

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000026915
Data Deposito	20/10/2021
Data Pubblicazione	20/04/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	B	7	30
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	M	13	02
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	M	13	023
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	65	G	43	04
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	D	5	18

Titolo

METODO E SISTEMA DI MISURAZIONE PER DETERMINARE LO SFASAMENTO ANGOLARE TRA DUE ALBERI E SISTEMA MECCANICO COMPRENDENTE TALE SISTEMA DI MISURAZIONE

"METODO E SISTEMA DI MISURAZIONE PER DETERMINARE LO SFASAMENTO ANGOLARE TRA DUE ALBERI E SISTEMA MECCANICO COMPRENDENTE TALE SISTEMA DI MISURAZIONE"

DESCRIZIONE

5 Campo di applicazione

La presente invenzione è generalmente applicabile al settore tecnico dei sistemi meccanici con due o più alberi rotanti operativamente associati tra loro. In particolare, l'invenzione ha per oggetto un metodo ed un gruppo di misurazione per determinare uno sfasamento angolare tra i due alberi rispetto alla fase attesa in condizioni di sincronismo.

10 Stato della tecnica

Com'è noto, esistono sistemi meccanici comprendenti due o più alberi operativamente interconnessi da organi trasmissione in modo da ruotare con velocità uguali oppure in reciproco rapporto costante.

È il caso, ad esempio, di macchine ed impianti industriali in cui è presente una pluralità di dispositivi che vengono fatti ruotare a velocità predefinite per svolgere determinate operazioni.

In alcuni casi noti, uno degli alberi è collegato ad un motore, mentre gli altri alberi sono condotti dal primo.

In alcuni casi noti, gli organi di trasmissione del moto rotatorio tra i vari alberi comprendono elementi flessibili quali cinghie di trasmissione, che possono venire realizzate in vari materiali come plastica, gomma, eccetera, oppure catene di trasmissione in materiale metallico, oppure ancora altri organi flessibili di tipo analogo.

In alcuni dei suddetti casi, è necessario assicurare che i diversi alberi ruotino alle velocità previste in modo da rimanere sempre sincronizzati tra loro, evitando possibili sfasamenti angolari.

Si precisa fin d'ora che, nella presente domanda, il termine "sincronizzato" o "in fase", riferito a due alberi di uno dei suddetti sistemi meccanici, viene utilizzato per indicare una condizione in cui l'angolo di rotazione di un primo dei suddetti alberi è sempre proporzionale all'angolo di rotazione del secondo albero, indipendentemente dall'entità dei suddetti angoli ed alla velocità di rotazione del sistema. Pertanto, la suddetta condizione di sincronismo può sussistere sia nel caso che i due alberi ruotino alla medesima velocità

angolare, sia nel caso che le loro velocità angolari siano diverse, purché il rapporto tra di esse rimanga costante nel tempo.

Al contrario, la deviazione dalla suddetta condizione di sincronismo viene definita "sfasamento angolare". Lo sfasamento, che può essere misurato ad esempio in gradi, può 5 fare riferimento alla situazione iniziale degli alberi in condizioni di sincronismo, in cui il suddetto sfasamento può venire assunto convenzionalmente pari a zero.

Quando la rotazione viene trasmessa tra gli alberi per mezzo dei suddetti elementi flessibili quali cinghie o catene di trasmissione, gli alberi possono venire dotati di ingranaggi sui quali si accoppiano delle sagomature degli elementi flessibili, al fine di assicurare il 10 mantenimento della sincronizzazione reciproca.

L'accorgimento appena descritto non impedisce del tutto il verificarsi di uno sfasamento angolare tra gli alberi. Tra le cause del suddetto sfasamento vi possono essere l'allungamento dell'elemento flessibile e/o la sua usura, oppure la rottura dei denti degli ingranaggi su uno o più alberi, oppure ancora il salto di uno o più denti dell'ingranaggio da parte dell'elemento elastico. Quest'ultima evenienza può accadere ad esempio a seguito di urti, fermi bruschi o altri eventi esterni che provocano un sussulto dell'elemento flessibile con conseguente salto dei denti.

Il mantenimento del sincronismo tra gli organi rotanti è cruciale in molte applicazioni, in particolar modo nei macchinari industriali. In questi casi, uno sfasamento limitato 20 generalmente non comporta segni evidenti, come rotture e/o rumori, pertanto l'operatore non se ne accorge. Ciò nonostante, uno sfasamento limitato può comportare un aumento degli scarti di produzione, con conseguente aumento dei costi unitari di produzione. Ad esempio, nel caso di macchine per imballaggio, lo sfasamento comporta che la pellicola esterna viene posizionata male, con il rischio di perdere 1 o 2 giorni di produzione.

25 Per controllare i suddetti fenomeni, sono note diverse tecniche che permettono di rilevare lo sfasamento angolare tra gli alberi.

Una delle suddette tecniche note comprende l'impiego di sensori laser che misurano la superficie dell'elemento flessibile, ad esempio la cinghia, durante il funzionamento della macchina, in modo da identificare smagliature o altre deformazioni che possono portare al 30 suddetto sfasamento.

Un primo inconveniente della tecnica nota appena descritta è l'elevato costo del

laser.

Un ulteriore inconveniente della suddetta tecnica è legato all'impossibilità di utilizzare il laser in ambienti ristretti, in presenza di vibrazioni e di aria contaminata da particelle.

5 Come ulteriore inconveniente della suddetta tecnica vi è il fatto che il laser è in grado di rilevare soltanto la deformazione dell'elemento flessibile ma non le altre possibili cause di sfasamento descritte in precedenza.

Un altro inconveniente della suddetta tecnica è che il calcolo dello sfasamento angolare a partire dalla misura della deformazione richiede complesse operazioni 10 matematiche e, quindi, necessita di un dispositivo elaboratore opportunamente configurato per eseguirle.

Un'ulteriore tecnica nota per il rilevamento degli sfasamenti angolari prevede l'impiego di sensori estensimetrici, che misurano le deformazioni dell'elemento flessibile.

Questa seconda tecnica appena descritta presenta un primo inconveniente nella 15 fragilità dei sensori estensimetrici, che vanno sostituiti frequentemente, provocando conseguenti costi di manutenzione.

