



DIN  
GMA

Quaderni di ricerca

# Dodicesima giornata di studio Ettore Funaioli

*20 luglio 2018*

*A cura di*  
**Vincenzo Parenti Castelli e Alessandro Rivola**



SOCIETÀ EDITRICE  
**ESCULAPIO**



**AlmaDL**

University of Bologna Digital Library



Quaderni del **DIN – GMA**

Atti di giornate di studio – 12

A cura di:

Vincenzo Parenti Castelli e Alessandro Rivola

Coordinatore di redazione: Alberto Martini

## **DIN**

Dipartimento di Ingegneria Industriale

<http://www.ingegneriaindustriale.unibo.it>

## **GMA**

Gruppo Italiano di Meccanica Applicata

<http://www.meccanicaapplicata.it/>

## **Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna**

<http://www.accademiascienzebologna.it/it>

# **Dodicesima giornata di studio Ettore Funaioli**

*20 luglio 2018*

*A cura di:  
Vincenzo Parenti Castelli e Alessandro Rivola*

*Proprietà letteraria riservata*

© Copyright 2019 degli autori Tutti i diritti riservati

*Dodicesima giornata di studio Ettore Funaioli – 20 luglio 2018*

*A cura di Vincenzo Parenti Castelli e Alessandro Rivola*

*Bologna: 2019*

**ISSN 2532-7046**

**ISBN 978-88-9385-140-4**

Versione elettronica disponibile alla pagina

**<http://amsacta.unibo.it/id/eprint/6183>**

Stampa a richiesta eseguita da:



40131 Bologna – Via U. Terracini 30 – Tel. 051- 6340113 – Fax 051- 6341136

**[www.editrice-esculapio.com](http://www.editrice-esculapio.com)**

# INDICE

LAVORI ESTESI	1
<hr/>	
<i>Giuseppe Catania, Stefano Amadori</i> Vibration control by a passive damping approach based on the multilayer coating technology .....	3
<i>Alessandro Zanarini</i> An old mechanism to improve wind energy harvesting.....	15
<hr/>	
SOMMARI	37
<hr/>	
<i>Riccardo Pelaccia, Barbara Reggiani, Ivan Todaro, Giuseppe Valli, Lorenzo Donati, Rosario Squatrito, Alessandro Fortunato, Luca Tomesani</i> SLM of extrusion dies with liquid nitrogen cooling .....	39
<i>Andrea Tosini, Emiliano Mucchi, Giorgio Dalpiaz</i> Verifica sperimentale di metodologie di test tailoring con eccitazione stocastica monoassiale e multiassiale.....	41
<i>Emanuele Pesaresi, Marco Troncossi</i> Test accelerati di qualifica a vibrazione: sviluppo di nuovi software di mission synthesis.....	43
<i>Julian Marcell Enzweiler Marques, Denis Benasciutti, Roberto Tovo</i> Uncertainties on fatigue damage under random loadings through spectral methods.....	45
<i>Jacopo Cavalaglio Camargo Molano, Marco Cocconcelli, Riccardo Rubini, Massimo Gibertini</i> Modello di un segnale di guasto su cuscinetti in azionamenti a carrelli indipendenti .....	47
<i>Gianluca D'Elia, Giorgio Dalpiaz, Emiliano Mucchi</i> On the diagnostics of two degrees of freedom planetary gearboxes.....	49
<i>Luca Capelli, Marco Cocconcelli, Riccardo Rubini</i> Riconoscimento di infestazione da <i>sitophilus oryzae</i> tramite l'analisi dei suoni rilevati.....	51
<i>Michele Conconi, Nicola Sancisi, Vincenzo Parenti-Castelli</i> Use of the principle of virtual work to explain the human joint motion: application to the knee.....	53
<i>Alberto Sensini, Maria Letizia Focarete, Chiara Gualandi, Juri Belcari, Andrea Zucchelli, Alexander Kao, Gianluca Tozzi, Liam Boyle, Gwendolen Reilly, Luca Cristofolini</i> Hierarchical multiscale resorbable nanofibrous scaffolds for tendon tissue regeneration ...	55

