



TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

MACROAREA DI INGEGNERIA
CORSO DI PROTOTIPAZIONE VIRTUALE E
SIMULAZIONE DEI SISTEMI MECCANICI

**Modellazione e simulazione di uno stepper per esercizio fisico
e di una smerigliatrice angolare**

Gruppo 9

Giovanni Malizia, Emanuele Startari, Iacopo Donato

SMERIGLIATRICE ANGOLARE

Introduzione

Il progetto prevede la prototipazione virtuale e l'analisi del movimento della smerigliatrice angolare Powerplus POW201P, eseguite tramite il software Solidworks.

Prototipazione

Durante la fase preliminare del lavoro sono state accuratamente misurati con l'utilizzo di un calibro tutti i componenti dell'utensile da lavoro e rappresentati tridimensionalmente (nota: non possedendo una impugnatura ne è stata disegnata una generica).

Si riportano i componenti realizzati in resa fotorealistica, affiancati ad alcune fotografie reali dei pezzi:



Fig.1 – Componenti della smerigliatrice angolare Powerplus POW201P in resa fotorealistica



Fig. 2 - Componenti della smerigliatrice angolare Powerplus POW201P in resa fotorealistica



Fig. 3 – Assieme dell'asse utilizzato nell'analisi del movimento (analisi1)

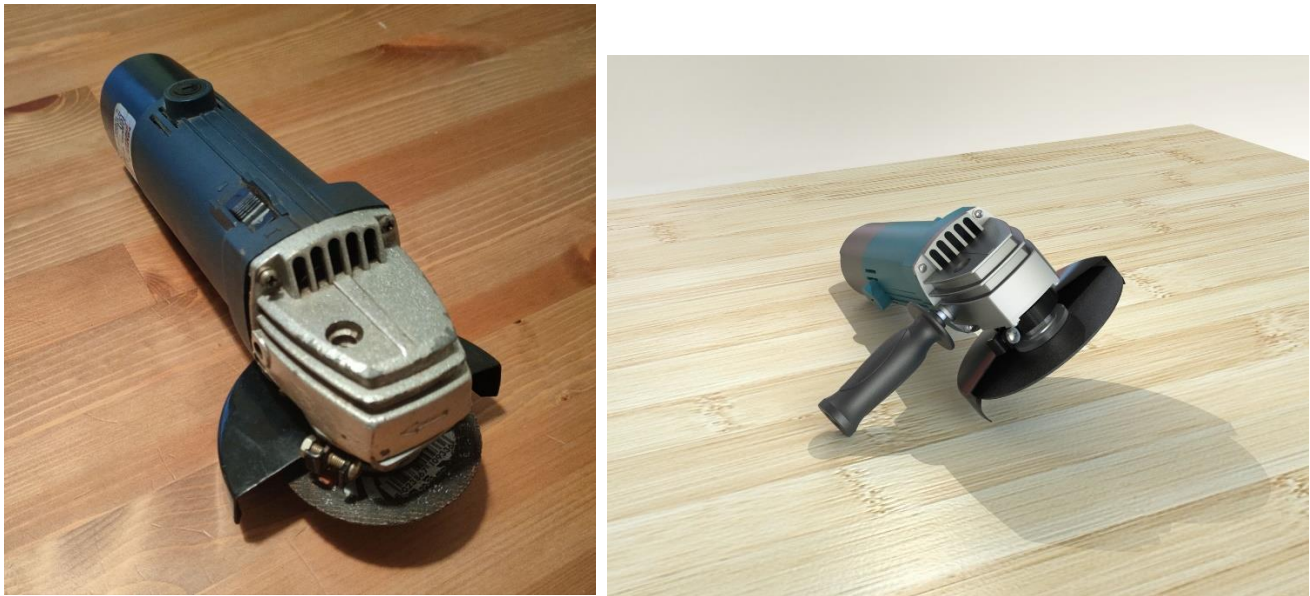


Fig.4 - Smerigliatrice angolare Powerplus POW201P assemblata

Analisi del movimento

Per il progetto in esame sono state eseguite due differenti analisi del movimento, al fine di confrontare i rispettivi risultati: la prima analisi - “analisi 1” - effettuata con pignone e ruota realizzate “manualmente” (senza replicare il profilo ad evolvente dei denti delle ruote), mentre la seconda – “analisi 2” - utilizza ruote dentate coniche a denti dritti prese dalla libreria Toolbox ISO. Sono state scelte delle ruote dentate coniche a denti dritti e non a denti elicoidali, come sono effettivamente nella smerigliatrice angolare Powerplus POW201P, poiché non sono contenute nel Toolbox. Nella prima simulazione, al fine di replicare il posizionamento relativo tra ruota e pignone, sono presenti anche le parti ferme “scatola1” e “scatola2”.

I risultati valutati sono stati le grandezze di maggiore interesse, quindi velocità angolare del disco, coppia motrice agente sull'albero del motore elettrico e forze di contatto scambiate tra i denti delle ruote.

La durata delle simulazioni è stata fissata ad 1 s per entrambe, così come i fotogrammi per secondo e la risoluzione 3D contact, rispettivamente 4000 fps e 30.

Il rapporto di trasmissione dell'ingranaggio è stato valutato, tramite il rapporto tra i denti delle due ruote (14 per il pignone e 37 per la ruota), pari a 2.643.

Sono stati assegnati:

1. un motore rotatorio ad una faccia dell'albero, con velocità costante pari a 26430 giri/min: questo valore è stato scelto poiché garantisce una velocità teorica di rotazione a vuoto del disco abrasivo di 10000 giri/min, valore nominale dichiarato dalla casa produttrice;
2. una forza applicata sul bordo del disco smerigliatore e agente in direzione radiale verso il centro dello stesso, di valore costante e ipotizzato pari a 150 N; per tale scopo è stato usato un punto di schizzo come origine della forza, in modo da farla rimanere fissa spazialmente e simulare l'azione di taglio dell'utensile;
3. un contatto corpo solido tra ruota e pignone, con materiale acciaio lubrificato per entrambi;