Inoltre, gli estensimetri conservano gli stessi inconvenienti già visti sopra per il laser, tra cui la capacità di rilevare soltanto lo sfasamento derivante dalla deformazione della cinghia ma non quello dovuto alle altre cause, nonché la complessità dei calcoli richiesti per 20 la trasformazione della misura di deformazione nello sfasamento angolare.

Presentazione dell'invenzione

La presente invenzione si prefigge di superare almeno parzialmente gli inconvenienti dell'arte nota sopra citati.

In particolare, è scopo dell'invenzione determinare lo sfasamento angolare tra due 25 alberi di un sistema meccanico, operativamente connessi tra loro per ruotare a velocità angolari in rapporto costante tra loro.

È altresì scopo dell'invenzione che il suddetto sfasamento angolare possa venire determinato in modo più semplice ed economico rispetto a quanto ottenibile utilizzando le tecniche note descritte in precedenza.

30 È un altro scopo dell'invenzione che il rilevamento dello sfasamento possa avvenire anche in ambienti con poco spazio e/o in presenza di vibrazioni e/o sporco.

È ulteriore scopo dell'invenzione rendere possibile la determinazione non solo dello sfasamento angolare derivante dalla deformazione degli organi di trasmissione, ma anche di quello derivante da qualsiasi altra causa.

I suddetti scopi sono raggiunti da un metodo per determinare uno sfasamento
5 angolare secondo la rivendicazione principale.

I suddetti scopi sono altresì raggiunti da un gruppo di misurazione per determinare il suddetto sfasamento angolare configurato per implementare il suddetto metodo, secondo la rivendicazione 8.

I suddetti scopi sono altresì raggiunti da un sistema meccanico comprendente il
10 suddetto gruppo di misurazione, secondo la rivendicazione 9.

Ulteriori caratteristiche di dettaglio dell'invenzione vengono specificate nelle relative rivendicazioni dipendenti.

Vantaggiosamente, la possibilità di misurare lo sfasamento angolare dovuto a tutte le cause consente di ridurre gli scarti di produzione e limitare eventuali danni ai macchinari
15 rispetto a quanto ottenibile con le tecniche note, così da ridurre i costi di produzione.

Ancora vantaggiosamente, la versatilità del metodo dell'invenzione ne consente l'utilizzo anche in condizioni in cui le tecniche note non sono utilizzabili.

Gli scopi ed il vantaggio suddetti, assieme ad altri menzionati in seguito, appariranno più evidenti dalla seguente descrizione di una preferita forma esecutiva dell'invenzione, che
20 viene illustrata a titolo indicativo e non limitativo con l'ausilio delle unite tavole di disegno.

Breve descrizione dei disegni

La **FIG. 1** rappresenta schematicamente il sistema meccanico dell'invenzione.

La **FIG. 2** rappresenta schematicamente una fase del metodo dell'invenzione, applicato al sistema meccanico della FIG. 1.

25 Le **FIGG. 3 e 5** rappresentano il sistema meccanico della FIG. 1, rispettivamente in diverse configurazioni operative.

Le **FIGG. 4 e 6** rappresentano schematicamente due ulteriori fasi del metodo dell'invenzione, applicate al sistema meccanico della FIG. 1.

30 La **FIG. 7** rappresenta schematicamente una variante del sistema meccanico dell'invenzione.

La **FIG. 8** rappresenta schematicamente una fase del metodo dell'invenzione,

applicato al sistema meccanico della Fig. 8.

Le **FIGG. 9 e 11** rappresentano il sistema meccanico della FIG. 7, rispettivamente in diverse configurazioni operative.

Le **FIGG. 10 e 12** rappresentano schematicamente due ulteriori fasi del metodo 5 dell'invenzione, applicate al sistema meccanico della FIG. 8.

Descrizione dettagliata di un esempio di realizzazione preferito

Il metodo dell'invenzione verrà descritto con riferimento ad un sistema meccanico, indicato in Fig. 1 complessivamente con **1**, comprendente due alberi **2, 3** montati girevolmente secondo rispettivi assi di rotazione **X1, X2** ed operativamente connessi tra loro 10 in modo tale che le rispettive velocità angolari siano in rapporto costante.

Si precisa fin d'ora che il sistema meccanico **1** può appartenere ad una macchina o impianto qualsivoglia, in cui sia necessario trasferire il moto tra i suddetti due alberi. Inoltre, sebbene nel seguito si farà riferimento per semplicità a due alberi, l'invenzione è ugualmente applicabile anche a sistemi meccanici comprendenti più di due alberi 15 operativamente interconnessi tra loro nel modo sopra descritto, le modifiche apparente evidenti ad un esperto del ramo.

Uno degli alberi **2** può essere associato ad un motore **9**, acquisendo così la funzione di albero motore. In questo caso, l'altro albero sarà condotto dal primo.

Preferibilmente, i due alberi **2, 3** sono operativamente connessi tra loro mediante un 20 elemento flessibile **8** che può essere, ad esempio, una cinghia, una catena o qualsivoglia elemento analogo. L'elemento flessibile **8** può essere dotato di sagomature atte ad accoppiarsi a corrispondenti dentature di cui gli alberi **2, 3** sono provvisti.

Nel sistema meccanico **1** rappresentato nelle Figg. da 1 a 6, il suddetto rapporto tra le velocità è pari ad 1, che corrisponde ad una condizione in cui i due alberi ruotano alla stessa 25 velocità angolare.

Nel sistema meccanico secondo la variante dell'invenzione rappresentata nelle Figg. da 7 a 12, ivi indicato con **1'**, il suddetto rapporto è diverso da 1, che corrisponde ad una condizione in cui le suddette due velocità angolari sono diverse tra loro.

Nel prosieguo, se non diversamente indicato, verrà fatto riferimento al sistema 30 meccanico **1** secondo le Figg. da 1 a 6. Quanto descritto si dovrà intendere applicabile analogicamente anche alla suddetta variante **1'**, con le eccezioni che verranno specificate in

seguito.

Indipendentemente dal suo valore, la costanza del suddetto rapporto definisce una condizione di sincronismo tra i due alberi **2**, **3** che sussiste se, ad una generica rotazione di un primo albero **2** di un angolo qualsiasi attorno al rispettivo primo asse di rotazione **X1** tra 5 due configurazioni operative, corrisponde una rotazione proporzionale del secondo albero **3** attorno al rispettivo secondo asse di rotazione **X2**, il coefficiente di proporzionalità essendo pari al suddetto rapporto. In altre parole, in condizioni di sincronismo, l'angolo percorso dal secondo albero **3** istante per istante è univocamente definito dall'angolo percorso dal primo albero **2**.

