

ENERGIA “FREE” DA UN PENDOLO

(studio di Jovan Marjanovic, ingegnere elettrico, maggio 2011)

Obiettivo di questo studio è dimostrare l'importanza della lunghezza di un pendolo con un punto di connessione mobile (pivot point) sulla sua efficienza energetica come generatore. Il quoziente massimo possibile di “overunity” (efficienza superiore al 100 %) verrà determinato in base ad alcune precise condizioni. Verrà inoltre mostrata l'influenza dell'angolo critico (l'angolo in cui il punto pivot del pendolo inizia a muoversi) sull'efficienza del pendolo.

Introduzione

Nel precedente lavoro è stata fatta vedere l'influenza della legge della conservazione del momento angolare sulla velocità di un pendolo, e la forza centrifuga quando la lunghezza del pendolo viene cambiata nella sua posizione più bassa. La conclusione era che la legge della conservazione dell'energia era valida, e che non aveva importanza che il manico del pendolo venisse accorciato.

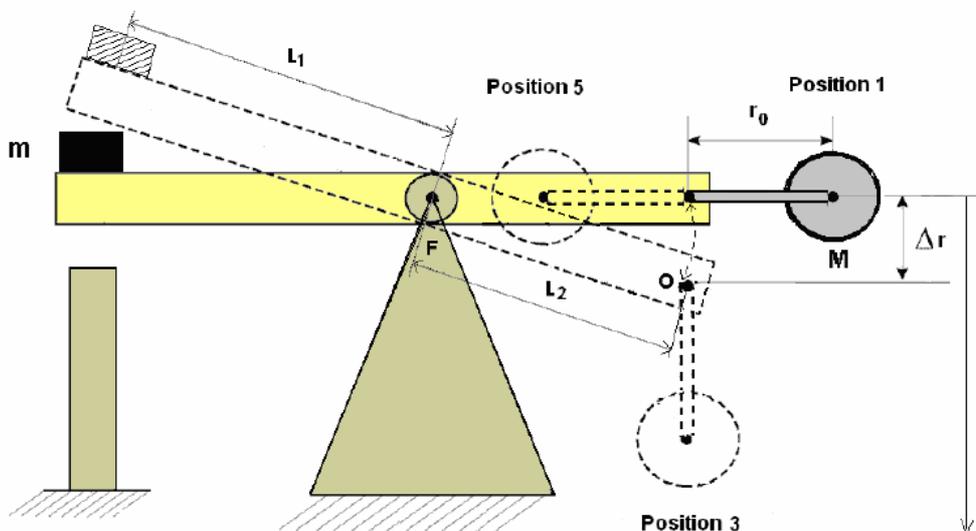
E' ben noto dagli esercizi della pratica che l'oscillatore a due stadi si comporta in modo molto negativo quando al punto pivot (quello di connessione con il braccio di leva) vengono consentiti i grandi spostamenti (verso l'alto o verso il basso). Per questa ragione si è arrivati alla logica di accorciare il moto del punto pivot e incrementare la forza del pendolo con una massa molto più pesante sul braccio, al fine di mantenere costante l'energia prodotta in uscita dalla macchina.

Questo studio è l'opera più importante realizzata dall'autore, e riguarda l'esistenza di energia “overunity” (rendimento superiore a 1) con un “punto pivot” mobile, opzione che esiste ma solo quando sono presenti alcune specifiche condizioni.

LAVORO IN USCITA DELL'OSCILLATORE A DUE STADI

E' importante chiarire quale forza svolge lavoro in uscita (energia in output) nell'oscillatore meccanico, al fine di determinare le condizioni generali in cui si ottiene l' “overunity” (rendimento superiore a 1).

L'oscillatore rappresentato nella figura sottostante si è dimostrato veramente complesso da studiare, ai fini di un'esatta analisi matematica. L'influenza di ritorno della massa “m”, nel lato sinistro della leva, contribuisce alla complessità. L'energia inutilizzata della massa “m” oscillerebbe se la macchina funzionasse (nella parte sinistra) come un martello, a meno che lì non venga applicato un apparecchio che consuma energia, ad esempio una pompa idraulica “manuale” per l'acqua.



