

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901929326A1

Publication Date

20120925

Applicant

BRIDGESTONE CORPORATION

Title

METODO PER DETERMINARE LE SOLLECITAZIONI CHE DEVONO ESSERE
APPLICATE AD UN PNEUMATICO DURANTE UNA PROVA DI DURATA AL
COPERTO AD ALTA EFFICIENZA

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"METODO PER DETERMINARE LE SOLLECITAZIONI CHE DEVONO ESSERE APPLICATE AD UN PNEUMATICO DURANTE UNA PROVA DI DURATA AL COPERTO AD ALTA EFFICIENZA"

di BRIDGESTONE CORPORATION

di nazionalità giapponese

con sede: 10-1, KYOBASHI 1-CHOME, CHUO-KU

TOKYO 104-8340 (GIAPPONE)

Inventore: GIUSTINIANO Mattia

SETTORE DELLA TECNICA

La presente invenzione è relativa ad un metodo per determinare le sollecitazioni che devono essere applicate ad un pneumatico durante una prova di durata al coperto svolta in un banco di prova.

ARTE ANTERIORE

Diverse prove sui pneumatici vengono eseguite al coperto utilizzando un banco in quanto la prova al banco presenta dei costi molto più contenuti (non essendo necessario l'utilizzo di un veicolo reale e di un pilota) e presenta una ripetibilità decisamente più elevata (le sollecitazioni applicate al pneumatico e le condizioni al contorno quali temperatura e caratteristiche del fondo stradale sono note e facilmente regolabili). Il banco di

prova permette di applicare ad un pneumatico un'ampia varietà di sollecitazioni, ma per rendere una prova al banco più realistica possibile (cioè più simile possibile a quanto avviene su strada) e per rendere una prova al coperto al banco comparabile con una prova all'aperto su strada aperta al pubblico è necessario conoscere con buona precisione le sollecitazioni cui è sottoposto un pneumatico nell'utilizzo su strada in modo da poterle riprodurre al banco. A tale scopo vengono effettuate prove all'aperto su strade aperte al pubblico utilizzando un veicolo dotato di una unità di misura che misura e registra le forze che agiscono sui pneumatici; al termine di una prova all'aperto di questo tipo l'unità di misura ha registrato l'andamento temporale delle forze che hanno agito sui pneumatici e tale andamento temporale viene fornito agli attuatori del banco per essere fedelmente riprodotto durante le prove al coperto utilizzando il banco.

Per ridurre la durata complessiva della prova all'aperto (che prevede una durata di diverse ore ed una percorrenza di diverse centinaia di chilometri) e per fare avvenire la prova all'aperto in condizioni ripetibili (ovviamente per quanto possibile su strade aperte al pubblico), durante la prova all'aperto il veicolo deve essere sempre condotto alla massima velocità permessa dal codice della strada. Tuttavia, la massima velocità permessa

dal codice della strada sulle strade aperte al pubblico è comunque relativamente modesta (generalmente compresa tra 50 km/h e 90 km/h). Di conseguenza, la velocità media complessiva della prova all'aperto è abbastanza bassa (normalmente ampiamente al di sotto delle prestazioni nominali ottenibili da un moderno banco di prova) e quindi la prova al coperto che riproduce fedelmente la prova all'aperto presenta una efficienza modesta (ovvero sotto-utilizza il banco di prova rimanendo lontana dalle prestazioni nominali del banco di prova stesso).

DESCRIZIONE DELLA INVENZIONE

Scopo della presente invenzione è di fornire un metodo per determinare le sollecitazioni che devono essere applicate ad un pneumatico durante una prova di durata al coperto svolta in un banco di prova, il quale metodo sia esente dagli inconvenienti sopra descritti, e sia, in particolare, di facile ed economica implementazione.

Secondo la presente invenzione viene fornito un metodo per determinare le sollecitazioni che devono essere applicate ad un pneumatico durante una prova di durata al coperto svolta in un banco di prova, secondo quanto stabilito nelle rivendicazioni allegate.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un

esempio di attuazione non limitativo, in cui:

- la figura 1 illustra schematicamente un veicolo provvisto di una unità di misura per la misura di grandezze fisiche necessarie alla successiva stima delle forze che agiscono sui pneumatici;
- la figura 2 illustra schematicamente un tratto di un percorso stradale campione seguito dal veicolo della figura 1;
- la figura 3 illustra schematicamente un banco di prova che sottopone un pneumatico ad una prova di durata al coperto; e
- la figura 4 è un diagramma che illustra schematicamente alcune trasformazioni matematiche che vengono eseguite durante un processo di ottimizzazione che aumenta l'efficienza complessiva della prova al coperto al banco di prova.

FORME DI ATTUAZIONE PREFERITE DELL'INVENZIONE

Nella figura 1, con il numero 1 è indicato nel suo complesso un veicolo provvisto di quattro pneumatici 2.

Il veicolo 1 è dotato di una unità 3 di misura per la misura di grandezze fisiche necessarie alla successiva stima delle forze che agiscono sui pneumatici 2. Grazie alle informazioni registrare dall'unità 3 di misura, è possibile determinare le sollecitazioni (forze) che devono essere applicate ad un pneumatico durante una prova di

durata al coperto svolta in un banco di prova per simulare con elevata fedeltà una analoga prova di durata all'aperto svolta lungo strade aperte al traffico veicolare. In altre parole, elaborando come in seguito descritto le informazioni registrare dall'unità 3 di misura è possibile determinare l'evoluzione temporale delle sollecitazioni (forze) che devono essere applicate ad un pneumatico durante una prova di durata al coperto svolta in un banco di prova per sottoporre il pneumatico alla stessa usura che si verificherebbe in una analoga prova di durata all'aperto svolta lungo strade aperte al traffico veicolare.

L'unità 3 di misura comprende un localizzatore satellitare 4, il quale utilizzando lo standard GPS misura in tempo reale la velocità V_x longitudinale di avanzamento del veicolo 1 ed una posizione P del veicolo 1. La posizione P del veicolo 1 è costituita dall'insieme di tre coordinate X, Y, Z di un sistema di riferimento tridimensionale avente tre assi tra loro perpendicolari; le coordinate X e Y corrispondono a latitudine e longitudine e definiscono un piano, mentre la coordinata Z fornisce una quota verticale rispetto ad un piano di riferimento (tipicamente il livello del mare).

