

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000007157
Data Deposito	24/03/2021
Data Pubblicazione	24/09/2022

Classifiche IPC

Titolo

SISTEMA PER RILEVARE E RICONOSCERE ANOMALIE ACUSTICHE E/O VIBRAZIONALI
ASSOCIATE AD UN SITO DA MONITORARE

Titolare: LEONARDO S.p.A.

**SISTEMA PER RILEVARE E RICONOSCERE ANOMALIE ACUSTICHE E/O
VIBRAZIONALI ASSOCIATE AD UN SITO DA MONITORARE**

5

DESCRIZIONE

SFONDO TECNOLOGICO DELL'INVENZIONE

Campo di applicazione

La presente invenzione si riferisce ad un sistema per la rilevazione e il riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali associate ad un sito da monitorare, quale ad esempio una condotta per il trasporto di fluidi e gas.

In particolare, il sistema permette di riconoscere le anomalie acustiche e/o vibrazionali rilevate da un'unità di rilevazione e segnalazione di allarmi di tipo DAS/DVS correlando le informazioni di allarme fornite da tale unità DAS/DVS con informazioni di audio ambientale associate alle anomalie per ridurre i falsi positivi generati dalla stessa unità DAS/DVS.

20

Arte nota

In sistemi preposti al trasporto di fluidi e gas, quali ad esempio oleodotti o gasdotti, è particolarmente sentita l'esigenza di rilevare perdite (Leak Detection in lingua Inglese) di fluido in tubature o condotti.

25

Alcune metodologie note attualmente impiegate per

la rilevazione di perdite nei condotti per fluidi impiegano fibre ottiche. In particolare, una infrastruttura in fibra ottica di rilevazione di perdite di tipo noto, operante per esempio in accordo con il
5 metodo DAS (Distributed Acoustic Sensing) o il metodo DVS (Distributed Vibrating Sensing), è basata sull'analisi dei segnali acustici/vibrazionali i cui effetti sono convogliati attraverso la fibra ottica.

In particolare, l'infrastruttura DAS prevede
10 l'installazione di cavi in fibra ottica parallelamente alla tubazione da monitorare per realizzare un sistema di raccolta dati in tempo reale (real-time).

Come noto, i disturbi acustici così come le vibrazioni generano microscopici stiramenti e
15 compressioni della fibra ottica, i quali causano un cambiamento nella fase e ampiezza dell'onda ottica convogliata all'interno della fibra stessa. In particolare, le vibrazioni causate da un fluido che fuoriesce dalla tubazione attraverso una perdita
20 modificano le caratteristiche dell'onda riflessa, corrispondente all'onda ottica convogliata nella fibra, che può essere rilevata permettendo di segnalare tale perdita. Inoltre, la posizione della perdita lungo la tubazione può essere determinata dalla misurazione del
25 ritardo temporale tra l'istante in cui è stata emessa

l'onda ottica convogliata e l'istante in cui viene rilevata l'onda riflessa.

Tuttavia tali infrastrutture note per la rilevazione di perdite nei condotti presentano limiti ed
5 inconvenienti.

Infatti, le infrastrutture DAS/DVS sono poco efficienti nei casi in cui, in prossimità del condotto per fluidi da monitorare, siano presenti disturbi acustici/vibrazionali dovuti ad attività umane o a
10 disturbi ambientali. Tale ridotta efficienza è dovuta principalmente all'elevato numero di allarmi per falsi positivi generati dall'infrastruttura DAS/DVS.

Il rimedio usualmente adottato di calibrare queste infrastrutture allo scopo di regolarne la sensibilità
15 risulta del tutto inutile in alcuni casi e costringe spesso il gestore dell'infrastruttura a disattivarla. Tuttavia, tale disattivazione implica elevati costi per il gestore dell'infrastruttura.

Pertanto, è particolarmente sentita l'esigenza di
20 escogitare una soluzione che, impiegando le infrastrutture DAS/DVS, permetta di discriminare in maniera più precisa i disturbi acustici effettivamente attribuibili a perdite nei condotti per fluidi riducendo gli allarmi per falsi positivi generati da tali
25 infrastrutture.

SOMMARIO DELL'INVENZIONE

Scopo della presente invenzione è quello di escogitare e mettere a disposizione un sistema di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o
5 anomalie vibrazionali associate ad un sito da monitorare, ad esempio un condotto per fluidi quale un oleodotto o un gasdotto, che consenta di ovviare almeno parzialmente agli inconvenienti qui sopra lamentati in riferimento alle soluzioni note sopra menzionate.

