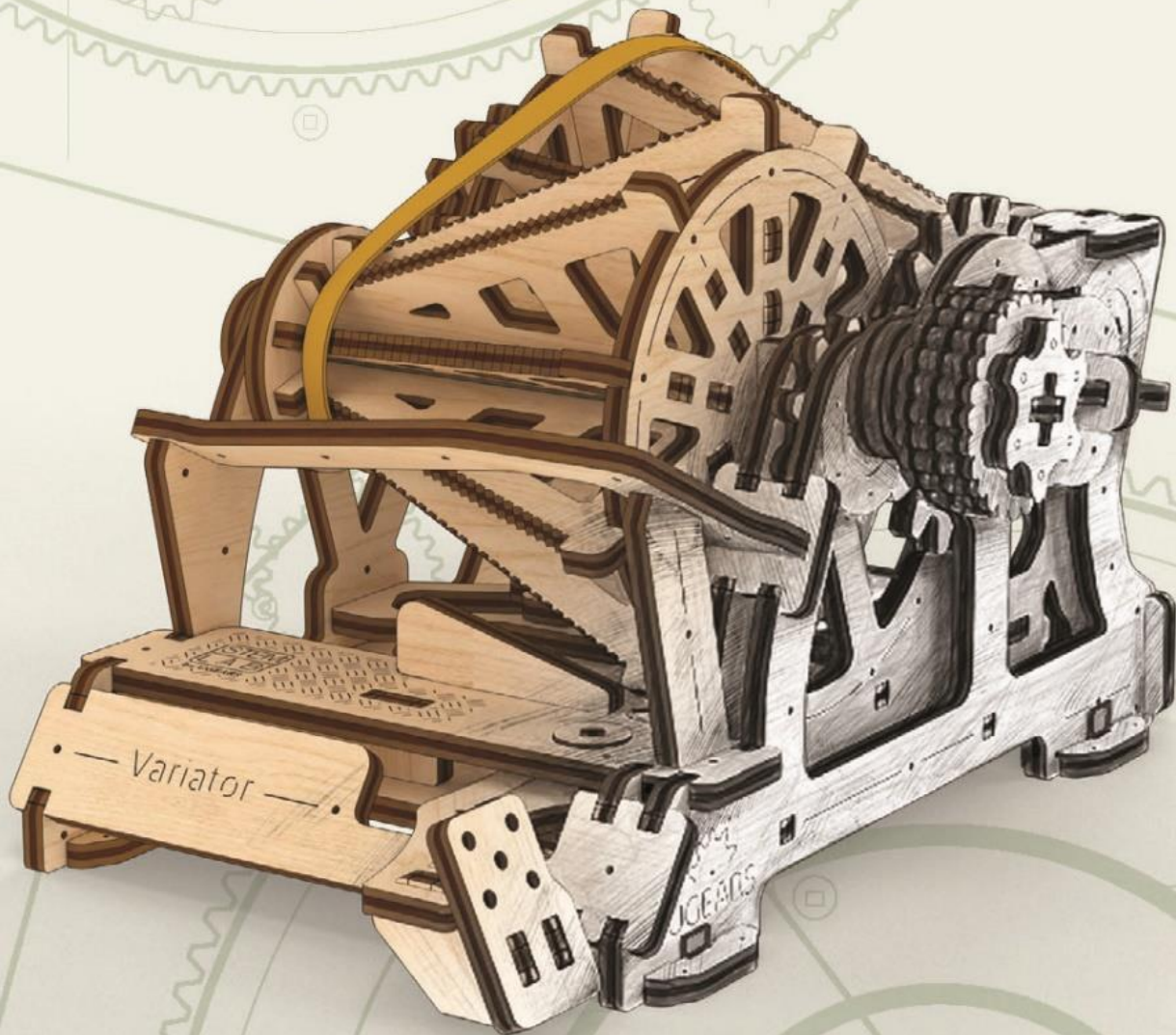


MODELLO MECCANICO
Variatore



Manuale del piccolo ingegnere

§1

Introduzione

Per funzionare correttamente ed efficientemente, i veicoli con un motore a combustione interna hanno bisogno di usare un cambio. Questo perché i motori possono funzionare efficacemente solo in una gamma limitata di velocità. Gli ingegneri e i progettisti cercano di raggiungere il miglior equilibrio tra prestazioni, durata, costo e peso del motore, e soprattutto di massimizzare l'efficienza energetica del sistema.

C'è un fattore limitante significativo, tuttavia: i motori a combustione interna permettono solo di regolare la velocità dell'albero in uscita in un intervallo abbastanza breve. Gli ingegneri usano quindi un cambio, non solo per regolare la velocità, ma anche per aumentare la coppia (forza di torsione che causa la rotazione) trasmessa alle ruote del veicolo. Il cambio è essenziale per ottenere la velocità desiderata delle ruote, senza superare il carico del motore e conservando il carburante e le risorse del motore.

Inoltre, una trasmissione meccanica offre la possibilità di invertire il senso di rotazione dell'albero in uscita, invertendo così la direzione del veicolo.

Ogni coppia di ingranaggi in una trasmissione fornisce un certo rapporto di trasmissione. Di regola, gli ingranaggi sono combinati in gruppi di due, il che rende possibile innestare una marcia muovendo il gruppo di ingranaggi in una direzione (passo avanti) e innestare un'altra marcia muovendosi nella direzione opposta (passo indietro).

Al contrario, i variatori non hanno ingranaggi fissi, e quindi forniscono una variazione regolare del rapporto nelle trasmissioni. Le capacità di inversione nelle trasmissioni con variatori sono fornite da un'unità speciale chiamata riduttore planetario (per saperne di più sui riduttori planetari, controlla il modello UGEARS «Curvimetro» della STEMLab, ugearsmodels.com/curvimeter.html).

I variatori sono utilizzati non solo nelle automobili, ma anche in varie attrezzature a motore di piccole dimensioni – scooter, motoslitte e quadricicli, macchine utensili, trasportatori, tosaerba e altri meccanismi.

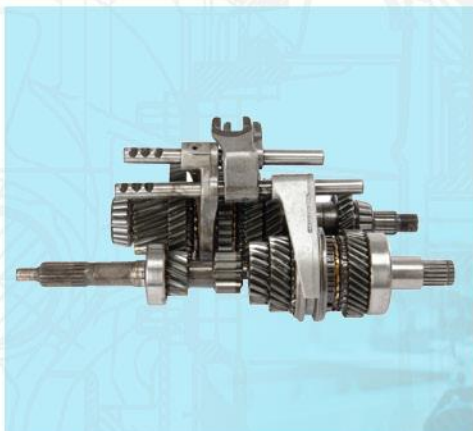




Nei veicoli di oggi, le cosiddette trasmissioni automatiche (AT) sono ampiamente utilizzate. Con l'evoluzione della tecnologia e dell'ingegneria, gli AT stanno sostituendo in gran parte i cambi manuali (MT).



Un variatore (in latino: variator = «cambiatore») o TVC (trasmissione a variazione continua), che esploreremo in dettaglio oggi, è un tipo di trasmissione automatica.



Con le MT, il rapporto di trasmissione viene cambiato gradualmente con l'aiuto di una manopola del cambio, azionata dal conducente del veicolo. Con le AT, le marce vengono cambiate automaticamente, senza che il conducente debba decidere quando cambiare marcia o azionare il cambio. I primi AT, tuttavia, mantenevano lo svantaggio del cambio graduale delle marce. Cambiare le marce in tali configurazioni di trasmissione, sia MT che AT, richiede tempo ed è accompagnato da impatti fisici, o usura.

§2

Riferimenti storici

I variatori si sono diffusi relativamente di recente, potenziati da nuove tecnologie, materiali e sistemi di controllo dei processi. Il primo brevetto per un variatore è stato rilasciato alla fine del XIX secolo, ma se guardate il Codice Madrid di Leonardo Da Vinci, troverete le prime menzioni e disegni di meccanismi di variatore, quattro secoli prima!

L'ingegneria meccanica si è sviluppata rapidamente negli ultimi secoli. Mentre le trasmissioni meccaniche sono conosciute da molto tempo, le trasmissioni a ingranaggi a catena e a cinghie, così come i tipi più avanzati di trasmissioni nati solo nel XX secolo.