Nel prosieguo, si intenderà come primo albero **2** quello che viene assunto come riferimento. Generalmente, il primo albero **2** è l'albero motore, la cui rotazione determina la rotazione dell'altro albero, ma è evidente che questo non va inteso in senso limitativo.

Il sistema meccanico **1** comprende un gruppo di misurazione **6** per determinare uno sfasamento angolare **S** tra i due alberi **2**, **3**. Il suddetto sfasamento angolare **S** è definibile in 15 generale come la differenza tra l'angolo effettivamente percorso dal secondo albero **3** e quello che esso percorrebbe se si trovasse in condizioni di sincronismo rispetto al primo albero **2**, a parità di angolo percorso da quest'ultimo.

In particolare, il gruppo di misurazione **6** comprende due sensori di inclinazione **4**, **5** associati, rispettivamente, ai due alberi **2**, **3** in modo tale da fornire una misura 20 rappresentativa dei rispettivi angoli di rotazione attorno ai rispettivi assi di rotazione **X1**, **X2**. Più precisamente, ciascun sensore **4**, **5** è associato al rispettivo albero **2**, **3** in modo da ruotare solidalmente con esso. In questo modo, sussiste una corrispondenza biunivoca tra la posizione angolare dell'albero e l'inclinazione misurata dal corrispondente sensore.

Preferibilmente, ciascun sensore **4**, **5** è in grado misurare l'inclinazione sull'intero 25 angolo giro.

Nelle figure, per maggior chiarezza, a ciascun sensore **4**, **5** è associata una freccia che indica l'orientamento del sensore stesso. La freccia relativa al sensore **4** associato al primo albero **2** ha l'estremità piena, diversamente dalla freccia relativa al sensore **5** associato al secondo albero **3**, che invece ha l'estremità vuota. Inoltre, per ciascuna configurazione 30 operativa rappresentata nelle figure con numero dispari, viene riportata una corrispondente figura con numero pari, aumentato di 1, che mostra la posizione dei due sensori per mezzo

delle corrispondenti frecce.

Il gruppo di misurazione **6** comprende anche un dispositivo di misura **7** operativamente associato ai due sensori di inclinazione **4, 5** e configurato per determinare il suddetto sfasamento angolare **S** per mezzo del metodo dell'invenzione in base ai segnali provenienti dai sensori stessi.

In sintesi, il suddetto metodo consiste nel determinare lo sfasamento angolare **S** in base alla variazione della differenza tra gli angoli di rotazione dei due alberi **2, 3**, misurati dai due sensori di inclinazione **4, 5** rispettivamente in due configurazioni operative dei due alberi **2, 3**, che differiscono tra loro per una rotazione degli alberi stessi.

Più precisamente, il metodo prevede che, per ciascuna delle suddette due configurazioni operative, rappresentate rispettivamente nelle Figg. 1 e 5 per il sistema meccanico **1** e nelle Figg. 7 e 11 per il sistema meccanico **1'**, venga determinata una corrispondente fase angolare effettiva **F1, F2**, definita come la differenza tra gli angoli di rotazione dei due alberi **2, 3** misurati mediante i rispettivi sensori di inclinazione **4, 5** nella corrispondente configurazione operativa.

In altre parole, per la prima configurazione operativa, rappresentata per il sistema meccanico **1** e per la variante **1'** rispettivamente nelle Figg. 5 e 11, viene determinata la fase angolare effettiva indicata con **F1**, mentre per la seconda configurazione operativa, rappresentata per i due sistemi meccanici **1** e **1'** rispettivamente nelle Figg. 1 e 7, viene determinata la fase angolare effettiva indicata con **F2**.

Lo sfasamento angolare **S** viene quindi determinato in base al confronto tra le suddette due fasi angolari effettive **F1, F2**.

Questo è possibile poiché, in condizioni di sincronismo, la fase angolare teorica tra i due alberi **2, 3** varia in proporzione all'angolo percorso dal primo albero **2**. Più precisamente, se i due alberi ruotano alla stessa velocità, la fase angolare in condizioni di sincronismo rimane costante, mentre, se i due alberi ruotano a velocità diverse, la fase angolare in condizioni di sincronismo varia di un valore noto per ciascun giro del primo albero **2**, ovvero varia di un valore proporzionale alla rotazione del primo albero **2**.

Di conseguenza, confrontando la variazione della fase angolare effettiva tra le due configurazioni operative con la variazione attesa in condizioni di sincronismo, è possibile determinare lo sfasamento angolare.

I sensori di inclinazione sono sensori più economici rispetto ai sistemi di misura di tipo noto e possono essere facilmente associati agli alberi, ad esempio mediante viti o altri sistemi di fissaggio di tipo noto. Inoltre, i suddetti sensori raggiungono una precisione del decimo o del centesimo di grado e, pertanto, sono sufficientemente precisi per le comuni applicazioni. Inoltre, i dati forniti dai sensori di inclinazione possono venire analizzati con dispositivi di elaborazione economici. In particolare, i sensori di inclinazione lavorano con tensioni di 0-10 V e correnti di 4.20 mA e possono essere gestiti con tutti i tipi di PLC e schede di misura a basso costo.

Pertanto, viene raggiunto lo scopo di determinare lo sfasamento angolare **S** in modo più semplice ed economico rispetto a quanto ottenibile utilizzando le tecniche note descritte in precedenza.

Inoltre, poiché i sensori sono collegabili alla parte terminale degli alberi **2, 3**, essi presentano un ridotto ingombro aggiuntivo. Di conseguenza, è raggiunto lo scopo di consentire il rilevamento dello sfasamento anche in ambienti in cui lo spazio disponibile è ridotto.

Inoltre, poiché i sensori di inclinazione resistono a sporco e vibrazioni, è possibile impiegare l'invenzione anche in presenza di questi agenti.

Vantaggiosamente, il suddetto metodo è applicabile indipendentemente dal rapporto di velocità tra gli alberi rotanti **2, 3**, poiché fa riferimento alla variazione della fase angolare, il cui valore teorico può venire determinato qualsiasi sia il rapporto di velocità tra gli alberi.

Inoltre, poiché il metodo misura lo sfasamento angolare **S** degli alberi in modo diretto, esso raggiunge l'ulteriore scopo di consentire la determinazione dello sfasamento angolare derivante da qualsiasi causa, non solo dalla deformazione degli organi di trasmissione, come accade nell'arte nota.