10 L'invenzione mette a disposizione un sistema di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o vibrazionali mediante una infrastruttura DAS/DAV che è anche configurato per rilevare il rumore ambientale associato a tali anomalie, per ridurre i falsi positivi
15 prodotti dalla infrastruttura DAS/DAV in contesti caratterizzati da interferenze esterne come attività umane o disturbi ambientali.

In particolare, il sistema dell'invenzione comprende:

- 20 - uno o più microfoni,
- un modulo classificatore audio collegato a tali microfoni;
- un'unità di rilevazione di anomalie acustiche e/o vibrazionali, per esempio causate da perdite di fluido da
25 un condotto (Leak Detection), basata su metodologia

DAS/DVS;

- un modulo correlatore.

In un esempio di realizzazione, un segnale di audio ambientale, acquisito attraverso l'uno o più
5 microfoni posti lungo il condotto per fluidi da monitorare, è classificato mediante algoritmi di Machine Learning o Deep Learning che impiegano reti neurali convoluzionali.

Gli allarmi generati dall'unità basata su
10 metodologia DAS/DVS correlati con un segnale generato in uscita dal modulo classificatore del segnale di audio ambientale permette di definire un grado di severità di tali allarmi.

Per esempio, in presenza del riconoscimento da
15 parte del modulo classificatore audio di attività umane o rumori ambientali su cui tale modulo è stato addestrato, un grado di severità basso è associato all'allarme generato dall'unità DAS/DVS.

In un esempio preferito di realizzazione, il
20 modulo correlatore, in presenza di allarmi generati dall'unità DAS/DVS, analizza il segnale d'uscita dal modulo classificatore audio di rumore ambientale:

- se si è in presenza di un rumore ambientale classificato/riconosciuto, il modulo correlatore genera
25 un allarme di severità di livello basso (Low);

- se si è in presenza di un rumore ambientale non classificato/riconosciuto il modulo correlatore genera un allarme di severità di livello medio/alto (Medium/High).

5 In un ulteriore esempio di realizzazione, il modulo classificatore può essere addestrato a classificare segnali di audio ambientale che sono riconosciuti come elementi di interferenza per l'unità DAS/DVS.

10 Lo scopo dell'invenzione viene raggiunto mediante un sistema di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o vibrazionali in accordo con la rivendicazione 1.

Forme di realizzazione preferite di tale sistema
15 sono descritte nelle rivendicazioni dipendenti.

Forma oggetto della presente invenzione anche un metodo per rilevare e riconoscere anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali associate ad un sito da monitorare in accordo con la rivendicazione 12.

20 BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Ulteriori caratteristiche e vantaggi del sistema e metodo secondo l'invenzione risulteranno dalla descrizione di seguito riportata di esempi preferiti di realizzazione, dati a titolo indicativo e non
25 limitativo, con riferimento alle annesse figure, in cui:

- la **figura 1** illustra, con uno schema a blocchi, un sistema di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali associate ad un sito da monitorare in accordo con l'invenzione;
- 5 - la **figura 2** illustra, con un diagramma di flusso, fasi di un metodo per rilevare e riconoscere anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali implementato dal sistema di figura 1;
- le **figure 3A-3C** illustrano graficamente, al
10 variare del tempo, rispettivamente, un esempio di un segnale di classificazione, un segnale di allarme ed un segnale di allarme qualificato del sistema di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o vibrazionali di figura 1.
- 15 Nelle suddette figure elementi uguali o analoghi verranno indicati mediante gli stessi riferimenti numerici.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA

In riferimento alla figura 1, il sistema di
20 rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali associate ad un sito da monitorare in accordo con l'invenzione è indicato complessivamente con il riferimento numerico 100.

Tale sistema di rilevazione e riconoscimento 100
25 di anomalie acustiche e/o vibrazionali sarà indicato nel

seguito anche sistema di rilevazione e riconoscimento o più semplicemente sistema.

Preferibilmente, ma non limitativamente, il termine sito è usato nella presente descrizione per
5 indicare un condotto o una tubatura per il trasporto di fluidi e gas, per esempio un oleodotto o un gasdotto che occorre monitorare. Tuttavia, la presente invenzione è vantaggiosamente applicabile anche ad altre tipologie di siti o asset che possono essere monitorati impiegando la
10 medesima infrastruttura.

Inoltre, nel seguito, i termini anomalia acustica o anomalia vibrazionale saranno usati per indicare disturbi acustici/vibrazionali causati da attività umane, per esempio i rumori causati da un mezzo
15 meccanico in movimento, da un motore e da simili disturbi ambientali.