Inoltre, l'unità 3 di misura comprende una telecamera 5 che è disposta nel veicolo per inquadrare la strada di fronte al veicolo 1 (ad esempio la telecamera 5 può essere

disposta di fronte al parabrezza frontale del veicolo 1).

Infine, l'unità 3 di misura comprende un dispositivo 6 di memoria di massa (costituito da un disco rigido e/o da una memoria RAM) capace di immagazzinare dei dati forniti dal localizzatore satellitare 4 e dalla telecamera 5 ed un dispositivo 7 di elaborazione che è costituito tipicamente da un Personal Computer che potrebbe integrare al suo interno il dispositivo 6 di memoria.

Viene di seguito descritta la modalità utilizzata per determinare le sollecitazioni (forze) che devono essere applicate ad un pneumatico durante una prova di durata al coperto svolta in un banco di prova per simulare con elevata fedeltà una analoga prova di durata all'aperto svolta lungo strade aperte al traffico veicolare.

Il veicolo 1 provvisto della unità 3 di misura viene utilizzato per svolgere la prova all'aperto che si vuole simulare anche al coperto e quindi viene condotto lungo un percorso stradale campione che si svolge all'aperto lungo strade aperte al traffico veicolare.

Preventivamente, cioè prima di iniziare la prova su strada, viene determinata la massa M del veicolo 1 mediante una semplice operazione di pesatura; secondo una possibile forma di attuazione, la massa M del veicolo 1 può essere progressivamente aggiornata (cioè ridotta) per tenere conto della diminuzione dovuta al consumo del carburante (che è

facilmente stimabile dalle informazioni fornite da una centralina elettronica di controllo del motore).

Durante la marcia del veicolo 1, il localizzatore satellitare 4 fornisce in tempo reale e con una frequenza di campionamento relativamente elevata (tipicamente almeno alcuni Hz) la posizione P del veicolo 1 lungo il percorso stradale campione costituita dall'insieme delle coordinate X,Y,Z e la velocità V_x longitudinale di avanzamento del veicolo 1; questi dati vengono ciclicamente memorizzati nel dispositivo 6 di memoria con una frequenza di memorizzazione che è tipicamente pari alla frequenza di campionamento del localizzatore satellitare 4 ed è sincronizzata con la frequenza di campionamento del localizzatore satellitare 4.

Inoltre, durante la marcia del veicolo 1 la telecamera 5 fornisce in tempo reale immagini della strada di fronte al veicolo 1; almeno una parte di queste immagini viene ciclicamente memorizzata nel dispositivo 6 di memoria con una frequenza di memorizzazione che è tipicamente pari alla frequenza di campionamento del localizzatore satellitare 4 ed è sincronizzata con la frequenza di campionamento del localizzatore satellitare 4 (in questo modo a ciascuna immagine memorizzata viene associata la corrispondente posizione P del veicolo 1 al momento in cui l'immagine è stata ripresa).

Una volta terminata la prova all'aperto (ovvero una volta completata la percorrenza del percorso stradale campione), le informazioni memorizzate dalla unità 3 di misura durante la percorrenza del percorso stradale campione vengono elaborate per determinare le sollecitazioni (forze) che devono essere applicate ad un pneumatico durante una prova di durata al coperto svolta in un banco di prova per simulare con elevata fedeltà la prova di durata all'aperto.

Secondo una preferita forma di attuazione, alle misure fornite dal localizzatore satellitare 4 (in particolare sulla velocità V_x longitudinale di avanzamento del veicolo 1) vengono applicati dei filtri a media mobile per eliminare un eventuale rumore ad alta frequenza (molto fastidioso particolarmente durante una derivazione nel tempo).

Utilizzando i dati della velocità V_x longitudinale di avanzamento del veicolo 1, il dispositivo 7 di elaborazione calcola una accelerazione A_x longitudinale del veicolo 1 eseguendo la derivata prima nel tempo della velocità V_x longitudinale di avanzamento del veicolo 1.

Inoltre, utilizzando i dati della posizione P del veicolo 1 memorizzati nel dispositivo 6 di memoria, il dispositivo 7 di elaborazione determina una traiettoria T del veicolo 1 nel piano definito dalle due coordinate X e Y

(corrispondenti a latitudine e longitudine); in altre parole, la traiettoria T del veicolo 1 è data dalla evoluzione della posizione P del veicolo 1 nel piano definito dalle due coordinate X e Y. Successivamente, il dispositivo 7 di elaborazione determina un raggio R di curvatura della traiettoria T del veicolo 1 mediante semplici calcoli geometrici e quindi calcola una accelerazione A_y laterale del veicolo 1 in funzione della velocità V_x longitudinale di avanzamento (corretta come descritto in precedenza) e del raggio R di curvatura della traiettoria T mediante una semplice operazione matematica descritta dalla seguente equazione:

$$A_y = V_x^2 / R$$

Il dispositivo 7 di elaborazione calcola una forza FI_x inerziale longitudinale agente sul veicolo 1 moltiplicando la massa M del veicolo 1 per l'accelerazione A_x longitudinale del veicolo 1 e calcola una forza FI_y inerziale laterale agente sul veicolo 1 moltiplicando la massa M del veicolo 1 per l'accelerazione A_y longitudinale del veicolo 1 come descritto dalle seguenti equazioni:

$$FI_x = M * A_x$$

$$FI_y = M * A_y$$

Secondo una preferita forma di attuazione, il dispositivo 7 di elaborazione determina una quota verticale del veicolo 1 in funzione della terza coordinata Z,

determina l'inclinazione della strada su cui viaggia il veicolo 1 in funzione della evoluzione della quota verticale del veicolo 1 mediante semplici calcoli geometrici, ed infine determina una forza F_G gravitazionale agente sul veicolo 1 in funzione della inclinazione della strada su cui viaggia il veicolo 1 mediante semplici calcoli geometrici. In altre parole, la forza F_G gravitazionale agente sul veicolo 1 è calcolata moltiplicando la forza peso complessiva agente sul veicolo 1 (pari alla massa M moltiplicata per l'accelerazione gravitazionale G) per il seno dell'angolo di inclinazione della strada su cui viaggia il veicolo 1.

Secondo una preferita forma di attuazione, inoltre, il dispositivo 7 di elaborazione determina una forza F_A aerodinamica agente sul veicolo 1 in funzione della velocità V_x longitudinale di avanzamento del veicolo 1; la forza F_A aerodinamica può essere determinata utilizzando un'equazione determinata in modo teorico e presentante parametri determinati sperimentalmente, oppure può essere determinata utilizzando una tabella determinata sperimentalmente (tipicamente utilizzando una interpolazione tra i punti della tabella).