Inoltre, poiché lo sfasamento **S** viene calcolato in base alla variazione della fase angolare, non è necessario che i due sensori di inclinazione **4, 5** vengano regolati in modo da assumere una stessa posizione angolare in una configurazione iniziale dei due alberi **2, 3**. Infatti, se i due alberi **2, 3** sono sincronizzati, la fase angolare varia in modo indipendente dal valore iniziale degli angoli misurati dai due sensori.

Di conseguenza, sorge il vantaggio di semplificare e velocizzare le operazioni di installazione, sostituzione e montaggio, in quanto non è richiesto alcun posizionamento di

precisione dei sensori di inclinazione. Questo vale in particolare per l'elemento flessibile **8**, che è soggetto ad usura e, quindi, a rottura periodica.

Preferibilmente, l'operazione di determinare lo sfasamento angolare **S** comprende un'operazione di definire una fase angolare attesa **F0** per una prima delle suddette 5 configurazioni operative. La suddetta fase angolare attesa **F0**, rappresentata schematicamente in Fig. 4 con una doppia linea, è pari alla fase angolare dei due alberi **2, 3** quando il primo albero **2** è in una prima delle suddette due configurazioni operative ed il secondo albero **3** è in condizione di sincronismo rispetto al primo albero **2**, come rappresentato in Fig. 3. In altre parole, la fase angolare attesa **F0** è la fase angolare teorica 10 tra i due alberi **2, 3** se questi sono sincronizzati ed il primo albero **2** è nella prima configurazione operativa.

Lo sfasamento angolare **S** viene definito come differenza tra la fase angolare effettiva **F1** corrispondente alla prima configurazione operativa, rappresentata in Fig. 5, con la suddetta fase angolare attesa **F0**. Se i due alberi sono sincronizzati, le suddette fasi angolari 15 **F1** ed **F0** coincidono. In caso contrario, la differenza tra di esse corrisponde proprio allo sfasamento angolare **S**.

A titolo esemplificativo, nelle Figg. 5 e 6 il secondo albero **3** è in ritardo di circa 15° rispetto alla posizione teorica che esso assumerebbe se fosse nella condizione di sincronismo rappresentata in Fig. 4. Pertanto, la fase angolare effettiva **F1** risulta inferiore a quella attesa 20 **F0** di una differenza pari appunto allo sfasamento angolare **S**. La linea tratteggiata della Fig. 6 rappresenta la suddetta posizione teorica.

Preferibilmente, la seconda configurazione operativa corrisponde ad una condizione in cui i due alberi **2, 3** sono sincronizzati. In questo caso, la fase angolare attesa **F0** viene definita in base alla fase angolare effettiva **F2** definita quando gli alberi **2, 3** sono nella suddetta seconda configurazione operativa, rappresentata nelle Figg. 1 e 2. In questo modo, 25 sorge il vantaggio di poter utilizzare la suddetta fase angolare effettiva **F2** come valore di riferimento corrispondente alla condizione di sincronismo, indipendentemente dalle posizioni angolari assunte dei due sensori **4, 5** nella suddetta seconda configurazione operativa.

30 Qualora i due alberi **2, 3** ruotino alla stessa velocità angolare, la fase angolare attesa **F0** viene definita in modo da essere pari alla fase angolare effettiva **F2** corrispondente alla

sudetta seconda configurazione operativa, cioè a quella misurata dai sensori di inclinazione **4, 5** nella suddetta condizione operativa.

Se, invece, i due alberi **2, 3** ruotano a velocità angolari diverse tra loro, come nel sistema meccanico **1'** rappresentato nelle Figg. da 7 a 12, la fase angolare attesa **F0**, 5 rappresentata in Fig. 10, viene definita in modo differente. Innanzitutto viene calcolata la variazione di fase attesa tra i due alberi **2, 3** quando il primo albero **2** passa dalla seconda configurazione operativa, rappresentata nelle Figg. 7 e 8, alla prima configurazione operativa, rappresentata nelle Figg. 11 e 12, ed il secondo albero **3** rimane in condizione di sincronismo rispetto al primo albero **2**. La suddetta variazione di fase attesa viene sommata 10 alla fase angolare effettiva **F2** corrispondente alla seconda configurazione operativa della Fig. 7, così da ottenere la fase angolare attesa **F0**.

Preferibilmente, il calcolo della suddetta variazione di fase attesa comprende l'operazione di misurare l'intervallo angolare percorso dal primo albero **2** tra la seconda configurazione operativa e la prima configurazione operativa, per mezzo di un sensore di 15 rotazione associato al primo albero **2**.

Il suddetto sensore di rotazione, che non viene rappresentato nei disegni ma che è di per sé noto, può comprendere, ad esempio, un encoder associato al primo albero **2**.

Per quanto concerne l'operazione di determinare le due fasi angolari effettive **F1, F2** degli alberi **2, 3**, essa può avvenire quando i due alberi **2, 3** sono fermi, per una o entrambe 20 le configurazioni operative.

La misura ad alberi fermi comporta il vantaggio della semplicità esecutiva, in quanto non richiede di predisporre dispositivi che permettano di leggere i sensori di inclinazione **4, 5** durante il movimento di questi ultimi.

Peraltro, varianti esecutive dell'invenzione possono prevedere che la lettura dei 25 sensori di inclinazione **4, 5** in una o entrambe le suddette configurazioni operative avvenga senza arrestare la rotazione degli alberi.

Un ulteriore vantaggio del metodo fin qui descritto è la possibilità di monitorare lo sfasamento angolare **S** in funzione del numero di giri degli alberi **2, 3**. In questo modo, mediante opportuni algoritmi predittivi è possibile determinare il tempo utile di 30 funzionamento che porta alla rottura dell'elemento flessibile **8**, così da effettuare la sostituzione di quest'ultimo prima che si verifichi la rottura.

Da quanto sopra descritto, si comprende che il metodo dell'invenzione, così come il gruppo di misura che implementa tale metodo ed il sistema meccanico comprendente il gruppo di misura, raggiungono gli scopi prefissati.

In particolare, l'impiego dei sensori di inclinazione consente di determinare lo sfasamento angolare tra due alberi in modo più semplice ed economico rispetto a quanto ottenibile utilizzando le tecniche note.