Le trasmissioni meccaniche sono state applicate con successo in vari campi. L'avvento delle automobili ha portato a molti sviluppi e miglioramenti nelle trasmissioni meccaniche. I veicoli richiedono una trasmissione meccanica che collega l'albero motore e le ruote (in inglese britannico, «trasmissione» si riferisce all'interna trasmissione).

Le trasmissioni a ingranaggi MT permettono ai conducenti di cambiare il rapporto di trasmissione manualmente, in modo graduale, così che la velocità delle ruote può essere aumentata (o diminuita) mentre l'albero motore rimane a una velocità costante.



Il desiderio di creare una trasmissione capace di cambiare il rapporto di trasmissione automaticamente, senza intervento umano, ha portato allo sviluppo e all'introduzione su larga scala di nuovi tipi di meccanismi nell'industria automobilistica, uno dei quali è un variatore.

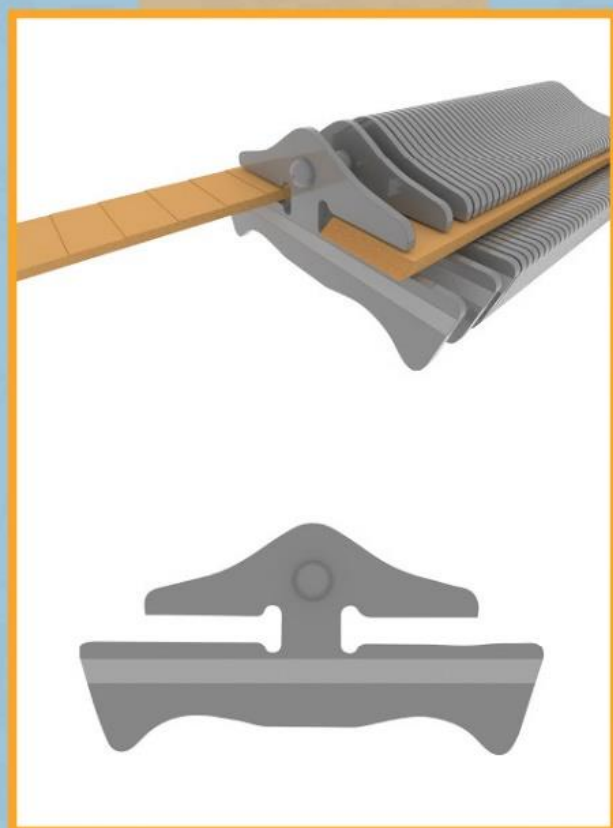
All'inizio del XX secolo, i variatori erano usati principalmente in attrezzature leggere come gli scooter. A metà del secolo (anni '50) erano ampiamente utilizzati nell'industria aeronautica (nei generatori elettrici).

La prima auto di produzione con un variatore apparve nel 1958 e fu chiamata DAF 600. Il suo creatore, l'ingegnere Hubert Van Doorne, fondatore della fabbrica DAF, fu ispirato da una trasmissione a cinghia utilizzata nei meccanismi della sua fabbrica. Questa tecnologia di trasmissione fu chiamata Variomatic.

Nonostante la semplicità e il basso costo del suo design, i produttori erano inizialmente scettici sulla nuova tecnologia.

Nel 1986, è stato progettato un variatore con una cinghia metallica – un approccio che viene ancora migliorato.

La cinghia metallica ha migliorato significativamente le caratteristiche prestazionali dei variatori, sia termini di durata della cinghia (150.000 – 200.000 km contro 50.000 km) sia permettendo il loro utilizzo in trasmissioni con motori più potenti (fino a 200-300 CV).



Variatore di cinghia metallica

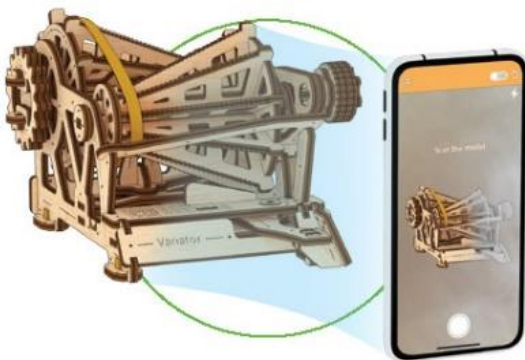
1 Scannerizza il codice QR e scarica l'App.



2 Apri l'applicazione



3 Allinea il modello con l'immagine sullo schermo.



4 E ora...interagisci



Un modello meccanico Ugears STEM-lab è una guida interattiva su come funziona un meccanismo.

Assembla il VARIATORE, impara i suoi principi chiave e come funziona.

Usa l'applicazione Ugears RA che ti porterà in un viaggio nella realtà aumentata. Punta la telecamera del tuo cellulare o tablet sul modello assemblato e scopri come il meccanismo viene utilizzato nella vita reale. Interagisci con il modello cambiando il punto di vista e l'angolo per vedere come funziona il variatore nella trasmissione di un'auto e in uno scooter.



Godetevi il nostro supporto illimitato! Se hai qualche domanda sul montaggio, siamo sempre qui per suggerirti la soluzione migliore e fornirti l'aiuto di cui potresti aver bisogno. Il nostro servizio di assistenza clienti 24/7 accetterà ed elaborerà la tua richiesta in modo rapido e professionale.

Servizio clienti:

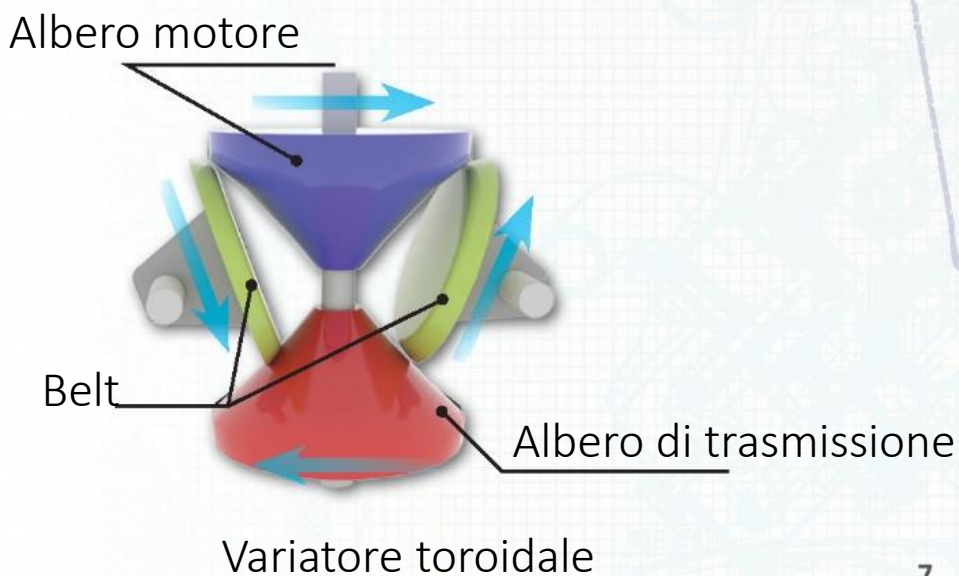
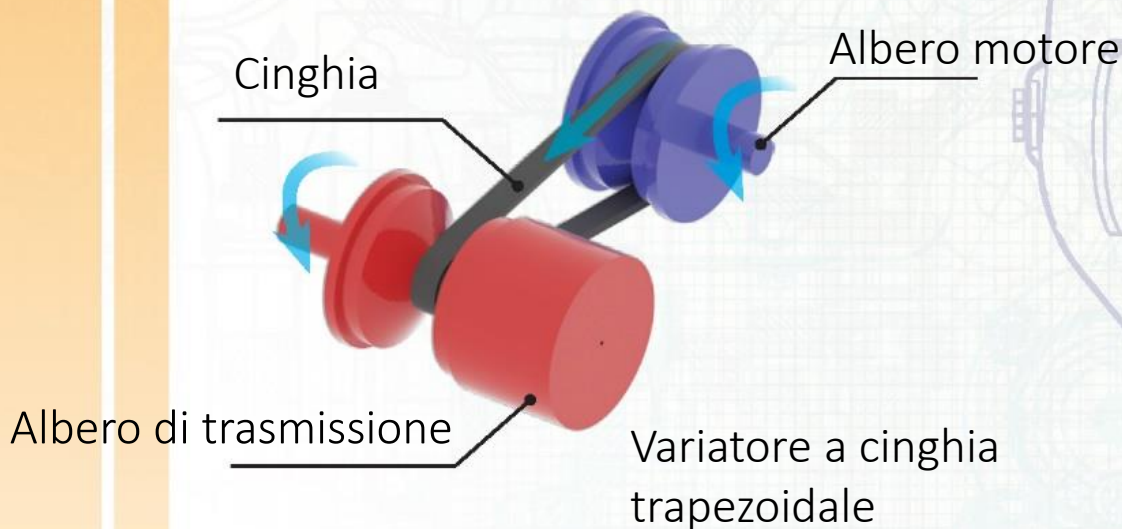
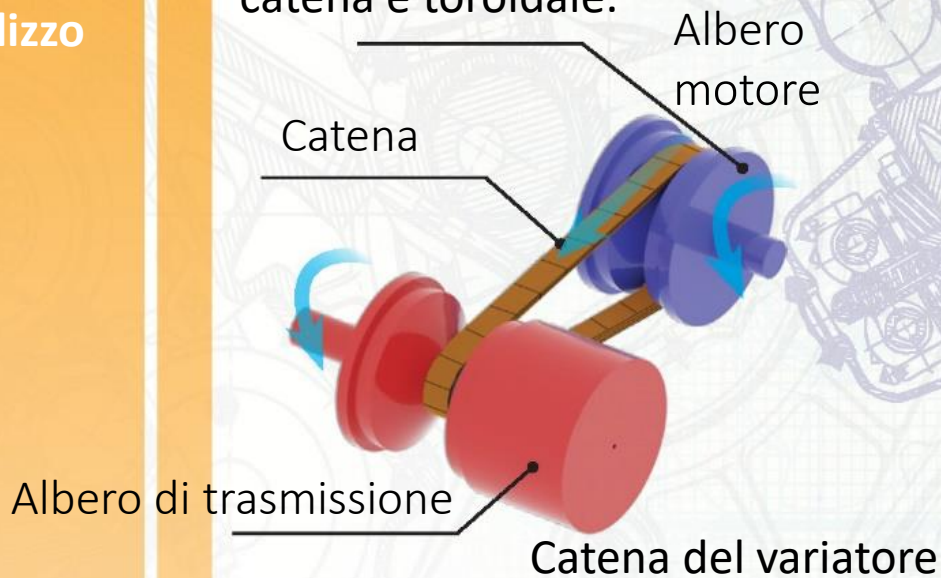
info@modelliugears.it