Risultati analisi 1

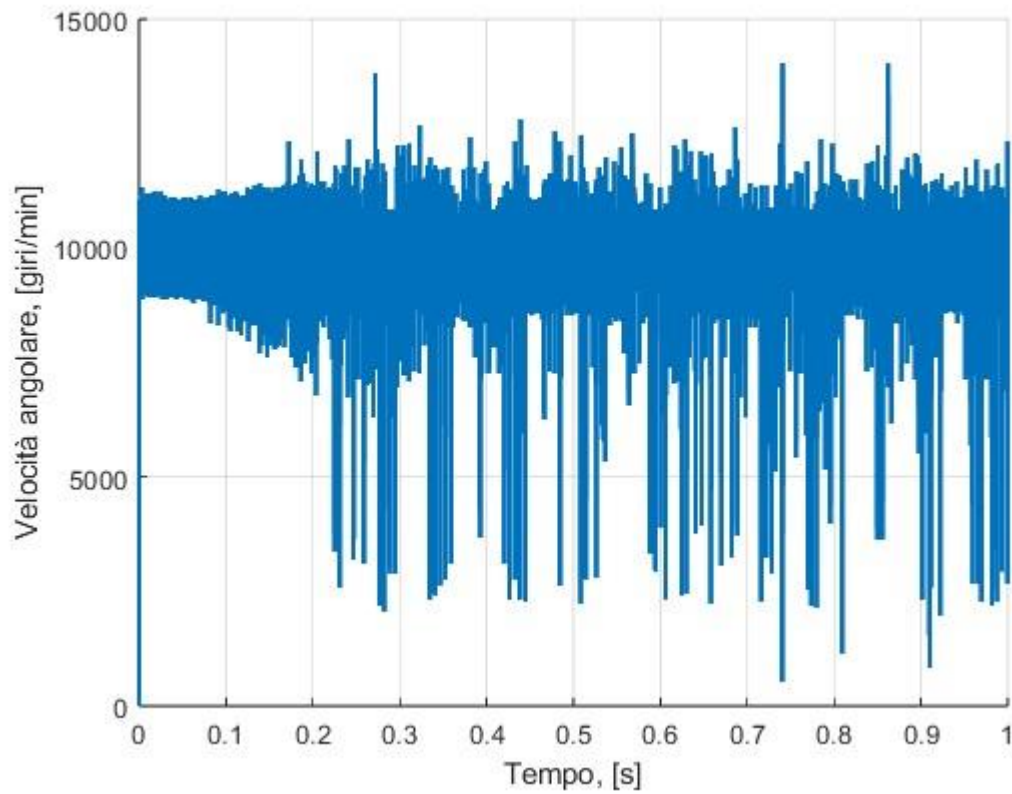


Fig. 5 - Velocità angolare del disco smerigliatore in funzione del tempo, analisi1

