



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102019000011319</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>10/07/2019</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>10/01/2021</b>

Classifiche IPC

<b>Sezione</b>	<b>Classe</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Sottogruppo</b>
G	05	B	23	02

<b>Sezione</b>	<b>Classe</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Sottogruppo</b>
B	31	F	1	28

Titolo

METODO DI MONITORAGGIO DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI CARTONE  
ONDULATO

FOSBER S.p.A.  
a Monsagrati – Pescaglia (LU)

Metodo di monitoraggio di un impianto per la produzione di cartone ondulato

### DESCRIZIONE

#### 5 CAMPO TECNICO

**[0001]** La presente descrizione riguarda gli impianti per la produzione di cartone ondulato. Più in particolare, l'invenzione riguarda metodi di diagnosi predittiva per componenti o gruppi funzionali degli impianti per la produzione di cartone ondulato.

#### ARTE ANTERIORE

10 **[0002]** Il cartone ondulato viene prodotto a partire da nastri di carta liscia alimentati da rispettive bobine madri. Un cartone ondulato comprende usualmente almeno un foglio di carta ondulato e due fogli di carta liscia, dette copertine, tra i quali è disposto il foglio di carta ondulata. Le copertine sono incollate al foglio di carta ondulata in corrispondenza delle creste delle ondulazioni. In generale, un cartone ondulato può  
15 comprendere più di un foglio di carta ondulata. Usualmente, tra ciascuna coppia di fogli di carta ondulata è interposto un foglio liscio di separazione.

**[0003]** Un impianto per la produzione di fogli di cartone ondulato comprende in generale uno o più svolgitori di bobine di nastri continui di carta liscia e uno o più ondulatori. Ciascun ondatore trasforma un nastro continuo di carta liscia in un nastro continuo di carta ondulata e unisce il nastro continuo di carta ondulata ad un nastro continuo di carta liscia, o copertina. Il nastro continuo composto così ottenuto in uscita dall'ondulatore viene alimentato ad un gruppo di piani caldi, dove viene unito con una seconda copertina. L'impianto può in generale comprendere uno o più ondulatori per alimentare ai piani caldi uno o più nastri composti da un nastro continuo  
20 ondulato ed una copertina. L'impianto comprende, inoltre una sezione di trasformazione del cartone ondulato proveniente dai piani caldi, comunemente detta "dry-end", per distinguerla dalla sezione comprensiva delle macchine dagli svolgitori sino ai piani caldi (cosiddetto "wet-end"). La sezione di dry-end comprende usualmente una stazione di taglio e cordonatura longitudinali, che tagliano il nastro di cartone  
25 ondulato in strisce longitudinali continue.  
30

[0004] Le strisce longitudinali continue vengono poi ulteriormente lavorate per produrre una serie di fogli separati, oppure un cosiddetto fanfold, cioè una striscia piegata a zig-zag secondo linee di cordonatura e piegatura trasversali.

5 [0005] Gli impianti di questo tipo contengono una pluralità di gruppi funzionali di vario tipo. Ad esempio, sono previsti motori elettrici, pompe, sistemi di alimentazione di vapore, alimentatori di collante, alimentatori di aria compressa etc.

10 [0006] I gruppi funzionali sono soggetti a usura e possono guastarsi. Gli interventi di manutenzione, riparazione o eventuale sostituzione dei vari gruppi funzionali di una linea di questo tipo sono molto onerosi, perché possono comportare la necessità di arrestare la linea per un tempo anche lungo. L'arresto della linea comporta perdite di produzione che incidono sui costi di produzione complessivi. Tenuto conto che il materiale prodotto (cartone ondulato) ha margini di ricavo molto limitati, un aumento dei costi provocato dalla perdita di produzione dovuta agli arresti per riparazione o manutenzione può essere particolarmente oneroso per l'utilizzatore della linea. Inol-  
15 tre, gli arresti della sezione di wet-end comporta anche scarti di materiale considerevoli, e tempi di riavvio lunghi, in quanto il cartone ondulato presente in macchina deve essere completamente scartato e le varie sezioni calde (ondulatori, piani caldi) devono essere riportate in temperatura prima di poter riprendere la produzione.

20 [0007] WO2019048437 descrive un nuovo metodo per il monitoraggio del funzionamento di un impianto per la produzione di cartone ondulato. Il metodo prevede di rilevare almeno un parametro operativo di un gruppo funzionale dell'impianto, ad esempio una corrente assorbita da un motore. In una finestra temporale corrente viene poi calcolato il valore corrente di una funzione statistica del parametro operativo. Della stessa funzione statistica vengono calcolati il valore massimo ed il valore mi-  
25 nimo su dati storicizzati del parametro operativo considerato. Da un confronto del valore corrente della funzione statistica con i valori massimo e minimo si ottiene una informazione di diagnosi predittiva. Questo metodo innovativo fornisce un grande ausilio all'utilizzatore dell'impianto ed al produttore dell'impianto, in quanto consente interventi di manutenzione mirati e tempestivi.

30 [0008] La continua ricerca di miglioramenti nella gestione degli impianti suggerisce di ricercare metodi ancora più efficienti che renda più efficace la diagnosi predit-

tiva e quindi più tempestivi e mirati gli interventi di manutenzione e/o riparazione degli impianti.

## SOMMARIO

5 [0009] E' ora stato sorprendentemente rilevato, ed è alla base della presente invenzione, che le funzioni statistiche descritte e utilizzate nel metodo descritto in WO2019048437 possono fornire ulteriori informazioni utili per la diagnosi predittiva sugli impianti per la produzione di cartone ondulato.

10 [0010] In sostanza, viene proposto un metodo per il monitoraggio del funzionamento di un impianto per la produzione di cartone ondulato, che presenta una pluralità di gruppi funzionali. Per uno o più di tali gruppi funzionali viene rilevato almeno un parametro operativo. Per parametro operativo si intende un qualunque parametro misurabile, correlato al funzionamento del gruppo funzionale. Ad esempio, un parametro operativo di un attuatore elettrico può essere la corrente assorbita, o la coppia motrice. Un parametro operativo di un componente idraulico o pneumatico può essere  
15 rappresentato da un fluido (liquido o gassoso, rispettivamente) di lavoro. Il metodo comprende, inoltre, la fase di calcolare un valore corrente di almeno una prima funzione statistica del parametro operativo in una finestra temporale corrente. Il valore corrente della prima funzione statistica definisce una prima coordinata di un punto di funzionamento corrente del gruppo funzionale. Il metodo comprende, inoltre, la fase  
20 di verificare se il punto di funzionamento corrente si trova all'interno di un campo di valori ammissibili della prima funzione statistica. I valori contenuti in tale campo di valori ammissibili corrispondono ad un funzionamento corretto del gruppo funzionale.

25 [0011] Se il punto di funzionamento corrente si trova all'esterno del campo di valori ammissibili, viene previsto di determinare la posizione del punto di funzionamento rispetto al campo di valori ammissibili. In base a tale posizione viene fornita una diagnosi statistica sulla causa della deviazione del valore corrente dal campo di valori ammissibili in funzione di detta posizione, cioè sulla causa che ha portato il gruppo funzionale a operare in maniera anomala.

30 [0012] Ad esempio, nel caso di un motore elettrico, la funzione statistica può essere rappresentativa di un valore medio della corrente assorbita. Un funzionamento ano-

malo può comportare un valore medio eccessivamente alto della corrente assorbita.

5 [0013] Il metodo è basato sull'aver sorprendentemente rilevato che la posizione del punto di funzionamento, cioè le sue coordinate in uno spazio mono, bi- o multi-dimensionale (le cui coordinate possono essere rappresentate da altrettante funzioni statistiche) rispetto ad un campo di valori correnti ammissibili, è indicativo non solo dell'imminenza di un guasto, ma fornisce anche una indicazione sulla natura del guasto e quindi sulle possibili misure da intraprendere, cioè soluzioni da adottare, per riportare il gruppo funzionale a lavorare correttamente, con il proprio punto di funzionamento all'interno del campo di valori ammissibili.

10 [0014] Benché in linea di principio sia possibile utilizzare una sola funzione statistica, e quindi utilizzare un campo monodimensionale di valori ammissibili, è preferibile utilizzare almeno due funzioni statistiche e quindi individuare la posizione del punto di funzionamento in uno spazio bidimensionale. In tale spazio il campo dei valori ammissibili è definito da una superficie, ad esempio, ma non necessariamente, di  
15 forma rettangolare.

[0015] Non si esclude la possibilità di utilizzare più di due funzioni statistiche.

[0016] Ulteriori vantaggiose forme di realizzazione e caratteristiche del metodo secondo l'invenzione saranno descritte nel seguito con riferimento a forme di attuazione, e nelle allegate rivendicazioni, che formano parte integrante della presente descrizione.  
20

#### BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

[0017] L'invenzione verrà meglio compresa seguendo la descrizione e gli allegati disegni, che illustrano una forma di realizzazione esemplificativa e non limitativa dell'invenzione. Più in particolare, nel disegno:

25 le Figg. 1A, 1B, 1C e 1D illustrano porzioni di un impianto di produzione di cartone ondulato, disposte in sequenza lungo il percorso di avanzamento del cartone;

le Figg.2(A), 2(B) 2(C) e 2(D) illustrano diagrammi esemplificativi del metodo di diagnostica predittiva qui descritto;

30 le Figg.3(A) e 3(B) illustrano una modalità di definizione di un campo di valori ammissibili come involucro di una pluralità di campi di valori ammissibili cal-

colati in una pluralità di cicli o fasi di apprendimento;

la Fig.4 illustra un ingrandimento di una zona di alimentazione del cartone ondulato semplice sul ponte, con il relativo motore di azionamento delle cinghie di avanzamento del cartone ondulato;

5 le Figg. 5 a 10 illustrano diagrammi di funzionamenti anomali del motore della Fig. 4;

la Fig.11 illustra uno schema del sistema di accesso alla banca dati contenente le informazioni relative alle cause di funzionamenti anomali di gruppi funzionali dell'impianto; e

10 la Fig.12 illustra un diagramma a blocchi riassuntivo.

#### DESCRIZIONE DETTAGLIATA

[0018] Nella forma di realizzazione illustrata, viene descritto un impianto che prevede la produzione di fogli di cartone ondulato a doppia onda, cioè con due nastri di carta ondulata interposti fra due nastri di carta liscia, o copertine, ed un nastro di carta liscia interposto tra i due nastri di carta ondulata. L'impianto è, inoltre, configurato per realizzare due pile di fogli su due impilatori affiancati.

[0019] Si deve, tuttavia, comprendere che le caratteristiche qui di seguito descritte, relative al sistema ed al metodo di diagnosi predittiva, possono essere impiegate in maniera equivalente in impianti con un diverso numero di ondulatori e quindi atti a produrre un nastro di cartone ondulato comprendente un numero diverso di nastri o fogli. Anche i sistemi di impilamento possono essere diversi, ad esempio per formare una singola pila o più di due pile di fogli di cartone. In altre forme di realizzazione, i sistemi di impilamento possono prevedere mezzi per piegare a zig-zag (fanfold) il nastro di cartone ondulato senza tagliarlo in fogli.

25 [0020] Analogamente, la serie di piani caldi e la stazione di taglio e cordonatura longitudinali, di seguito descritte in via esemplificativa, possono essere realizzate in maniera diversa da come qui descritto e illustrato.

[0021] Con riferimento ai disegni allegati, l'impianto comprende una prima sezione 3 per la produzione di un primo nastro di cartone ondulato semplice, una seconda sezione 5 per la produzione di un secondo nastro di cartone ondulato semplice, una terza sezione 7 di alimentazione dei due nastri di cartone ondulato semplice e di un na-

stro di carta liscia ad una serie di piani caldi 8 di una sezione 9 comprendente detta serie di piani caldi 8 e relativi accessori. Dalla sezione 9 esce un cartone ondulato composito formato dall'insieme dei nastri di cartone ondulato semplice e dell'ulteriore nastro di carta liscia ad essi accoppiato per incollaggio, il quale forma  
5 una seconda copertina del nastro di cartone ondulato composito.

**[0022]** A valle della sezione 9 è prevista una sezione 11, in cui sono posti dispositivi per la rimozione degli scarti e, a valle di questa, una sezione 13 di taglio longitudinale e cordonatura longitudinale del nastro di cartone ondulato continuo proveniente dalla sezione 9 contenente i piani caldi 8, per dividere il nastro di cartone ondulato  
10 in una pluralità di strisce longitudinali di cartone ondulato e per formare linee di cordonatura lungo lo sviluppo longitudinale delle singole strisce longitudinali di cartone ondulato continuo.

**[0023]** Nella forma di realizzazione illustrata, l'impianto 1 comprende inoltre, in via esemplificativa, una sezione 15 di taglio trasversale delle strisce di cartone ondulato provenienti dalla sezione 13, un convogliatore doppio 17 ed infine due zone 19A  
15 e 19B di impilamento dei fogli di cartone tagliati nella sezione 15 e alimentati dal convogliatore doppio 17.

**[0024]** Nella sezione 3 è disposto un primo ondatore 21. Ondulatori impiegabili per la produzione di un nastro di cartone ondulato semplice sono di per sé noti. Nel  
20 seguito verranno descritti solo gli elementi principali dell'ondatore, il quale può essere realizzato ad esempio come descritto in US 78714223 o in EP 1362691, il cui contenuto è incorporato nella presente descrizione.