§3

Diamo un'occhiata più da vicino ai componenti e ai principi di ingegneria dei variatori.

I variatori sono di vari tipi: a cinghia trapezoidale, a catena e toroidale.

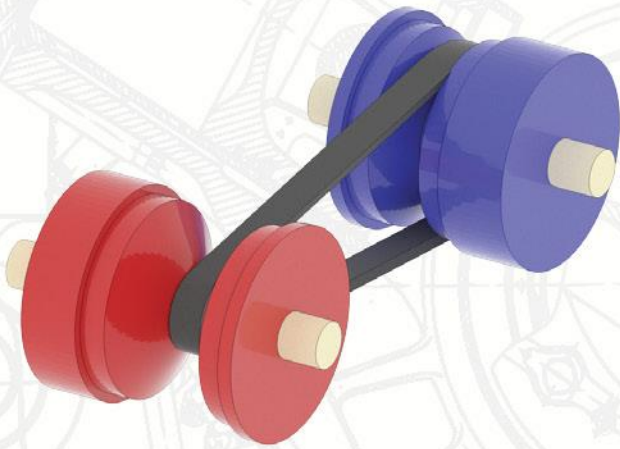
Il Variatore e il suo utilizzo



I moderni variatori d'auto sono speciali trasmissioni a cinghia.

In pratica, due disegni di variatore sono i più usati:

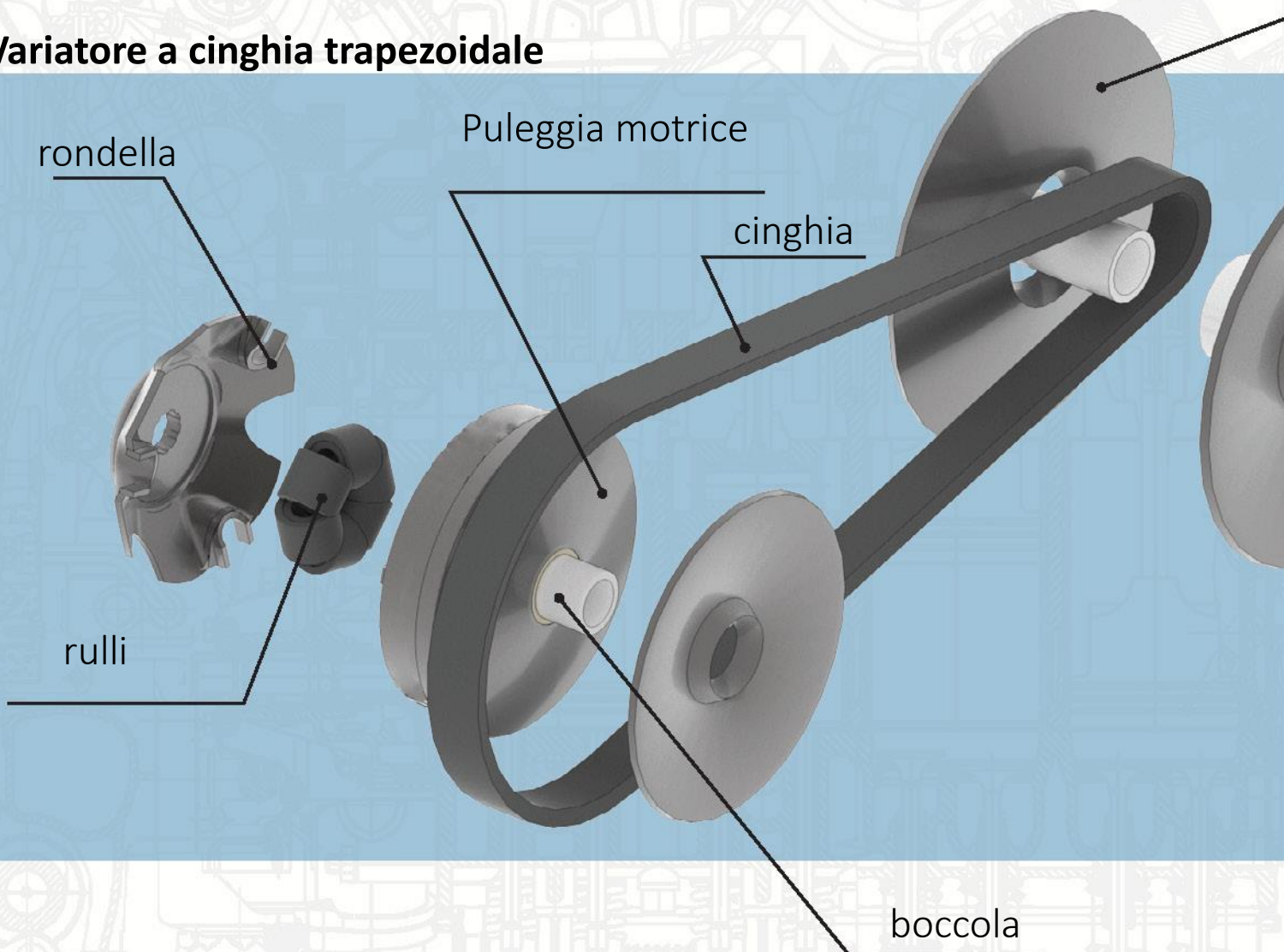
- Variatore a frizione con cinghia a V
- Variatore a cono d'attrito con cinghia