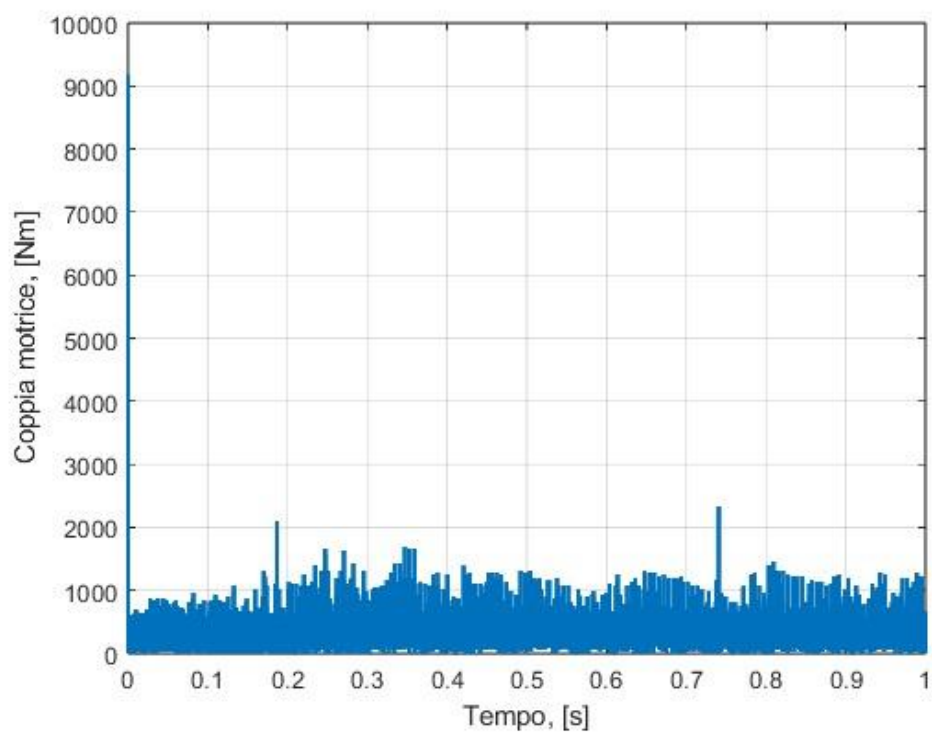


Fig. 6 - Coppia motrice in funzione del tempo, analisi1

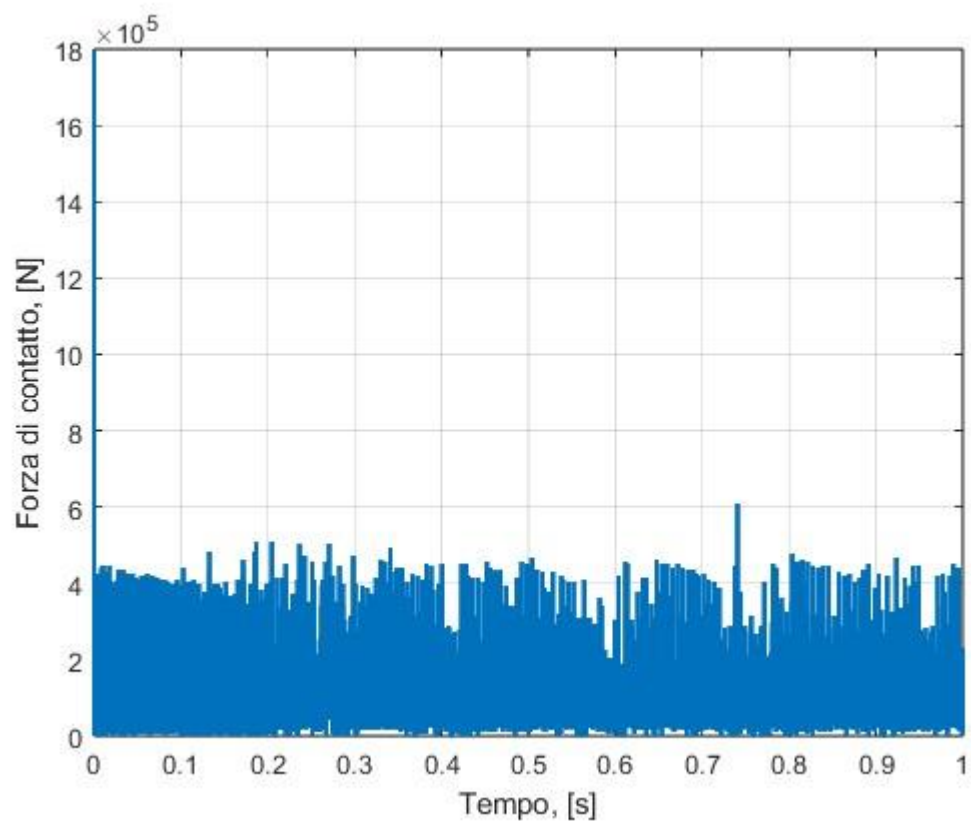


Fig. 7 - Forza di contatto tra le ruote in funzione del tempo, analisi1

Risultati analisi 2

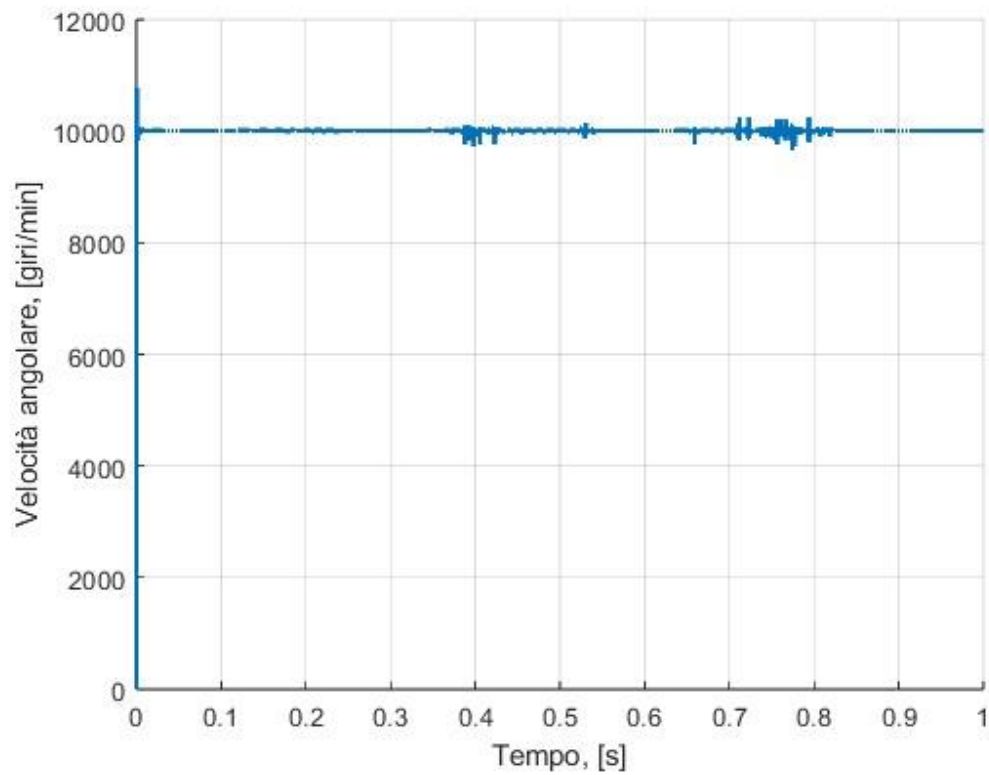


Fig. 8 - Velocità angolare del disco smerigliatore in funzione del tempo, analisi2