**[0025]** In sintesi, l'ondatore 21 può comprendere un primo rullo ondatore 23 cooperante con un secondo rullo ondatore 25 e con un rullo di pressione 27, od altro organo di pressione, per accoppiare fra loro un nastro di carta liscia ed un nastro  
25 di carta ondulata, come di seguito descritto. Un primo nastro di carta liscia N1 viene alimentato all'ondatore 21 da un primo svolgitoro 29. Lo svolgitoro 29 può essere realizzato in modo di per sé noto e non viene descritto nel dettaglio. Lo svolgitoro 29 può comprendere due posizioni per una prima bobina B1 in svolgimento, da cui viene erogato il primo nastro di carta liscia N1, ed una seconda bobina B1X in attesa,  
30 che verrà posta in svolgimento all'esaurimento della bobina B1.

5 [0026] Un secondo nastro di carta liscia N2 viene svolto da un secondo svolgitore 31, che può essere sostanzialmente uguale allo svolgitore 29, e sul quale possono essere disposti una prima bobina B2, da cui si svolge il nastro di carta N2, ed una seconda bobina B2X in attesa, che inizierà ad essere svolta quando la bobina B2 si sarà esaurita.

10 [0027] Il primo nastro di carta liscia N1 viene alimentato al rullo onduttore 23 passando prima attorno ad un rullo riscaldatore 33. L'arco di avvolgimento del nastro di carta liscia N1 attorno al rullo riscaldatore 33 può essere modificato per cedere al nastro di carta liscia N1 una quantità maggiore o minore di calore proveniente dall'interno del rullo riscaldatore 33, ad esempio riscaldato con vapore che circola al suo interno.

15 [0028] Il primo nastro di carta liscia N1 viene ondulato passando attraverso la gola formata dai rulli ondulatori 23 e 25. All'uscita della gola tra i rulli ondulatori 23 e 25 si ottiene così un nastro di carta ondulata N1. Sulle creste formate sul nastro di carta ondulata così ottenuto viene applicato, tramite un gruppo incollatore 35, un opportuno collante, in modo che il nastro di carta ondulata N1 può venire incollato sul nastro di carta liscia N2 alimentato, insieme al nastro di carta ondulata N1, attraverso la gola formata tra il secondo rullo onduttore 25 ed il rullo di pressione 27.

20 [0029] Il gruppo incollatore 35 può comprendere un rullo applicatore 36, in contatto con le creste del nastro di carta ondulata N1 rinviato attorno al secondo rullo onduttore 25. Il rullo applicatore 36 riceve il collante da un rullo distributore o rullo retinato 38, che pesca collante da una vasca 40 o altra sorgente di collante. La distanza tra i rulli 36 e 38 può essere regolata per regolare la quantità di collante applicato al nastro di carta ondulata N1.

25 [0030] In alcune forme di realizzazione, il secondo nastro di carta liscia N2 può essere alimentato attorno ad uno o più rulli 37, 39 disposti fra lo svolgitore 31 e l'onduttore 21, per venire scaldato. L'arco di contatto fra il nastro di carta liscia N2 e l'uno, l'altro od entrambi i rulli 37, 39 può essere modificato per variare la quantità di calore ceduta dal o dai rulli 37, 39 al nastro di carta liscia N2 prima che questo venga in  
30 contatto con il rullo di pressione 27. Anche il rullo di pressione 27 può essere internamente scaldato per effettuare un incollaggio tra i nastri di carta N1 ed N2 in condi-



zioni di elevata pressione e di elevata temperatura.

[0031] All'uscita dell'ondulatore 21 si ottiene un nastro di cartone ondulato semplice NS formato dal primo nastro di carta N1 ondulata e dal secondo nastro di carta N2 liscia, come mostrato nell'ingrandimento di Fig. 2. Le onde o creste O formate sul  
5 primo nastro di carta N1 sono incollate tramite un collante C, applicato dal gruppo incollatore 35 sulle onde O, alla superficie del nastro di carta liscia N2 rivolta verso il nastro di carta ondulata N1.

[0032] A valle dell'ondulatore 21 è posto un ponte 41, che si estende verso la sezione 5 e le successive sezioni 7 e 9 dell'impianto 1. Sul ponte 41 si può formare una  
10 scorta S di nastro di cartone ondulato semplice NS, con la formazione di opportune anse di accumulo, cosicché la velocità operativa dell'ondulatore 21 può essere resa almeno parzialmente indipendente dalla velocità operativa delle sezioni a valle.

[0033] Il nastro di cartone ondulato semplice NS viene poi alimentato lungo un primo percorso che si sviluppa sopra al ponte 41 fino ad un rullo riscaldatore 43, attorno a cui il nastro di cartone ondulato semplice NS può avvolgersi per un arco regi-  
15 strabile, per essere opportunamente scaldato prima di raggiungere la serie di piani caldi 8 della sezione 9.

[0034] Nella forma di realizzazione illustrata, l'impianto 1 comprende una seconda sezione 5 sostanzialmente uguale alla sezione 3, in cui si forma, tramite una ulteriore  
20 coppia di nastri di carta N4, N5 provenienti da svolgitori analoghi agli svolgitori 29 e 31 ed un ondulatore analogo all'ondulatore 21, un secondo nastro di cartone ondulato semplice, ancora indicato con NS. Quest'ultimo viene alimentato sul ponte 41 per formare una scorta S e venire alimentato verso la serie di piani caldi 8 della sezione 9 avvolgendosi attorno ad un rullo riscaldatore 45, sostanzialmente equivalente al rullo  
25 riscaldatore 43.

[0035] In altre forme di realizzazione, la sezione 5 ed il rispettivo ondulatore possono essere omessi. In ancora ulteriori forme di realizzazione possono essere previste, viceversa, più di due sezioni 3, 5, con relativo ondulatore e svolgitore dei nastri  
30 di carta per formare rispettivi nastri di cartone ondulati semplici NS che vengono poi tra loro abbinati per incollaggio tramite la serie di piani caldi 8 della sezione 9.

5 [0036] Un nastro di carta liscia N3 viene svolto da un ulteriore svolgitore 47 e alimentato, preferibilmente passando intorno ad un rullo riscaldatore 49, alla sezione 9 della serie di piani caldi. In modo di per sé noto gruppi di incollaggio 51, 53 applicano un collante sulle creste del rispettivo nastro di carta ondulata dei due nastri di cartone ondatore semplice NS, per incollare questi ultimi tra loro ed al nastro di carta liscia N3, che formerà la seconda copertina esterna del cartone ondulato composito CC che esce dalla sezione 9, la prima copertina esterna essendo formata dal nastro di carta liscia N2.

10 [0037] La sezione 9 contenente la serie di piani caldi può essere realizzata in maniera di per sé nota e non verrà descritta in particolare dettaglio in questa sede. Forme di realizzazione esemplificative di piani caldi sono illustrate in US 7.291.243 ed in US 2012/0193026, il cui contenuto è incorporato nella presente descrizione ed a cui può essere fatto riferimento per ulteriori dettagli di realizzazione di questa sezione dell'impianto.

15 [0038] Nella sezione 11 è disposta una taglierina trasversale ruotante 61, che può effettuare tagli trasversali per interrompere completamente o solo parzialmente il cartone ondulato composito CC alimentato dalla sezione 9. La taglierina trasversale ruotante 61 può essere realizzata ad esempio come descritto in US 6.722.243, il cui contenuto è incorporato nella presente descrizione. Come sarà descritto in maggiore dettaglio nel seguito, la taglierina trasversale ruotante 61 può essere usata in particolare per scartare porzioni di cartone ondulato CC in cui sono presenti difetti di incollaggio od altri difetti.

20 [0039] Il cartone ondulato composito CC alimentato attraverso la sezione di taglio e cordonatura 13 viene suddiviso in strisce che possono essere deviate lungo due percorsi definiti dai due convogliatori 17A, 17B della sezione 17. La sezione 13 può essere realizzata in modo noto, ad esempio come descritto in US 5.951.454, US 6.165.117, US 6.092.452, US 6.684.749, US 8.342.068 od in altri documenti di tecnica anteriore citati nei sopra menzionati documenti brevettuali, e il cui contenuto è incorporato nella presente descrizione.

30 [0040] I due convogliatori 17A, 17B trasportano fogli di cartone ondulato ottenuti dal taglio trasversale delle strisce continue di cartone ondulato composito nella se-

zione 15, per formare pile P1, P2 su piani di raccolta 63, 65 di per sé noti e che possono essere realizzati ad esempio come descritti in EP 1710183, US 5.829.951, od altri documenti brevettuali ivi citati, il cui contenuto è incorporato nella presente descrizione. Con 62 è indicata una stazione di taglio trasversale delle strisce continue di cartone ondulato composito provenienti dalla sezione 13 di taglio e cordonatura lon-  
5  
gitudinale. La stazione 62 comprende taglierine trasversali 62A, 62B, che suddividono ciascuna striscia continua proveniente dalla sezione 13 in singoli fogli di lunghezza determinata. La linea può comprendere una taglierina trasversale 62A, 62B per ciascun convogliatore 17A, 17B.

10 **[0041]** Ciascuna delle sezioni o stazioni dell'impianto 1 sin qui sommariamente descritto comprende uno o più gruppi funzionali, ciascuno dei quali può essere alimentato con corrente elettrica, aria pressurizzata, vapore, collante o altro materiale di consumo o fluido di lavoro, o loro combinazioni. Ad esempio, ciascun ondatore  
15  
comprende uno o più motori per comandare la rotazione dei rulli ondulatori e del rullo di pressione, sistemi di alimentazione di vapore per il riscaldamento dei rulli e sistemi di alimentazione del collante da applicare sulle creste del nastro di carta ondulata. Inoltre, ciascuna sezione della linea o impianto 1 comprende organi di trasmissione del moto, quali cinghie, catene, alberi, giunti, oltre a cuscinetti di supporto, reggispinta o radiali. Alcune stazioni comprendono organi ruotanti soggetti ad usura,  
20  
quali coltelli discoidali, lame rettilinee o elicoidali, utensili di cordonatura, etc.

**[0042]** I gruppi funzionali sono soggetti a usura e richiedono quindi manutenzione, riparazioni o sostituzioni nel corso del tempo. Al fine di evitare o ridurre guasti che possano provocare lunghe soste e/o al fine di meglio programmare gli interventi di sostituzione, manutenzione o riparazione, secondo un aspetto qui descritto viene pre-  
25  
visto un metodo di gestione e controllo di parametri operativi dell'impianto 1, che consente di effettuare una diagnosi predittiva concernente uno o più gruppi funzionali della linea o impianto 1. Nel seguito verrà descritta in termini generali una forma di realizzazione di un metodo di diagnosi predittiva e più avanti verranno forniti esempi specifici (illustrativi e non limitativi) di applicazione del metodo ad una serie  
30  
di gruppi funzionali dell'impianto 1.

**[0043]** Uno o più gruppi funzionali dell'impianto 1 possono comprendere uno o più sensori per rilevare almeno un parametro operativo o una pluralità di parametri ope-

rativi del gruppo funzionale. I sensori vengono utilizzati per acquisire valori dei parametri operativi durante una fase di apprendimento. Dopo la fase di apprendimento iniziale, i sensori vengono utilizzati per acquisire valori correnti del o dei parametri operativi per eseguire una fase di controllo e diagnosi predittiva del gruppo funzionale utilizzando i valori correnti e dati storicizzati, relativi ai valori dei medesimi parametri acquisiti precedentemente durante la fase di apprendimento. Come verrà chiarito in seguito, i dati storicizzati vengono continuamente aggiornati prevedendo che la fase di apprendimento non venga eseguita in un intervallo di tempo iniziale e basta, bensì venga attuata in maniera continuativa in una finestra temporale mobile, che nel seguito verrà denominata finestra temporale mobile di apprendimento  $\Delta t_2$ . In questo modo si aggiornano continuamente i valori storicizzati dei dati utilizzati nella diagnosi predittiva.

**[0044]** In alcune forme di realizzazione, la fase di apprendimento iniziale può essere evitata, e come dati storicizzati possono essere utilizzati valori degli stessi parametri provenienti da un impianto avente caratteristiche simili e posto in esercizio precedentemente. In sostanza, per un secondo impianto vengono usati, quali dati storicizzati (almeno in una fase iniziale di funzionamento) i valori dei parametri relativi agli stessi gruppi funzionali di un analogo impianto installato precedentemente e già posto in esercizio.

**[0045]** Ad esempio, il gruppo funzionale può comprendere un motore elettrico e uno o più sensori per rilevare uno o più parametri elettrici, ad esempio la tensione, la corrente, la potenza attiva o reattiva, e/o uno o più parametri relativi a grandezze meccaniche, quali la coppia trasmessa, la vibrazione, etc.

**[0046]** Più in generale, secondo il tipo di gruppo funzionale, possono essere previsti uno o più dei seguenti sensori: sensori di corrente; sensori di tensione; sensori di temperatura; sensori di vibrazione; sensori di velocità; sensori di accelerazione; sensori di portata di aria; sensore di portata di vapore; sensori di consumo di collante; sensori di pressione; sensori o sistemi di misurazione del consumo di energia elettrica; sensori di coppia.

**[0047]** Il metodo di diagnosi predittiva può prevedere una fase di apprendimento, durante la quale viene creato un insieme di dati storicizzati relativi a un parametro

operativo che caratterizza un determinato gruppo funzionale. Nel caso di un motore elettrico, ad esempio, un parametro operativo può essere rappresentato dalla corrente elettrica assorbita. Come detto, la fase di apprendimento può essere rappresentata, in alternativa o in combinazione, anche da una fase di acquisizione di dati storicizzati  
5 provenienti da un altro impianto o sezione di esso, uguale o simile, già posto precedentemente in esercizio.

**[0048]** In generale, alcuni parametri operativi possono essere acquisiti tramite appositi sensori, sonde o trasduttori. Ad esempio, parametri elettrici di tensione e corrente possono essere acquisiti tramite sensori di tensione e di corrente. Parametri di coppia possono essere rilevati tramite sensori di coppia o attraverso l'elaborazione di  
10 segnali elettrici di un motore di azionamento. Le temperature possono essere rilevate tramite sensori di temperatura. Forze e pressioni possono essere rilevate da sensori o celle di carico, da pressostati, etc.. In alcuni casi, alcuni parametri operativi possono essere forniti dagli azionamenti di rispettivi attuatori. In taluni altri casi ancora, parametri operativi possono essere già disponibili come parametri di processo, ad  
15 esempio pressioni, velocità etc.