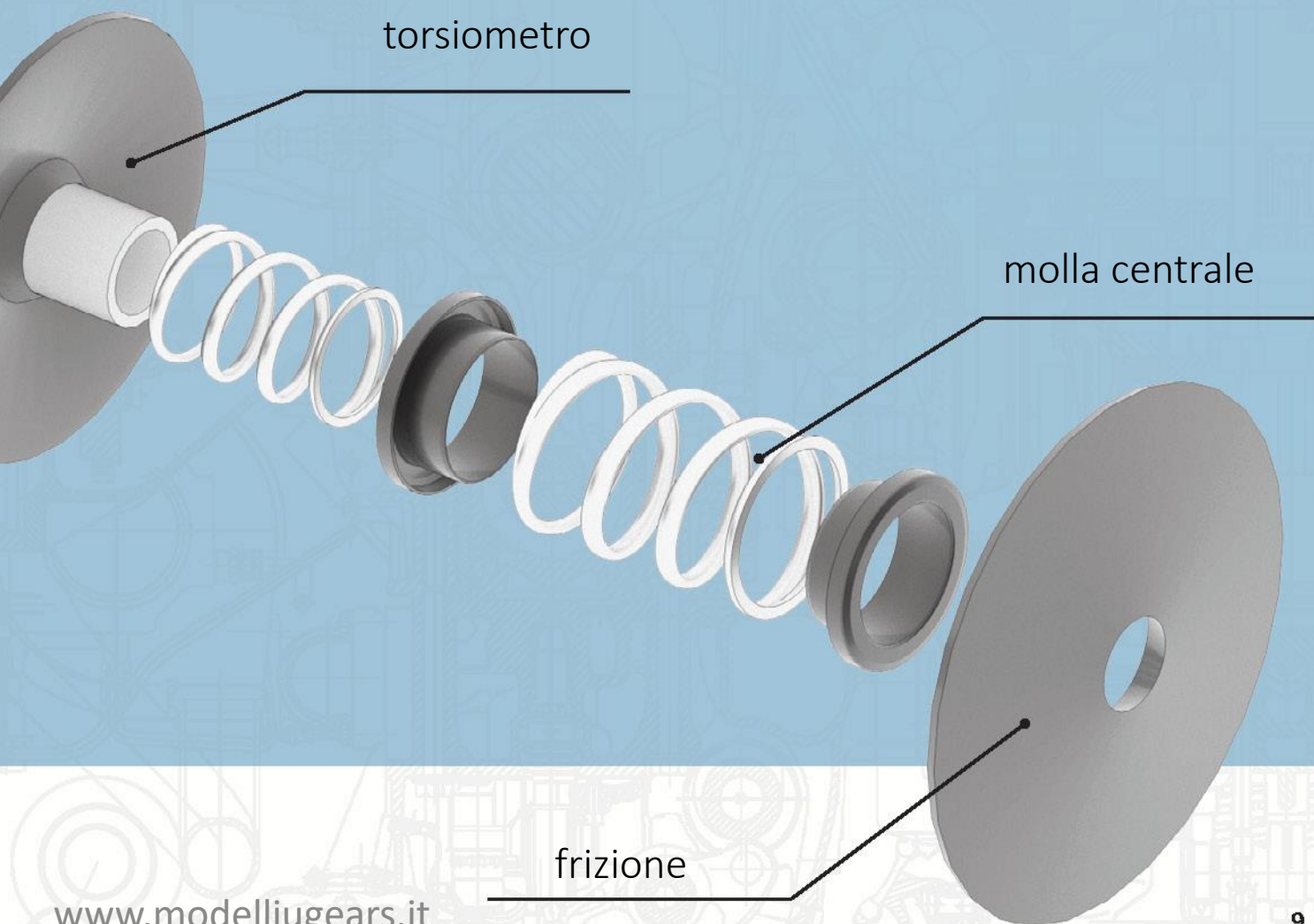
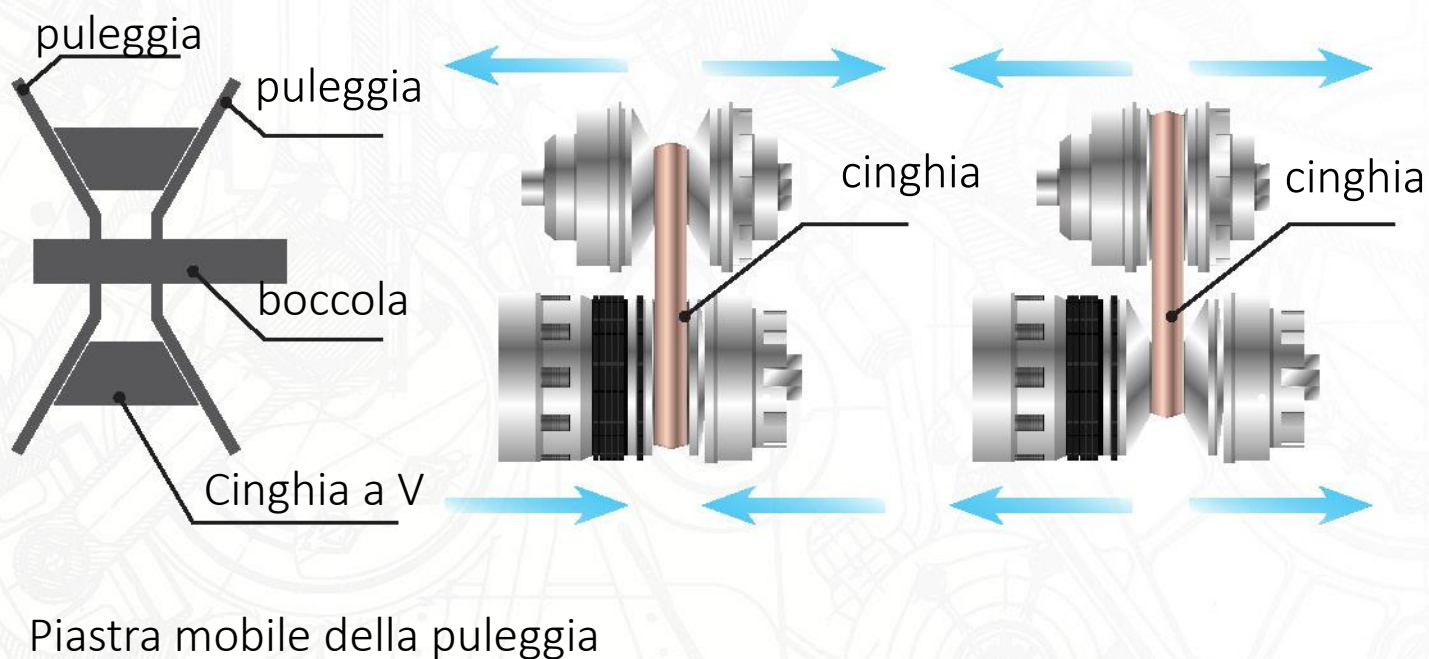
Variatore a frizione con cinghia a V

Variatore a cono d'attrito con cinghia

Variatore a cinghia trapezoidale



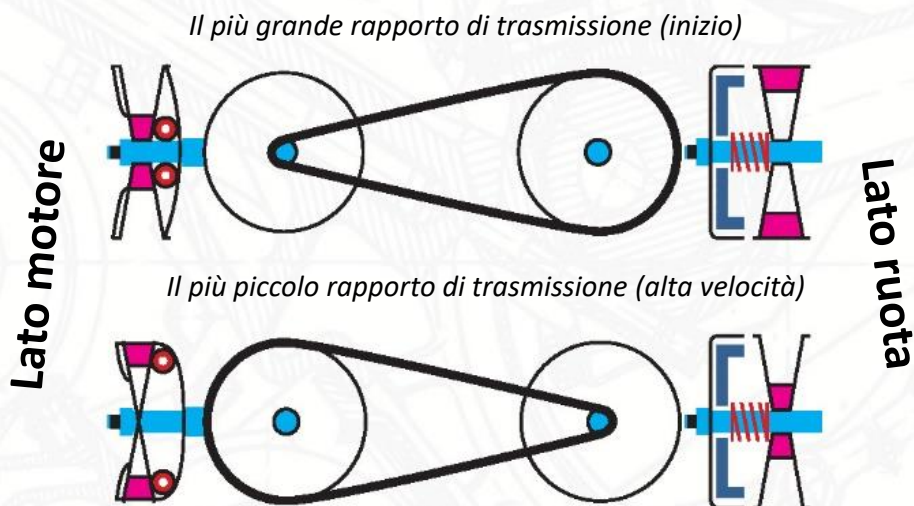
Diamo prima un'occhiata al variatore a cinghia trapezoidale, poiché è il più usato nell'industria automobilistica. Il variatore a cinghia è dotato di una cinghia di sezione a V (trapezoidale), che risolve il problema dello slittamento delle cinghie piatte. Ogni puleggia è composta da due fianchi mobili.