Infine, il dispositivo 7 di elaborazione determina la forza F_x longitudinale complessiva agente sul veicolo 1 sommando algebricamente (cioè tenendo conto del segno

positivo o negativo) la forza FI_x inerziale longitudinale (avente segno positivo o negativo corrispondente a decelerazione o accelerazione), la forza FG gravitazionale (avente segno positivo o negativo corrispondente a discesa o salita), e la forza FA aerodinamica (avente segno sempre negativo) come descritto dalla seguente equazione:

$$F_x = FI_x + FG + FA$$

Invece, la forza F_y laterale complessiva agente sul veicolo 1 viene assunta pari alla forza FI_y inerziale laterale, ovvero non sono previsti altri contributi oltre alla forza FI_y inerziale laterale.

Le forze F_x ed F_y complessive agenti sul veicolo 1 vengono ripartite sui pneumatici 2, cioè viene determinata la quota parte per ciascuno pneumatico 2 delle forze F_x ed F_y complessive agenti sul veicolo 1, in funzione delle caratteristiche geometriche del veicolo 1 (cioè la distribuzione delle masse nel veicolo 1) e della tipologia delle sospensioni del veicolo 1.

Alla fine delle operazioni sopra descritte, sono state calcolate l'evoluzione temporale della velocità V_x longitudinale, l'evoluzione temporale della forza F_x longitudinale, e l'evoluzione temporale della forza F_y laterale; tali evoluzioni temporali possono essere direttamente utilizzate per pilotare gli attuatori del

banco di prova per simulare con elevata fedeltà la prova di durata all'aperto.

In accordo con la presente invenzione, l'evoluzione temporale della velocità V_x longitudinale, l'evoluzione temporale della forza F_x longitudinale, e l'evoluzione temporale della forza F_y laterale vengono sottoposte ad un processo di ottimizzazione in modo da aumentare l'efficienza complessiva della prova al coperto al banco di prova mantenendo, nello stesso tempo, una elevata fedeltà con la prova di durata all'aperto.

Il processo di ottimizzazione prevede di trasformare la velocità $V_x(t)$ longitudinale e le forze F_x ed F_y dal dominio del tempo t (ovvero in funzione del tempo t) al dominio dello spazio s (ovvero in funzione dello spazio s) ottenendo quindi la velocità V_x longitudinale e le forze F_x ed F_y . Questa trasformazione è semplice e veloce, in quanto essendo nota la velocità V_x longitudinale è immediato determinare la relazione esistente tra lo spazio s ed il tempo t (ovvero $ds = dv \cdot dt$):

$$s(T) = \int_0^T V_x(t) \cdot dt$$

In altre parole, dalla velocità $V_x(t)$ longitudinale e dalle forze $F_x(t)$ ed $F_y(t)$ vengono ottenute la velocità $V_x(s)$ longitudinale e le forze $F_x(s)$ ed $F_y(s)$.

Una volta trasformata la velocità V_x longitudinale e

le forze F_x ed F_y dal dominio del tempo t al dominio dello spazio s (cioè una volta passato da $V_x(t)$, $F_x(t)$ ed $F_y(t)$ a $V_x(s)$, $F_x(s)$ ed $F_y(s)$) la velocità V_x longitudinale viene dilatata applicando un fattore moltiplicativo k (maggiore di uno) e lo spazio s viene dilatato applicando un fattore moltiplicativo k^2 (maggiore di uno) che è ovviamente più grande del fattore moltiplicativo k . In altre parole, sia la velocità V_x longitudinale, sia lo spazio s vengono dilatati (aumentati) mediante corrispondenti fattori moltiplicativi k e k^2 e lo spazio s viene dilatato maggiormente rispetto alla velocità V_x longitudinale. Generalmente, il fattore moltiplicativo k è compreso tra 1,2 e 2,5 e quindi il fattore moltiplicativo k^2 è compreso tra 1,44 e 6,25 (corrispondenti rispettivamente a $1,2^2$ e $2,5^2$). La velocità V_x longitudinale dilatata (mediante il fattore moltiplicativo k) e le forze F_x ed F_y nel dominio dello spazio s vengono ri-campionate rispetto allo spazio s dilatato (mediante il fattore moltiplicativo k^2).

Una volta eseguito il ri-campionamento della velocità V_x longitudinale dilatata e delle forze F_x ed F_y rispetto allo spazio s dilatato, la velocità V_x longitudinale ri-campionata e le forze F_x ed F_y ri-campionate vengono ri-trasformate dal dominio dello spazio s (ovvero in funzione dello spazio s) al dominio del tempo t (ovvero in funzione del tempo t). Questa successiva trasformazione per tornare

nel dominio del tempo t è necessaria in quanto gli attuatori del banco di prova devono essere pilotati in base tempo t . E' importante osservare che anche questa ulteriore trasformazione è semplice e veloce in quanto la relazione tra spazio s e tempo t è direttamente fornita dalla velocità V_x longitudinale come descritto in precedenza.

Per riassumere, vengono eseguite le seguenti operazioni:

1. $V_x(t), F_x(t), F_y(t) \Rightarrow V_x(s), F_x(s), F_y(s)$
2. $V_x(s), F_x(s), F_y(s) \Rightarrow V_x(s \cdot k^2) \cdot k, F_x(s \cdot k^2), F_y(s \cdot k^2)$
3. $V_x(s \cdot k^2) \cdot k, F_x(s \cdot k^2), F_y(s \cdot k^2) \Rightarrow V_x(t), F_x(t), F_y(t)$

Secondo una più generale forma di attuazione, una volta trasformata la velocità V_x longitudinale e le forze F_x ed F_y dal dominio del tempo t al dominio dello spazio s , la velocità V_x longitudinale viene dilatata applicando un fattore moltiplicativo k_v (maggiore di uno) e lo spazio s viene dilatato applicando un fattore moltiplicativo k_s (maggiore di uno) che è più grande del fattore moltiplicativo k_v ma non è necessariamente il quadrato del fattore moltiplicativo k_s . In altre parole, sia la velocità V_x longitudinale, sia lo spazio s vengono dilatati (aumentati) mediante corrispondenti fattori moltiplicativi k_v e k_s e lo spazio s viene dilatato maggiormente rispetto alla velocità V_x longitudinale (in ogni caso il fattore moltiplicativo k_s è uguale o più grande del quadrato del

fattore moltiplicativo k_v). Secondo una possibile forma di attuazione, il fattore moltiplicativo k_s è dipendente dal fattore moltiplicativo k_v ed in particolare il fattore moltiplicativo k_s è una potenza n (con n maggiore o uguale di 2) del fattore moltiplicativo k_v (ovvero $k_s = k_v^n$); secondo ulteriori forme di attuazione potrebbe esistere una diversa relazione matematica tra i due fattori moltiplicativi k_v e k_s oppure potrebbe non esistere alcuna relazione matematica tra i due fattori moltiplicativi k_v e k_s , purché sia rispettata la condizione $k_s > k_v^2$.