**[0049]** In Figg. 2(A), 2(B) 2(C) e 2(D) è rappresentata schematicamente una forma di realizzazione del metodo oggetto della pubblicazione WO2019048437, che può formare un punto di partenza del metodo perfezionato qui descritto.

**[0050]** Più specificamente in Fig. 2(A) è rappresentato un generico diagramma di un generico parametro operativo , ad esempio una corrente assorbita da un motore, in funzione del tempo. Il parametro operativo viene campionato con un intervallo di campionamento indicato con  $\Delta t_{\text{sample}}$  in Fig. 2. Il tempo è riportato sull'asse orizzontale e il parametro operativo sull'asse verticale. L'intervallo di campionamento può  
20 essere ad esempio di 1 secondo.

**[0051]** In alcune forme di realizzazione, i parametri operativi possono essere preventivamente condizionati. Ad esempio, i parametri operativi possono essere filtrati, oppure interpolati, o sottoposti ad altre operazioni di condizionamento.

**[0052]** Lungo l'asse dei tempi è individuata una finestra temporale mobile di apprendimento, indicata con  $\Delta t_2$ . Questa finestra temporale mobile di apprendimento  
30 può durare ad esempio alcuni giorni o settimane. Unicamente a titolo esemplificati-

vo, la finestra temporale mobile di apprendimento (nel seguito denominata anche semplicemente “finestra temporale di apprendimento”) può avere un’apertura di 60 giorni, cioè può durare 60 giorni. I dati acquisiti da un sistema di controllo durante la finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$  vengono elaborati e il risultato della elaborazione viene memorizzato. Secondo alcune forme di realizzazione, all’interno della finestra temporale mobile di apprendimento  $\Delta t_2$  vengono individuate singole finestre di calcolo di una funzione statistica relativa al parametro operativo considerato. Nel diagramma della Fig. 2 la finestra di calcolo della funzione statistica è indicata con  $\Delta t_1$ . In sostanza la finestra di calcolo è una finestra temporale di durata sostanzialmente inferiore rispetto la finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$ . In alcune forme di realizzazione la durata della finestra di calcolo  $\Delta t_1$  della funzione statistica può avere una durata di alcuni minuti.

**[0053]** L’elaborazione dei dati storici raccolti nella finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$  può prevedere il calcolo di una prima funzione statistica ed eventualmente di una seconda funzione statistica all’interno di ciascuna finestra di calcolo  $\Delta t_1$  della funzione statistica. In alcune forme di realizzazione la funzione statistica può essere una densità spettrale di potenza, oppure un valore quadratico medio, oppure semplicemente un valore massimo ed un valore minimo, calcolati sull’insieme dei dati relativi al parametro controllato, raccolti nella finestra temporale di riferimento. In forme di realizzazione particolarmente vantaggiose, la funzione statistica può essere una varianza (indicata con  $\sigma$  in Fig. 2) oppure una media (indicata con  $\mu$  in Fig. 2) dei valori del parametro operativo considerato. In vantaggiose forme di realizzazione viene previsto di calcolare sia la varianza, sia la media dei dati raccolti in ogni singola finestra di calcolo  $\Delta t_1$  della funzione statistica. Non si esclude la possibilità di eseguire il calcolo di più di due funzioni statistiche.

**[0054]** In pratica, lungo la finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$  può scorrere ad intervalli regolari, ad esempio 1s, una finestra di calcolo mobile  $\Delta t_1$ , al cui interno vengono calcolate la o le funzioni statistiche relative ai dati contenuti nella suddetta finestra. . In questo modo le funzioni statistiche sono calcolate su tutti i dati storici accumulati nell’arco di tempo definito dalla finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$ .

**[0055]** Per ciascuna posizione della finestra di calcolo  $\Delta t_1$  può essere calcolata a ti-

tolo esemplificativo la varianza e la media dei valori del parametro operativo contenuti nella suddetta finestra di calcolo. Ad esempio per una generica posizione  $i^{\text{ma}}$  della finestra di calcolo  $(\Delta t_1)_i$  possono essere calcolate in questo modo una varianza  $\sigma_i$  e una media  $\mu_i$  con  $(i = 1 \dots N)$ . Fra tutti i valori calcolati per la media  $(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N)$  e fra tutti i valori calcolati per la varianza  $(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N)$  per una determinata finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$ , possono essere selezionati i valori massimi e minimi della varianza e della media, indicate come segue in Fig. 2:

valore massimo della media:  $\text{MAX}(\mu)$ ,

valore minimo della media:  $\text{min}(\mu)$

10 valore massimo della varianza:  $\text{MAX}(\sigma)$

valore minimo della varianza:  $\text{min}(\sigma)$ .

**[0056]** Questi valori massimi e minimi delle due funzioni statistiche vengono memorizzati dall'unità di controllo dell'impianto 1. Poiché, come verrà appresso descritto, la finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$  è una finestra mobile nel tempo, questi quattro valori massimi e minimi di varianza e media variano nel tempo, durante il funzionamento dell'impianto.

**[0057]** In alcune forme di realizzazione può essere previsto di individuare i valori  $\text{MAX}(\mu)$ ,  $\text{min}(\mu)$ ,  $\text{MAX}(\sigma)$  e  $\text{min}(\sigma)$  utilizzando un maggiore numero di campioni del parametro operativo considerato. A tale scopo si può operare come segue.

20 **[0058]** Viene scelto un intervallo di campionamento  $\Delta t_{\text{sample}}$  opportuno. L'intervallo di campionamento può essere ad esempio di alcuni secondi. In via del tutto esemplificativa e non limitativa, si può impostare un intervallo di campionamento  $\Delta t_{\text{sample}} = 1$  secondo. Ogni secondo può essere calcolato il valore delle due funzioni statistiche, varianza e media, sui valori del parametro operativo considerato acquisiti durante la finestra di calcolo  $\Delta t_1$  appena trascorsa. Al secondo successivo, 25 la finestra di calcolo  $\Delta t_1$  si sposta di 1 secondo e nuovamente vengono calcolati la varianza e la media sui valori del parametro operativo considerato nella finestra di calcolo  $\Delta t_1$  traslata di 1 secondo. Il procedimento può proseguire ad esempio per l'intero arco di una giornata. Per ogni giorno si possono individuare e memorizzare i 30 valori massimi e minimi della varianza e della media calcolati nel modo suddetto. I valori massimi e minimi possono essere determinati, anziché su un arco temporale di

24 ore, su un arco temporale anche diverso, ad esempio ogni ora, oppure ogni dieci ore. La scelta delle 24 ore è suggerita da motivi di praticità. In pratica, con un intervallo di campionamento di 1 secondo, si raccolgono in una giornata  $24 \times 60 \times 60 = 86400$  valori di varianza e altrettanti valori di media. ciascun valore è calcolato su una finestra di calcolo  $\Delta t_1$ . Sugli 86400 valori raccolti ogni giorno per ciascuna delle due funzioni statistiche si determina il valore massimo ed il valore minimo  $\sigma_{MAX}$ ,  $\sigma_{min}$ ,  $\mu_{MAX}$ ,  $\mu_{min}$ . Al termine della fase di apprendimento, cioè trascorsa la finestra temporale  $\Delta t_2$  di generica durata di G giorni, il sistema disporrà di G valori massimi di varianza, G valori di massima media, G valori di minima varianza e G valori di minima media. Se  $\Delta t_2 = 60$  giorni, si disporranno di 60 valori massimi e minimi per ciascuna funzione statistica. Su ciascuno di questi quattro insiemi di  $G = 60$  elementi viene effettuata l'individuazione dei valori  $MAX(\mu)$ ,  $min(\mu)$ ,  $MAX(\sigma)$  e  $min(\sigma)$ .

**[0059]** In altre forme di realizzazione si può individuare direttamente il massimo ed il minimo tra tutti i campioni raccolti.

**[0060]** Terminata la fase di apprendimento iniziale, oppure una volta acquisiti i valori provenienti da un impianto simile già in esercizio, i valori del parametro operativo considerato continuano ad essere acquisiti in un intervallo temporale indicato con  $\Delta t_3$ , che può avere una durata preferibilmente inferiore rispetto all'ampiezza, cioè alla durata, della finestra temporale mobile di apprendimento  $\Delta t_2$ . Ad esempio, l'intervallo temporale  $\Delta t_3$  può avere una durata di alcuni giorni, per esempio da 0 a 20 giorni, tipicamente 15 giorni. Si deve comprendere che questi dati numerici, come i precedenti, hanno natura meramente esemplificativa e non limitativa.

**[0061]** Trascorso l'intervallo temporale  $\Delta t_3$  che segue la finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$  (o i cui dati si sommano a quelli acquisiti da una raccolta di dati eseguita su altro impianto analogo) inizia il processo di diagnosi predittiva del gruppo funzionale, cui si riferisce il parametro operativo rilevato ed elaborato. Questa fase prevede di calcolare la prima funzione statistica e la seconda funzione statistica (nell'esempio illustrato varianza e media) dei valori del parametro operativo rilevati durante una finestra temporale corrente indicata con  $\Delta t_{act}$ . In alcune forme di realizzazione la finestra temporale corrente può avere una durata pari alla durata della fi-



nestra di calcolo  $\Delta t_1$  della funzione statistica. Ciò è particolarmente preferito, in quanto, come verrà chiarito in seguito, i dati raccolti in questa fase nella finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$  saranno usati come dati storicizzati per un apprendimento dinamico. La finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$  è anch'essa mobile, cioè trasla nel tempo analogamente alla finestra temporale mobile di apprendimento  $\Delta t_2$ . La finestra temporale corrente si mantiene preferibilmente ad una distanza temporale fissa (intervallo  $\Delta t_3$ ) dalla finestra temporale mobile di apprendimento.

**[0062]** Nello schema della Fig. 2 i valori della funzione statistica varianza e della funzione statistica media per il parametro operativo considerato, calcolati nella finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$  vengono indicati con  $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$ , rispettivamente. Questi valori saranno indicati anche come valori correnti delle due funzioni statistiche: media e varianza.

**[0063]** I valori  $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$  calcolati nella finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$  vengono confrontati con i valori  $MAX(\mu)$ ,  $min(\mu)$ ;  $MAX(\sigma)$ ;  $min(\sigma)$  sopra definiti, calcolati nella finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$ . Quando il gruppo funzionale cui si riferisce il parametro operativo in esame funziona correttamente, i valori statistici  $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$  devono essere compresi tra i valori massimi e minimi calcolati nella finestra temporale di apprendimento. Eventualmente, si può prevedere per ciascuna delle due funzioni statistiche considerate rispettivi intervalli di tolleranza al di sopra e al di sotto dei rispettivi massimi e minimi. Partendo dai valori  $MAX(\mu)$ ,  $min(\mu)$ ;  $MAX(\sigma)$ ;  $min(\sigma)$  si definiscono in questo modo i intervalli estesi comprensivi di un margine di tolleranza come segue:

intervallo della prima funzione statistica (varianza):  $[min(\sigma) - \Delta; MAX(\sigma) + \Delta]$

intervallo della seconda funzione statistica (media):  $[min(\mu) - \Delta; MAX(\mu) + \Delta]$

**[0064]** In forme di realizzazione particolarmente vantaggiose, si possono definire, in ciascun intervallo sopra definito, un rispettivo intervallo intermedio, ad esempio:

$$[min(\sigma) - \Delta'; MAX(\sigma) + \Delta']$$

$$[min(\mu) - \Delta'; MAX(\mu) + \Delta']$$

dove  $\Delta' < \Delta$ .

**[0065]** In Fig. 2(B) è rappresentato un diagramma cartesiano riportante sulle ascisse la media e sulle ordinate la varianza.

[0066] Nel diagramma è visibile un primo riquadro interno definito dai valori massimi e minimi della varianza e della media; un riquadro intermedio, contenente il riquadro interno, ed un riquadro esterno contenente il riquadro interno e quello intermedio, definiti dagli intervalli sopra indicati.

5 [0067] Nell'esempio qui illustrato si sono assunti valori  $\Delta$  e  $\Delta'$  uguali per gli intervalli della varianza e della media, rispettivamente. Ciò non è strettamente necessario. Si deve comprendere che possono essere ad esempio previsti margini diversi per allargare gli intervalli della media e della varianza.

10 [0068] Inoltre, come osservato, mentre nell'esempio qui descritto vengono utilizzate due funzioni statistiche (varianza e media), si deve comprendere che in altre forme di realizzazione possono essere usate funzioni statistiche differenti e/o un numero differente di funzioni statistiche.

15 [0069] I valori correnti  $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$  della varianza e della media calcolati in ciascuna finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$  definiscono in sostanza le coordinate di un punto nel diagramma di Fig.2(B). Tale punto è definito anche come punto di funzionamento corrente del gruppo funzionale. Il gruppo funzionale cui si riferisce il parametro operativo, sui cui valori rilevati si calcolano i valori correnti  $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$  della varianza e della media, funziona correttamente se tale punto ricade nel riquadro definito da  $MAX(\mu)$ ,  $min(\mu)$ ,  $MAX(\sigma)$  e  $min(\sigma)$ .

20 [0070] Questo riquadro definisce un campo di valori ammissibili della prima e della seconda funzione statistica. Tale è bidimensionale, poiché si è previsto di utilizzare due funzioni statistiche.