I due fianchi adiacenti della puleggia formano insieme uno spazio a forma di cono (scalatura). In questo design, la puleggia motrice è collegata all'albero motore, e la coppia dell'albero motore viene trasmessa alle ruote del veicolo.

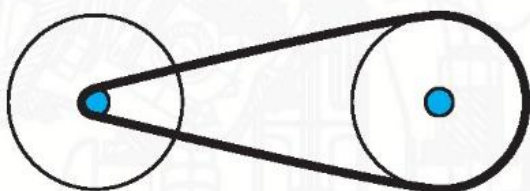
La distanza tra le pareti laterali di ogni puleggia può essere modificata utilizzando un sistema di controllo esterno. Il sistema di controllo mantiene la tensione della cinghia richiesta. Questo è critico, poiché la forza di attrito + ciò che viene trasmesso, e lo slittamento della cinghia usura le pulegge. Quando lo spazio tra i fianchi si allarga, la cinghia si avvicina all'asse di rotazione della puleggia, e quindi viaggia su un cerchio di diametro minore. Al contrario, quando i fianchi vengono avvicinati, la cinghia si allontana dall'asse di rotazione per viaggiare intorno a un cerchio di diametro maggiore.

Cambiando il raggio della cinghia intorno alle pulegge motrice e condotta, è possibile cambiare dolcemente il rapporto di trasmissione.



In altre parole, un «variante» a cinghia può essere descritto come una trasmissione a cinghia con pulegge, i cui diametri possono variare. Quando si aumenta il diametro di una delle pulegge, il sistema di controllo diminuisce simultaneamente il diametro dell'altra puleggia, per mantenere la corretta tensione della cinghia. Così, il rapporto di trasmissione del variatore a cinghia cambia quando la cinghia cambia posizione.

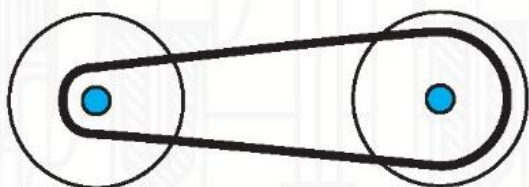
Il motore non funziona



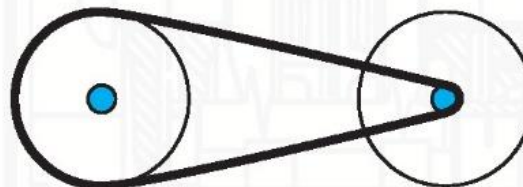
Velocità media del motore

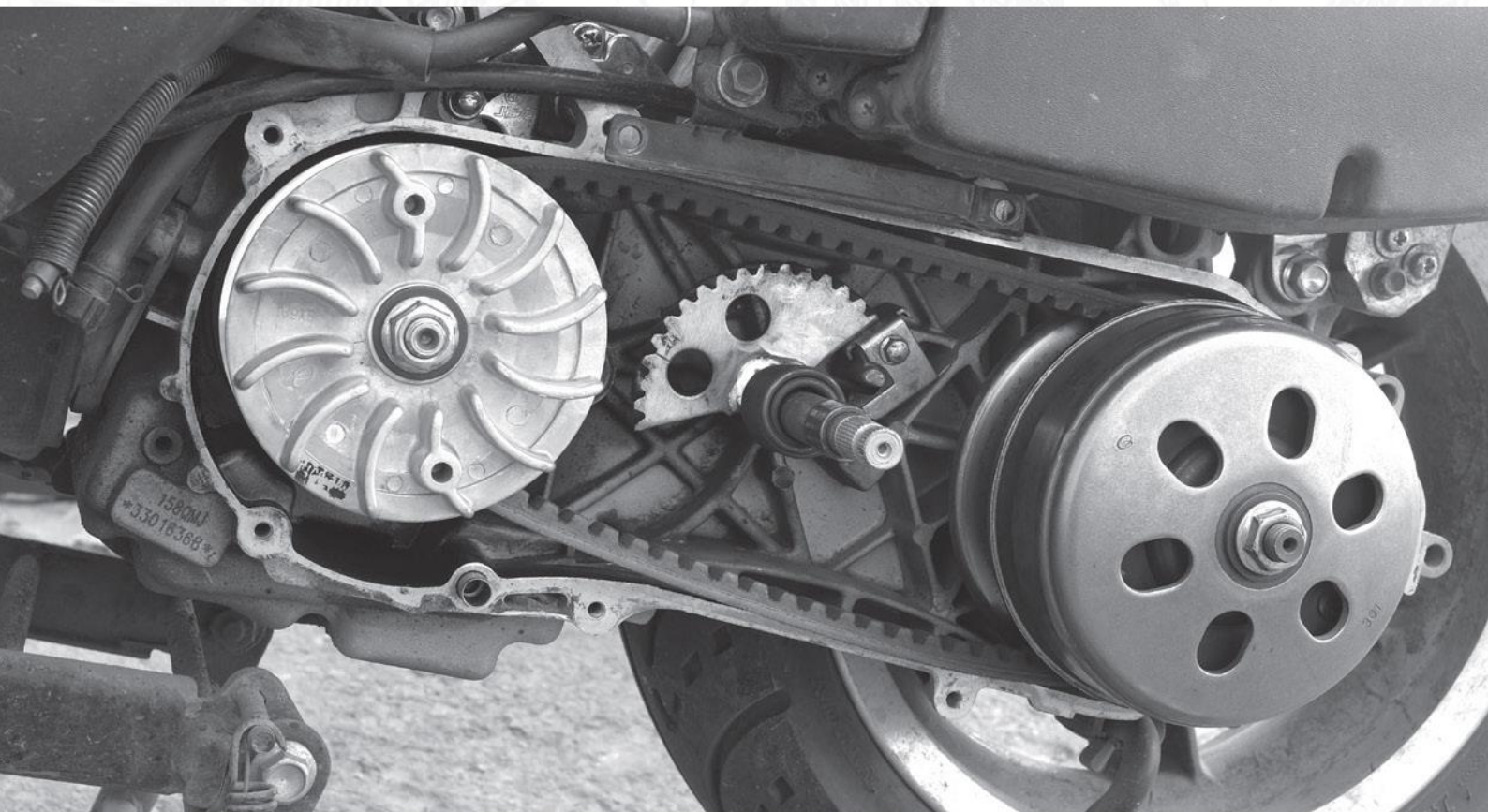


Bassa velocità del motore



Velocità massima del motore





Come si può vedere, un cambiamento nel diametro effettivo delle pulegge porterà a un cambiamento nel rapporto di trasmissione, e quindi un cambiamento nella velocità delle ruote. Il variatore fornisce la maggior parte delle caratteristiche di una trasmissione manuale, compresa la regolazione della velocità dell'albero di uscita (ruote motrici) e la coppia fornita dall'albero di uscita (momento di forza). Ma il vantaggio del variatore è che può fare tutto questo senza alcun urto! I rapporti di trasmissione vengono cambiati rapidamente e senza intoppi, senza bisogno di cambiare marcia. I cambi di rapporto di trasmissione sono completamente automatizzati.

Questo semplifica la guida, un fattore che, insieme alla semplicità e al basso costo, rende popolare l'uso dei variatori negli scooter.

Guarda qui!

il puzzle 3D «cambio» della serie STEM-lab di UGEARS – un modello che mostra pienamente i principi di funzionamento di un cambio manuale – vi aiuterà a visualizzare e comprendere i principi di base di una trasmissione manuale.