Picture 1

La funzione principale della massa “m” è di far ritornare il punto pivot alla sua posizione iniziale quando il pendolo, alla fine del suo ciclo di rotazione, entra nella fase “senza peso” (ovvero quando è nella posizione 5 o 1). Questo lavoro svolto dalla massa “m” è minimale e verrà ignorato nelle prossime analisi. La seconda funzione della massa “m” è di “azzerare” l'apparecchio che accumula energia, riportandolo nella posizione iniziale. Si pensi ancora ad una pompa d'acqua con un pistone, a questo proposito. Nel caso di una pompa che funziona in entrambe le direzioni (es. pompa a sentina) non ci sono posizioni iniziali, perché essa lavora in entrambi i versi. In ambo i casi la massa “m” svolge un lavoro positivo, ma solo con l'aiuto dell'energia potenziale che essa riceve dal pendolo. Lo stesso accadrebbe se, al posto della massa “m”, nel lato sinistro della leva si applicasse una molla.

La conclusione è che l'energia in uscita dell'oscillatore dipende solo da un pendolo con punto pivot mobile. Per questo motivo, di seguito, verrà analizzato solo il pendolo.

Verrà analizzato in particolare il movimento verticale del punto pivot, verso l'alto e verso il basso, perché è quello che svolge lavoro utile (positivo), ed è anche molto maggiore del movimento orizzontale.

Lavoro di un pendolo con punto pivot mobile

E' noto che l'energia iniziale “consumata” per sollevare il pendolo fino alla sua posizione di partenza 1 è sempre uguale alla sua energia potenziale:

$$E_p = M * g * r_0 \quad (1)$$

dove l'altezza r_0 (il raggio) equivale alla lunghezza del manico del pendolo, se la posizione di partenza del pendolo quando lo si fa cadere ha un angolo di 90 gradi rispetto alla linea verticale (vedi figura 1). E' anche noto che il punto pivot del pendolo si abbasserà di una certa quota, denominata Δr , in quanto sostanzialmente è come se il manico del pendolo (pari al raggio r_0) subisse un allungamento fino ad arrivare ad “r” (vedi ancora la figura 1). Questo abbassamento del punto pivot diminuisce l'energia potenziale del sistema per un ammontare pari a:

$$\Delta E_p = M * g * \Delta r \quad (2)$$

Questa diminuzione dell'energia deve essere compensata, se si vuole che il pendolo possa elevarsi di nuovo fino alla sua posizione iniziale, sia essa la 1 o la 5 (vedi fig. 1). Questo significa che si tratta di una normale perdita del sistema per il mantenimento del pendolo (nell'ipotesi che la macchina consumi tutta l'energia in uscita, nel lato sinistro, e nulla ritorni indietro sotto forma di oscillazione). Le perdite per attrito e resistenza sono state trascurate, visto che sappiamo che sono molto basse. E' anche noto che la forza di tensione “T” nel punto più basso (posizione 3 del pendolo della figura 1) è pari a :

$$T = 3 * M * g \quad (3)$$

a condizione che il pendolo sia stato fatto cadere da una posizione iniziale in cui il manico intersecava a 90 gradi la linea verticale (ovvero parallelo al terreno, posizione 1 e 5 della figura 1). Parte della forza di tensione del pendolo, nel punto più basso, è forza centrifuga ed è pari a:

$$F_c = 2 * M * g \quad (4)$$

Se la posizione di partenza del pendolo avesse presentato un angolo di 60 gradi, la forza di tensione sarebbe stata inferiore, cioè pari a $2 * M * g$. E la forza centrifuga F_c , di cui sopra, sarebbe stata sensibilmente più bassa, ovvero pari a $M * g$.

La forza peso $M * g$ non può svolgere lavoro, perché questa energia del peso sta oscillando nel

pendolo per mantenere il movimento. Se questa forza peso svolgesse un lavoro l'oscillazione del pendolo si fermerebbe subito. Per questa stessa ragione la perdita di energia potenziale (formula 2) deve essere compensata.

Questo significa che solo la forza centrifuga F_c può svolgere lavoro in modalità “overunity” (ovvero nel lato sinistro della macchina, con un rendimento maggiore di 1), e il compito della gravità è solo quello di creare forza centrifuga.