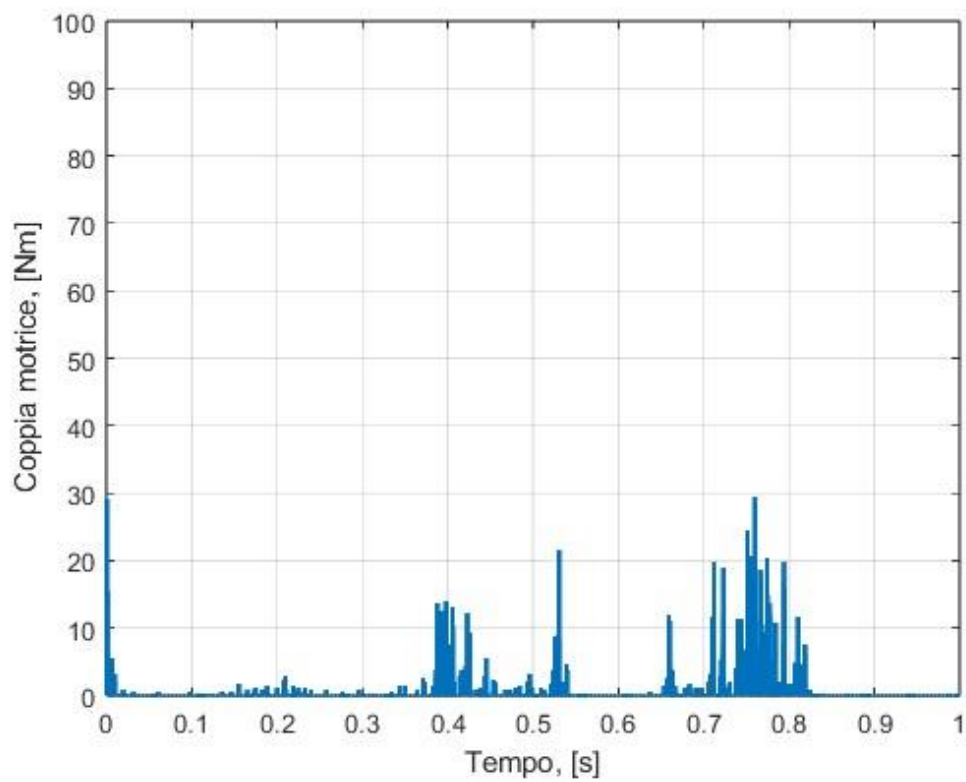


Fig. 9 – Coppia motrice in funzione del tempo, analisi2

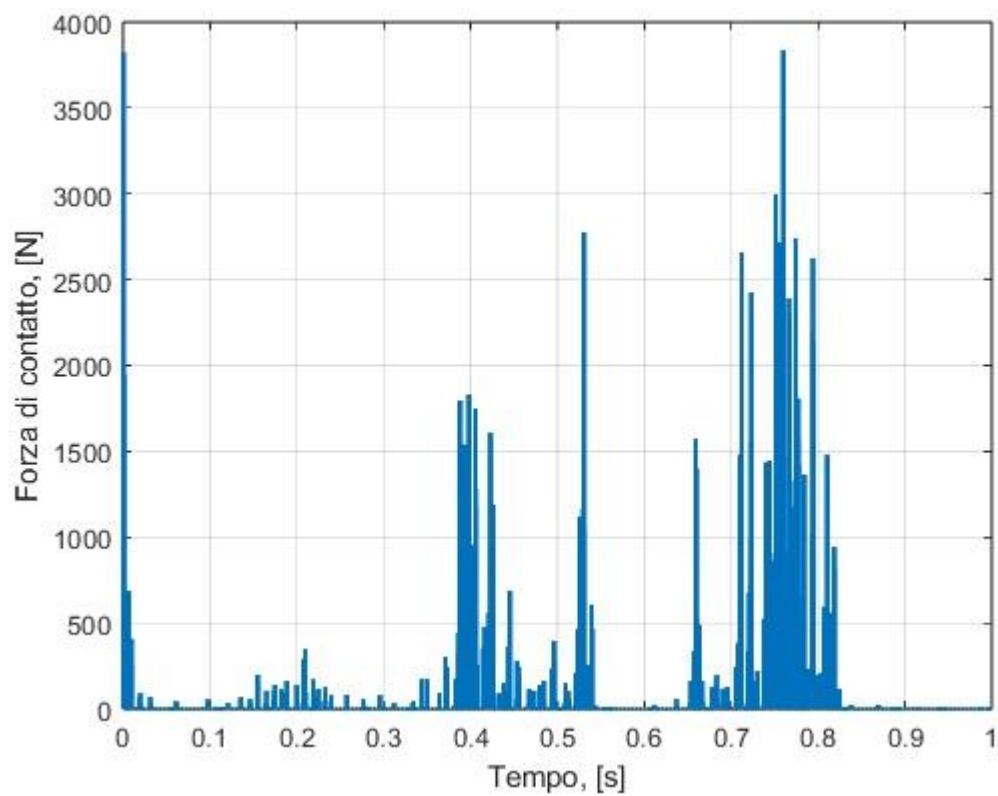


Fig. 10 – Forza di contatto tra le ruote in funzione del tempo, analisi2

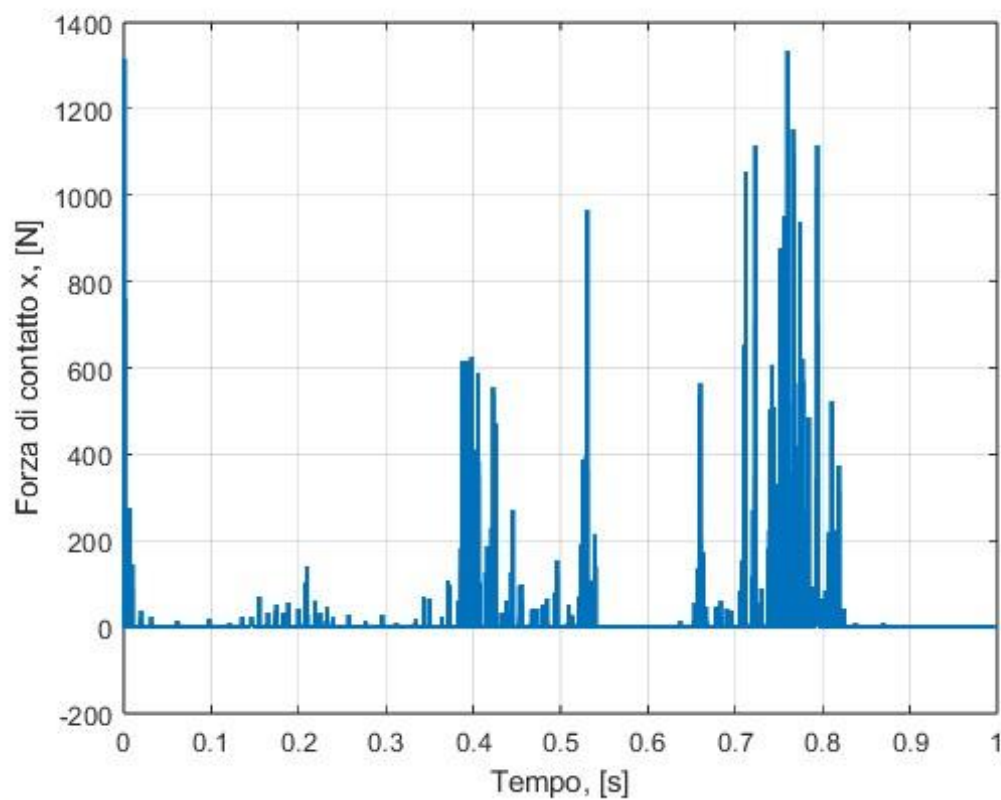


Fig. 11 – Forza di contatto tra le ruote (componente lungo x), analisi2

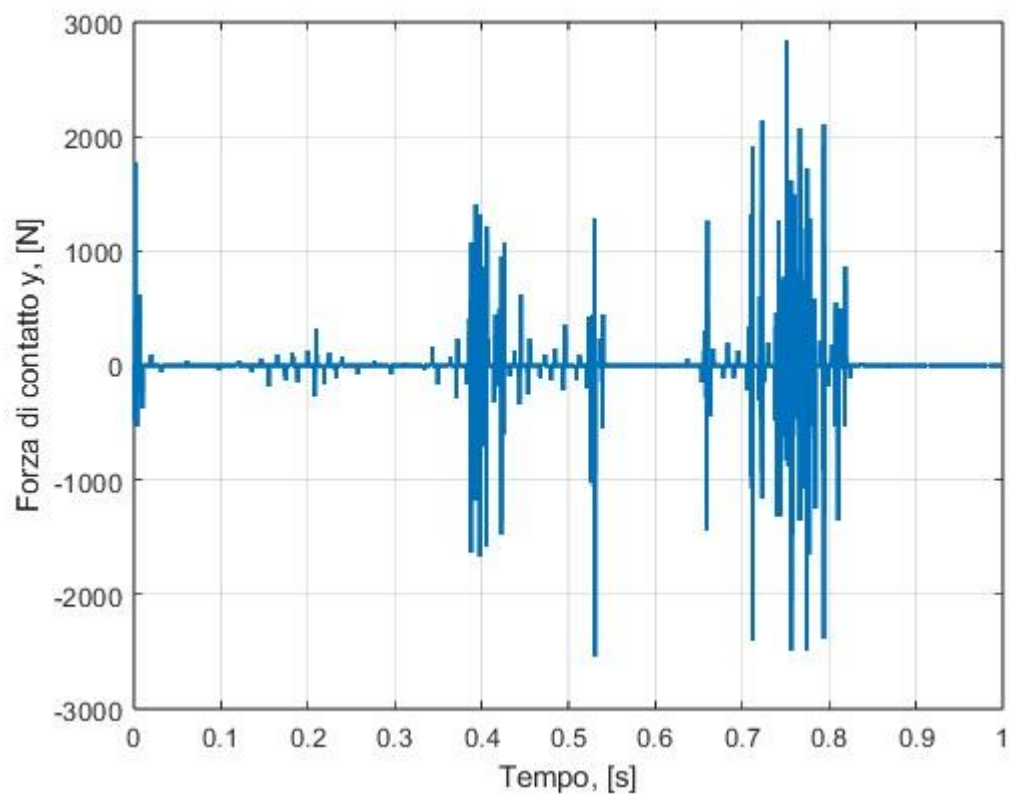


Fig. 12 – Forza di contatto tra le ruote (componente y), analisi2

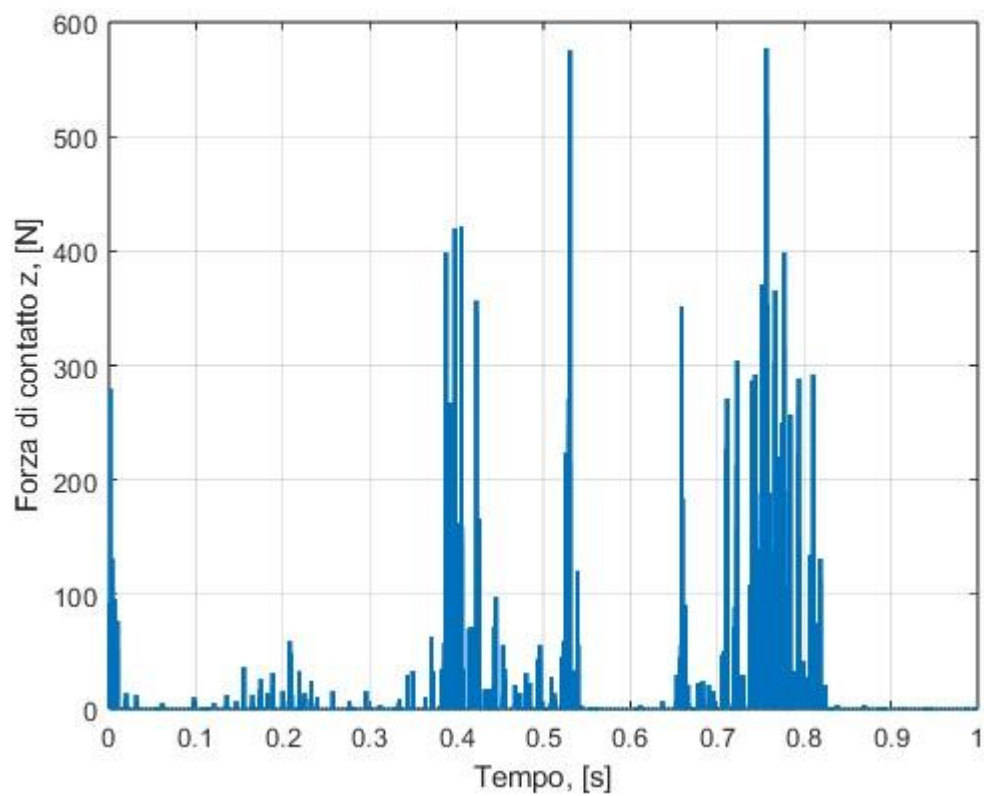


Fig. 13 – Forza di contatto tra le ruote (componente z), analisi2

Commento dei risultati

Commento dei risultati analisi 1

Dalla prima analisi del moto si nota come la presenza dell'interferenza tra i denti di ruota e pignone alteri in maniera significativa i risultati: infatti, pur aumentando i fotogrammi al secondo e la precisione del contatto, si ottengono degli andamenti senza dubbio condizionati dall'interferenza; in particolare si è notato che i picchi presenti nel grafico della velocità angolare del disco si hanno in corrispondenza degli istanti di tempo in cui l'interferenza tra le ruote è maggiore.