25 [0071] Si è menzionato inizialmente che il metodo può essere attuato anche impiegando un differente numero di funzioni statistiche, ad esempio tre o più funzioni statistiche, oppure anche una sola funzione statistica, benché l'impiego di due funzioni statistiche sia attualmente preferito.

30 [0072] Nel caso di tre funzioni statistiche, il campo di valori ammissibili sarà definito da un volume tridimensionale. Nel caso di N funzioni statistiche il volume di valori ammissibili sarà definito da uno spazio a N dimensioni. Nel caso di una sola funzione statistica il campo di valori ammissibili si ridurrà ad una linea, cioè ad uno

spazio monodimensionale.

**[0073]** Tornando ora all'esempio bidimensionale di Fig.2, se il punto di funzionamento corrente di coordinate  $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$  ricade nel riquadro definito da:

$$[\min(\sigma) - \Delta'; \text{MAX}(\sigma) + \Delta']$$

5

$$[\min(\mu) - \Delta'; \text{MAX}(\mu) + \Delta']$$

si può prevedere che non venga emesso alcun segnale di allarme o pre-allarme, in quanto  $\Delta'$  può essere considerato come valore di tolleranza attorno ad un dato puntuale. Se invece il punto in questione si trova tra il riquadro intermedio e il riquadro esterno definito da

10

$$[\min(\mu) - \Delta; \text{MAX}(\mu) + \Delta]$$

$$[\min(\sigma) - \Delta; \text{MAX}(\sigma) + \Delta]$$

viene emesso un segnale di pre-allarme e se il punto cade all'esterno del riquadro più grande viene emesso un segnale di allarme. In altre forme di realizzazione si può prevedere che venga generato un pre-allarme quando il punto di funzionamento cade tra il riquadro interno e quello intermedio, ed un segnale di allarme quando il punto di funzionamento cade tra il riquadro intermedio e quello esterno, o al di fuori di quest'ultimo.

15

Queste situazioni anomale di scostamento delle funzioni statistiche dal riquadro calcolato durante la fase di apprendimento (o acquisito da dati storici memorizzati durante l'esercizio di un impianto analogo o di un gruppo funzionale analogo in un altro impianto) sono indicative di un guasto incipiente e quindi il relativo allarme rappresenta un'informazione utile di diagnosi predittiva.

20

**[0074]** I dati anomali sono utili al fine di evidenziare l'approssimarsi di una condizione di guasto, ma non devono essere utilizzati nella fase di acquisizione dei dati, cioè nella fase di apprendimento del sistema, in quanto introdurrebbero degli errori. Pertanto, è possibile prevedere una rimozione automatica (tramite un algoritmo, ad esempio) o manuale (da parte di uno operatore, ad esempio) dei dati anomali dalla serie di dati utili per la fase di apprendimento.

25

**[0075]** In alcune forme di realizzazione si può usare una sola soglia di allarme, anziché due soglie di allarme (o di pre-allarme e di allarme) come sopra descritto.

30

**[0076]** Per evitare falsi allarmi, dovuti ad esempio a fluttuazioni temporanee del pa-

rametro operativo considerato dovute a fattori non legati ad una incipiente condizione di guasto che deve essere prognosticato, in alcune forme di realizzazione si può prevedere una soglia temporale. L'allarme o il pre-allarme viene generato solo se il punto definito nel diagramma di Fig.2(B) dai valori  $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$  rimane fuori dal riquadro definito tramite i valori  $MAX(\mu)$ ,  $min(\mu)$ ,  $MAX(\sigma)$  e  $min(\sigma)$  ed eventuali intervalli di tolleranza, per un tempo superiore ad una soglia temporale pre-impostata. In caso contrario, cioè se l'anomalia cessa dopo un tempo inferiore alla soglia temporale impostata, non viene generato alcun allarme.

**[0077]** Le anomalie di funzionamento che possono provocare alterazioni delle funzioni statistiche utilizzate (ad esempio i valori di varianza e media) tali da far scattare un segnale di pre-allarme o di allarme, possono essere ricondotte a varie cause esterne, tra cui un'errata regolazione o un errato utilizzo del gruppo funzionale, un guasto incipiente o una degradazione dovuta all'usura, oppure a qualunque altra causa.

**[0078]** Il riquadro rappresentato nella Fig. 2(B) può essere utilizzato su un monitor per fornire una indicazione visiva immediata ed immediatamente comprensibile all'operatore. Per fornire una rappresentazione ancora più intuitiva può essere effettuato un cambio di coordinate per rappresentare la stessa situazione della Fig. 2(B) in un diagramma circolare come indicato in Fig. 2(C).

**[0079]** Il metodo di controllo del gruppo funzionale cui si riferisce il parametro operativo rilevato può prevedere di calcolare i valori attuali  $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$  nella finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$  con un intervallo di campionamento  $\Delta t_{sample}$  ad esempio di un secondo. Ogni secondo la finestra temporale corrente viene spostata e le coordinate  $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$  del punto attuale di funzionamento nel piano  $\sigma, \mu$  (Fig.2(B) o Fig.2(C)) viene ricalcolato.

**[0080]** Come sopra indicato, i valori attuali  $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$  delle funzioni statistiche  $\sigma$  e  $\mu$  calcolati nella finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$  vengono confrontati con i valori  $MAX(\sigma)$ ,  $min(\sigma)$ ,  $MAX(\mu)$  e  $min(\mu)$  individuati nella finestra temporale mobile di apprendimento  $\Delta t_2$ , il quale è temporalmente distanziato dell'intervallo  $\Delta t_3$  rispetto alla finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$ . In questo modo è possibile creare una discontinuità tra il periodo di apprendimento ed il periodo attuale. Ciò può essere utile per tenere conto del fatto che alcuni parametri operativi di determinati gruppi funzionali

possono subire una deriva lenta nel tempo, ad esempio a causa dell'invecchiamento di uno o più componenti. Se i valori  $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$  venissero confrontati con i valori massimi e minimi delle stesse funzioni statistiche calcolati su una finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$  temporalmente contigua alla finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$ , una tale deriva non potrebbe essere rilevata. Introducendo, viceversa, l'intervallo temporale  $\Delta t_3$ , la deriva graduale del parametro operativo rilevato dà luogo a una segnalazione o a un allarme, in quanto l'uno o l'altro o entrambi i valori attuali  $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$  cadranno fuori dal riquadro individuato dai valori massimi e minimi delle funzioni statistiche calcolate sulla finestra temporale di apprendimento, a causa della deriva che ha avuto luogo nell'intervallo temporale  $\Delta t_3$ .

**[0081]** Come sopra accennato, la fase di apprendimento è continua e dinamica, nel senso che una volta conclusa la prima fase di apprendimento nella finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$ , i dati relativi al parametro operativo controllato continuano ad essere memorizzati e la finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$  si muoverà lungo l'asse dei tempi (asse orizzontale in Fig.2(A)), per mantenersi costantemente alla stessa distanza temporale  $\Delta t_3$  rispetto alla finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$ .

**[0082]** Il confronto tra le Figg. 2(A) e 2(D) chiarisce questo aspetto. Ad ogni passo temporale corrispondente ad esempio all'ampiezza temporale della finestra di calcolo  $\Delta t_1$  la finestra temporale mobile di apprendimento  $\Delta t_2$  trasla di un passo pari all'ampiezza della finestra di calcolo  $\Delta t_{sample}$ , inseguendo la finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$ . I valori delle funzioni statistiche calcolati sulla più vecchia delle finestre di calcolo  $\Delta t_1$  vengono scaricati, mentre i valori delle funzioni statistiche calcolati sui dati contenuti nella finestra di calcolo  $\Delta t_1$  successivo entrano nella finestra temporale mobile di apprendimento  $\Delta t_2$ . In sostanza, come si osserva confrontando le Figg. 2(A) e 2(D), la finestra temporale di apprendimento  $\Delta t_2$  è mobile nel tempo ed avanza mantenendosi ad una distanza temporale  $\Delta t_3$  rispetto alla finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$ . Ad ogni passo temporale di avanzamento i dati statistici più vecchi vengono storicizzati e vengono calcolati i dati statistici più recenti.

**[0083]** Ogni volta che la finestra temporale mobile di apprendimento  $\Delta t_2$  avanza di un passo  $\Delta t_1$  l'insieme dei valori  $(\mu_1, \dots, \mu_i, \dots, \mu_N)$  e  $(\sigma_1, \dots, \sigma_i, \dots, \sigma_N)$  su cui vengono individuati i valori  $MAX(\mu)$ ,  $min(\mu)$ ,  $MAX(\sigma)$ ,  $min(\sigma)$  cambia e quindi possono

cambiare i valori massimi e minimi delle funzioni statistiche calcolate. I riquadri rappresentati nelle Figg. 2(B) e 2(C) possono muoversi gradualmente al trascorrere del tempo. In questo senso, quindi, l'apprendimento è dinamico e continuo.

5 [0084] La finestra temporale mobile di apprendimento  $\Delta t_2$  rimane sempre temporalmente distanziata di un intervallo temporale  $\Delta t_3$  rispetto alla finestra temporale corrente  $\Delta t_{act}$ . Pertanto al trascorrere del tempo, pur avendosi un aggiornamento dei valori massimi e minimi delle funzioni statistiche considerate e quindi un possibile spostamento del riquadro all'interno del quale (Figg.2(B)e 2(C)) deve trovarsi il punto definito dai valori  $\sigma_{act}$ ,  $\mu_{act}$ , viene conservata la possibilità di rilevare un'eventuale  
10 deriva lenta del parametro operativo controllato. La durata dell'intervallo temporale  $\Delta t_3$  può essere costante. Questo semplifica il procedimento di elaborazione. Tuttavia, questa condizione non è indispensabile.

[0085] Benché in ciò che precede si sia fatto riferimento ad una situazione in cui vengono utilizzate due funzioni statistiche (media e varianza) per definire un dia-  
15 gramma bidimensionale, in cui viene individuato un riquadro o un'area circolare, all'interno di cui deve ricadere il punto definito dai valori  $\sigma_{act}$ ,  $\mu_{act}$ , non si esclude la possibilità di utilizzare una sola funzione statistica, ad esempio la sola varianza, oppure la sola media. In questo caso tutte le considerazioni sopra svolte rimangono valide con la sola differenza che la funzione statistica considerata sarà una sola e il dia-  
20 gramma sarà monodimensionale, anziché bidimensionale.

[0086] In altre forme di realizzazione non si esclude la possibilità di utilizzare più di due funzioni statistiche, con lo stesso criterio sopra descritto. In tal caso, da un punto di vista grafico, il punto di funzionamento corrente del gruppo funzionale considerato, o più esattamente il valore del parametro operativo considerato e relativo a  
25 tale gruppo funzionale, dovrà rimanere in un volume cubico (o sferico) definito dai valori massimi e minimi determinati sulla finestra temporale mobile di apprendimento delle tre funzioni statistiche.

[0087] Benché nella presente descrizione si faccia specifico riferimento alla varianza e a una generica media dei valori del parametro operativo considerato, si deve  
30 comprendere che possono essere utilizzate altre funzioni statistiche. La media, inoltre, può essere una media aritmetica, una media ponderata, una media geometrica,

una media armonica, una media di potenza, una media aritmetico-geometrica, una media integrale, una media temporale, o una qualunque altra funzione che definisca una media di valori.

5 [0088] Quanto sin qui descritto è una forma realizzativa del metodo di diagnosi predittiva descritto in maggiore dettaglio in WO2019048437, il cui contenuto si intende qui integralmente richiamato e incorporato.

10 [0089] Mentre in ciò che è stato menzionato sinora si è fatto riferimento ad un singolo intervallo di apprendimento, non si esclude la possibilità di utilizzare una pluralità di intervalli di apprendimento, che danno luogo a campi di valori ammissibili non coincidenti, bensì ad esempio parzialmente sovrapposti. In tal caso si può definire un campo di valori ammissibili come l'involuppo dei campi di valori ammissibili acquisiti nelle differenti fasi o cicli di apprendimento. In Fig.3(A) sono rappresentati quattro rettangoli, contrassegnati con Q1, Q2, Q3, Q4, definiti dai valori massimi e minimi di media e varianza calcolati su quattro intervalli di apprendimento distinti. Ciascuno di essi rappresenta un rispettivo campo di valori ammissibili relativo ad una fase di apprendimento. In Fig.3(B) è mostrato un rettangolo di involuppo, che contiene tutti i rettangoli Q1, Q2, Q3, Q4 e che rappresenta il campo di valori ammissibili utilizzato nel metodo di controllo sopra descritto.

20 [0090] Come sopra accennato, si è sorprendentemente scoperto (e ciò forma la base dei perfezionamenti qui descritti), che lo spostamento del punto di funzionamento corrente di coordinate  $(\sigma_{act} \mu_{act})$  e la sua deviazione all'esterno del campo di valori ammissibili definiti dai valori  $MAX(\mu)$ ,  $min(\mu)$ ,  $MAX(\sigma)$  e  $min(\sigma)$  non è solo indicativo di un'incipiente condizione di guasto, il che consente una diagnosi predittiva del guasto stesso. La posizione assunta dal punto di funzionamento corrente rispetto al campo di valori ammissibili, all'esterno di quest'ultimo, non è casuale, bensì è correlato al tipo di guasto o malfunzionamento che sta per verificarsi o che è in corso. In altri termini, se il punto di funzionamento corrente viene a trovarsi sulla destra, piuttosto che sulla sinistra, del campo di valori ammissibili, ciò non è casuale, bensì lo spostamento in un verso o nell'altro fuori dal campo di valori ammissibili è indice di un tipo di guasto piuttosto che di un altro.

30 [0091] Pertanto, il metodo qui descritto prevede la fase di rilevare la posizione in

cui viene a trovarsi il punto di funzionamento corrente fuori dal campo di valori ammissibili, e di usare tale posizione per ottenere una informazione statistica sul tipo o sulla natura del malfunzionamento o del guasto incipiente e conseguentemente per suggerire una possibile soluzione, o un possibile intervento atto a rimuovere la causa del malfunzionamento.

