



European Union



*Ministero dell'Istruzione,  
dell'Università e della Ricerca*



UNIVERSITY OF SALERNO

UNIVERSITY OF SALERNO  
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Ph.D. Thesis in  
MECHANICAL ENGINEERING

Cycle XII (2011-2013)

# **Dry clutch for automated manual transmissions**

## **Structural analysis and control strategies**

**Mario Pisaturo**

Supervisor

Prof.

Adolfo Senatore

Coordinator

Prof.

Vincenzo Sergi



# Abstract

The goal of this thesis is the study of the automotive push-type dry clutches used in the Automatic Manual Transmissions (AMTs) and in the Dual Clutch Transmissions (DCTs) in order to improve their performances during the engagements phases. The push-type clutch is very widespread in the automotive sector because it allows many advantages in terms of cost, reliability, isolation of vibrations to the driveline, reduced axial size and stability to the facings wear [1]. Instead, the main advantages of an AMT, respect to the Automatic Transmissions (ATs), are improvements in terms of safety, reliability, and driving performances together with the reduction of the fuel consumption and pollutant emissions [2]. For these reasons by mixing the advantages of the push-type clutch with the advantages of the AMT it is possible to attain very high performance [3, 4]. On the other hand, the most important drawback of the AMT is the power interruption (the so called "torque gap") during the gear shifts events. To solve this problem in the last decade the DCTs have been introduced. In fact, by applying the engine torque to one clutch just as the engine torque is being disconnected from the other one [5] the torque transmission is allowed also during the gear shift phases.

In this light, the work developed for this Thesis aimed at providing useful information both to the clutch designers and to control algorithm designers in order to enhance the performances, and consequently, the market diffusion of the AMT and DCT transmissions.

The thesis is organized as follows. Chapter 2 is an introductory section on the historical evolution of the clutches and of the automotive transmissions systems. Chapter 3 deals with the transmissibility torque model by considering the main factors which affect the elastic components of a push-type clutch and the friction coefficient. In the Chapter 4 application of control algorithms both for a two DoFs driveline model and for a five DoFs model are introduced. Finally, the Chapter 5 underlines the concluding remarks.



# Abstract

L'obiettivo di questa tesi è lo studio delle frizioni a secco di tipo push impiegate nei cambi manuali robotizzati (Automated Manual Transmissions) e nei cambi a doppia frizione (Dual Clutch Transmissions) allo scopo di migliorare le loro performance durante le fasi di innesto. Le frizioni a secco sono ampiamente utilizzate nel settore automotive in quanto hanno notevoli vantaggi in termini di costo, affidabilità, isolamento delle vibrazioni trasmesse alla driveline, ridotte dimensioni assiali e stabilità dell'usura delle guarnizioni di attrito [1]. Invece, i maggiori vantaggi di un AMT, rispetto ai classici cambi manuali (Automatic Transmissions), riguardano i miglioramenti in termini di sicurezza, affidabilità, e performance di guida uniti alla riduzione dei consumi di carburante e delle emissioni nocive [2]. Per tali ragioni, unendo i principali vantaggi delle frizioni di tipo push ai vantaggi degli AMT è possibile raggiungere performance molto elevate [3, 4]. D'altra parte, il principale aspetto negativo degli AMT è legato all'interruzione di potenza trasmessa (il cosiddetto "buco di coppia") durante le fasi di cambio marcia. Per risolvere questo problema nell'ultima decade è stato sviluppato il DCT. In fatti, con l'impiego di questa tipologia di trasmissione si ha la possibilità di cambiare marcia senza annullare completamente la coppia trasmessa: ciò è possibile perché nel passare da una marcia all'altra una frizione si apre (quella relativa alla marcia innestata) mentre l'altra si chiude (quella relativa alla marcia da innestare), quindi ci sarà un breve lasso di tempo in cui entrambe le frizioni sono in presa anche se non completamente chiuse. Il risultato è l'eliminazione del buco di coppia ed un innesto più delicato con conseguente miglioramento del comfort avvertito dai passeggeri durante la fase di cambio marcia [5].

Pertanto, il lavoro sviluppato in questa tesi mira a fornire utili informazioni sia ai progettisti di frizioni che ai progettisti degli algoritmi di controllo allo scopo di migliorare le performance, e conseguentemente, la diffusione di queste tipologie di trasmissioni (AMTs e DCTs).

La tesi è organizzata come segue. Nel Capitolo 2 è presentata una sezione introduttiva sull'evoluzione storica delle frizioni e dei sistemi di trasmissione impiegati nel settore automobilistico. Il Capitolo 3 tratta la modellazione della coppia trasmessa considerando i principali fattori che influenzano il comportamento dei componenti elastici di una frizione di tipo push ed il coefficiente d'attrito. Nel Capitolo 4 sono stati sviluppati degli algoritmi di controllo sia per un modello della driveline a due gradi di libertà che per un modello a cinque gradi di libertà. Infine, nel Capitolo 5 sono presentate le conclusioni.

# References

- [1] M. Pisaturo, “Relazione Geometria-Caratteristica Elastica di un Disco Elemento in Frizioni a Secco Automotive”, Master Thesis, University of Salerno, 2008/09.
- [2] F. Vasca, L. Iannelli, A. Senatore, and M. Scafati, “Modeling Torque Transmissibility for Automotive Dry Clutch Engagement”, in *American Control Conference, 2008*, 2008, pp. 306–311.
- [3] C. Worldwide. (2009). Source for Automotive Market Forecasting and Automotive Market Foresight, [Online]. Available: [www.csmauto.com](http://www.csmauto.com) (visited on 12/27/2009).
- [4] (2009). Global Automotive Industry News, Market Research and Expert Analysis, [Online]. Available: [www.just-auto.com](http://www.just-auto.com) (visited on 12/27/2009).
- [5] A. Senatore, “Advances in the Automotive Systems: An Overview of Dual-Clutch Transmissions”, *Recent Patents on Mechanical Engineering*, vol. 2, pp. 93–101, 2 2009, ISSN: 2212-7976.