Nella figura 4 sono illustrate schematicamente alcune trasformazioni matematiche che vengono eseguite durante il processo di ottimizzazione: nei due grafici di sinistra sono illustrate l'evoluzione della velocità V_x longitudinale e della forza F_x longitudinale in funzione dello spazio s (ovvero nel dominio dello spazio) mentre nei due grafici di destra sono illustrate l'evoluzione della velocità V_x longitudinale e della forza F_x longitudinale in funzione del tempo t (ovvero nel dominio del tempo).

Per meglio comprendere il processo di ottimizzazione, riportiamo di seguito un semplice esempio numerico: ipotizziamo che il veicolo 1 venga condotto a 40 km/h lungo un percorso diritto avente una lunghezza di 10 km, che il guidatore sterzi alternativamente a destra ed a sinistra (in sostanza eseguendo un serpentina, ovvero uno zig-zag,

attorno alla traiettoria rettilinea) 100 volte (quindi ogni 100 metri, ovvero ogni 10 secondi) imponendo una energia di consumo per ciascun pneumatico 2 pari a 10.000 Nkm ed una densità di energia di consumo pari a 1.000 N (10.000Nkm/10Km); in queste condizioni:

- la durata della prova è di 15 minuti (10km/40km/h);
- l'efficienza è 0,66 km/min (10km/15min);
- l'energia di consumo complessiva ricevuta da ciascun pneumatico 2 è 10.000 Nkm;
- la densità dell'energia di consumo è di 1.000 N.

Se la velocità viene estesa mediante un fattore moltiplicativo k_v pari a 1,5 e lo spazio viene esteso mediante un fattore moltiplicativo k_s pari a 2,25 (ovvero $1,5^2$) allora:

- il guidatore deve sterzare alternativamente a destra ed a sinistra ogni 225 metri ($100 \cdot 2,25$) ovvero ogni 13,5 secondi;
- la lunghezza complessiva diventa 22,5 Km;
- la durata della prova diventa 22,5 minuti (22,5km/60km/h);
- l'efficienza diventa 1 km/min (22,5km/22,5min);
- l'energia di consumo complessiva ricevuta da ciascun pneumatico 2 diventa a 22.500 Nkm ($1000N \cdot 22,5Km$);

- la densità dell'energia di consumo rimane invariata pari a 1.000 N.

Paragonando le due situazioni appare evidente che la seconda situazione presenta una maggiore efficienza (1 km/min contro 0,66 km/min) pur presentando un minore livello di sollecitazioni a carico del guidatore (ovvero degli attuatori del banco di prova) in quanto invece di sterzare ogni 10 secondi si deve sterzare ogni 13,5 secondi.

Il sopra descritto processo di ottimizzazione permette di aumentare in modo rilevante l'efficienza della prova; in particolare, la principale grandezza utilizzata per valutare l'efficienza della prova è la velocità media (ovvero il rapporto medio tra spazio e tempo) che risulta aumentata di una quantità pari al fattore moltiplicativo k_v .

Inoltre, il sopra descritto processo di ottimizzazione ha un impatto positivo sulla rapidità con la quale vengono variate le sollecitazioni applicate al pneumatico in prova (è importante che la rapidità con la quale vengono variate le sollecitazioni applicate al pneumatico in prova non sia troppo elevata per evitare di superare i limiti del banco di prova e quindi rendere di fatto la prova non realizzabile). Una grandezza utilizzata per valutare la rapidità con la quale vengono variate le sollecitazioni

applicate al pneumatico in prova è il "rapporto di velocità" ("speed rate") che è pari alla accelerazione longitudinale (ovvero la derivata prima nel tempo della velocità V_x longitudinale); tale rapporto varia di una quantità pari al rapporto tra il fattore moltiplicativo k_v al quadrato (k_v^2) ed il fattore moltiplicativo k_s (ovvero, di una quantità pari a k_v^{2-n} quando $k_s = k_v^n$ e quindi di una quantità pari ad 1 quando $k_s = k_v^2$). Una ulteriore grandezza utilizzata per valutare la velocità delle sollecitazioni applicate al pneumatico in prova è il "rapporto di input" ("input rate") che è pari alla derivata prima nel tempo delle forze F_x e F_y ; tale rapporto varia di una quantità pari al rapporto tra il fattore moltiplicativo k_v ed il fattore moltiplicativo k_s (ovvero, di una quantità pari a k_v^{1-n} quando $k_s = k_v^n$ e quindi di una quantità pari ad k_v^{-1} quando $k_s = k_v^2$).

Il sopra descritto processo di ottimizzazione si basa sull'ipotesi (ampiamente verificata fino a quanto la velocità V_x longitudinale non diventa troppo grande) che il consumo (usura) del pneumatico dipende dal numero di giri (rivoluzioni) compiute dal pneumatico indipendentemente (o meglio praticamente indipendentemente) dalla velocità con cui viene compiuto il numero di giri. In realtà la velocità ha un minimo impatto sul consumo, ma è stato osservato che in prima approssimazione si può trascurare l'impatto sul

consumo dovuto a variazioni di velocità (almeno fino a quanto la velocità V_x longitudinale non diventa troppo grande).

Il metodo sopra descritto per determinare le sollecitazioni che devono essere applicate ad un pneumatico durante una prova di durata al coperto svolta in un banco di prova presenta numerosi vantaggi.

In primo luogo, il metodo sopra descritto è di semplice ed economica implementazione in quanto prevede l'utilizzo di uno strumento di misura (il localizzatore satellitare 4) che è relativamente economico, è di facile installazione, e non richiede alcuna taratura preventiva.