**[0092]** Un esempio valga a chiarire meglio questo concetto.

**[0093]** In Fig.4 è mostrata in maggiore dettaglio una porzione della linea di Fig.1. Più specificamente, in Fig.4 è mostrata la zona in cui un nastro di cartone ondulato semplice NS viene trainato dall'ondulatore sul ponte 41. Con 101 è indicato un sistema di cinghie azionate da un motore 103. Le cinghie 101 devono essere periodicamente regolate e/o sostituite a causa della loro usura. Un possibile malfunzionamento del gruppo funzionale rappresentato dal motore 103 può essere dato dall'eccessiva o insufficiente tensione delle cinghie, oppure da un surriscaldamento del motore. Il parametro operativo controllato può essere la corrente assorbita dal motore.

**[0094]** In Fig.5 è mostrato un diagramma temporale dell'andamento della corrente assorbita dal motore 103. In ascisse è riportato il tempo e in ordinate la corrente assorbita. Il diagramma di Fig.5 illustra una situazione in cui le cinghie sono eccessivamente tese e quindi la corrente assorbita dal motore 103 è superiore alla media, ma rimane sostanzialmente costante. La varianza del parametro operativo si mantiene quindi tra i valori massimo e minimo calcolati in sede di apprendimento, o sulla base di dati storici, mentre la media è superiore al valore massimo definente il campo di valori ammissibili. Il punto di funzionamento corrente, definito dalle coordinate costituite dal valore corrente della varianza e dal valore corrente della media ( $\sigma_{act}$  e  $\mu_{act}$ ) si trova, dunque, sulla destra del campo di valori ammissibili.

**[0095]** Questa situazione è mostrata in Fig.6, dove il campo di valori ammissibili della varianza e della media è riportato con criterio analogo a quello utilizzato per la Fig.2. Il punto di funzionamento corrente è fuori dal campo dei valori ammissibili, sulla destra di esso (media superiore al massimo valore ammissibile).

**[0096]** In Fig.7 è mostrato un diagramma analogo a quello di Fig.5, in cui la corrente assorbita (in ordinate) riportata in funzione del tempo (in ascisse) è inferiore al va-



lore normale e subisce fluttuazioni temporali. Questa situazione si verifica, ad esempio, se le cinghie 101 non sono abbastanza tese. La corrente assorbita è inferiore al normale e subisce bruschi abbassamenti quando le cinghie slittano sulla puleggia motrice azionata dal motore 103.

5 [0097] Conseguentemente a questa anomalia, il valore medio del parametro operativo rilevato (corrente assorbita) del gruppo funzionale sorvegliato (motore 103 delle cinghie 101) è inferiore al minimo valore ammissibile. La varianza è superiore al massimo valore ammissibile, a causa delle fluttuazioni conseguenti agli slittamenti della cinghie lasche sulla puleggia motrice 104.

10 [0098] Il punto di funzionamento corrente si trova pertanto all'esterno del campo di valori ammissibili, a sinistra e in alto rispetto ad esso, come visibile in Fig.8.

[0099] Confrontando le Figg. 6 e 8 si osserva, dunque, che anomalie diverse che incidono sullo stesso parametro operativo (corrente assorbita) dello stesso gruppo funzionale (motore 103) danno situazioni diverse nel diagramma delle funzioni statistiche.  
15

[00100] Raccogliendo un numero di eventi anomali sufficiente su uno o una pluralità di impianti, è possibile correlare l'anomalia con la posizione del punto di funzionamento corrente nel diagramma delle funzioni statistiche e quindi, non soltanto rilevare che vi è una situazione anomala che può portare ad un guasto e che comunque richiede un intervento. E', viceversa, anche possibile fornire un'informazione sul tipo di evento (malfunzionamento, guasto o guasto incipiente) che è all'origine della segnalazione di allarme generata dalla circostanza che il punto di funzionamento corrente si trova all'esterno del campo di valori ammissibili delle funzioni statistiche considerate e conseguentemente suggerire una soluzione o un intervento atto a rimuovere l'anomalia e quindi a riportare l'impianto a lavorare correttamente.  
20  
25

[00101] In alcune situazioni l'aumento graduale e costante di corrente assorbita dal motore 103 può essere dovuto a una causa differente dall'eccessiva tensione delle cinghie. Ad esempio, un malfunzionamento della ventola di raffreddamento del motore 103 può portare ad un aumento della corrente assorbita. Questa situazione è mostrata in Fig.9. Nella successiva Fig.10 è mostrato il diagramma delle funzioni statistiche con la posizione del punto di funzionamento corrente fuori dal campo di valori  
30

ammissibili, sulla destra di esso, a causa dell'aumento del valore medio della corrente assorbita.

5 [00102] La situazione delle Figg. 5, 6 e la situazione delle Figg. 9 e 10 sono quindi differenti per quanto concerne il guasto o malfunzionamento all'origine dell'allarme, ma uguale o circa uguale per quanto riguarda la posizione anomala assunta dal punto di funzionamento corrente rispetto al campo di valori ammissibili.

[00103] La situazione delle Figg. 9 e 10 è statisticamente molto meno probabile della situazione delle Figg. 5 e 6.

10 [00104] Una volta che si verifica una delle situazioni di allarme mostrate in Figg. 5,6 oppure in Figg.9,10, essendo noto, da una fase di apprendimento, che due differenti possono essere le cause del funzionamento anomalo, che tali cause – se rimosse – portano l'impianto a lavorare nuovamente in modo corretto, e che la prima causa è statisticamente molto più frequente della seconda causa, si può ottenere (dai dati accumulati in fase di apprendimento) una lista di possibili soluzioni all'anomalia manifestatasi. Tali soluzioni possono essere elencate in maniera proporzionale alla probabilità che ciascuna di esse ha di essere la soluzione corretta. Nel caso specifico, la soluzione rappresentata dall'allentamento delle cinghie è classificata come statisticamente più promettente e quindi viene elencata prima dell'altra (sostituzione o montaggio corretto della ventola di raffreddamento).

20 [00105] Sulla base di dati raccolti in una fase di apprendimento e in generale nel corso dell'utilizzo di uno o più impianti tra loro uguali o simili, è possibile creare una banca dati in cui a ciascuna situazione anomala (punto di funzionamento corrente fuori dal campo di valori ammissibili) si associa la relativa causa del malfunzionamento o una pluralità di possibili cause, con le rispettive soluzioni. Nell'esempio illustrato nel caso delle Figg. 5, 6 la causa è la tensione eccessiva delle cinghie; nel caso delle Figg. 7 e 8 la causa è la tensione insufficiente delle cinghie; e nelle Figg. 9 e 25 10 la causa (meno frequente) è il malfunzionamento della ventola di raffreddamento. Poiché nel primo e nel terzo caso l'anomalia provoca uno stesso posizionamento del punto di funzionamento rispetto all'intervallo di funzionamento corretto, verranno 30 indicate come cause (e conseguenti soluzioni) le stesse in entrambe le situazioni.

[00106] Una volta che è stata creata la banca dati che correla i valori delle funzioni

statistiche correnti ai malfunzionamenti, è possibile utilizzarla per trarre una o più informazioni, se non puntuale almeno statistica, circa quanto sta accadendo ad un gruppo funzionale il cui parametro di funzionamento corrente viene a trovarsi fuori dal campo di valori ammissibili e quindi circa il tipo di intervento da pianificare per la soluzione del problema.

[00107] In Fig. 11 è rappresentato uno schema a blocchi in cui con 1 è indicato l'impianto di produzione di cartone ondulato, con 105 un generico gruppo funzionale, ad esempio il motore 103 sopra richiamato, con 107 un'unità di controllo. Questa riceve dal o dai sensori del gruppo funzionale 105 i dati relativi al funzionamento del gruppo e può determinare un'eventuale situazione anomala, ad esempio valori di una o di entrambe le funzioni statistiche che si vengono a trovare fuori dal campo dei valori ammissibili. L'unità centrale di controllo 107 può instaurare una comunicazione con un server 109. Il server 109 può avere accesso ad una banca dati 111 che contiene le informazioni relative alle cause di malfunzionamento associate a varie possibili posizioni de punto di funzionamento corrente rispetto ad un campo di valori ammissibili per ciascuno dei gruppi funzionali controllati dell'impianto 1.

[00108] Il server 109 può fornire, quindi, in risposta ad una interrogazione proveniente dall'unità di controllo 107, l'elenco delle possibili cause di un'anomalia rilevata e conseguentemente un suggerimento o più esattamente un elenco di possibili suggerimenti per la sua rimozione. In pratica, l'anomalia può essere genericamente segnalata dall'andamento del segnale che si sposta verso un'area di funzionamento non ottimale. L'anomalia potrebbe avere diverse cause. Le soluzioni ad una causa di un'anomalia potrebbero essere una o molteplici. Il metodo può prevedere di suggerire una pluralità di soluzioni in ordine decrescente di probabilità di risoluzione dell'anomalia.

[00109] Nell'esempio sopra illustrato riferito alle cinghie 101 e al motore 103, nel caso delle Figg. 5, 6 e 9, 10 il server 109 fornirà in risposta due possibili cause del malfunzionamento e relative soluzioni: cinghie troppo tese (soluzione: allentare le cinghie); ventola di raffreddamento del motore non funzionante correttamente (soluzione: verificare il funzionamento della ventola). La prima causa è statisticamente più frequente. All'unità di controllo 107 potranno esser fornite le varie cause in ordine di frequenza statistica per consentire all'operatore di intervenire in maniera razio-

nale, facendo verifiche e interventi partendo dalla causa statisticamente più probabile.

5 [00110] Il sistema descritto può anche consentire di comunicare al server 109 l'eventuale verificarsi di una causa di guasti differente da quelle elencate sulla base del contenuto della banca dati 111. Ad esempio, l'operatore può verificare che non si è verificata nessuna delle condizioni di guasto elencate e può comunicare al server che le coordinate anomale del punto di funzionamento corrispondono, nel caso specifico, ad una causa differente da quelle già contemplate nella banca dati. Tale nuova causa (e la corrispondente soluzione) possono essere memorizzate in banca dati. In tal modo è possibile arricchire i contenuti della banca dati 111 per usi futuri.

15 [00111] Inoltre, l'operatore che verifica quale delle varie cause, ipotizzate sulla base del contenuto della banca dati 111, è quella effettivamente riscontrata, può comunicare tale circostanza al server 109, in modo da modificare il "ranking" di quella causa di guasto. Ciò può influenzare l'effettivo contenuto della banca dati, nel senso che la frequenza con cui una causa di guasto (e la relativa soluzione) si manifesta rispetto ad un'altra può variare nel corso del tempo, per tenere conto dell'effettivo numero di occorrenze di tale causa.

20 [00112] Le operazioni sopra indicate possono essere in tutto o in parte automatizzate, oppure eseguite manualmente, con l'intervento di un operatore lato impianto 1 e/o un operatore lato server 109.

25 [00113] Il collegamento tra impianto 1 e server 109 può essere un collegamento remoto, tramite internet. In alcune forme di realizzazione, il sistema può essere attuato con tecnologia cloud. Non si esclude la possibilità di installare il server 109 e la banca dati 111 direttamente nello stesso luogo dove si trova l'impianto. Tuttavia, è preferibile centralizzare il server e la banca dati, ad esempio presso il fornitore o il venditore dell'impianto, o presso altro soggetto incaricato della supervisione e del servizio, in maniera da centralizzare anche le informazioni provenienti dai singoli impianti, le quali possono servire ad arricchire il contenuto della banca dati.

30 [00114] La Fig.12 illustra un diagramma riassuntivo di una forma di realizzazione del metodo qui descritto. Nella parte sinistra del diagramma, indicata con (A) sono rappresentate le funzioni svolte sull'impianto, ad esempio tramite un'unità di control-

lo. Nella parte destra, indicata con (B) sono rappresentate le funzioni svolte da un server. L'unità di controllo dell'impianto, o di una parte di esso, può essere collegata al server tramite una connessione internet, o tramite qualunque altro canale idoneo.

5 [00115] Nel blocco 201 è schematizzato il rilevamento di una condizione anomala, rappresentata dal fatto che il punto di funzionamento P di coordinate  $(\sigma, \mu)$ , che rappresenta il parametro operativo di un gruppo funzionale si trova fuori dal campo di valori ammissibili. La condizione viene comunicata al server (blocco 202).

10 [00116] In base ai valori delle coordinate  $(\sigma, \mu)$ , cioè in base alla posizione del punto di funzionamento rispetto al campo di valori ammissibili, il server interroga la banca dati (blocco 203) ed ottiene in risposta (blocco 204) una lista di possibili anomalie, e relative soluzioni, che possono corrispondere alle coordinate rilevate. Ciascuna anomalia (Anomalia\_i) e relativa soluzione (Soluz\_i) può essere caratterizzata da un valore di probabilità (Prob\_i(%)) con cui essa si presenta. La lista di possibili anomalie e relative soluzioni, che nell'esempio illustrato contiene N anomalie e N soluzioni,  
15 viene inviata all'unità di controllo dell'impianto che la riceve (blocco 205) e può ad esempio visualizzarla su un'interfaccia utente, per consentire all'operatore di eseguire le opportune verifiche.

20 [00117] L'operatore dell'impianto può eseguire le verifiche (blocco 206) partendo dall'anomalia che, con maggiore frequenza, risulta associata alle condizioni operative anomale  $(P(\sigma, \mu))$  segnalate.