Il lavoro svolto dalla forza centrifuga per un angolo iniziale di 90 gradi equivale a:

$$E_c = 2 * M * g * \Delta r \quad (5)$$

mentre nel caso di un pendolo che invece parta da una posizione iniziale a 60 gradi è pari a:

$$E_c = M * g * \Delta r \quad (6)$$

Nota Bene: Si è dato per scontato qui che la forza centrifuga F_c svolga “lavoro” quando è nel punto più basso del movimento del pendolo, perché è lì che questa forza ha l'intensità maggiore e una direzione verticale (la stessa del manico del pendolo).

Si noti che la velocità del pendolo nella posizione 1 e nella posizione 5 è uguale a zero e lì non c'è forza centrifuga. Poiché il pendolo in quelle due posizioni è in uno stato “senza peso”, lì non c'è proprio la forza di tensione “T”. Questo significa che il pendolo non eseguirebbe nessun lavoro “positivo” se il punto pivot si muovesse in quelle due posizioni, la 1 e la 5 (a 90 gradi rispetto alla linea verticale): il lavoro “positivo” non esisterebbe nemmeno se ci fosse la forza di tensione T perché essa sarebbe perpendicolare al movimento del punto pivot.

Nel calcolo del quoziente di efficienza della macchina, il lavoro del peso Mg deve essere incluso (e compensato): in sostanza per calcolare il rendimento il lavoro “positivo” totale in uscita deve essere diviso con l'energia consumata ad ogni giro del pendolo, quella che serve a mantenerlo in movimento alla stessa altezza. L'energia iniziale immessa la prima volta per sollevare il pendolo fino alla posizione iniziale può essere trascurata.

Il lavoro svolto in uscita dal punto pivot mobile O, nella posizione 3 della figura 1, per un pendolo che parta da 90 gradi d'angolo equivale a:

$$E_{out} = T * \Delta r = 3 * M * g * \Delta r \quad (7)$$

Il lavoro svolto da un pendolo con angolo iniziale di 60 gradi equivale a:

$$E_{out} = 2 * M * g * \Delta r \quad (8)$$

Poiché è necessario aggiungere energia iniziale al pendolo (l'ammontare di questa energia di input è dato dalla formula 2) e l'energia in uscita è data dalle formule 7 o 8, questo implica che il massimo quoziente di efficienza della macchina, per un angolo iniziale di 90 gradi, sarà uguale a 3, e per un pendolo con angolo iniziale di 60 gradi sarà uguale a 2. Questo è valido a patto che non ci sia un cambio di magnitudo della forza centrifuga quando il punto pivot inizia a muoversi.

Se il pendolo potesse fare un giro completo e la posizione iniziale fosse più alta, allora la forza di tensione totale T nella posizione più bassa (posizione 3 del pendolo) sarebbe uguale a:

$$T = 5 * M * g.$$

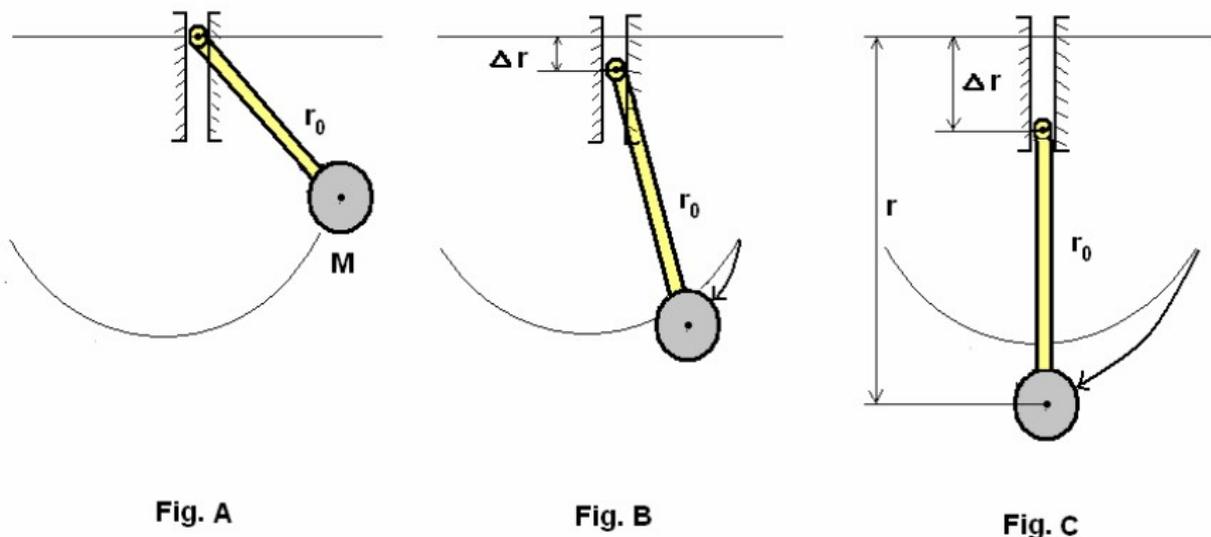
E il quoziente massimo di efficienza sarebbe pari a 5.