Il metodo sopra descritto è estremamente preciso e soprattutto non risente in alcun modo di derive temporali, in quanto il localizzatore satellitare 4 presenta bassi livelli di rumore, fornisce una elevata precisione, e non è affetto da derive temporali (né per invecchiamento dei componenti, né per effetto termico) in quanto, a differenza di un accelerometro, è privo di elementi sensibili fisicamente coinvolti nelle misurazioni.

Il localizzatore satellitare 4 non risente in alcun modo dei moti di cassa del veicolo 1 e quindi le misure fornite dal localizzatore satellitare 4 non sono influenzate dai movimenti della cassa del veicolo 1 sulle sospensioni.

Grazie alle informazioni fornite dal localizzatore satellitare 4 sulla quota verticale del veicolo 1 è possibile determinare con precisione anche la forza FG gravitazionale agente sul veicolo 1 in funzione della inclinazione della strada su cui viaggia il veicolo 1.

Infine, grazie al sopra descritto processo di ottimizzazione è possibile aumentare in modo significativo l'efficienza della prova al coperto sul banco di prova senza avere un impatto negativo sulla rapidità con la quale vengono variate le sollecitazioni applicate al pneumatico in prova.

RIVENDICAZIONI

1) Metodo per determinare le sollecitazioni che devono essere applicate ad un pneumatico durante una prova di durata al coperto svolta in un banco di prova; il metodo comprende le fasi di:

fare percorrere ad un veicolo (1) un percorso stradale campione;

misurare, durante la percorrenza del percorso stradale campione, l'evoluzione nel tempo della velocità (V_x) longitudinale del veicolo (1) e della posizione (P) del veicolo (1); e

calcolare le forze (FI_x , FI_y) inerziali agenti su almeno un pneumatico (2) del veicolo (1) durante la percorrenza del percorso stradale campione in funzione della evoluzione nel tempo della velocità (V_x) longitudinale del veicolo (1) e della posizione (P) del veicolo (1);

il metodo è **caratterizzato dal fatto di** comprendere le ulteriori fasi di:

trasformare le forze (FI_x , FI_y) inerziali e la velocità (V_x) longitudinale dal dominio del tempo al dominio dello spazio;

dilatare la velocità (V_x) longitudinale nel dominio dello spazio applicando un primo fattore moltiplicativo

(k_v) maggiore di uno;

dilatare lo spazio applicando un secondo fattore moltiplicativo (k_s) che è maggiore di uno ed è uguale o maggiore del primo fattore moltiplicativo (k_v) e ricampionare la velocità (V_x) longitudinale dilatata e le forze (FI_x, FI_y) inerziali rispetto allo spazio dilatato; e

ri-trasformare, infine, la velocità (V_x) longitudinale ricampionata e le forze (FI_x, FI_y) inerziali ricampionate dal dominio dello spazio al dominio del tempo.

2) Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui il secondo fattore moltiplicativo (k_s) è dipendente dal primo fattore moltiplicativo (k_v) .

3) Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui il secondo fattore moltiplicativo (k_s) è una potenza n del primo fattore moltiplicativo (k_v) , e l'esponente n è uguale o maggiore di 2.

4) Metodo secondo la rivendicazione 1, 2 o 3, in cui il secondo fattore moltiplicativo (k_s) è il quadrato del primo fattore moltiplicativo (k_v) .

5) Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui il primo fattore moltiplicativo (k_v) è compreso tra 1,2 e 2,5.

6) Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 5 e comprendente le ulteriori fasi di:

determinare l'accelerazione (A_x) longitudinale del veicolo (1) calcolando la derivata prima nel tempo della velocità (V_x) longitudinale di avanzamento del veicolo (1);

determinare una traiettoria (T) del veicolo (1) in funzione della evoluzione nel tempo della posizione (P) del veicolo (1);

determinare un raggio (R) di curvatura della traiettoria (T) del veicolo (1);

calcolare l'accelerazione (A_y) laterale del veicolo (1) in funzione della velocità (V_x) longitudinale di avanzamento e del raggio (R) di curvatura della traiettoria (T);

calcolare una forza (FI_x) inerziale longitudinale agente sul veicolo (1) moltiplicando la massa (M) del veicolo (1) per l'accelerazione (A_x) longitudinale del veicolo (1); e

calcolare una forza (FI_y) inerziale laterale agente sul veicolo (1) moltiplicando la massa (M) del veicolo (1) per l'accelerazione (A_y) laterale del veicolo (1).

7) Metodo secondo la rivendicazione 6, in cui la posizione (P) del veicolo (1) è costituita dall'insieme di tre coordinate (X,Y,Z) e la traiettoria (T) del veicolo (1) viene determinata nel piano definito da due coordinate (X,Y) corrispondenti a latitudine e longitudine.

8) Metodo secondo la rivendicazione 7 e comprendente le ulteriori fasi di:

determinare una quota verticale del veicolo (1) in funzione di una terza coordinata (Z);

determinare l'inclinazione della strada su cui viaggia il veicolo (1) in funzione della evoluzione della quota verticale del veicolo (1);

determinare una forza (FG) gravitazionale agente sul veicolo (1) in funzione della inclinazione della strada su cui viaggia il veicolo (1); e

sommare algebricamente la forza (FG) gravitazionale alla forza (FI_x) inerziale longitudinale.

9) Metodo secondo la rivendicazione 6, 7 o 8 e comprendente le ulteriori fasi di:

determinare una forza (FA) aerodinamica agente sul veicolo (1) in funzione della velocità (V_x) longitudinale di avanzamento del veicolo (1); e

sommare algebricamente la forza (FA) aerodinamica alla forza (FI_x) inerziale longitudinale.

10) Metodo secondo una delle rivendicazioni da 6 a 9, in cui la velocità (V_x) longitudinale di avanzamento del veicolo (1) e la posizione (P) del veicolo (1) vengono misurate da un localizzatore (4) satellitare.

p.i.: BRIDGESTONE CORPORATION

Elena CERBARO

CLAIMS

1) A method of determining stress to be applied to a test bench endurance tested tyre, the method comprising the steps of:

running a vehicle (1) along a sample highway;

measuring variations in the longitudinal speed (V_x) and position (P) of the vehicle (1) as it travels along the sample highway; and

calculating the inertial forces (FI_x , FI_y) on the vehicle (1), as it travels along the sample highway, on the basis of variations in the longitudinal speed (V_x) and position (P) of the vehicle (1);

the method being **characterized by** comprising the further steps of:

transforming the inertial forces (FI_x , FI_y) and the longitudinal speed (V_x) from the time domain to the space domain;

expanding the longitudinal speed (V_x) in the space domain by applying a first multiplication factor (k_v) greater than one;

expanding the space by applying a second multiplication factor (k_s) greater than one and equal or greater than the square of the first multiplication factor (k_v), and re-sampling the expanded longitudinal speed (V_x) and the inertial forces (FI_x , FI_y) with respect to the expanded

space; and

re-transforming the re-sampled longitudinal speed (V_x) and the re-sampled inertial forces (FI_x , FI_y) from the space domain to the time domain.