25 [00118] Tramite l'unità di controllo 107 si può comunicare al server 109 se l'anomalia è stata trovata tra quelle della lista fornita o meno (blocco 207). In caso affermativo, al server 109 viene comunicato (blocco 208) quale tra le anomalie elencate (e relative soluzioni) è quella effettivamente riscontrata. Nel diagramma a blocchi di Fig.12 è indicato che l'anomalia effettivamente riscontrata è la  $j^{\text{ma}}$  anomalia (Anomalia\_j) e che è stata risolta sulla base della  $j^{\text{ma}}$  soluzione (Soluz\_j). In questo modo il server 109 può aggiornare (blocco 209) il valore delle probabilità con cui le varie anomalie si presentano, sulla base dei dati storici che a questo punto sono arricchiti dal dato relativo alla situazione anomala appena risolta.

30 [00119] Se nessuna delle anomalie segnalate viene riscontrata sul gruppo funzionale, bensì l'operatore individua una differente causa, non elencata, di malfunzionamento,

appronta e applica la relativa soluzione, eventualmente con l'intervento di un tecnico manutentore fornito dall'azienda produttrice dell'impianto. La nuova anomalia, indicata con Anomali\_N+1 nel blocco 210, viene comunicata al server 109, che la inserisce tra quelle possibili, associate alla condizione  $P(\sigma, \mu)$  e aggiorna la banca dati, vedasi blocco 211. Nel far ciò non solo viene aggiunta una possibile (N+1)ma anomalia tra quelle che possono corrispondere alle coordinate di funzionamento  $P(\sigma, \mu)$ , ma vengono ricalcolate le probabilità delle possibili anomalie associate a quella determinata posizione del punto di funzionamento, esterna al campo di valori ammissibili.

10 **[00120]** Si deve comprendere che in generale non si individuerà una condizione anomala (o una serie di condizioni anomale) per ciascun punto specifico di funzionamento esterno al campo di valori ammissibili di  $\sigma$  e  $\mu$ . Piuttosto, vi saranno aree più o meno grandi in cui sono raccolti punti che corrispondono ad una medesima possibile casistica di anomalie, con relative soluzioni che il server 109 può individuare e proporre all'operatore dell'impianto.

15 **[00121]** Gli scambi di dati descritti con riferimento alla Fig.12 possono avvenire con un maggiore o minore grado di automazione. In linea di principio, tutte le comunicazioni potrebbero avvenire attraverso uno o più operatori umani. In pratica, almeno in parte le comunicazioni possono avvenire in maniera automatica o semi-automatica, in cui un operatore apre un canale di trasmissione tra unità di controllo (o un elaboratore o un server, cui tale unità di controllo è associata) e il server 109; attraverso il  
20 canale possono poi essere eseguiti i trasferimenti di dati e informazioni sopra descritti.

**[00122]** In una fase di apprendimento iniziale, le soluzioni abbinate ai vari possibili guasti o alle possibili condizioni di funzionamento anomalo possono essere ricavate da schede di manutenzione eseguite nel tempo, con un accrescimento graduale e continuo della banca dati 111. In questo modo, un continuo apprendimento consente di  
25 fornire in maniera sempre più precisa soluzioni a condizioni anomale che si possono verificare sui vari gruppi funzionali dell'impianto 1.

**[00123]** Nello schema delle Figg. 11 e 12 è stata illustrata una soluzione in cui  
30 l'impianto è fisicamente e gestionalmente separato e indipendente dal server che gestisce la banca dati che fornisce le informazioni sulle possibili cause delle anomalie

riscontrate e le relative soluzioni. Questa architettura, tuttavia, non è l'unica possibile. Infatti, si può anche prevedere che la banca dati (database) risieda in un elaboratore o server facente parte dell'impianto, o in generale nel possesso del soggetto titolare dell'impianto, anziché in un server di un soggetto terzo incaricato. In tal caso le

5 operazioni sopra descritte con riferimento alla Fig.12 possono essere eseguite direttamente dall'unità di controllo dell'impianto 1 o da un server collegato all'impianto 1 e gestito dallo stesso soggetto che gestisce l'impianto. In tal caso la banca dati può essere aggiornata dai dati del singolo impianto, ma anche eventualmente da dati provenienti da impianti ulteriori. Più impianti possono scambiare tra loro dati da accumulare in banche dati residenti presso i singoli impianti, ad esempio sui server delle

10 aziende di cui fanno parte gli impianti stessi.

**[00124]** Ad esempio in una configurazione di questo tipo ogni impianto può concorrere ad aggiornare e accrescere il database di anomalie/soluzioni, in modo da creare una sorta di rete di macchine a livello globale.

15

FOSBER S.p.A.

a Monsagrati – Pescaglia (LU)

Metodo di monitoraggio di un impianto per la produzione di cartone ondulato

### RIVENDICAZIONI

- 5           1.           Un metodo per il monitoraggio del funzionamento di un impianto per la produzione di cartone ondulato, comprendente le seguenti fasi:
- rilevare almeno un parametro operativo di un gruppo funzionale dell'impianto e calcolare un valore corrente di almeno una prima funzione statistica di detto parametro operativo in una finestra temporale corrente, il valore
- 10           corrente di detta prima funzione statistica definendo una prima coordinata di un punto di funzionamento corrente del gruppo funzionale;
- verificare se il punto di funzionamento corrente si trova all'interno di un campo di valori ammissibili della prima funzione statistica, i valori contenuti in detto campo di valori ammissibili corrispondendo ad un funzionamento cor-
- 15           retto del gruppo funzionale;
- se il punto di funzionamento corrente si trova all'esterno del campo di valori ammissibili, determinare la posizione del punto di funzionamento rispetto al campo di valori ammissibili e fornire una diagnosi statistica sulla causa della deviazione del valore corrente dal campo di valori ammissibili in funzione di detta
- 20           posizione.
2.           Il metodo della rivendicazione 1, comprendente inoltre la fase di calcolare un valore corrente di una seconda funzione statistica di detto parametro in detta finestra temporale corrente, il valore corrente della prima funzione statistica e della seconda funzione statistica definendo rispettivamente la prima coordinata e una
- 25           seconda coordinata del punto di funzionamento corrente del gruppo funzionale; e in cui detto campo di valori ammissibili è definito come campo bidimensionale di valori ammissibili della prima funzione statistica e della seconda funzione statistica.
3.           Il metodo della rivendicazione 1 o 2, in cui la fase di fornire una diagnosi statistica sulla causa della deviazione del valore corrente dal campo di valo-
- 30           ri ammissibili comprende la fase di interrogare una banca dati in base alle coordinate del punto di funzionamento corrente del gruppo funzionale, ed in cui la banca dati



contiene, per coordinate del punto di funzionamento esterne al campo di valori ammissibili, almeno una indicazione statistica di almeno una possibile causa della deviazione del punto di funzionamento corrente del gruppo funzionale rispetto al campo di valori ammissibili.

5           4.       Il metodo della rivendicazione 3, in cui la banca dati contiene, per  
almeno alcune delle coordinate del punto di funzionamento esterne al campo di valo-  
ri ammissibili, una pluralità di possibili cause della deviazione del punto di funzio-  
namento corrente del gruppo funzionale rispetto al campo di valori ammissibili e, per  
ciascuna di dette possibili cause, una indicazione sulla maggiore o minore probabilità  
10 che una di dette cause si verifichi rispetto alle altre di dette cause.

5.       Il metodo di una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui la  
banca dati contiene, per dette coordinate del punto di funzionamento esterne al cam-  
po di valori ammissibili, l'indicazione di almeno una possibile soluzione alla causa  
della deviazione del punto di funzionamento corrente del gruppo funzionale rispetto  
15 al campo di valori ammissibili.

6.       Un metodo per il monitoraggio del funzionamento di un impianto  
per la produzione di cartone ondulato, comprendente le seguenti fasi:

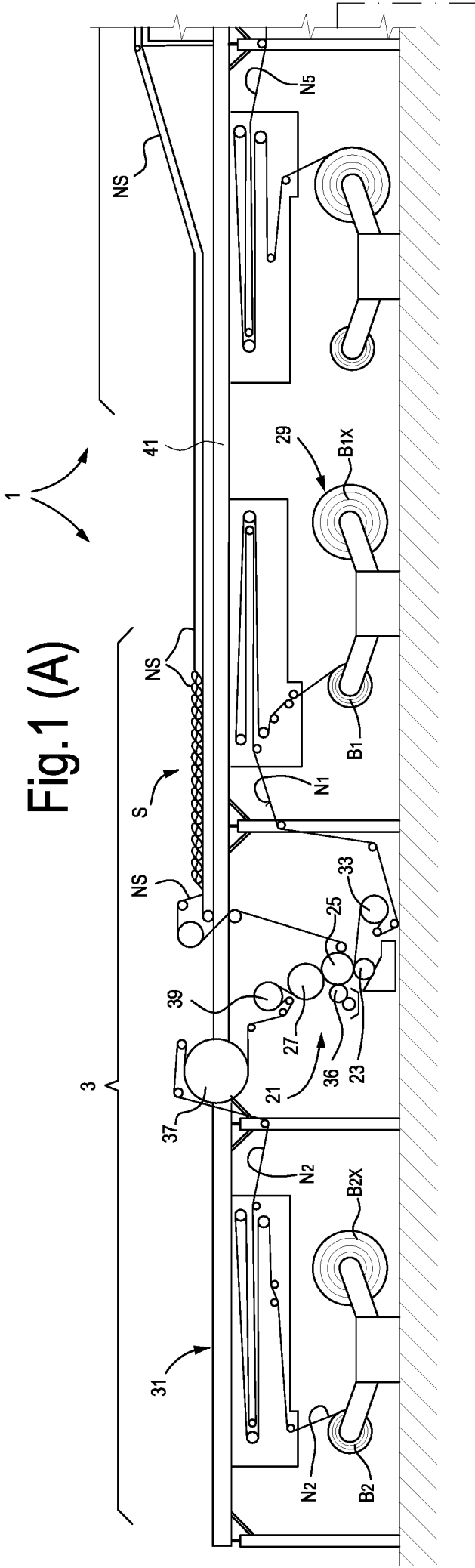
          rilevare almeno un parametro operativo di un gruppo funzionale  
dell'impianto e calcolare un valore corrente di almeno una prima funzione stati-  
20 stica e di una seconda funzione statistica di detto parametro in una finestra tem-  
porale corrente, i valori correnti di detta prima funzione statistica e di detta se-  
conda funzione statistica definendo coordinate di un punto di funzionamento,  
rappresentativo del funzionamento del gruppo funzionale;

          verificare se il punto di funzionamento si trova all'interno di un campo  
25 di valori ammissibili della prima funzione statistica e della seconda funzione sta-  
tistica, i valori contenuti in detto campo di valori ammissibili corrispondendo ad  
un funzionamento corretto del gruppo funzionale

          se il punto di funzionamento si trova all'esterno del campo di valori  
ammissibili, determinare la posizione del punto di funzionamento rispetto al  
30 campo di valori ammissibili e fornire una diagnosi statistica sull'origine della de-  
viazione del valore corrente dal campo di valori ammissibili in funzione di detta  
posizione.

7. Il metodo della rivendicazione 6, comprendente le caratteristiche di una o più delle rivendicazioni 3 a 5.

Fig.1 (A)



1/10

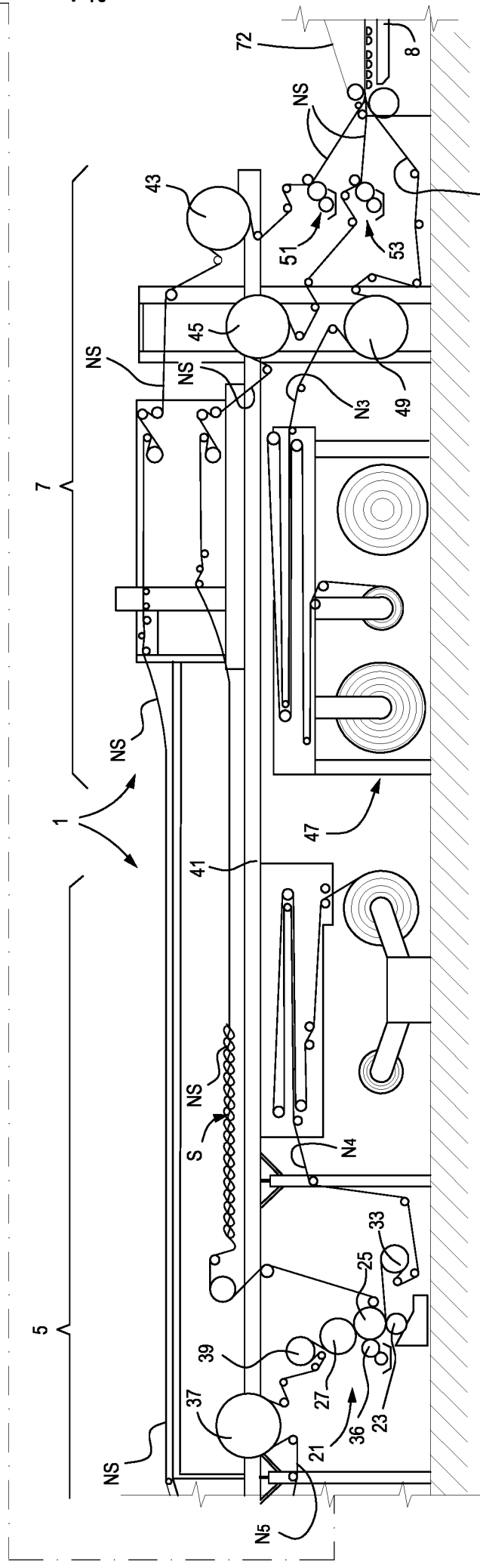


Fig.1 (B)

Fig.1 (C)

