

Bibliographische Beschreibung

Meißner, Christian

Thema: Entwicklung von Getriebesystemen
zur aktiven Drehmomentverteilung
für Fahrzeuganwendungen

Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Chemnitz, Institut für Konstruktions- und Antriebstechnik, Professur Maschinenelemente, Chemnitz, 20.05.2011

Seitenzahl: 209

Anzahl der Abbildungen: 182

Anzahl der Tabellen: 23

Anzahl der Literaturzitate: 36

Referat

Moderne Kraftfahrzeuge werden mit einer Vielzahl von Fahrerassistenzsystemen ausgestattet um die Sicherheit, die Traktion, die Energieeffizienz, die Agilität und den Komfort noch weiter zu verbessern. Diese Ziele können zu einem Großteil mit einer aktiven Drehmomentverteilung, auch *Torque Vectoring* genannt, erreicht werden. Dafür sind jedoch Getriebesysteme erforderlich, welche unabhängig vom Fahrzustand und vom Antriebsmoment eine nahezu beliebige Drehmomentverteilung ermöglichen.

In der vorliegenden Arbeit werden zunächst Grundlagen zu Getriebesystemen, insbesondere zu Planetengetrieben, und zur Fahrzeugdynamik erläutert. Anschließend wird der Stand der Technik anhand einer Systematik zur Einteilung von aktiven Differenzialgetrieben dargelegt sowie einige Vor- und Nachteile aufgezeigt.

Das folgende Kapitel stellt ein Verfahren zur Ermittlung der mechanischen Belastung des aktiven Differenzialgetriebes für beliebige Fahrzeuge und Strecken vor. Damit erfolgt eine Bewertung der bisher bekannten Systeme hinsichtlich Gesamtwirkungsgrad, konstruktiver Aufwand und regelungstechnische Eigenschaften. Im Anschluss wird ein Verfahren zur rechnergestützten Synthese neuer Getriebesysteme beschrieben. Abschließend werden die positiven Auswirkungen der aktiven Drehmomentverteilung auf die Fahrdynamik herausgestellt.

Das Ergebnis der Arbeit zeigt drei neue Getriebestrukturen, welche anhand der definierten Vergleichskriterien besser sind als alle bekannten Systeme.

Schlagworte:

aktive Drehmomentverteilung, Torque Vectoring, Differenzial, Fahrdynamik, Planetengetriebe, Traktion, Agilität, CO_2 -Reduzierung

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	11
1 Einleitung	19
2 Grundlagen	21
2.1 Getriebesysteme	21
2.1.1 Einfache Planetengetriebe	21
2.1.2 Zusammengesetzte Planetengetriebe	25
2.1.3 Berechnung mit Matrizen	25
2.1.4 Grafische Darstellungsmethoden	28
2.2 Fahrdynamik	29
2.2.1 Ebenes Einspurmodell	30
2.2.2 Ebenes Zweispurmodell	35
2.2.3 Reifenmodell	39
3 Stand der Technik	47
3.1 Getriebesysteme	47
3.1.1 Offene Differenzialgetriebe	47
3.1.2 Getriebe zur aktiven Drehmomentverteilung	49
3.1.3 Ausgeführte Systeme	52
3.1.4 Patentrecherche	59
3.2 Fahrdynamikregelung	62
4 Analyse bekannter Getriebesysteme	65
4.1 Zeitlicher Verlauf fahrdynamischer Größen	65
4.1.1 Fahrzeugeschwindigkeit	65
4.1.2 Antriebsmoment und Raddifferenzmoment	74
4.1.3 Raddrehzahlen	79
4.1.4 Ermittlung des Drehzahl- und Lastkollektives für konkrete Fahrbahnverläufe	89
4.2 Systematische Analyse von Planetengetrieben	94
4.2.1 Aufbau der Getriebebeschreibungsmatrix	95
4.2.2 Analyse der Kinematik	95
4.2.3 Analyse der Kinetik	98
4.3 Definition der Vergleichskriterien	102
4.3.1 Verlustleistung und Verlustarbeit	102
4.3.2 Stetigkeit der Drehmomentübertragung	103
4.3.3 Ansprechverhalten und Massenwirkungen	105
4.3.4 Konstruktive Vergleichskriterien	107
4.4 Differenziallose Systeme	111
4.4.1 Getrag Twinster [®]	111
4.4.2 Honda SH-AWD	113
4.5 Differenzialsysteme	114
4.5.1 Fahrdynamischer Bremsengriff	114

4.5.2	Mitsubishi Lancer Evolution	116
4.5.3	Volkswagen-System nicht verstärkend	120
4.5.4	AUDI Sportdifferenzial	122
4.5.5	ZF Vectordrive im BMW X6	123
4.5.6	Getrag-System Schnellster	125
4.5.7	Ricardo-System	128
4.6	Elektromotorische Systeme	131
4.6.1	Elektrische Hinterachse der IAV	131
4.6.2	Aktives Elektrodifferenzial von Schaeffler	135
4.7	Sonderbauformen	139
4.8	Vergleich bekannter Systeme	140
4.8.1	Verlustleistung und Verlustarbeit	140
4.8.2	Stetigkeit der Drehmomentübertragung	142
4.8.3	Ansprechverhalten und Massenwirkungen	143
4.8.4	Konstruktive Vergleichskriterien	143
5	Synthese neuer Getriebestrukturen	145
5.1	Anforderungen an aktive Differenzialgetriebe	145
5.2	Manuelle Struktursynthese	148
5.2.1	Aktor zwischen einer existierenden Welle und dem Gehäuse (a)	149
5.2.2	Aktor zwischen zwei bereits existierenden Wellen (b)	150
5.2.3	Aktor zwischen einer neuen Welle und dem Gehäuse (c)	151
5.2.4	Aktor zwischen einer neuen und einer existierenden Welle (d)	158
5.2.5	Aktor zwischen zwei neuen Wellen (e)	158
5.3	Rechnergestützte Struktursynthese	159
5.3.1	Generierung der Varianten	160
5.3.2	Rechnergestützte Analyse der Kinematik und der Kinetik	161
5.4	Ergebnisse der Struktursynthese	164
5.4.1	Getriebestrukturen mit zwei zusätzlichen Planetengetrieben und zwei Bremsen	164
5.4.2	Getriebestrukturen mit drei zusätzlichen Planetengetrieben und zwei Bremsen	166
5.4.3	Vergleich der Ergebnisse mit bisher bekannten Strukturen	175
5.4.4	Getriebesysteme mit elektrischen Maschinen	175
6	Auswirkung von aktiver Drehmomentverteilung auf die Fahrdynamik	179
6.1	Komplexe Fahrdynamiksimulation	179
6.1.1	Modell des Fahrzeugs	179
6.1.2	Modell der Radaufhängungen	185
6.1.3	Modell des Antriebsstrangs	186
6.1.4	Modell der Differenzialgetriebe	189
6.1.5	Modell des Fahrers	190
6.2	Steigerung der Traktion	192
6.2.1	Anfahren bei μ -Split	192
6.2.2	Beschleunigte Kreisfahrt	195
6.3	Steigerung der Agilität	197
6.3.1	Einsatz an Vorder- oder Hinterachse	197
6.3.2	Rundenzeitminimierung von Handlingskursen	199
6.4	Steigerung der Fahrstabilität	199
6.5	Steigerung des Fahrkomforts	200
6.6	Verringerung des Kraftstoffverbrauches	201

Zusammenfassung und Ausblick	205
Literaturverzeichnis	207