2) A method as claimed in Claim 1, wherein the second multiplication factor (k_s) is dependent on the first multiplication factor (k_v).

3) A method as claimed in Claim 1 or 2, wherein the second multiplication factor (k_s) is a power n of the first multiplication factor (k_v) and the exponent n is equal or greater than 2.

4) A method as claimed in Claim 1, 2 or 3, wherein the second multiplication factor (k_s) is the square of the first multiplication factor (k_v).

5) A method as claimed in one of Claims 1 to 4, wherein the first multiplication factor (k_v) ranges between 1.2 and 2.5.

6) A method as claimed in one of Claims 1 to 5, and comprising the further steps of:

determining longitudinal acceleration (A_x) of the vehicle (1) by calculating the rate of change in the longitudinal speed (V_x) of the vehicle (1);

determining a trajectory (T) of the vehicle (1) on the basis of variations in the position (P) of the vehicle (1);

determining a radius (R) of curvature of the trajectory (T)

of the vehicle (1);

calculating lateral acceleration (A_y) of the vehicle (1) on the basis of longitudinal speed (V_x) and the radius (R) of curvature of the trajectory (T);

calculating a longitudinal inertial force (FI_x) on the vehicle (1) by multiplying the mass (M) of the vehicle (1) by longitudinal acceleration (A_x) of the vehicle (1); and

calculating a lateral inertial force (FI_y) on the vehicle (1) by multiplying the mass (M) of the vehicle (1) by longitudinal acceleration (A_x) of the vehicle (1).

7) A method as claimed in Claim 6, wherein the position (P) of the vehicle (1) is defined by three coordinates (X , Y , Z), and the trajectory (T) of the vehicle (1) is determined in the plane defined by two coordinates (X , Y) corresponding to latitude and longitude.

8) A method as claimed in Claim 7, and comprising the further steps of:

determining a vertical dimension of the vehicle (1) as a function of a third coordinate (Z);

determining the gradient of the highway travelled by the vehicle (1), on the basis of variations in the vertical dimension of the vehicle (1);

determining a gravitational force (FG) on the vehicle (1) on the basis of the gradient of the highway travelled by the vehicle (1); and

algebraically adding the gravitational force (FG) and the longitudinal inertial force (FI_x).

9) A method as claimed in Claim 6, 7 or 8, and comprising the further steps of:

determining an aerodynamic force (FA) on the vehicle (1) on the basis of the longitudinal speed (V_x) of the vehicle (1); and

algebraically adding the aerodynamic force (FA) and the longitudinal inertial force (FI_x).

10) A method as claimed in one of Claims 6 to 9, wherein the longitudinal speed (V_x) and position (P) of the vehicle (1) are measured by a satellite positioning device (4).