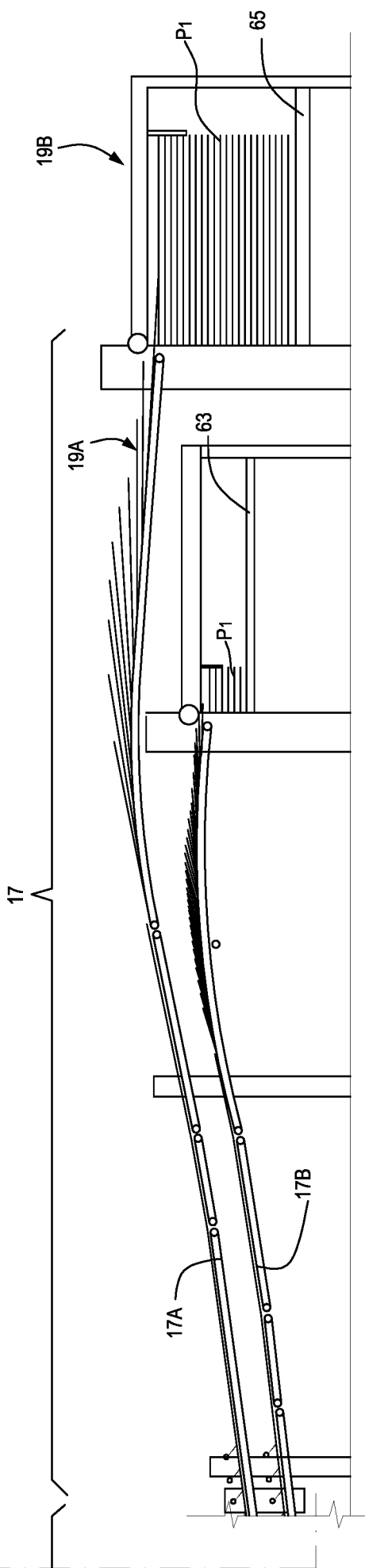
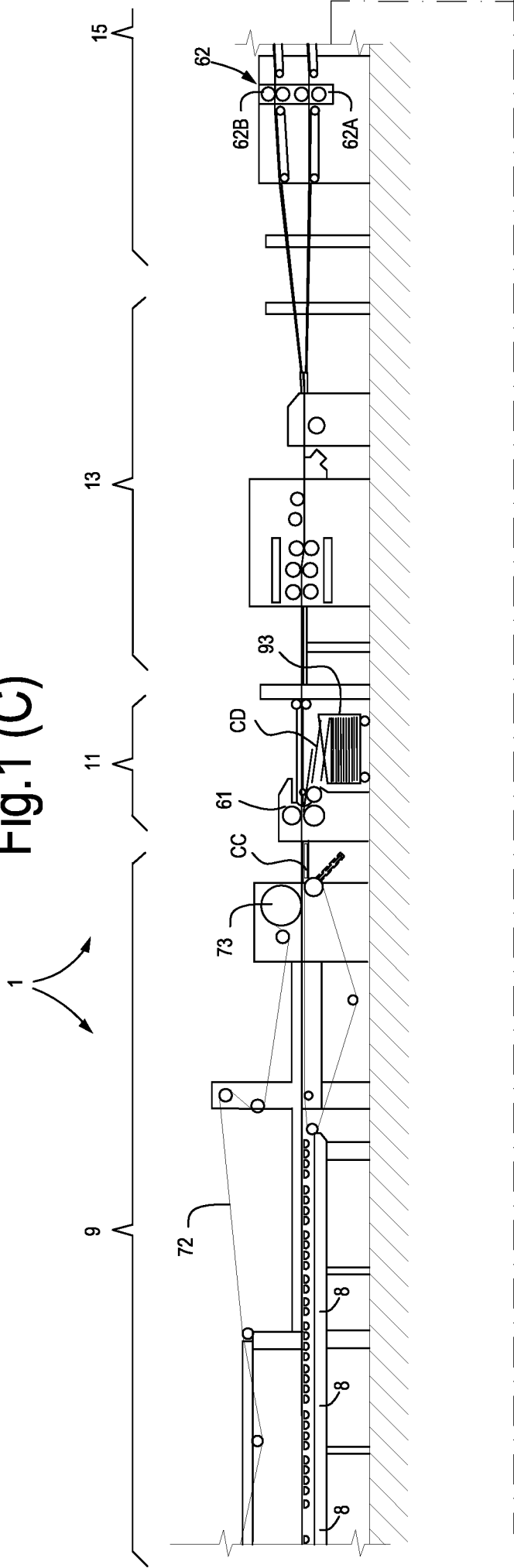


Fig.1 (D)

Fig.2

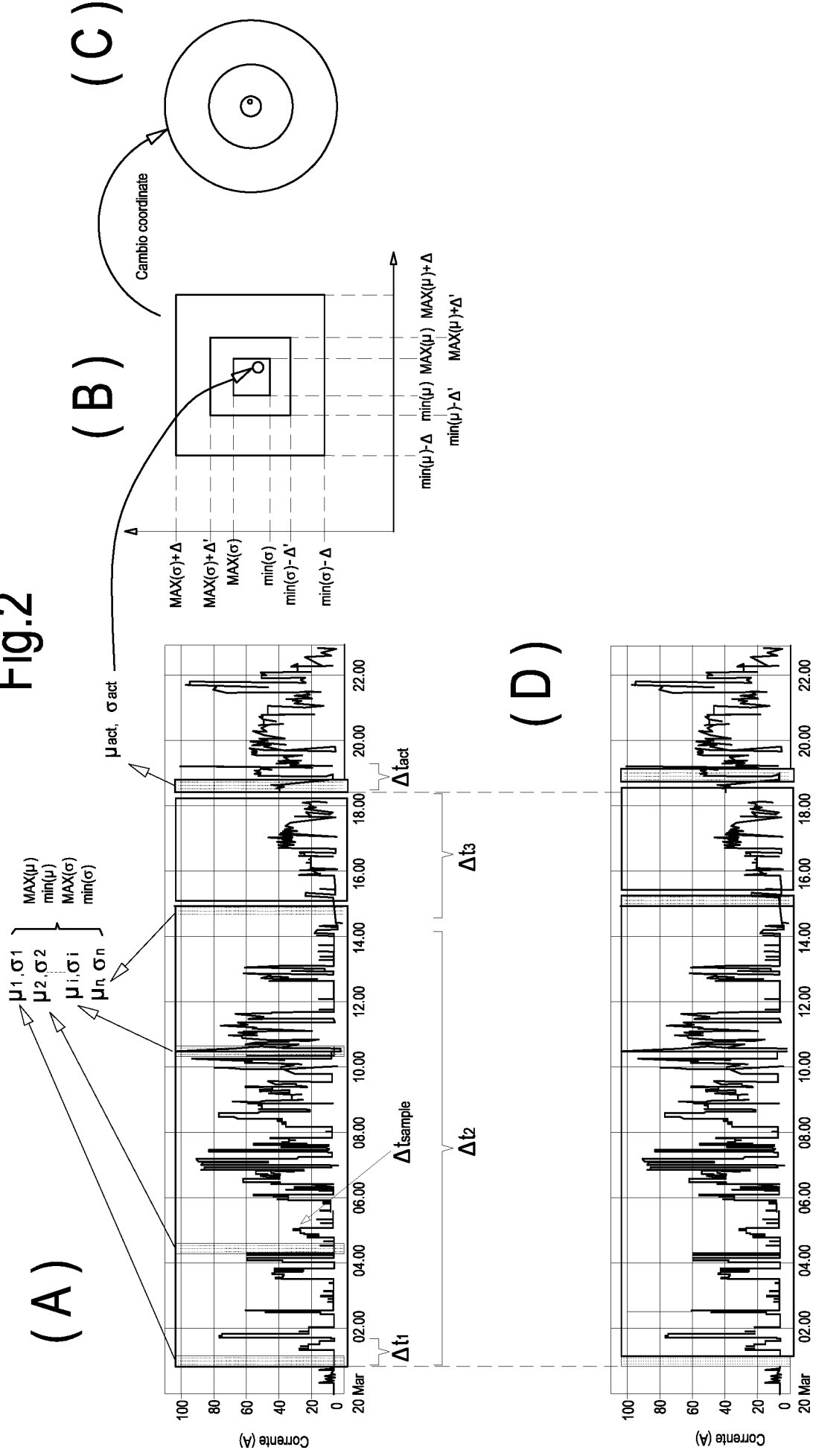
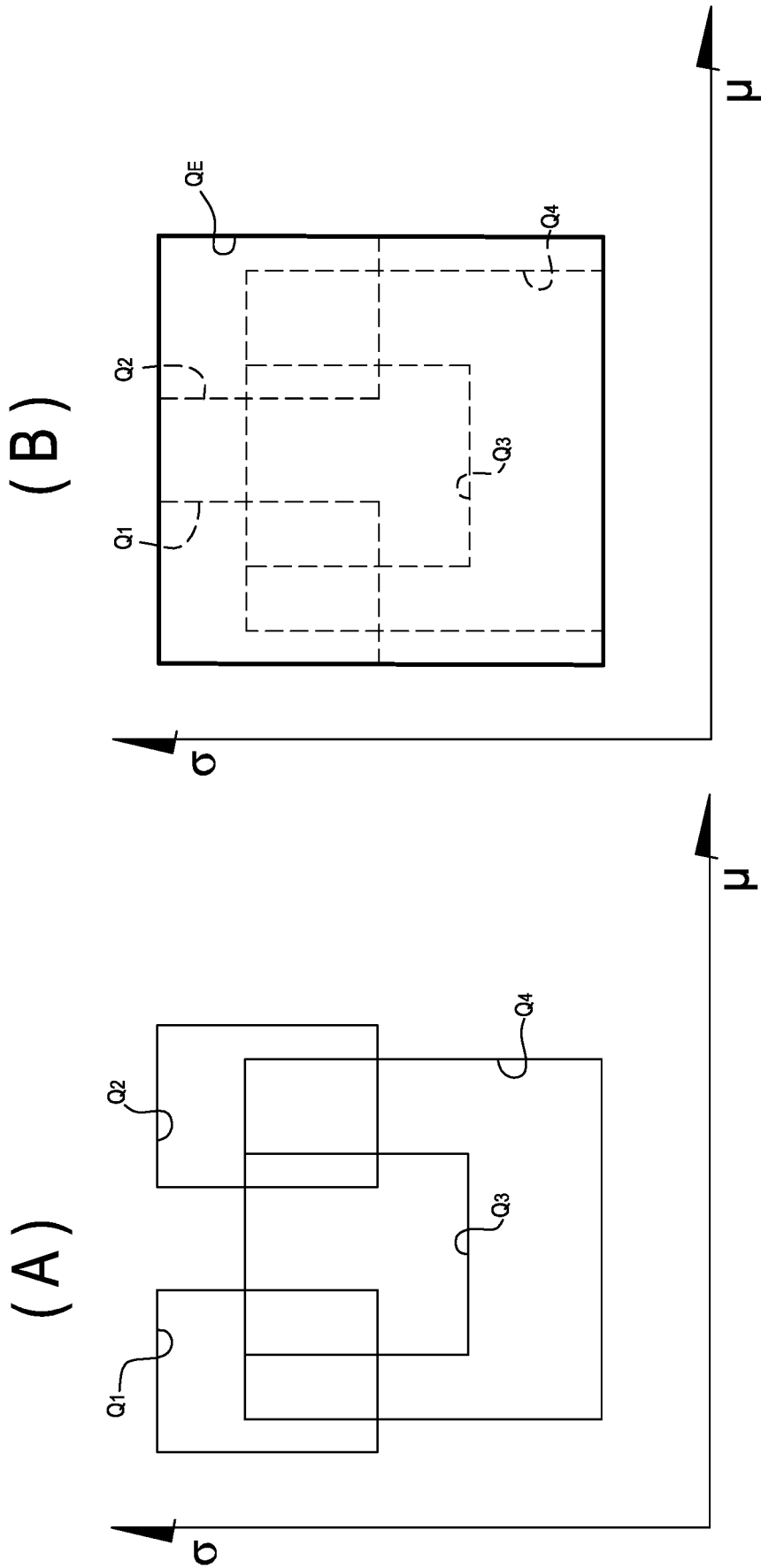