5 Inoltre, i sensori di inclinazione si adattano a rilevare lo sfasamento anche in ambienti con poco spazio e/o in presenza di vibrazioni e/o sporco.

Inoltre, poiché i sensori di inclinazione sono in grado di rilevare direttamente l'angolo 10 di rotazione degli alberi, essi consentono di determinare non solo lo sfasamento angolare derivante dalla deformazione degli organi di trasmissione, ma quello derivante da qualsiasi causa.

L'invenzione è suscettibile di modifiche e varianti tutte rientranti nel concetto inventivo espresso nelle rivendicazioni indicate. In particolare, gli elementi dell'invenzione 15 potranno venire sostituiti da altri elementi tecnicamente equivalenti.

Inoltre, i materiali potranno essere scelti a seconda delle esigenze, senza tuttavia uscire dall'ambito dell'invenzione.

Inoltre, uno o più elementi di una specifica forma esecutiva dell'invenzione tecnicamente compatibili con un'altra specifica forma esecutiva dell'invenzione potranno 20 venire introdotti in quest'ultima in aggiunta o in sostituzione di elementi di quest'ultima.

Laddove gli elementi tecnici specificati nelle rivendicazioni sono seguiti da segni di riferimento, tali segni di riferimento vengono inclusi al solo scopo di migliorare l'intelligenza dell'invenzione e, pertanto, essi non comportano alcuna limitazione all'ambito di tutela rivendicato.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per determinare, in un sistema meccanico (1; 1') comprendente due alberi (2, 3) montati girevolmente secondo rispettivi assi di rotazione (X₁, X₂) ed operativamente connessi tra loro in modo tale che le rispettive velocità angolari siano in rapporto costante, uno sfasamento angolare (S) tra detti due alberi (2, 3) rispetto ad una condizione di sincronismo tra detti due alberi (2, 3), **caratterizzato dal fatto** di comprendere:

- associare a detti due alberi (2, 3) rispettivi sensori di inclinazione (4, 5) configurati per fornire una misura rappresentativa dei rispettivi due angoli di rotazione attorno ai rispettivi detti assi di rotazione (X₁, X₂);
- 10 - determinare due fasi angolari effettive (F₁, F₂) rispettivamente in due configurazioni operative di detti due alberi (2, 3) che differiscono tra loro per una rotazione di detti due alberi (2, 3), ciascuna di dette fasi angolari effettive (F₁, F₂) essendo pari alla differenza tra detti due angoli di rotazione di detti due alberi (2, 3) misurati mediante detti sensori di inclinazione (4, 5) nella corrispondente configurazione operativa;
- 15 - determinare detto sfasamento angolare (S) in base al confronto tra dette fasi angolari effettive (F₁, F₂).

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, **caratterizzato dal fatto** che detta operazione di determinare detto sfasamento angolare (S) comprende le seguenti operazioni:

- definire una fase angolare attesa (F₀) come differenza tra gli angoli di rotazione di detti due alberi (2, 3) quando un primo albero (2) di detti due alberi (2, 3) è in una prima di dette due configurazioni operative ed il secondo albero (3) di detti due alberi (2, 3) è in condizione di sincronismo rispetto a detto primo albero (2);
- determinare detto sfasamento angolare (S) in base alla differenza tra detta fase angolare effettiva (F₁) corrispondente a detta prima configurazione operativa e detta 25 fase angolare attesa (F₀).

3. Metodo secondo la rivendicazione 2, **caratterizzato dal fatto** che, nella seconda di dette configurazioni operative, detti alberi (2, 3) sono in condizione di sincronismo, detta fase angolare attesa (F₀) essendo definita in base alla fase angolare effettiva (F₂) corrispondente a detta seconda configurazione operativa.

- 30 4. Metodo secondo la rivendicazione 3, **caratterizzato dal fatto** che detti due alberi

(2, 3) sono operativamente connessi tra loro in modo tale da ruotare alla medesima velocità angolare, detta fase angolare attesa (F0) essendo definita in modo da essere pari a detta fase angolare effettiva (F2) corrispondente a detta seconda configurazione operativa.

5. Metodo secondo la rivendicazione 3, **caratterizzato dal fatto** che detti due alberi

5 (2, 3) sono operativamente connessi tra loro in modo tale da ruotare a velocità angolari diverse, detta operazione di definire detta fase angolare attesa (F0) comprendendo l'operazione di calcolare una variazione di fase attesa tra detti due alberi (2, 3) quando detto primo albero (2) passa da detta seconda configurazione operativa a detta prima configurazione operativa e detto secondo albero (3) rimane in condizione di sincronismo rispetto a detto primo albero (2), detta fase angolare attesa (F0) essendo definita comando detta fase angolare effettiva (F2) corrispondente a detta seconda configurazione operativa con detta variazione di fase attesa.

10 6. Metodo secondo la rivendicazione 5, **caratterizzato dal fatto** che detta operazione di calcolare detta variazione di fase attesa comprende l'operazione di misurare l'intervallo angolare percorso da detto primo albero (2) tra detta seconda configurazione operativa e detta prima configurazione operativa mediante un sensore di rotazione associato a detto primo albero (2).

15 7. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 6, **caratterizzato dal fatto** che detta operazione di determinare almeno una di dette due fasi angolari effettive (F1, F2) avviene quando detti due alberi (2, 3) sono fermi nella corrispondente configurazione operativa.

20 8. Gruppo di misurazione (6) per determinare uno sfasamento angolare (S) tra due alberi (2, 3) montati girevolmente secondo rispettivi assi di rotazione (X1, X2) ed operativamente connessi tra loro in modo tale che le rispettive velocità angolari siano in rapporto costante, detto gruppo di misurazione (6) essendo **caratterizzato dal fatto** di comprendere:

- due sensori di inclinazione (4, 5) associati, rispettivamente, a detti due alberi (2, 3) in modo tale da fornire una misura rappresentativa dei rispettivi angoli di rotazione attorno ai rispettivi detti assi di rotazione (X1, X2);
- 30 - un dispositivo di misura (7) operativamente associato a detti due sensori di inclinazione

(4, 5) e configurato per eseguire un metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 7.

9. Sistema meccanico (1; 1') comprendente due alberi (2, 3) montati girevolmente attorno a rispettivi assi di rotazione (X1, X2) ed operativamente connessi tra loro in modo 5 tale che le rispettive velocità angolari siano in rapporto costante, **caratterizzato dal fatto** di comprendere un gruppo di misurazione (6) secondo la rivendicazione 8.