INFLUENZA DEL MOVIMENTO DEL PUNTO PIVOT SULLA FORZA CENTRIFUGA

Una cosa importante da sottolineare è che la forza centrifuga diminuisce quando il punto pivot del pendolo si abbassa. La formula per il calcolo della forza centrifuga è questa:

$$F_c = M * v^2 / r \quad (9)$$

Quando il punto pivot si muove verso il basso, l'arco disegnato dal manico del pendolo non è più circolare e ha la tendenza a incurvarsi all'ingiù. In sostanza, il cerchio diventa un ovale. Lo stesso vale se il raggio di curvatura r_0 fosse allungato, sommandovi Δr . Vedi la figura 2 qui sotto:



Picture 2

Una nuova formula per la forza centrifuga nella posizione 3, la più bassa, è quindi:

$$F_c = M * v^2 / (r_0 + \Delta r) \quad (10)$$

Ma anche il diminuire della velocità del pendolo contribuisce alla riduzione della forza centrifuga. Da uno studio precedente di questo autore si sa che l'estensione del manico del pendolo nella posizione più bassa, la 3, farà diminuire la velocità del pendolo: questo perché possa mantenersi valida la legge della conservazione del momento angolare (approfondita nel lavoro precedente). Quella legge è valida solo intorno alla posizione 3, la più bassa, perché il momento di forza $M * g$ del punto pivot O lì non esiste, oppure è davvero molto piccolo. La velocità nella posizione 3 cambia in conseguenza della legge della conservazione del momento angolare, ed è data dalla formula:

$$v = \frac{r_0}{r_0 + \Delta r} v_0 \quad (11)$$

dove v_0 è la velocità del pendolo nella posizione 3, la più bassa, per un pendolo identico ma in cui il punto pivot è fisso, non può muoversi.

Cambiando la formula (11) nella (10) (cioè sostituendo la velocità così come ottenuta nella (11) nella formula precedente) otteniamo la formula per la forza centrifuga nella posizione più bassa, la 3, nella quale viene inclusa l'influenza del movimento del punto pivot:

$$F_c = M \frac{v_0^2 r_0^2}{(r_0 + \Delta r)^3} \quad (12)$$

La forza centrifuga svolge lavoro “positivo” a causa del movimento del punto pivot, e questo lavoro è uguale alla forza centrifuga F_c moltiplicata per la lunghezza dello spostamento del punto pivot del pendolo, ovvero Δr . Al fine di incrementare questo lavoro “positivo” si deve quindi incrementare o la forza centrifuga, oppure il movimento del punto pivot. Il problema è che il movimento del punto pivot fa diminuire la forza centrifuga, a causa dell'estensione del raggio di curvatura “ r ” e anche a causa del decremento della velocità “ v ”, come si è visto. Questo significa che l'aumento della lunghezza dello spostamento del punto pivot va evitata, e al suo posto va incrementata la forza centrifuga generata dalla rotazione del pendolo.

Abbiamo scoperto questi fenomeni che sono stati descritti dopo una serie di esperimenti: è stato tenuto costante il lavoro “positivo” svolto in uscita, e mentre da un lato veniva incrementata la massa del pendolo M , dall'altro veniva ridotto lo spostamento del punto pivot, riducendo progressivamente la dimensione del braccio di leva L_2 che sostiene il pendolo stesso.