Fig.3



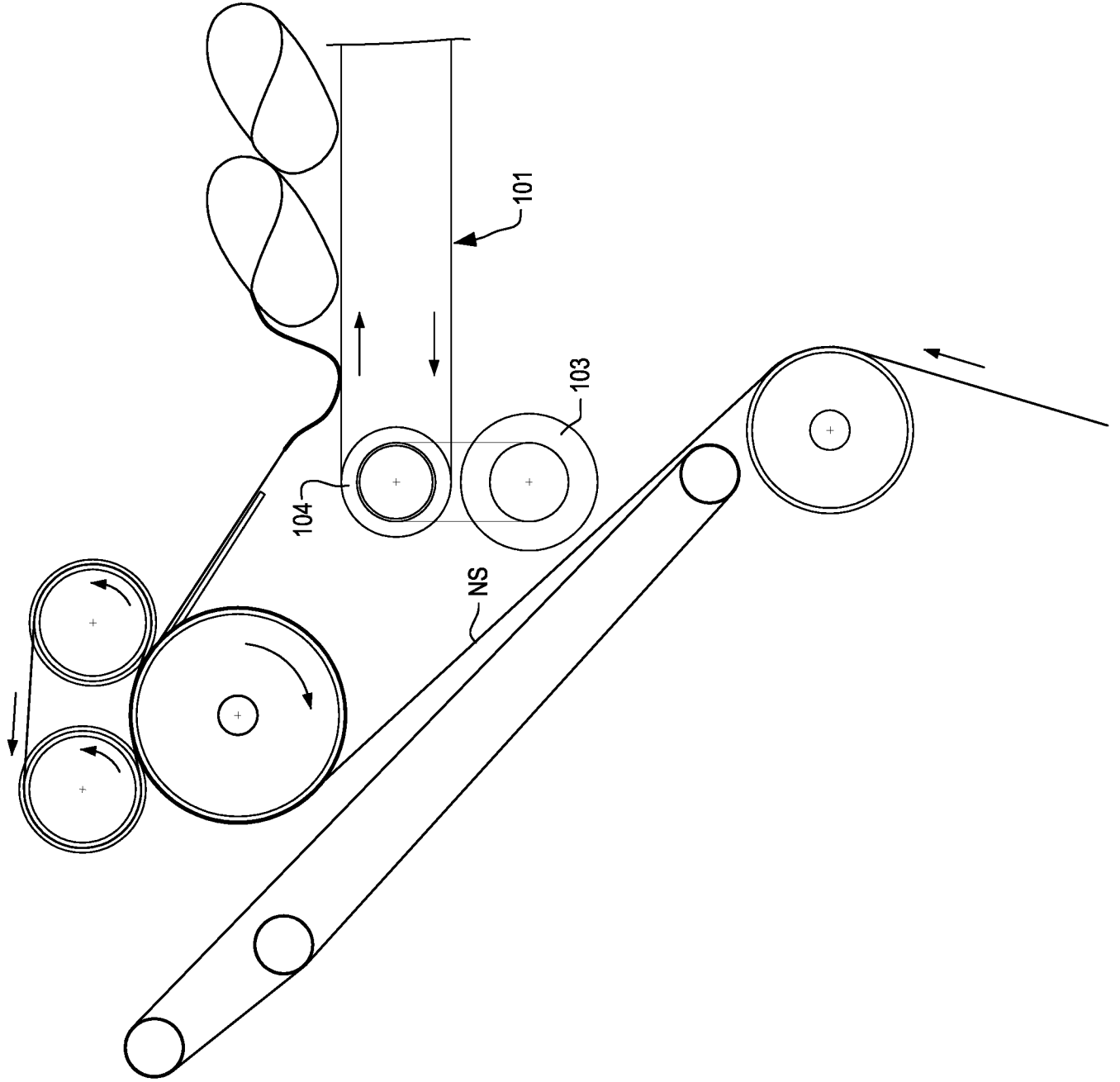


Fig.4

Fig.5

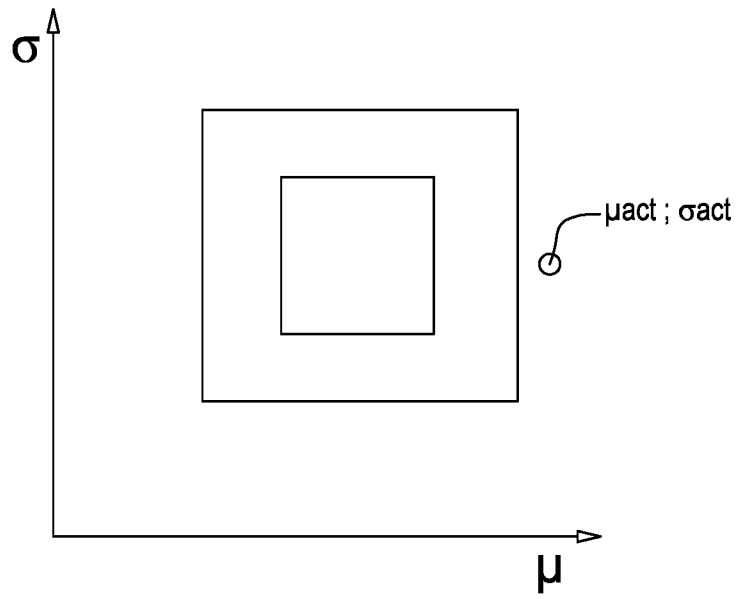
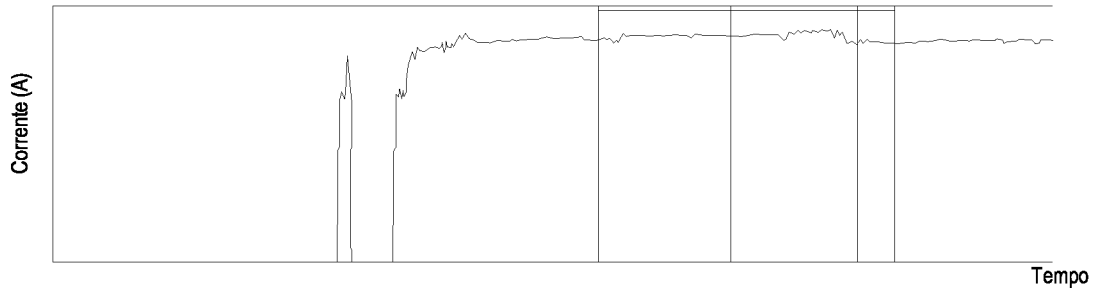


Fig.6



Fig.7

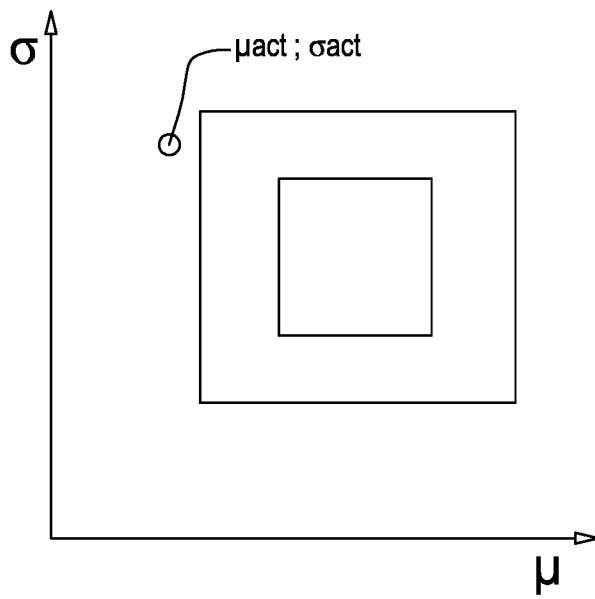
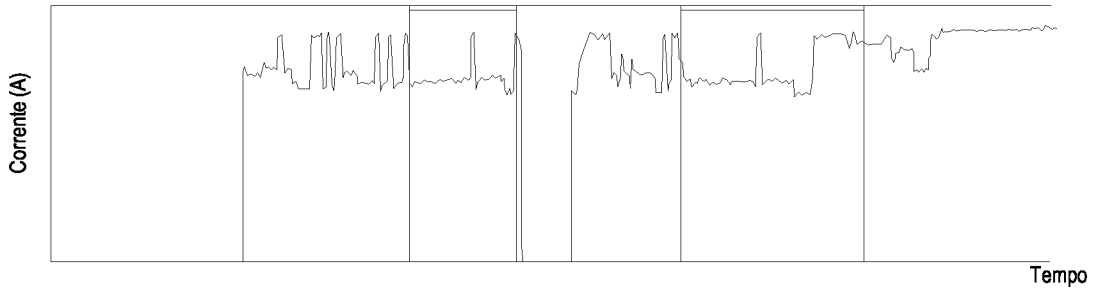


Fig.8

Fig.9

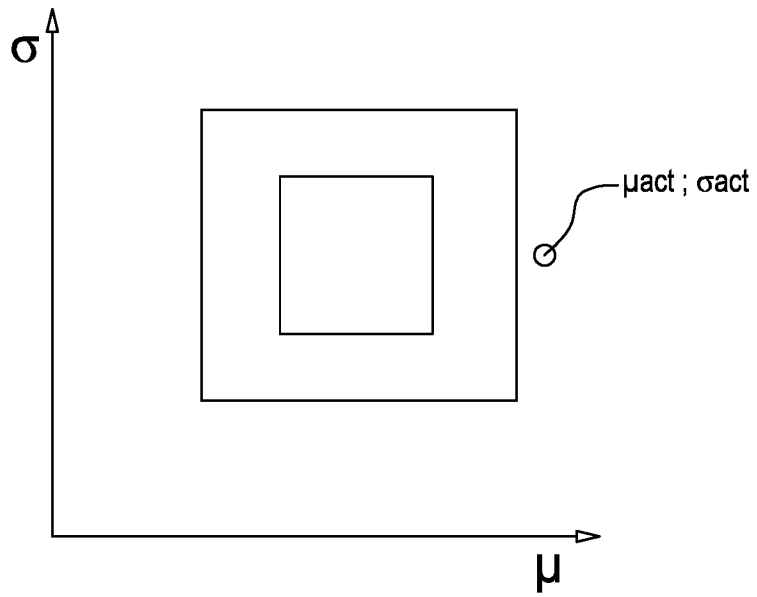
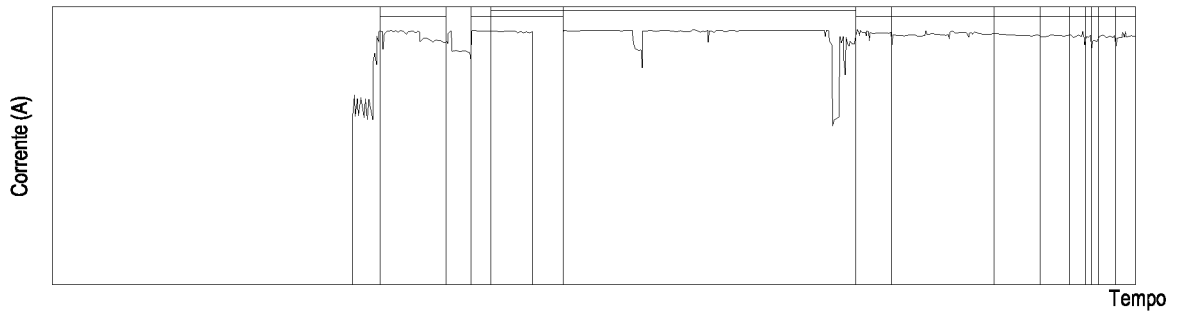


Fig.10

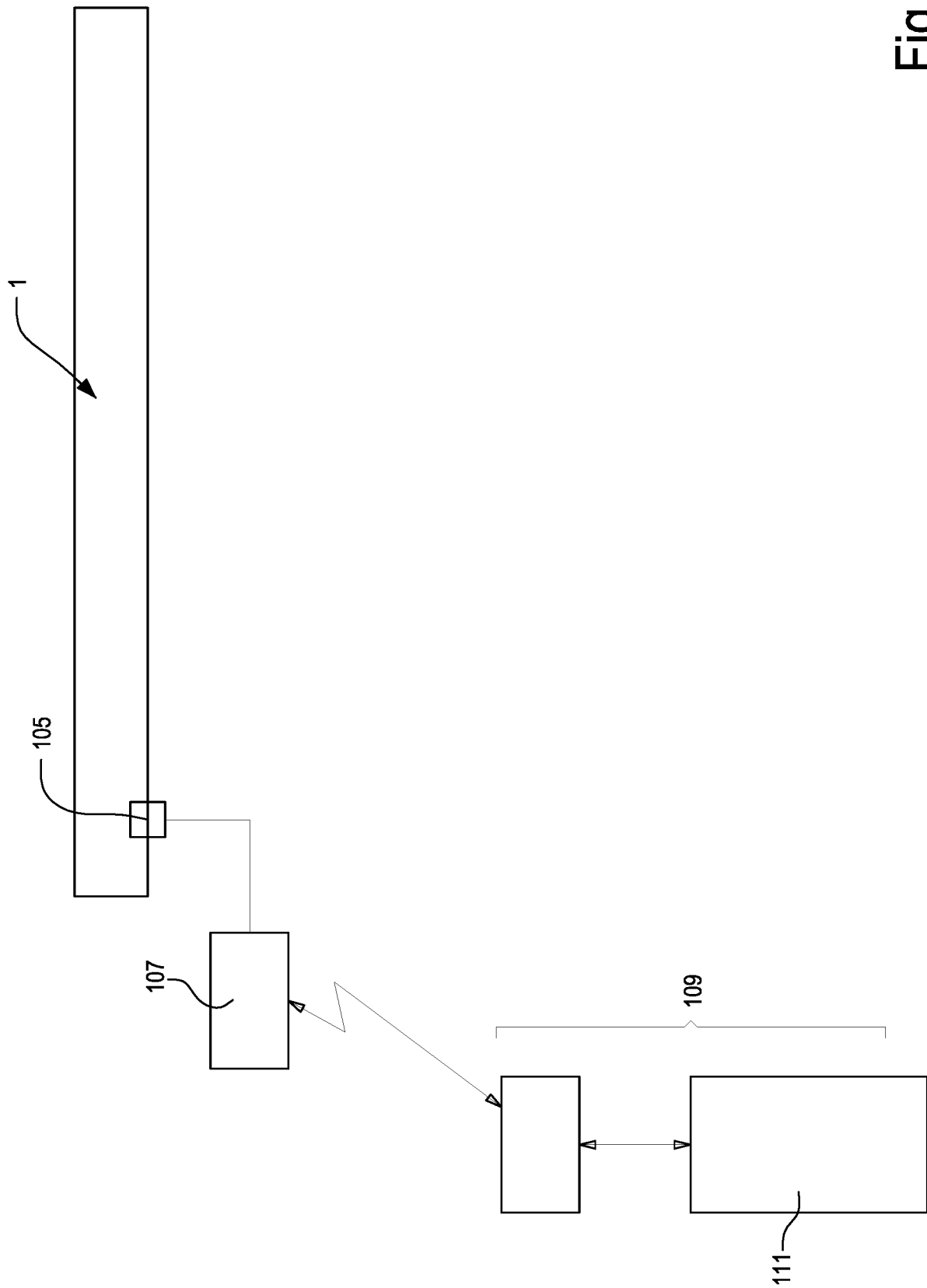


Fig.11

Fig.12