10. Sistema meccanico (1; 1') secondo la rivendicazione 9, **caratterizzato dal fatto** che detti due alberi (2, 3) sono operativamente connessi tra loro mediante un elemento flessibile (8).

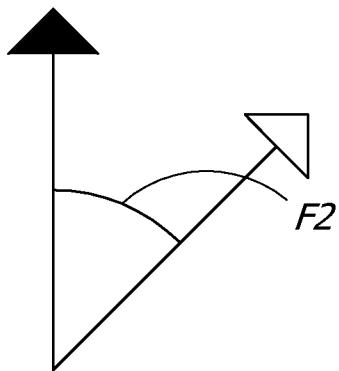
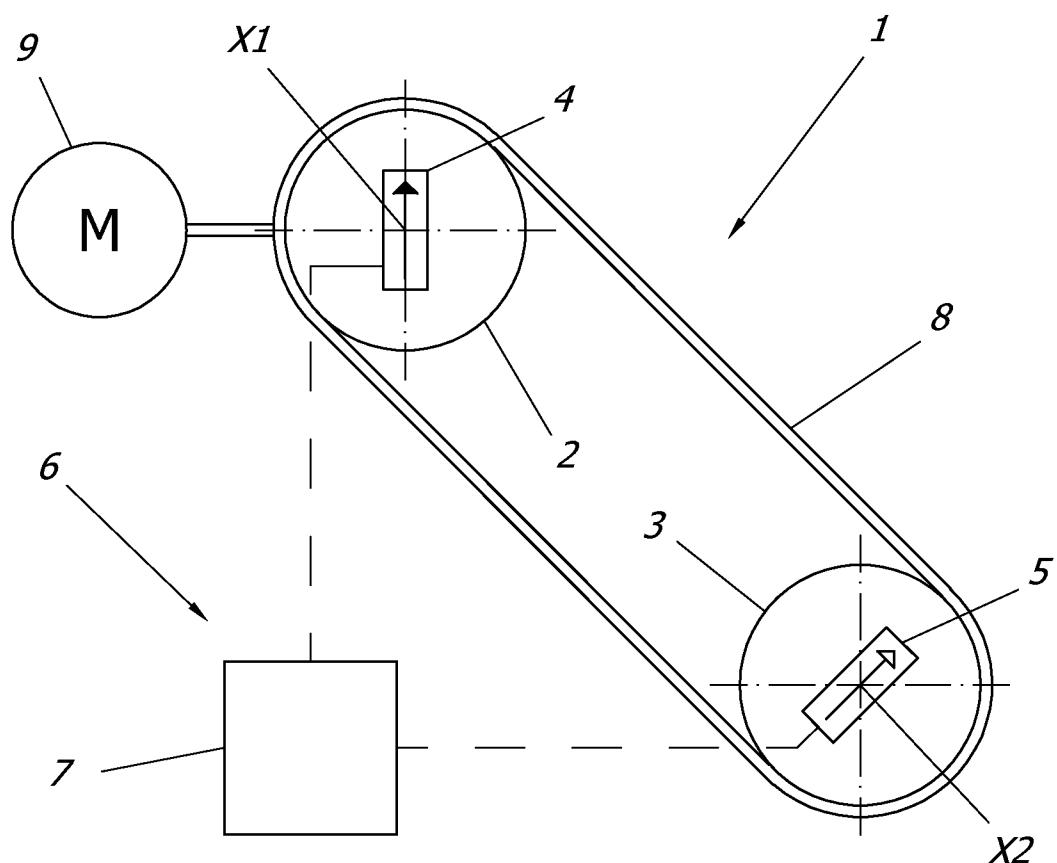
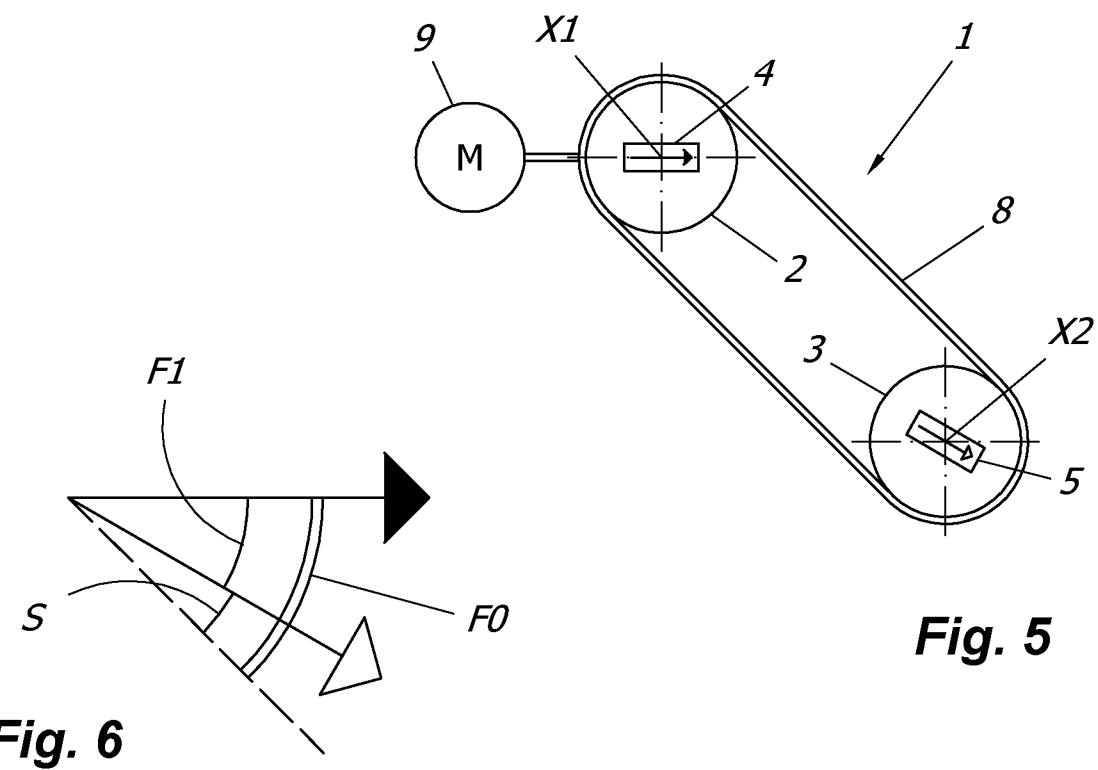
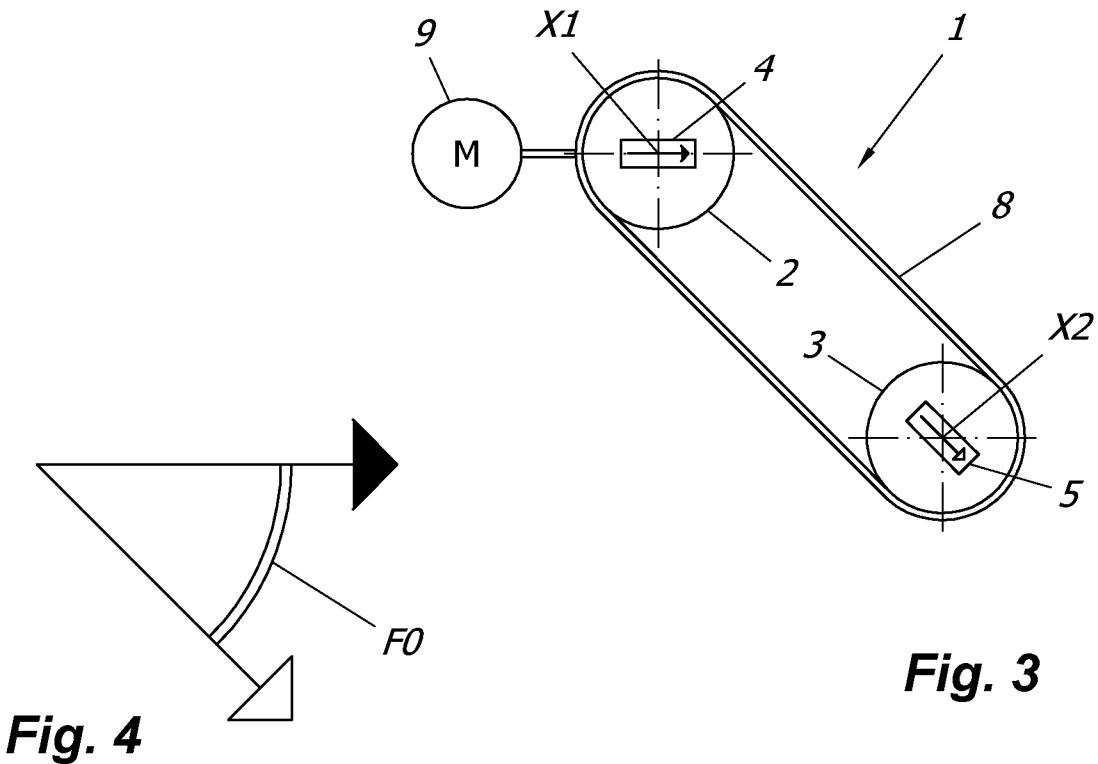