INFLUENZA DELLA LUNGHEZZA DEL MANICO DEL PENDOLO SULL'EFFICIENZA DELLA MACCHINA

Un fatto non scontato, scoperto grazie alle prove di un costruttore texano, Raymond Head, è che la lunghezza del manico del pendolo può incrementare la potenza in uscita dell'oscillatore. Le osservazioni del costruttore erano corrette per molti aspetti.

Se la lunghezza del manico del pendolo (cioè il raggio r_0) aumenta, il movimento del punto pivot Δr diventa proporzionalmente più piccolo. Questo implica che il movimento del punto pivot avrà un'influenza minore sulla riduzione della forza centrifuga di cui si parlava nel capitolo precedente, a causa dell'incremento del raggio di curvatura “ r ” e del decremento della velocità “ v ”.

Lo si può dimostrare nel modo seguente. Per prima cosa troviamo la formula per la velocità massima v_0 per un pendolo con un punto pivot fisso (che non si muove) e un angolo iniziale, di partenza, di 90 gradi. E' facile da trovare poiché nella posizione 3, la più bassa, tutta l'energia potenziale E_p del pendolo si trasforma in energia cinetica E_k , e noi abbiamo:

$$M * g * r_0 = \frac{1}{2} * M * (v_0)^2 \quad (13)$$

da questa formula ricaviamo che :

$$(v_0)^2 = 2 * g * r_0 \quad (14)$$

sostituendo la formula (14) nella formula (12) otteniamo la formula finale della forza centrifuga:

$$F_c = 2Mg \frac{r_0^3}{(r_0 + \Delta r)^3} \quad (15)$$

L'eventuale surplus di energia in uscita che si crea grazie al lavoro svolto dalla forza centrifuga equivarrà allora a:

$$E_c = 2Mg \frac{r_0^3}{(r_0 + \Delta r)^3} \Delta r \quad (16)$$

Ora possiamo realizzare una tabella con Δr fissi pari a 10 centimetri, che è un movimento del punto pivot decisamente grande. Notiamo che il movimento della leva dalla parte sinistra della macchina (dove c'è il generatore, o la pompa idraulica che consuma energia) dipenderà anch'esso dal rapporto fra i due bracci della leva, L1 e L2. Calcoleremo ora uno degli elementi che compongono la formula (16) qui sopra, a seconda di come variano le lunghezze del manico del pendolo r_0 . Questo elemento (parametro) della formula è:

$$\rho = \frac{r_0^3}{(r_0 + \Delta r)^3} \quad (17)$$

r_0	0,25 metri	0,5 m	1 m	2 m	3 m
ρ	0,36	0,58	0,75	0,86	0,91

Da questa tabella è evidente che c'è un miglioramento del parametro ρ se la lunghezza del pendolo (r_0) diventa via via più grande. Più il parametro ρ si avvicina a 1, meno negativa è l'influenza della legge della conservazione del momento angolare sulla forza centrifuga. Poiché la forza centrifuga ha la sua massima intensità nella posizione più bassa, la 3, il miglioramento del parametro ρ ha grande importanza.

POTENZA INIZIALE DEL PENDOLO

Aumentando la lunghezza del manico del pendolo si aumenta anche la potenza iniziale del pendolo. Comunque, questo non influisce nella potenza massima di uscita dell'oscillatore, come da formula (7), perché la forza di tensione T non dipende dalla lunghezza r_0 del manico.

Se guardiamo indietro alla formula (1) vediamo che l'energia iniziale del pendolo E_p è proporzionale all'altezza alla posizione di partenza 1, e possiamo notare che l'altezza è uguale alla lunghezza del manico nel caso l'angolo iniziale del pendolo sia 90 gradi.