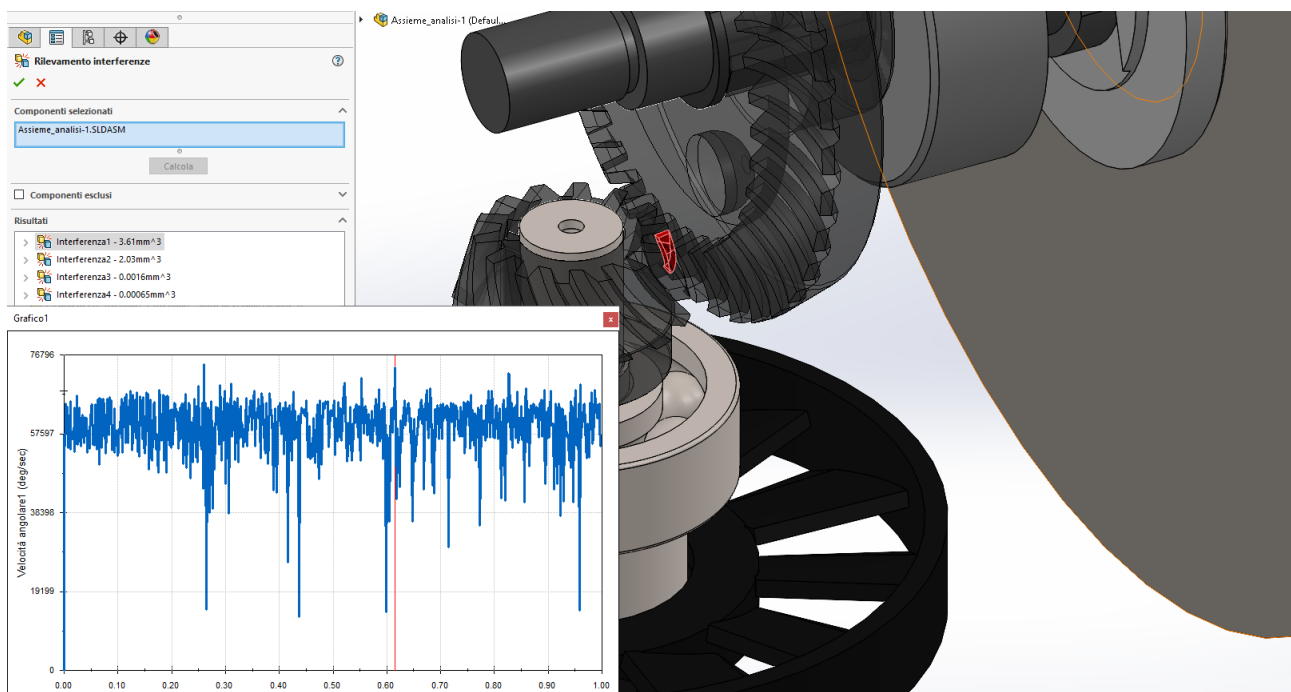


Fig. 14 – Interferenza massima tra le ruote per il picco di velocità di 14000 rad/s

Al fine di ottenere dei risultati più aderenti alla realtà, si potrebbero sostituire le due ruote con delle altre, i cui denti siano tracciati con il profilo ad evolvente, e che non abbiano interferenze. Si potrebbero inoltre aumentare i fotogrammi e le opzioni del contatto della simulazione, sebbene ciò aumenti ulteriormente i tempi di calcolo.

Commento dei risultati analisi 2

Nella seconda analisi del moto, invece, si nota come la velocità angolare del disco riesce a raggiungere piuttosto fedelmente il riferimento imposto di 10000 giri/min, a meno di alcune leggere oscillazioni. Si ottengono inoltre i seguenti risultati notevoli:

- velocità di rotazione massima del disco: 10241.6 giri/min
- massima forza di contatto tra le ruote: 3883 N
- coppia motrice massima: 29.4 Nm
- massima forza di contatto tra le ruote (componente x): 1334.4 N
- massima forza di contatto tra le ruote (componente y): 2837.5 N
- massima forza di contatto tra le ruote (componente z): 575 N

Il valore massimo della coppia motrice risulta molto elevato (rispetto al valore riportato dalla casa produttrice di 1.6 Nm), e anche l'andamento delle forze di contatto non è perfettamente aderente ai dati reali: la motivazione può risiedere nel fatto che neppure le ruote coniche a denti dritti prese dal toolbox sono realizzate seguendo il profilo ad evolvente, oltre che alle elevate velocità di rotazione dell'asse.

STEPPER

Introduzione

Questo progetto è finalizzato alla prototipazione virtuale e all'analisi del movimento di uno stepper Atala HomeFitness per esercizio fisico tramite il software SolidWorks.

Prototipazione

La prima fase del lavoro si è svolta misurando accuratamente, tramite un calibro, tutti i componenti dell'utensile e rappresentando tridimensionalmente tali parti su SolidWorks.

Di seguito si riporta in resa fotorealistica l'assieme completo; inoltre viene inserito anche un sottoassieme con tutti i componenti montati e smontati e il dettaglio dei pedali che sono stati i pezzi realizzati con più lavorazioni. Successivamente sono anche messe le foto reali.



Fig. 1 - Stepper Atala HomeFitness assemblato



Fig.2 – Componenti dello stepper Atala HomeFitness in resa fotorealistica



Fig.3 – Componenti reali dello stepper Atala HomeFitness



Fig. 4 – Dettaglio dei pedali dello stepper Atala HomeFitness in resa fotorealistica



Fig. 5 – Dettaglio dei pedali dello stepper Atala HomeFitness

Analisi del movimento

Nell'analisi del movimento è stata focalizzata l'attenzione sulle grandezze cinematiche e dinamiche più significative per il progetto. In particolare, sono state calcolate, per quanto riguarda la cinematica, le seguenti grandezze:

- Distanza lungo la componente y tra la base e il pedale sinistro;
- Velocità angolare in modulo dell'asta del pedale;
- Velocità in modulo del pistone.

Sono state scelte, invece, come grandezze dinamiche:

- Forza di reazione tra il piede di appoggio del pedale destro e la base;
- Forza di reazione tra il piede di appoggio del pedale sinistro e la base;
- Momento di attrito nell'accoppiamento concentrico tra asta del pedale e il perno della base;

L'intervallo di tempo considerato nell'analisi è di due secondi, periodo in cui avviene il movimento completo.

Nella realtà quando si spinge su un pedale, l'altro viene tirato verso l'alto da una corda elastica di acciaio che collega i due pedali passando intorno alla carrucola. Vista la complessità tecnica nel modellare tale componente in SolidWorks, si è scelto di ricreare il movimento attraverso l'azione di due forze, uguali e opposte, applicate normalmente alla superficie superiore dei pedali non alterando le caratteristiche del moto. Queste sono state definite per l'intera durata della simulazione e il loro valore in modulo è stato preso considerando una persona con una massa di circa 70 Kg e che quindi applica una forza-peso di circa 700 N.

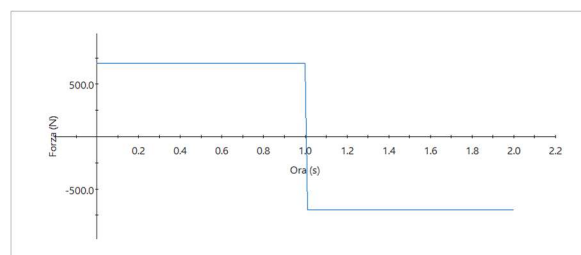


Fig. 6 – Grafico forza applicata definita per punti

Nello studio del movimento sono stati introdotti:

- Due coefficienti di smorzamento, per poter riprodurre l'effetto dei cilindri idraulici, scelti in maniera che la simulazione avvenisse in un lasso di tempo in linea con quello che succede nella realtà;
- Il contatto tra il piede di appoggio del pedale e la base trasversale;
- L'attrito tra l'asta del pedale e il perno della base assegnando come materiale acciaio lubrificato.