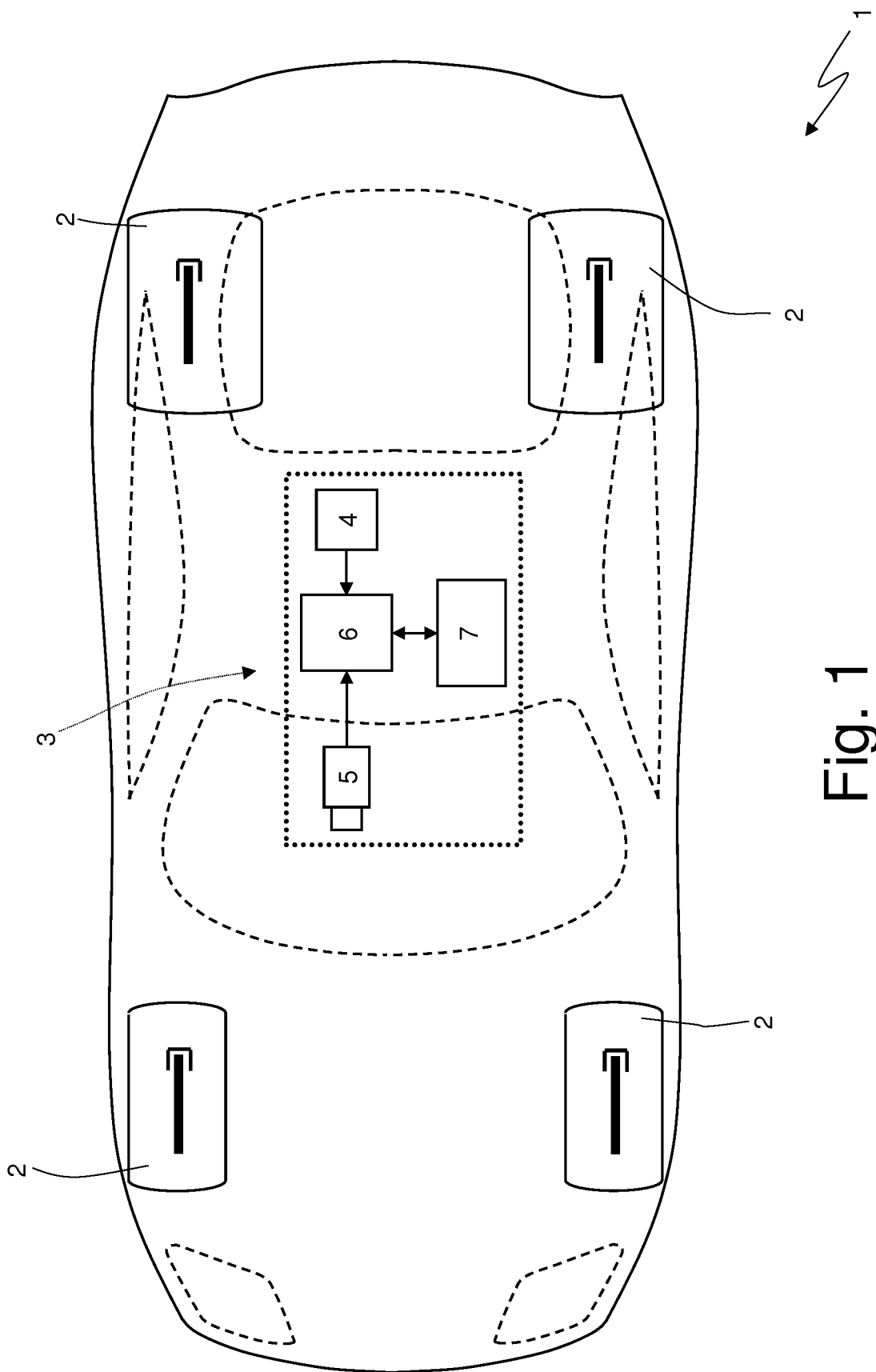


Fig. 1

p.i.: BRIDGESTONE CORPORATION

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

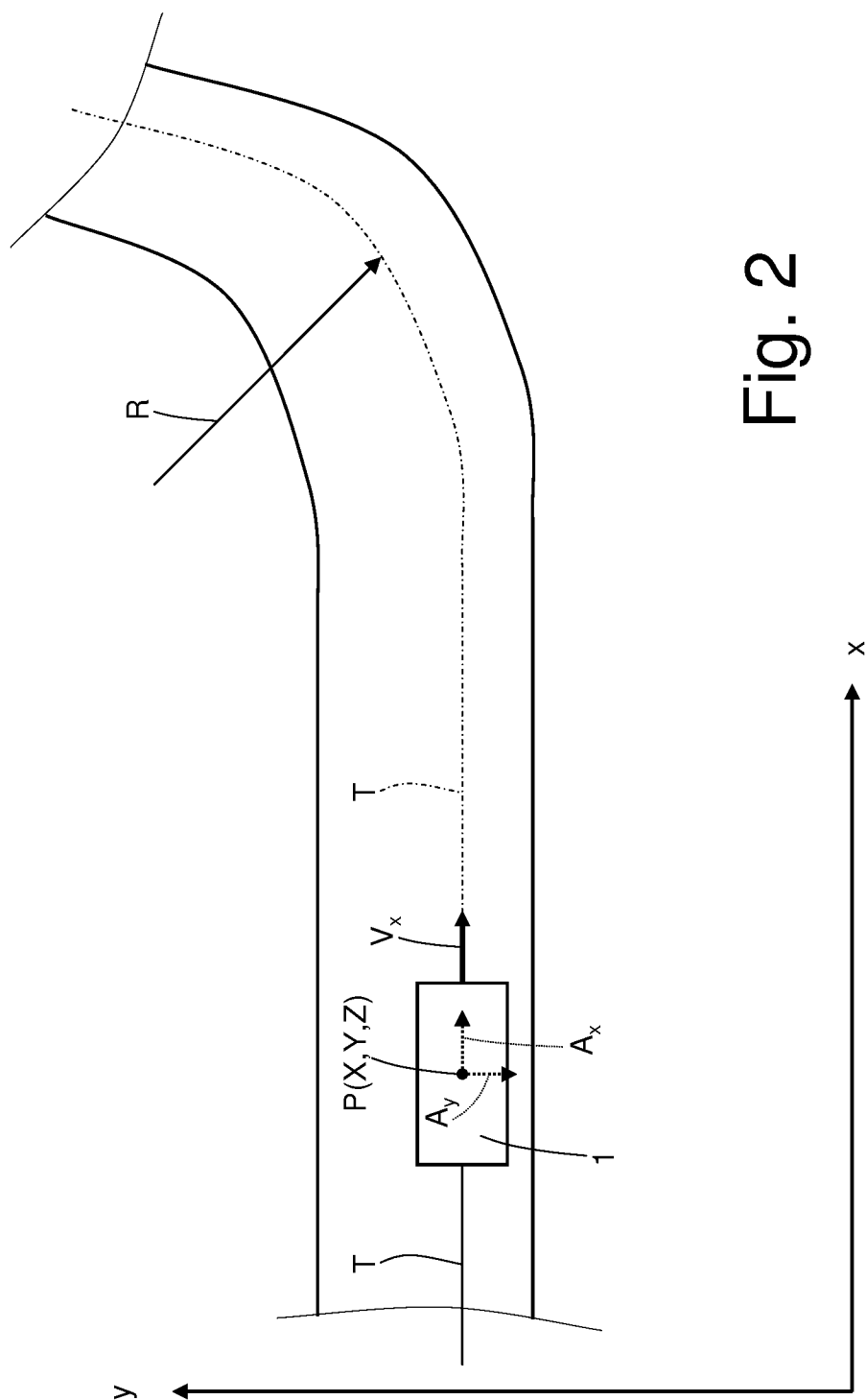


Fig. 2

p.i.: BRIDGESTONE CORPORATION

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