Fig. 1

Fig. 2



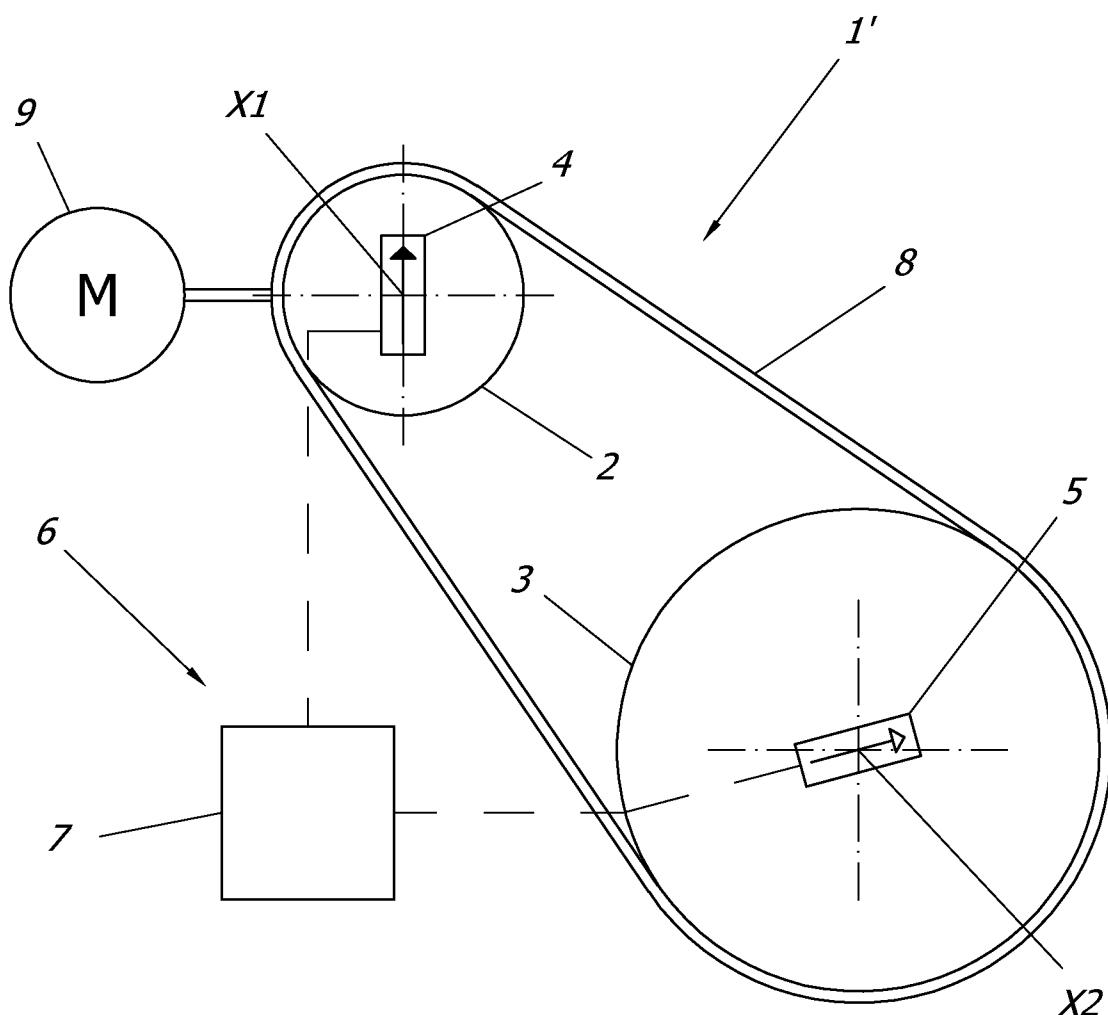


Fig. 7

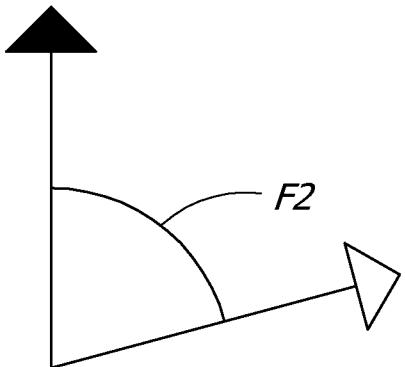