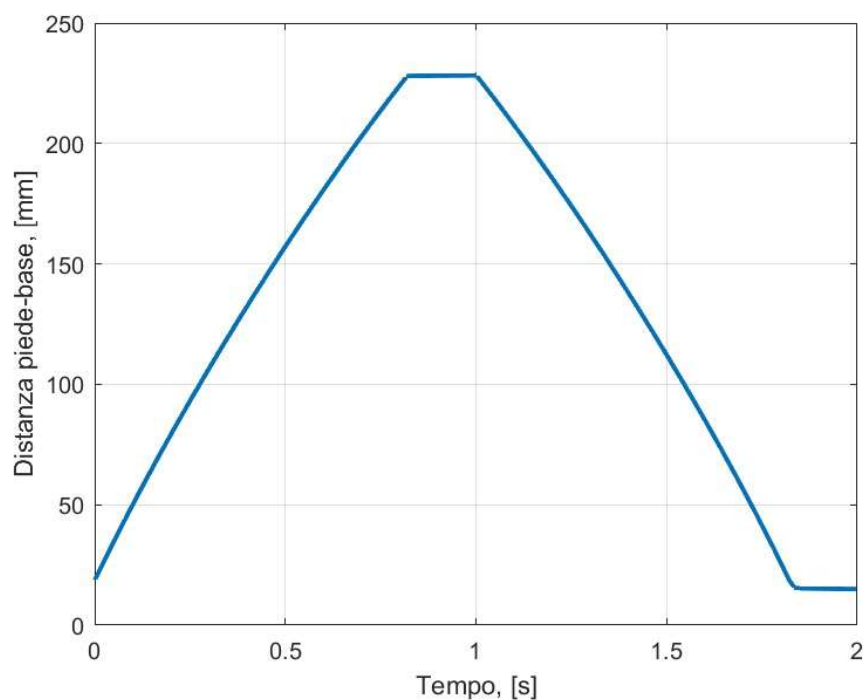


Fig. 7 – Grafico distanza lungo la componente y tra il piede di appoggio del pedale sinistro e la base trasversale