La potenza è definita come una frazione temporale dell'energia:

$$P = E_p / t \quad (18)$$

Il tempo “t” è mezzo periodo d'oscillazione del pendolo e per piccole oscillazioni è pari a:

$$T = \pi \sqrt{\frac{r_0}{g}} \quad (19)$$

Inserendo le formule (1) e (19) nella (18), otteniamo che la potenza è pari a:

$$P = (Mg / \pi) \sqrt{g r_0} \quad (20)$$

Questo significa che la potenza aumenterà all'aumentare della lunghezza del manico, benché in questo modo pure il periodo di oscillazione verrà incrementato. Il motivo sta nel fatto che il periodo di oscillazione “t” non aumenterà in modo proporzionale al crescere della lunghezza del manico, bensì sarà pari alla radice quadrata della lunghezza.

Comunque, la potenza iniziale del pendolo potrebbe essere trasferita direttamente sulla parte sinistra della macchina, sul generatore, solo se la massa M del pendolo aumentasse. Questo perché solo la massa M può incrementare la forza di tensione totale (composta da forza peso e forza centrifuga). L'aumento della lunghezza del manico del pendolo aumenterà in modo indiretto l'output della macchina minimizzando gli effetti negativi della forza centrifuga.

INFLUENZA DELL'ANGOLO CRITICO SULLA VELOCITA' DEL PENDOLO

L'angolo critico è l'angolo formato da una linea verticale e dal pendolo in cui la forza di tensione T è grande abbastanza da permettere di superare il peso della massa “m” sulla parte sinistra della macchina e la resistenza del generatore che lì viene applicato, facendo spostare in basso il punto pivot del pendolo. Questo angolo dipende da più aspetti: la proporzione fra le masse M e “m”, la resistenza opposta dal generatore, la posizione iniziale 1 del pendolo che determina la massima forza centrifuga Fc, e anche la proporzione della lunghezza del braccio sinistro L1 e del braccio destro L2 della leva.

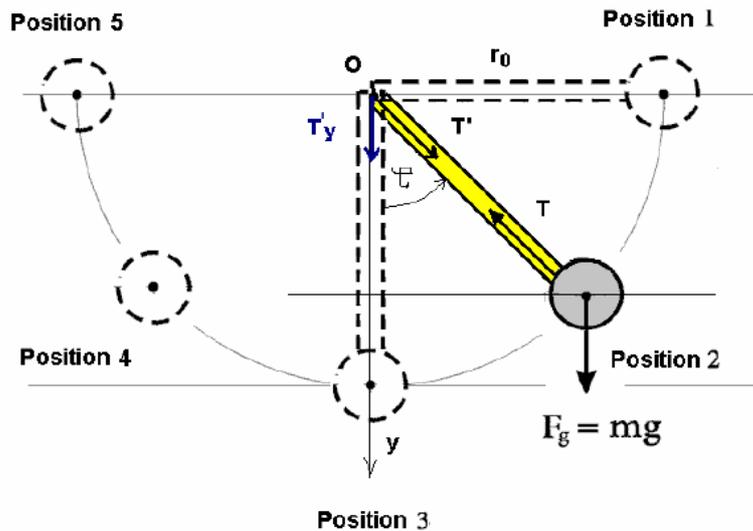
L'importanza dell'angolo critico è duplice, perché esso influenza non solo la forza centrifuga ma anche la velocità del pendolo. La velocità del pendolo determina la sua energia cinetica Ec, che poi viene trasformata in energia potenziale. Esamineremo per prima cosa l'influenza dell'angolo critico sulla forza centrifuga.

La formula per la forza tensione T nel manico del pendolo con un punto pivot fisso (che non può muoversi), è pari a:

$$T = M * g * (3\cos\varphi - 2\cos\varphi^0) \quad (21)$$

dove φ^0 è l'angolo della posizione iniziale (se parte dalla posizione 1 sarà quindi 90 gradi).

D'intesa con la terza legge di Newton sull'azione e la reazione, la forza di tensione T nel manico del pendolo viene trasferita al punto pivot O, ma con direzione opposta: vedi la forza T' nel disegno seguente. In pratica però esse sono la stessa forza, e da adesso infatti useremo solo il termine forza tensione T.