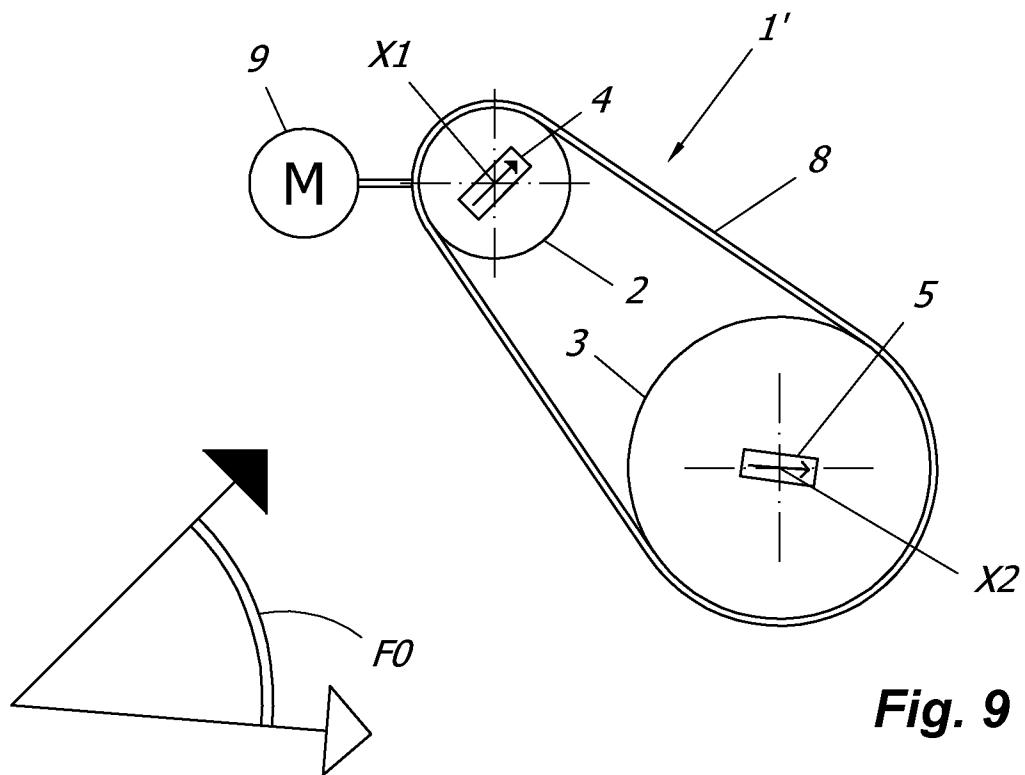
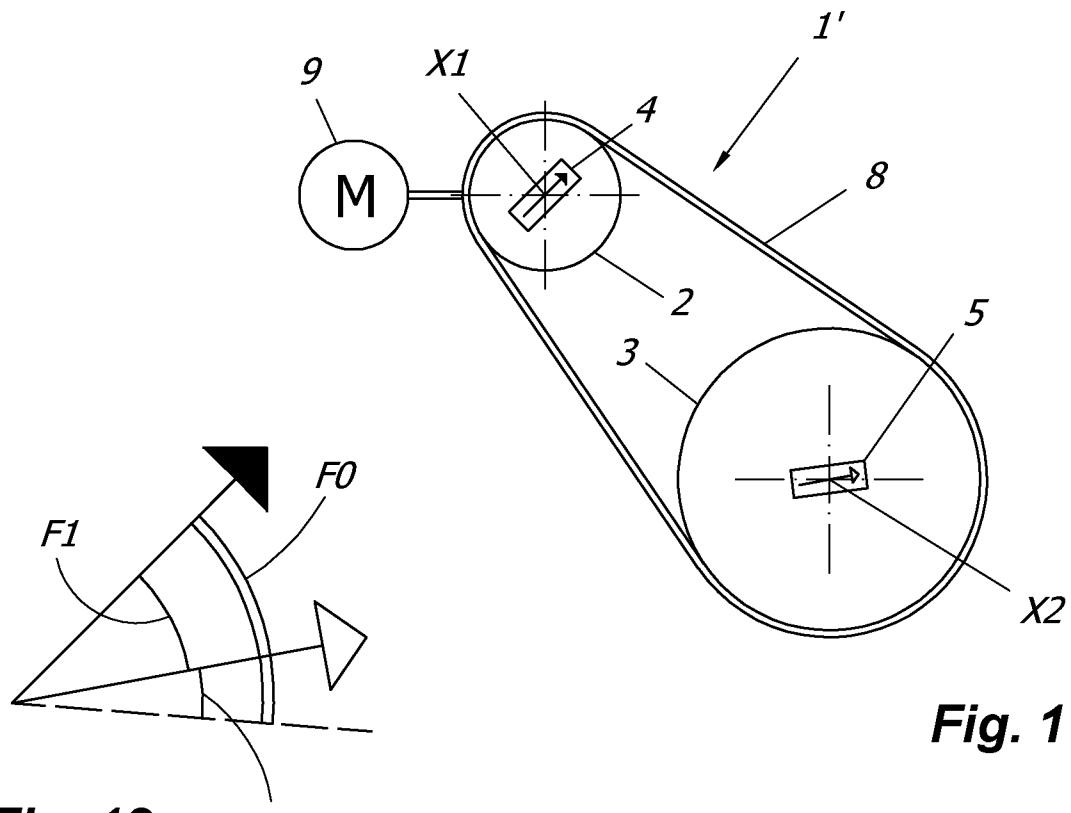


Fig. 8

**Fig. 10****Fig. 9****Fig. 12****Fig. 11**