<i>Marco Palanca, Saulo Martelli, Egon Perilli, Luca Cristofolini</i> Body anthropometry and local bone microarchitecture may improve determining hip fracture risk beyond DXA .....	57
<i>Ivo Campione, Jessica Rossi, Augusto Bianchini, Giangiacomo Minak, Marco Troncosi</i> Laboratorio di Formazione e Ricerca TAILOR: Technology and Automation for Industry LabORatory.....	59
<i>Alessandro Rivola, Nicola Golfari</i> Triangoli e quadrilateri pieghevoli .....	61
<i>Giovanni Mottola, Marco Carricato</i> Dynamically feasible trajectories for a delta-like cable-suspended robot.....	63
<i>Eugenio Dragoni, Valerio Armando Ciace</i> Lightweight volume filling with trabecular structures evolved from regular tessellation of 3D space .....	65
<i>Andrea Sorrentino, Davide Castagnetti, Andrea Spaggiari, Eugenio Dragoni</i> Shape optimization of the fillet under a bolt's head .....	67
<i>Luigi Leopardi, Roberto Lugli, Antonio Strozzi</i> Un paradosso in travi curve: dalla accademia alla applicazione.....	69
<i>Margherita Peruzzini, Fabio Grandi, Luca Zanni, Juliana Schmidt, Marcello Pellicciari, Angelo Oreste Andrisano</i> Virtual simulation technologies for human-centred design of tractors .....	71
<i>Chen Yi, Lorenzo Agostini, Marco Fontana, Rocco Vertechy</i> Fatigue life characterization of dielectric elastomer transducers made of styrenic rubber ..	73
<i>Marco Polastri, Emiliano Mucchi, Giorgio Dalpiaz</i> Sviluppo di una trasmissione pto ibrida elettrica di trattore mediante modellazione multifisica in ambiente Imagine.Lab Amesim.....	75
<i>Luke Mizzi, Andrea Spaggiari</i> A Finite Element Study on Actuators made from Shape Memory Alloy/Matrix composites .....	77
<i>Angelo Oreste Andrisano, Giovanni Berselli, Pietro Bilancia, Marcello Pellicciari</i> Design and virtual prototyping of a variable stiffness joint via shape optimization in a CAD/CAE environment.....	79



# SVILUPPO DI UNA TRASMISSIONE PTO IBRIDA ELETTRICA DI TRATTORE MEDIANTE MODELLAZIONE MULTIFISICA IN AMBIENTE IMAGINE.LAB AMESIM

Marco Polastri, Emiliano Mucchi, Giorgio Dalpiaz

*Dipartimento di Ingegneria, Università di Ferrara, Italia*  
*E-mail: marco.polastri@student.unife.it, emiliano.mucchi@unife.it,*  
*giorgio.dalpiaz@unife.it*

**Keywords:** *Modellazione multifisica, trasmissione PTO, Amesim*

## SOMMARIO ESTESO

Il sistema *P.T.O. (Power Take-Off)* è un apparato che provvede ad azionare gli organi in movimento delle macchine operatrici derivando, direttamente o indirettamente, la potenza necessaria dal motore del trattore [1]. Essa è costituita da un albero di trasmissione, un cambio di velocità e da un sistema di comando per l'innesto e il disinnesto, ed è applicata di serie posteriormente al trattore, all'altezza del suo assale posteriore. L'albero di trasmissione del dispositivo termina con un profilo scanalato, al quale vengono collegate le macchine operatrici tramite un albero cardanico, che deve ruotare a velocità il più possibile prossima ad un valore definito da normativa. Per massimizzare la potenza trasferibile, il regime motore di funzionamento del sistema è prossimo al regime di massima potenza erogata, che si trova in prossimità dei punti di lavoro a minimo consumo specifico [2]. La trasmissione tradizionale ha mantenuto fin dalla nascita lo stesso layout costruttivo e lo stesso principio di funzionamento, perché, pur trattandosi di un sistema indispensabile per permettere al trattore di essere una vera e propria centrale mobile di potenza, è realizzata in modo piuttosto semplice ed efficiente. Tuttavia la natura puramente meccanica obbliga a mantenere costante ed elevato il regime motore durante il funzionamento, anche se la potenza richiesta all'albero di uscita non è elevata. Ciò causa un aumento dei consumi e delle emissioni inquinanti ed acustiche, che al giorno d'oggi rendono necessaria la valutazione di una soluzione costruttiva differente per trattori ad elevata potenza. Si esamina quindi una nuova architettura che consente di superare tale limitazione e permette di ottenere un sistema molto versatile, mantenendo allo stesso tempo le stesse capacità dei tradizionali sistemi di trasmissione.