Picture 3

Poiché il punto pivot, quando è mobile, si muove solo in direzione verticale, solo la componente verticale della forza tensione può compiere il lavoro. Chiameremo questa componente T_y (vedi disegno). Questa componente diminuisce quanto più è grande l'angolo φ (ovvero, quanto più si è vicini ai 90 gradi del punto iniziale di partenza), e diminuisce anche con il decrescere della forza T . Se l'angolo iniziale φ^0 è di novanta gradi, si ha che il $\cos\varphi^0$ è uguale zero. Considerato che la formula per la componente verticale della forza tensione è pari a:

$$T_y = T * \cos \varphi$$

e ricordando la formula (21), che in questo caso sarà $T = M * g * 3\cos\varphi$, e sostituendola all'interno, si ha:

$$T_y = T \cos(\varphi) = 3Mg \cos^2(\varphi) \quad (22)$$

Questa forza, verticale, è tanto più piccola quanto più il pendolo è vicino alla posizione iniziale, di partenza, a novanta gradi. Se il pendolo riesce a superare e spostare la massa "m" nel momento in cui l'angolo critico è grande, lì la forza di tensione T_y è debole e il lavoro in uscita sarà di intensità bassa. E poiché la diminuzione di energia potenziale va compensata, il quoziente di efficienza della macchina sarà molto basso. **Ne consegue che lo spostamento del punto pivot, e l'azione sul braccio di leva con lo spostamento della massa "m" dall'altra parte, dovrebbe avvenire nel punto più basso possibile.**

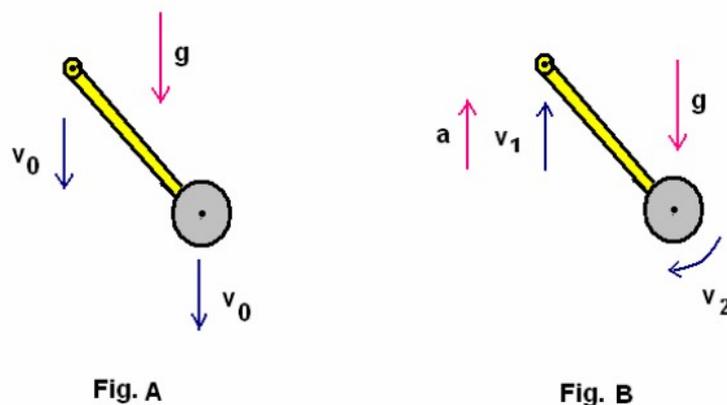
VELOCITA' DEL PENDOLO E ANGOLO CRITICO

L'energia cinetica del pendolo dipende dalla sua velocità. Se il pendolo è vicino alla posizione 3, quella più bassa, significa che la maggior parte dell'energia potenziale si è già trasformata in energia cinetica e la direzione della velocità diventa quasi orizzontale. Il punto pivot del pendolo inizia a muoversi verso il basso dopo che il pendolo ha superato, nella sua discesa, la posizione 2: lì il punto pivot inizierà a muoversi, anche con una certa accelerazione. Il suo movimento verso il basso non si ferma nella posizione più bassa, la 3, ma nella posizione 4 quando la forza tensione T diventa sufficientemente debole in modo da consentire alla massa "m" sul braccio sinistro della macchina di

spingere verso l'alto il punto pivot, tornando alla posizione di equilibrio iniziale.

Si noti che per gli oscillatori che usano molle al posto della massa "m", il punto pivot inizia a muoversi in anticipo e ferma il proprio movimento poco dopo che il pendolo ha superato la posizione 3. In quel punto il movimento si inverte, e ritorna verso la posizione 4. **L'impiego di sole molle può diminuire il quoziente di efficienza** poiché il punto pivot ritorna alla posizione iniziale prima della posizione 5, dove il pendolo entra nella fase "senza peso". Questo significa che la forza centrifuga svolgerà un lavoro ugualmente positivo e negativo, e non darà luogo a nessun surplus di energia.