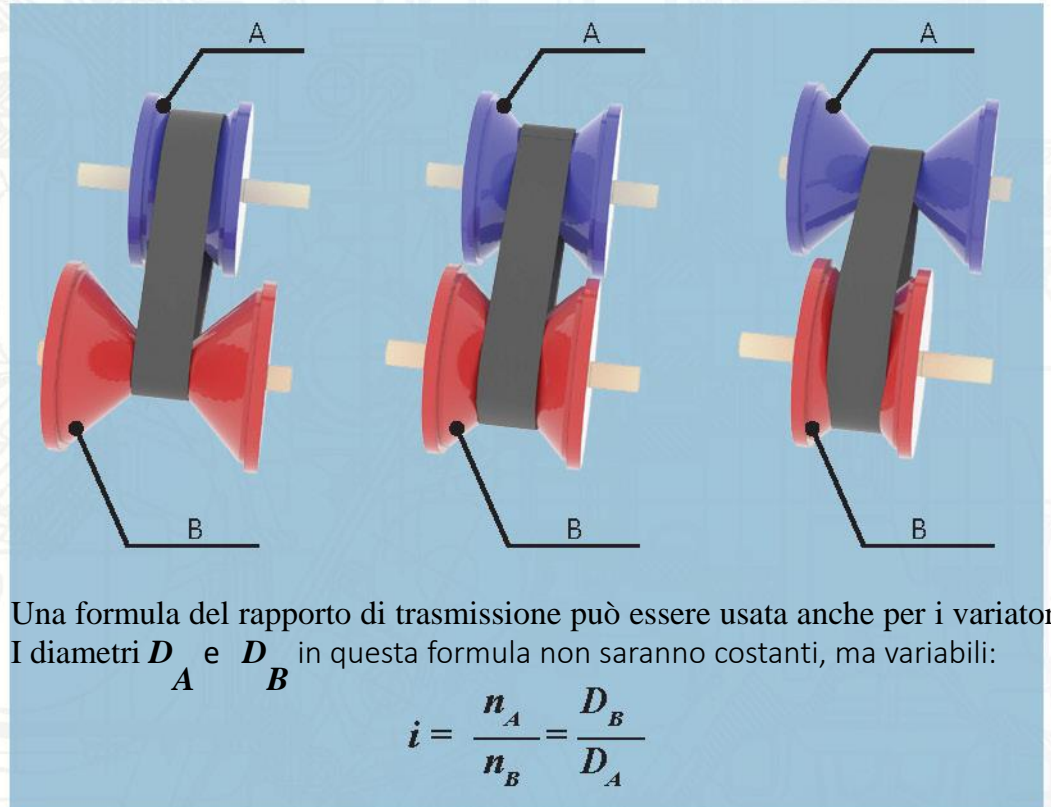


§4

I principi fisici e meccanici del modello STEM «Variatore»

Come discusso sopra, i variatori sono ampiamente utilizzati nelle automobili e in vari altri meccanismi. Sono trasmissioni meccaniche, e il loro rapporto di trasmissione viene modificato da un sistema di controllo esterno.

La stragrande maggioranza dei variatori sono trasmissioni a cinghia speciali. Si tratta di trasmissioni meccaniche più complesse, dotate di un sistema di controllo addizionale che permette di cambiare il rapporto di trasmissione in vari modi, per esempio, cambiando la geometria delle pulegge o spostando la cinghia.



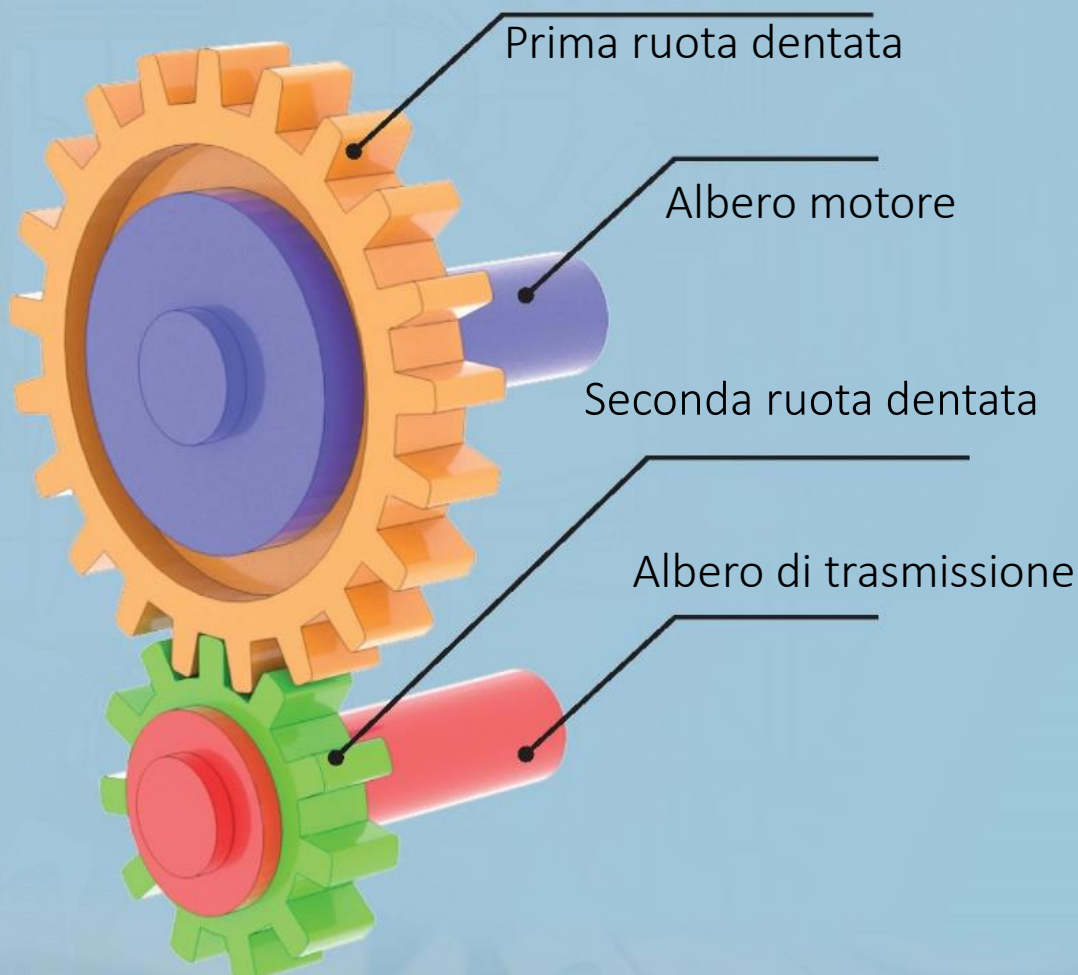
Diamo un'occhiata a una semplice trasmissione a cinghia. Consiste in due piastre (o pulegge) che ruotano. La figura mostra le pulegge A e B, i cui diametri sono: D_A e D_B .

In questo esempio, la puleggia A è sull'albero motore e la puleggia B è sull'albero condotto. Le pulegge sono collegate meccanicamente tramite una speciale cinghia flessibile che si avvolge intorno alle pulegge e viene messa in tensione.

La forza di attrito della cinghia sulle pulegge viene trasmessa, in modo tale che quando la puleggia A ruota, anche la puleggia B ruota. Questa trasmissione può avvenire solo quando la cinghia è tesa.

Una trasmissione a cinghia è simile a una trasmissione a ingranaggi, ma a differenza di una trasmissione a ingranaggi, una cinghia può trasmettere la forza su lunghe distanze. Il momento di forza (coppia) (p 15) è una variabile molto usata per leve, ruote e altre parti rotanti di meccanismi.

Una trasmissione a ingranaggi risolve il problema di come cambiare il momento di forza e la velocità di rotazione dell'albero di uscita, mentre permette al motore di girare al suo ritmo ottimale (albero di entrata). Le coppie di ingranaggi tra gli alberi nella trasmissione possono essere di diversi diametri. Quando un ingranaggio grande con coppia elevata e bassa velocità di rotazione è accoppiato con un ingranaggio più piccolo, si ottiene una coppia piccola e un'altra velocità di rotazione sul secondo albero, e viceversa.



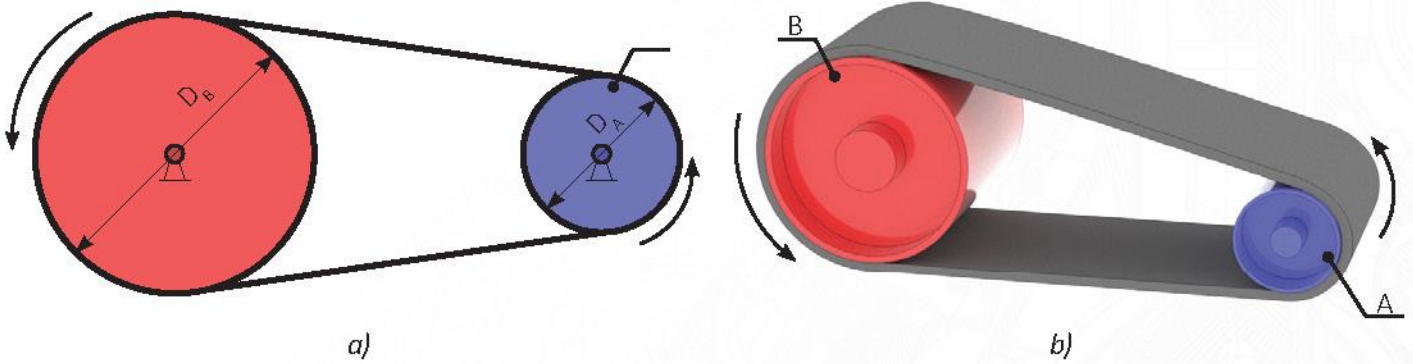
Il concetto ingegneristico di base è che un albero d'ingresso o motore (azionato dal motore) ha ingranaggi fissi che si impegnano con altri ingranaggi fissati a un contralbero, che a sua volta interagisce con ingranaggi fissi sull'albero di uscita. Questo albero di uscita o motore deve vincere la resistenza esterna (per esempio, far ruotare le ruote di un veicolo).

