
10.4	Resümee zu den Syntheseergebnissen.....	389
11	<i>Schlussbetrachtungen</i>.....	390
11.1	Zusammenfassung	390
11.2	Ausblick	393
12	<i>Literatur</i>	396