L'accelerazione del punto pivot "a" (vedi figura 4) influenza la velocità del braccio del pendolo nel modo seguente. Se il punto pivot accelera verso il basso, questo ha un effetto negativo sul pendolo perché è come se la costante di gravità diventasse più piccola: il braccio del pendolo accelererà più lentamente, e avrà una velocità e un'energia cinetica nella posizione 3 minori del solito. Questo concetto è evidente nel disegno A della figura qui sotto:



Picture 4

Al pendolo viene consentito di cadere liberamente, così che l'accelerazione di gravità influenzi allo stesso modo sia il braccio del pendolo che il punto pivot. In questa situazione evidentemente il pendolo non ruoterà mai attorno al punto pivot (visto che cadono insieme). Se il punto pivot però si muovesse in direzione contraria, come nel disegno B della figura, il pendolo accelererebbe più velocemente del solito e riceverebbe energia addizionale. L'effetto è lo stesso che se la forza di gravità diventasse più grande: $g' = g + a$

Nel caso della macchina che stiamo studiando, dalla posizione due alla posizione tre del primo disegno di questo studio sia ha la situazione del disegno A della figura qui sopra, perché sia il punto pivot che il braccio del pendolo accelerano verso il basso, e il pendolo perde energia. La situazione è migliore dalla posizione 3 alla posizione 4, perché il braccio del pendolo inizia a risalire e la sua accelerazione ha una direzione opposta rispetto all'accelerazione del punto pivot.

Per migliorare il tutto, quindi, la cosa migliore è che la posizione 2 (quella in cui il punto pivot inizia a muoversi) sia più bassa possibile. Questo perché lì il grosso dell'energia potenziale della macchina sarà già stata convertita in energia cinetica, e qualsiasi cambiamento nella costante gravitazionale non avrà più importanza. Comunque, la posizione di ritorno 4 deve essere vicina alla posizione "senza peso", la 5, e alcuni compromessi vanno fatti, o la leva si troverà bloccata nella posizione 4 e rilasciata quando il pendolo si troverà vicino alla posizione 5.

Più dettagli sull'influenza dell'accelerazione del punto pivot sulla velocità del pendolo sono presenti in un precedente lavoro di questo autore, "Teoria delle macchine a gravità".

CONCLUSIONE

In questo lavoro sono state determinate le condizioni massime possibili di efficienza “overunity” di questa macchina, in base a certe condizioni. Queste condizioni non erano note prima, e c'era molta confusione in materia. Una macchina senza un generatore si comporterebbe come se avesse un'efficienza molto maggiore di una macchina con una pompa idraulica attaccata ad essa. La ragione sta nell'oscillazione dell'energia.

Tutti i precedenti sforzi del lavoro di ricerca erano stati diretti verso la riduzione del movimento del punto pivot e verso l'aumento della massa del pendolo. L'abbreviazione del movimento del punto pivot era stata ottenuta riducendo la lunghezza L_2 del braccio destro di leva. Senza generatore attaccato, questo tipo di oscillatore ha riscontrato la miglior efficienza energetica quando la proporzione fra i due bracci di leva era 3,5 a 1.

In questo lavoro è stato matematicamente provato che la lunghezza del pendolo ha influenza sia sulla forza centrifuga che sul quoziente di efficienza. Il modello proposto è stato semplificato perché il peso della leva è stato ignorato, come pure il movimento orizzontale del punto pivot del pendolo (vedi figura 1).

La massa sul braccio sinistro ha inerzia e ottenere un angolo critico in una posizione bassa potrebbe non servire a molto, perché il sistema ha bisogno di tempo per muovere la massa “m” sull'altro lato. Gli oscillatori che usano molle al posto della massa “m” hanno meno problemi con l'inerzia, ma i loro punti pivot iniziano a muoversi verso il basso troppo presto e iniziano a muoversi verso l'alto subito dopo aver superato la posizione 3. Smettono di tornare verso l'alto nella posizione 4. Questo significa che essi non seguono la logica dell'impiego di una pesante forza centrifuga per ottenere lavoro utile sull'alto lato della macchina, e non usano lo stato “senza peso” per riportare il punto pivot nella sua posizione iniziale. Il loro quoziente di efficienza potrebbe essere molto basso.

L'allungamento del manico del pendolo non solo mantiene la forza centrifuga costante, nella posizione più bassa, ma rallenta anche la caduta del pendolo e consente di avere un angolo critico basso perché il pendolo ha più tempo di muovere la massa “m” sulla leva. L'unico problema con questa logica è che la macchina lavora più lentamente: però ci sono molti benefici.

(Jovan Marjanovic)