Il parametro più importante delle trasmissioni meccaniche è il rapporto di trasmissione, che è il rapporto delle velocità di rotazione dell'albero motore e dell'albero condotto.

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2}$$

Dove la velocità di rotazione è il numero di giri che ciascuno degli alberi fa al minuto (n_1 è per il primo albero e n_2 è per il secondo). Secondo la legge di conservazione dell'energia, un aumento della velocità corrisponderà a una diminuzione della coppia.

Nell'illustrazione, una delle ruote (la puleggia grande) ruota lentamente, ma un grande momento di forza è applicato al suo albero. La puleggia più piccola ha una velocità di rotazione più alta, ma un basso momento di forza sull'albero.



il momento della forza è un valore uguale al prodotto della forza del braccio. Nel caso più semplice (vedi fig.), il momento della forza che agisce su un corpo è uguale alla forza in Newton moltiplicata per la distanza dell'asse di rotazione al punto di applicazione della forza in metri. Secondo l'esempio, il momento M si trova con la formula:

$$D = F * L.$$

Nell'esempio, la spalla è la distanza dell'asse di rotazione al punto di applicazione della forza (cioè un punto sulla superficie della puleggia).

$$i = \frac{n_A}{n_B} = \frac{D_B}{D_A}$$

Si noti che il rapporto di trasmissione mostra il rapporto delle velocità di rotazione delle pulegge. La puleggia più grande ruoterà a una velocità inferiore rispetto alla puleggia più piccola; quindi, in questo caso, il rapporto di trasmissione è maggiore di 1.



Un Newton (F) è un'unità di forza, una quantità fisica che determina quanto un corpo ne influenza un altro. Per esempio, spesso parliamo di quanto siamo forti, ma ciò che intendiamo veramente è quanto possiamo influenzare altre cose. La forza si misura in Newton.

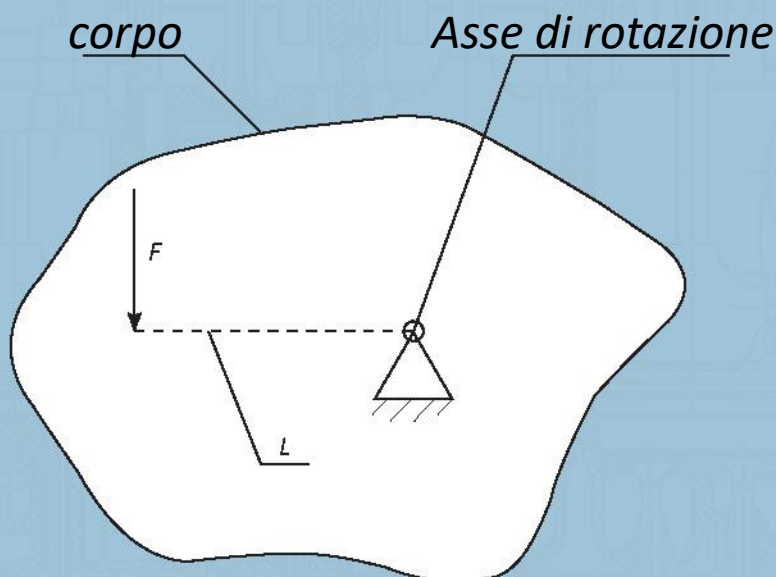
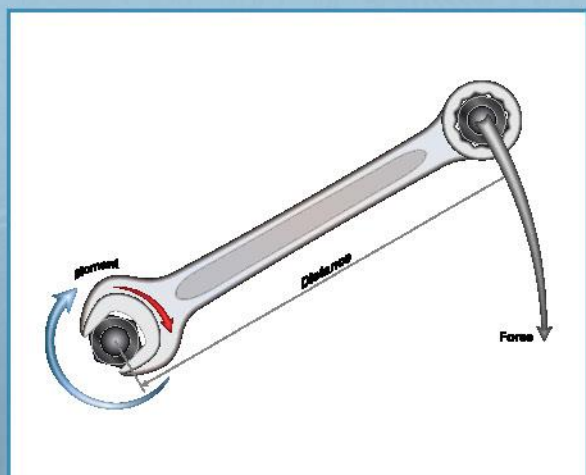


La coppia è prodotto (moltiplicazione) di una forza per la distanza del braccio di leva (misurata dall'asse al punto in cui viene applicata la forza). La forza è espressa in Newton mentre la distanza della leva è espressa in metri o piedi (per esempio, la lunghezza di una chiave inglese). Di conseguenza, $1 \text{ N} * 1 \text{ m} = 1 \text{ Nm}$. 1 Nm equivale a una forza di 1 N (Newton) applicata a una leva di 1 metro .

Nei motori a combustione interna, la forza proviene dal carburante che si accende nel cilindro, poi al gruppo albero motore, e all'albero motore. L'albero a gomito che si impegna con il sistema di trasmissione fa ruotare le ruote.

La coppia non è una costante. Aumenterà con una forza più forte applicata al braccio di leva e viceversa. Se il guidatore spinge il pedale dell'accelerazione, la forza applicata alla leva cresce così come il momento di forza.

Una leva è un corpo rigido che può ruotare intorno a un supporto fisso. Una chiave inglese è un buon esempio di leva. Per svitare un dado, si fissa un'estremità della chiave al dado, poi si applica una forza in senso antiorario all'altra estremità – questa è la struttura fondamentale di una leva.



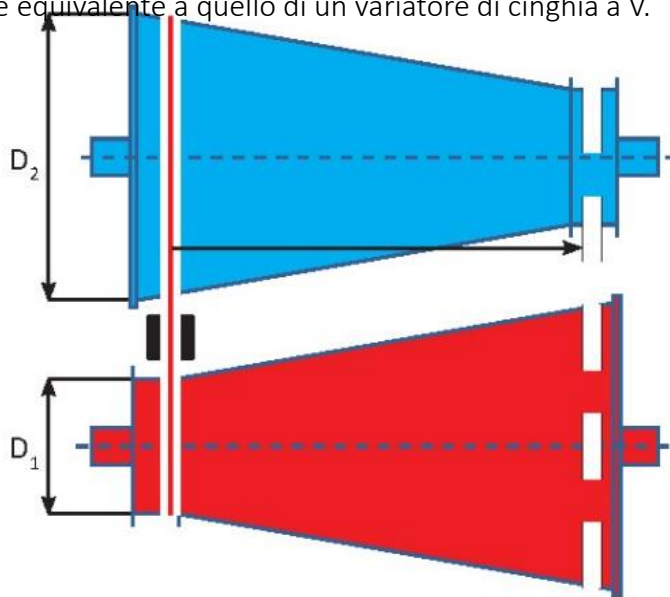
§5

Variatore meccanico UGEARS



Il variatore meccanico UGEARS segue il design di un variatore a cono d'attrito con una cinghia, a differenza del variatore a cinghia trapezoidale descritto sopra. Un variatore a cinghia conica incarna gli stessi principi, ma la geometria delle sue pulegge non cambia.

Le pulegge sono a forma di cono, ed è la cinghia che si muove (usando una leva speciale che sposta la cinghia lungo i coni). La cinghia è fatta di materiale elastico. Quando la cinghia si sposta sul lato di diametro maggiore del primo cono, si sposterà simultaneamente sul lato di diametro minore del secondo cono (vedi fig.). Questo flusso di lavoro è equivalente a quello di un variatore di cinghia a V.



Variatore a cono d'attrito con una cinghia.

Diamo un'occhiata più da vicino al design del variatore UGEARS, così come al processo coinvolto nella modifica del suo rapporto di trasmissione.