Il nuovo sistema proposto, di tipo ibrido-elettrico, è ottenuto inserendo un motore elettrico, che fornisce potenza in parallelo al motore termico tramite un rotismo epicicloidale a due gradi di libertà. Se la potenza richiesta all'albero di uscita non è elevata, tale sistema permette di mantenerne costante la velocità al variare del regime del motore termico, consentendo quindi di mantenere il punto di funzionamento in una zona a consumo specifico ridotto.

Lo strumento principale adottato per lo studio preliminare del concept è LMS Imagine.Lab Amesim, un ambiente di modellazione e simulazione multi-fisica. Con questo tool, partendo dal modello della trasmissione classica, viene modellato il prototipo e vengono eseguite

simulazioni di funzionamento in diverse condizioni di carico applicato e regime motore, confrontando configurazione ottenute variando alcuni parametri di layout, con lo scopo di mettere in luce se e in quali condizioni tale proposta sia in grado di soddisfare le performance richieste.

I risultati hanno messo in luce che effettivamente il sistema è in grado di funzionare correttamente, mantenendo cioè la velocità della presa di potenza prossima alla velocità di normativa, al variare del regime del motore termico. Ciò però accade entro alcuni limiti del valore del carico applicato, a seconda della configurazione in esame. Si è osservato inoltre che il rapporto tra potenza massima trasmissibile e potenza massima erogabile dal motore termico presenta un andamento decrescente-crescente con il regime motore. Per questo motivo, quando le condizioni di carico permettono una diminuzione della velocità del motore a combustione, oltre ai benefici ottenuti dallo spostamento del punto di funzionamento del motore stesso, si ha un aumento della quota di potenza inserita nel sistema trasferibile all'applicazione del trattore.

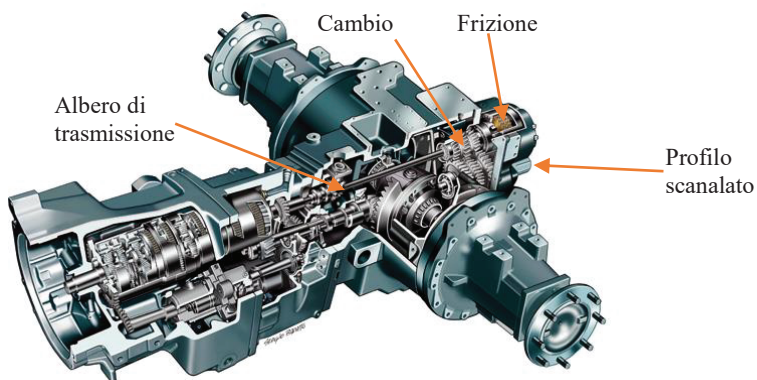


Figura 1. Il sistema PTO classico

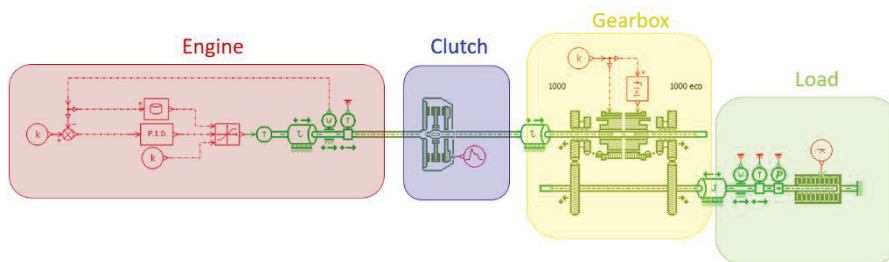


Figura 2. Modello dell'apparato PTO classico

## BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Pellizzi, Macchine agricole, Edagricole, 1998
- [2] E. Mehrdad, G. Yimin e E. Ali, Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles, CRC Press