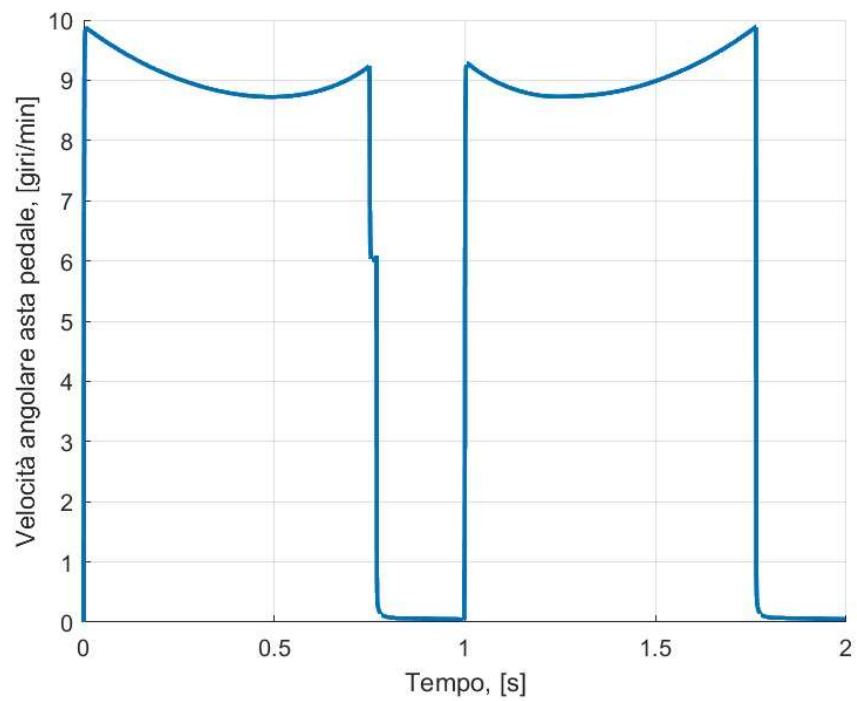


Fig. 8 - Velocità angolare in modulo dell'asta del pedale destro

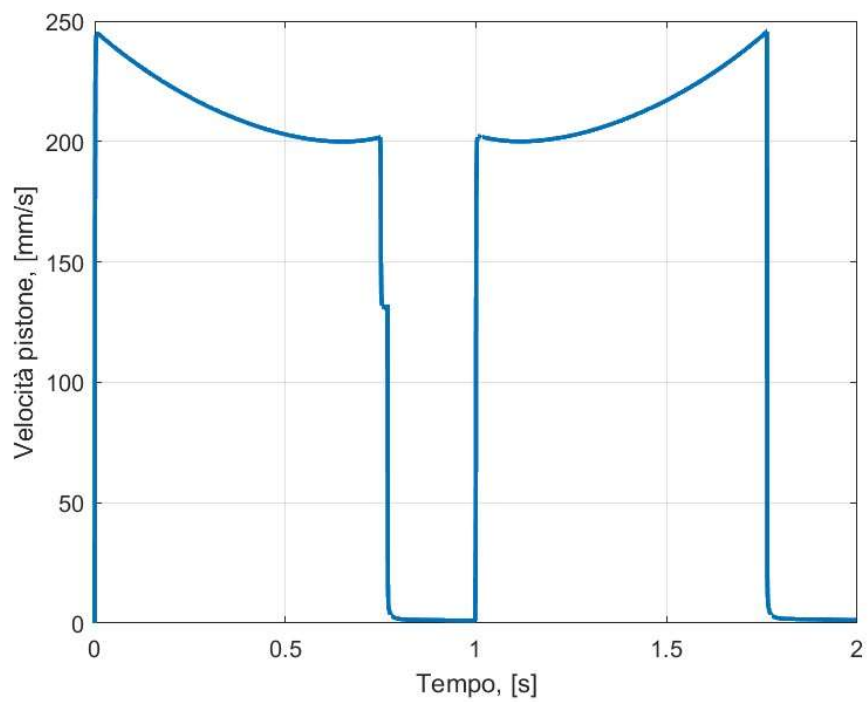


Fig. 9 - Velocità in modulo del pistone destro durante la sua corsa

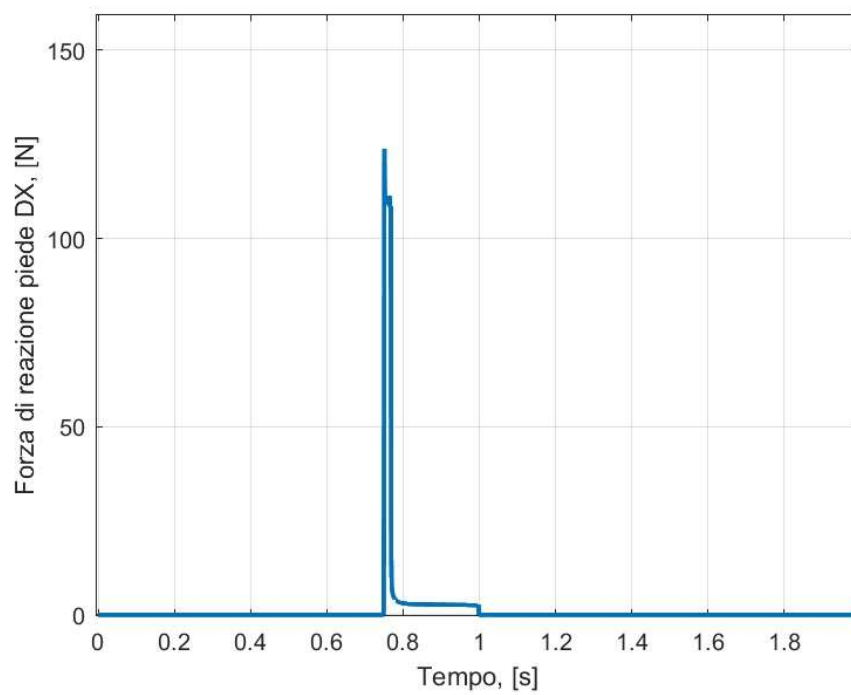


Fig. 10 - Forza di reazione tra il piede di appoggio del pedale destro e la base

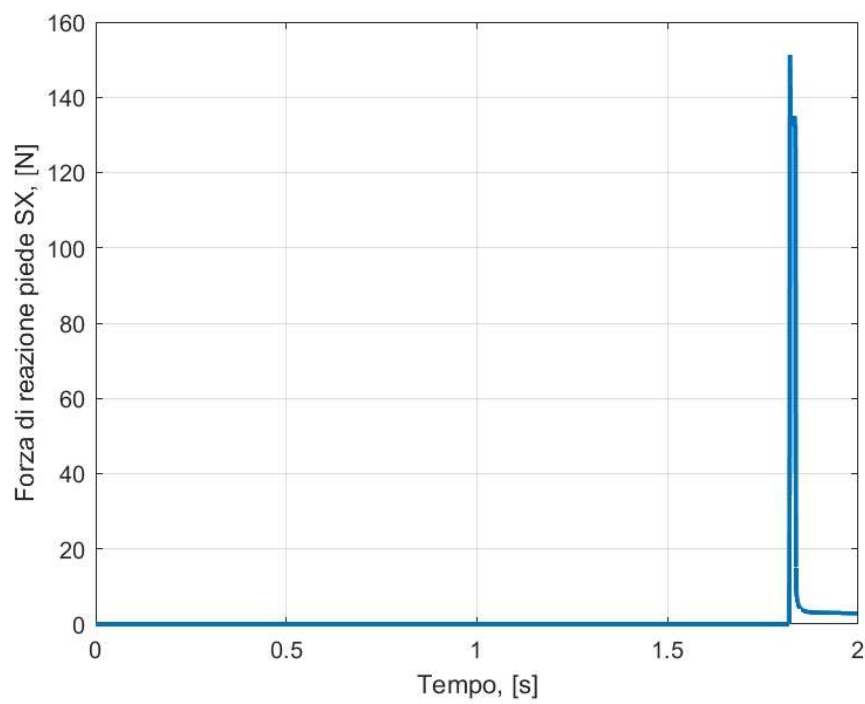


Fig. 11 - Forza di reazione tra il piede di appoggio del pedale sinistro e la base

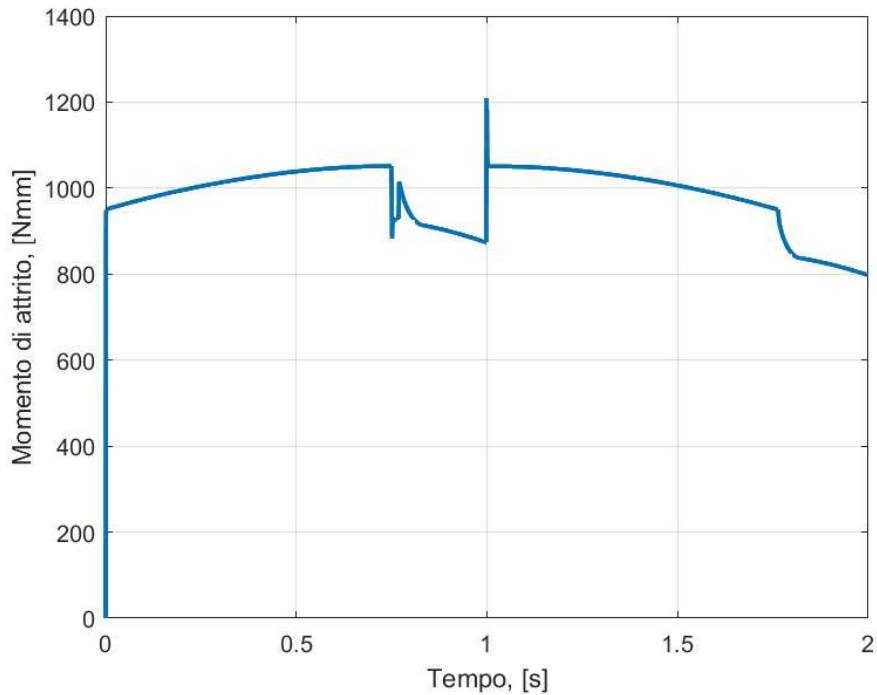


Fig. 12 - Momento di attrito nell'accoppiamento concentrico tra asta del pedale e il perno della base

Commento dei risultati

Dall'analisi cinematica risulta che la distanza tra il piede di appoggio dell'asta sinistra e la base trasversale varia fino a un massimo di 22/23 cm che rispecchia il valore misurato nella realtà. Dai grafici delle velocità si nota che quella lineare e quella angolare hanno lo stesso andamento qualitativo poiché sono corpi connessi.

Dall'analisi dinamica si evince che le forze di reazione del pedale con la base si esplicano solo quando avviene il contatto tra i corpi; il valore in modulo oscilla tra i 150 N e i 130 N per i due pedali e questa differenza è probabilmente dovuta alle impostazioni di simulazione. Il momento di attrito, tra asta e perno della base, risulta coerente con il movimento del pedale dato che il suo valore subisce uno sbalzo nel periodo che precede l'inversione del moto.