Il variatore ha un cono motore, che viene fatto ruotare manualmente per mezzo di una maniglia (tramite una trasmissione supplementare a ingranaggi), e un cono condotto al quale viene trasmessa la rotazione. Una cinghia di materiale elastico è avvolta sui due coni e trasferisce energia meccanica per effetto delle forze di attrito. Il dispositivo è dotato di una leva che permette di spostare la cinghia, cambiando così il rapporto di trasmissione (vedi Fig.).

I due coni hanno le stesse dimensioni. I loro assi di rotazione sono paralleli, ma i loro vertici sono rivolti in direzioni opposte. Così, l'estremità del primo cono (motore) con diametro massimo è posta di fronte all'estremità del secondo cono (condotto) con diametro minimo.

In questo modello, il diametro massimo del cono è di 65 mm, e il minimo di 25 mm (il rapporto di questi valori è 2,6). Ricordate che il variatore può essere considerato una trasmissione a cinghia convenzionale con pulegge di diametro variabile. Se si usassero delle pulegge vere e proprie (invece dei coni), i fianchi mobili delle pulegge creerebbero dei diametri che vanno da 25 mm a 65 mm.


 n_A^-
 D_A^-
 n_B^-
 D_B^-

Useremo le seguenti notazioni per il variatore:

n_A – velocità di rotazione del cono di guida

D_A – valore attuale del diametro del cono motore

n_B – velocità di rotazione del cono condotto

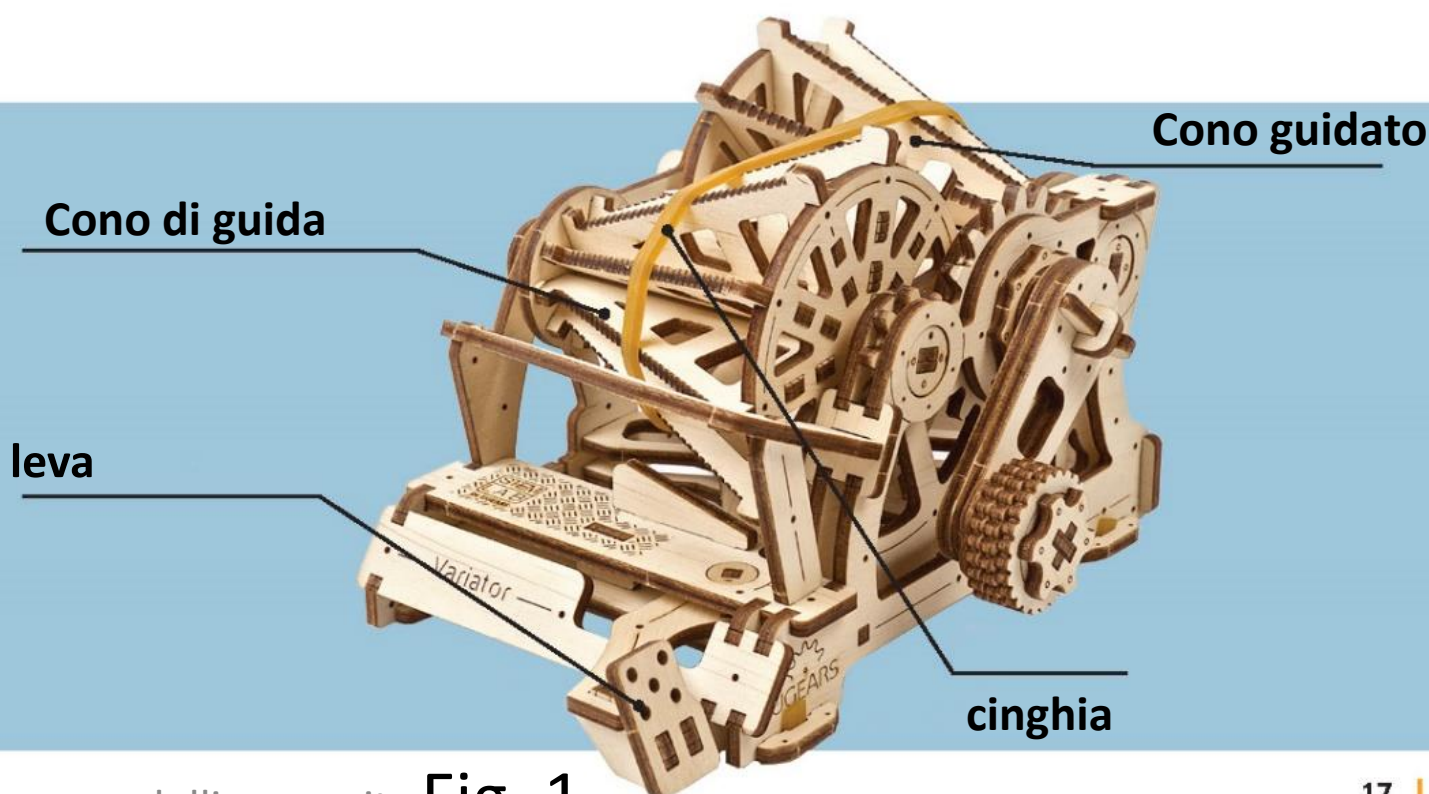
D_B – valore attuale del diametro del cono condotto

Cambiare il rapporto di trasmissione con il variatore UGERAS

Nella posizione mostrata nella figura 1, il nastro è stato posizionato con una leva al centro dei coni. In questa posizione, i diametri dei due coni sono uguali nel punto sotto la cinghia. Troviamo il rapporto di trasmissione:

$$i = \frac{n_A}{n_B} = \frac{D_B}{D_A}$$

Secondo la formula di cui sopra, poiché i diametri sono uguali, il rapporto di trasmissione è 1.



Nel prossimo esempio (fig. 2), la cinghia è nella posizione estrema destra, quindi $D_A = 25 \text{ mm}$ per il cono guida, e $D_B = 65 \text{ mm}$ per il cono guidato. Il rapporto di trasmissione è pertanto:

$$i = \frac{n_A}{n_B} = \frac{D_B}{D_A} = 2.6$$

Con la cinghia in questa posizione, la trasmissione sarà un riduttore.

Nel nostro esempio, la trasmissione diminuisce la velocità ($n_A > n_B$). Il cono motore di diametro minore ruota 2,6

volte più velocemente di quello condotto di diametro maggiore. In altre parole, mentre il cono motore fa 2,6 giri,

quello condotto fa 1 giro.



Fig. 2

Se mettete la cinghia nella posizione opposta (nella posizione all'estrema sinistra lungo i cono nella figura), la trasmissione sarà da cono di grande diametro a cono di piccolo diametro, aumentando la velocità mentre diminuisce corrispondentemente la coppia ($n_A < n_B$).

In questa posizione, il rapporto di trasmissione sarà di 0,38 e 1 giro del cono motore corrisponderà a 2,6 giri del cono condotto.

Si può usare la leva per posizionare la cinghia in qualsiasi posizione intermedia (né centrale, né estrema), e poi calcolare il rapporto di trasmissione misurando i rispettivi diametri della cinghia su ogni cono. È possibile verificare la correttezza dei calcoli effettuati facendo 1 giro del cono motore e valutando il numero di giri fatti dal cono condotto.

§6

Via con la
pratica!

Test di valutazione

1. A cosa corrisponde il momento di forza?

- a) Forza divisa per il braccio
- b) Forza moltiplicata per il braccio
- c) Valore della forza fluttuante in un dato momento

2. Cosa significa il rapporto di trasmissione?

- a) Rapporto delle velocità di rotazione dell'albero motore e dell'albero condotto
- b) Velocità di rotazione dell'albero condotto
- c) Rapporto dei diametri delle pulegge primaria e secondaria

3. Quale dei seguenti rapporti di trasmissione fornisce un aumento della velocità di uscita?

- a) 2
- b) 1
- c) 0.5

4. Quale è la differenza tra un variatore e una trasmissione a cinghia convenzionale?

- a) Un variatore contiene una cinghia di lunghezza variabile
- b) Un variatore permette di cambiare gradualmente il rapporto di trasmissione
- c) Un variatore permette di cambiare dolcemente il rapporto di trasmissione

Congratulazioni! Ce l'hai fatta!

Grazie per aver partecipato con noi a questa avventura, speriamo tu ti sia divertito imparando molto!