## INDICE DEGLI AUTORI

Agostini Lorenzo .....	73
Amadori Stefano .....	3
Andrisano Angelo Oreste .....	71, 79
Belcari Juri.....	55
Benasciutti Denis .....	45
Berselli Giovanni .....	79
Bianchini Augusto .....	59
Bilancia Pietro .....	79
Boyle Liam .....	55
Camargo Molano Jacopo Cavalaglio .....	47
Campione Ivo .....	59
Capelli Luca.....	51
Carricato Marco.....	63
Castagnetti Davide.....	67
Catania Giuseppe .....	3
Ciace Valerio Armando .....	65
Cocconcelli Marco.....	47, 51
Conconi Michele.....	53
Cristofolini Luca.....	55, 57
D'Elia Gianluca .....	49
Dalpiaz Giorgio .....	41, 49, 75
Donati Lorenzo .....	39
Dragoni Eugenio.....	65, 67
Enzweiler Marques Julian Marcell .....	45
Focarete Maria Letizia .....	55
Fontana Marco.....	73
Fortunato Alessandro.....	39
Gibertini Massimo .....	47
Golfari Nicola .....	61
Grandi Fabio .....	71
Gualandi Chiara .....	55
Kao Alexander .....	55
Leopardi Luigi .....	69
Lugli Roberto.....	69
Martelli Saulo .....	57
Minak Giangiacomo .....	59
Mizzi Luke.....	77
Mottola Giovanni.....	63
Mucchi Emiliano .....	41, 49, 75
Palanca Marco .....	57
Parenti-Castelli Vincenzo .....	53
Pelaccia Riccardo .....	39
Pellicciari Marcello.....	71, 79
Perilli Egon.....	57

Peruzzini Margherita .....	71
Pesaresi Emanuele .....	43
Polastri Marco.....	75
Reggiani Barbara .....	39
Reilly Gwendolen.....	55
Rivola Alessandro.....	61
Rossi Jessica .....	59
Rubini Riccardo .....	47, 51
Sancisi Nicola .....	53
Schmidt Juliana.....	71
Sensini Alberto .....	55
Sorrentino Andrea.....	67
Spaggiari Andrea .....	67, 77
Squatrito Rosario .....	39
Strozzi Antonio.....	69
Todaro Ivan.....	39
Tomesani Luca .....	39
Tosini Andrea .....	41
Tovo Roberto.....	45
Tozzi Gianluca.....	55
Troncossi Marco .....	43, 59
Valli Giuseppe .....	39
Vertechy Rocco .....	73
Yi Chen.....	73
Zanarini Alessandro.....	15
Zanni Luca.....	71
Zucchelli Andrea .....	55



---

In questo volume sono raccolte le memorie presentate in occasione della “Dodicesima Giornata di Studio Ettore Funaioli”, che si è svolta il 20 luglio 2018 presso la Scuola di Ingegneria e Architettura dell’Alma Mater Studiorum – Università di Bologna. La Giornata è stata organizzata dagli ex allievi del Prof. Ettore Funaioli con la collaborazione del DIN – Dipartimento di Ingegneria Industriale e della Scuola di Ingegneria e Architettura dell’Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, e con il patrocinio dell’Accademia delle Scienze dell’Istituto di Bologna e del GMA – Gruppo di Meccanica Applicata.

Questo volume è stato stampato con il contributo di G.D S.p.A.

**AlmaDL è la Biblioteca Digitale dell’Alma Mater Studiorum Università di Bologna. AlmaDL ospita al suo interno gli archivi Open Access che rendono pubblicamente disponibili i contributi derivanti dalle attività di ricerca, didattiche e culturali dell’Ateneo bolognese. AlmaDL attua così i principi del movimento internazionale a sostegno dell’accesso aperto alla letteratura scientifica, sottoscritti dall’Università di Bologna assieme a molte altre istituzioni accademiche, di ricerca e di cultura, italiane e straniere.**

<http://almadl.unibo.it>