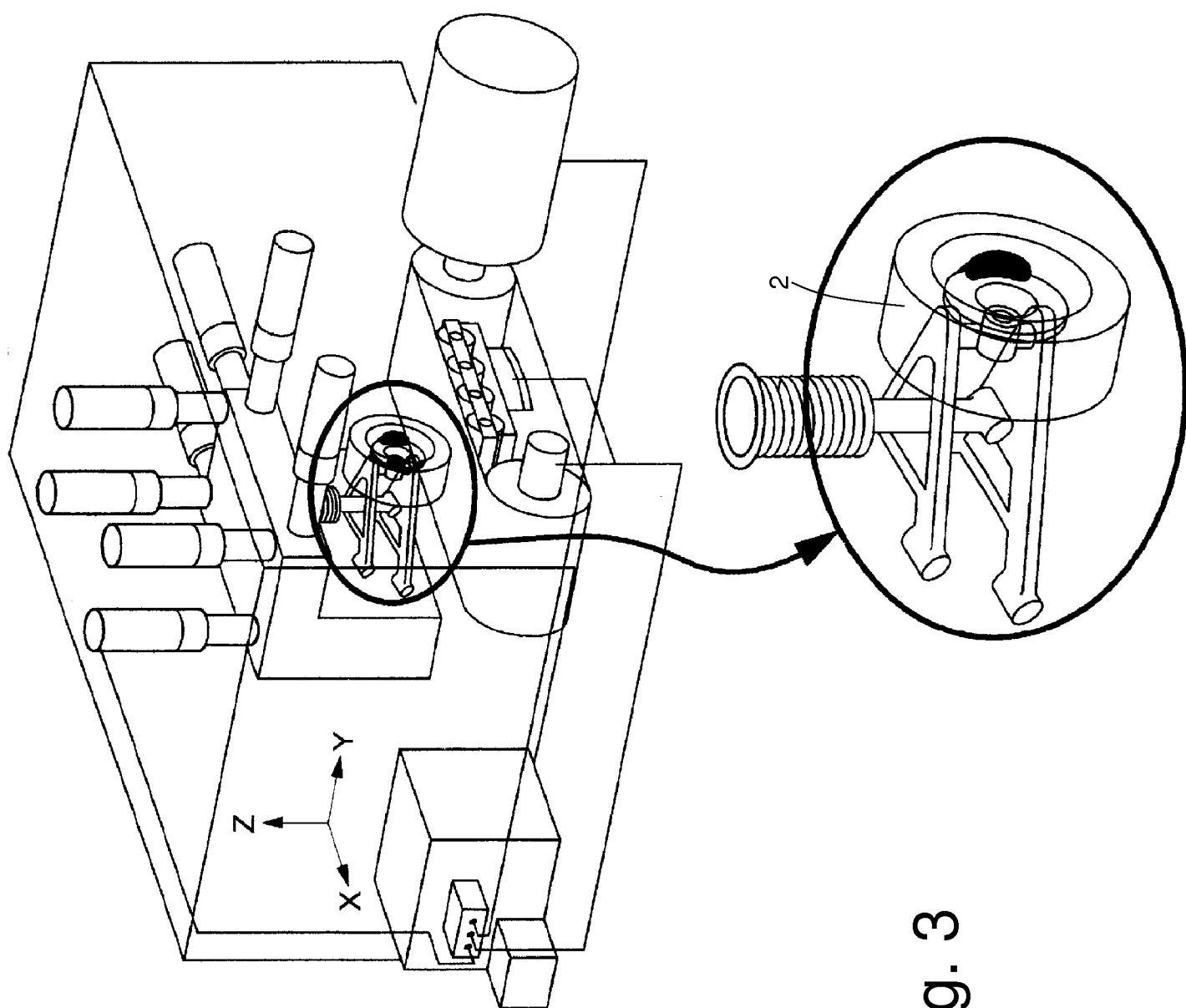


Fig. 3

p.i.: BRIDGESTONE CORPORATION

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

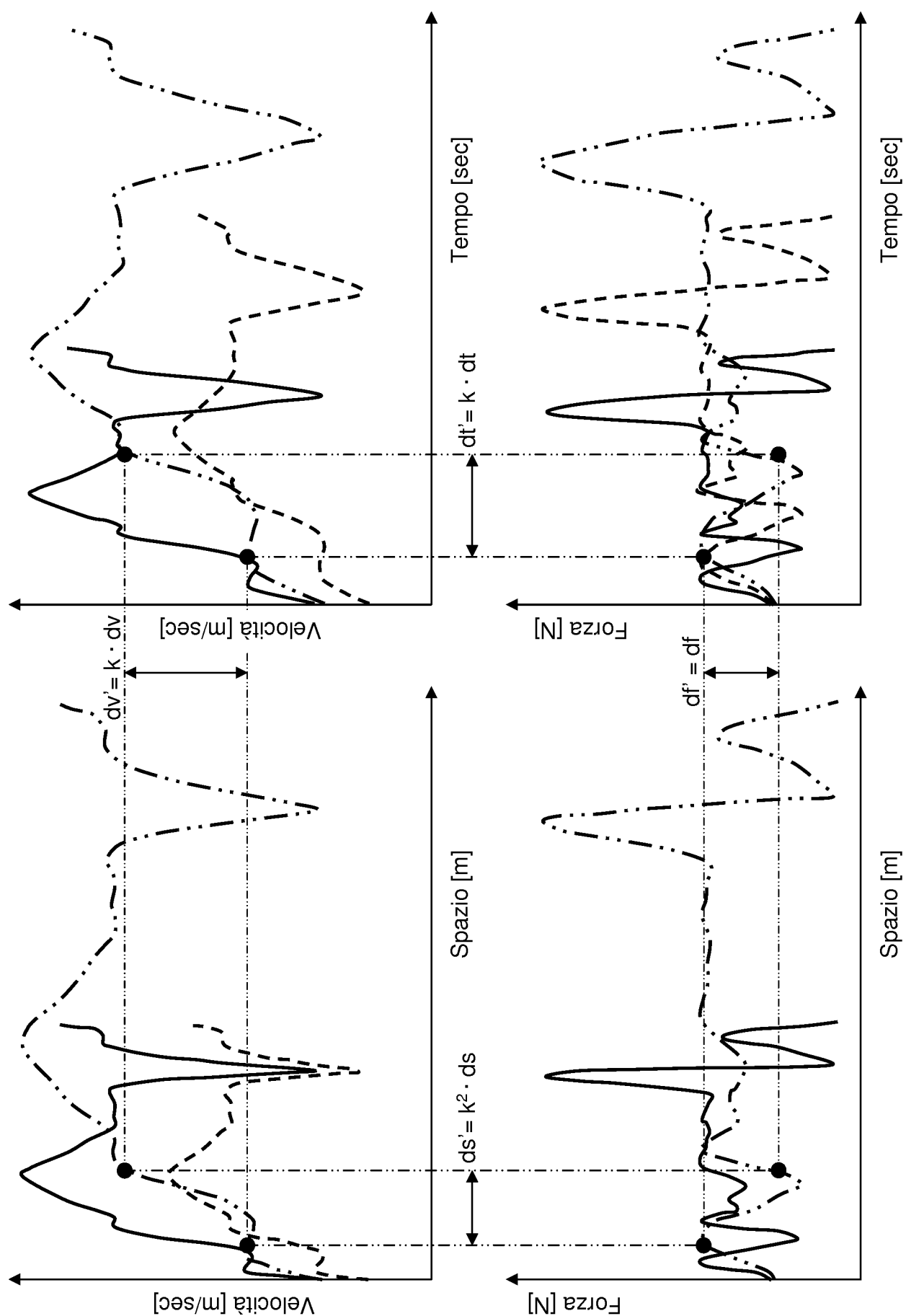


Fig. 4

p.i.: BRIDGESTONE CORPORATION

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)