Il sistema di rilevazione e riconoscimento 100 dell'invenzione comprende un'unità 10 impiegante fibra ottica per la rilevazione acustica distribuita, DAS, e/o
20 per la rilevazione vibrazionale distribuita, DVS, di almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale associata a tale sito. In particolare, l'unità 10 si concretizza in una infrastruttura in fibra ottica di rilevazione di perdite (Leak Detection) lungo il condotto per il
25 trasporto di fluidi e gas operante per esempio in

accordo con il metodo DAS (Distributed Acoustic Sensing)
o il metodo DVS (Distributed Vibrating Sensing).

Come noto, tale infrastruttura in fibra ottica opera per
rilevare e segnalare allarmi, quali ad esempio perdite
5 nei condotti, sulla base dell'analisi dei segnali
acustici/vibrazionali i cui effetti sono convogliati
attraverso la fibra ottica.

In particolare, tale unità DAS/DVS 10 è
configurata per generare un segnale di allarme S1
10 rappresentativo della rilevazione della suddetta almeno
una anomalia acustica e/o vibrazionale associata al
condotto per fluidi o in prossimità del condotto.

Inoltre, il sistema 100 comprende uno o più
trasduttori acustico-elettrici 20, in particolare uno o
15 più microfoni, operativamente associati al sito da
monitorare. Tali trasduttori acustico-elettrici 20 sono
configurati per rilevare uno o più segnali di audio
ambientale associati all'almeno una anomalia acustica
e/o vibrazionale e per convertire i suddetti segnali di
20 audio ambientale in segnali elettrici.

In aggiunta, il sistema 100 dell'invenzione
comprende un modulo classificatore audio 30 collegato ai
suddetti uno o più trasduttori acustico-elettrici 20 e
configurato per classificare i segnali elettrici
25 generati dai trasduttori sulla base di almeno un

algoritmo di analisi di dati e di apprendimento automatico di informazioni dai dati.

In un esempio di realizzazione, tale almeno un algoritmo di analisi di dati comprende un algoritmo di
5 Machine Learning e/o Deep Learning basato su rete neurale convoluzionale (Convolutional Neural Network o CNN).

In particolare, il suddetto modulo classificatore audio 30 è configurato per generare un segnale di
10 classificazione S2 indicativo del fatto che l'almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale rilevata sia compresa in un insieme di anomalie riconosciute o sia una anomalia acustica e/o vibrazionale non nota.

Il sistema di rilevazione e riconoscimento 100
15 comprende, inoltre, un modulo correlatore 40 configurato per ricevere i sopra menzionati segnale di allarme S1 e segnale S2 di classificazione e per confrontare tale segnale di allarme S1 con il segnale S2 di classificazione durante un intervallo di tempo di
20 rilevazione T1 o T2 o T3.

Si osservi che tale intervallo di tempo di rilevazione comprende una finestra temporale che contiene l'istante di tempo a cui fa riferimento l'allarme fornito dal segnale di allarme S1. Nelle
25 figure 3A, 3B e 3C, in particolare, sono raffigurati un

primo T1, un secondo T2 ed un terzo T3 intervallo di tempo di rilevazione aventi stessa durata, per esempio 5 secondi. Il primo intervallo di tempo di rilevazione T1 è centrato a 10 secondi, il secondo intervallo di tempo
5 T2 è centrato a 15 secondi, il terzo intervallo di tempo T3 è centrato a 25 secondi.

Il modulo classificatore audio 30 ed il modulo correlatore 40 del sistema 100 dell'invenzione sono, preferibilmente, moduli software configurati per essere
10 caricati in una memoria, in particolare di tipo non volatile, di una unità di elaborazione, per esempio l'unità di controllo dei segnali di allarme generati dall'unità DAS/DVS 10.

Tali moduli software sono configurati per essere
15 eseguiti da una rispettiva unità di processamento (CPU o GPU) che equipaggia la suddetta unità di controllo.

Vantaggiosamente, il modulo correlatore 40 è configurato per generare un segnale di allarme qualificato S3. Tale segnale di allarme qualificato è
20 configurato per fornire una informazione codificata indicativa del fatto che il segnale di allarme S1 generato dall'unità DAS/DVS 10 rappresenti, nell'intervallo di tempo di rilevazione T1, T2 o T3, una anomalia acustica e/o vibrazionale riconosciuta oppure
25 una anomalia acustica e/o vibrazionale non nota.

In altre parole, il segnale di allarme qualificato S3 rappresenta un segnale di allarme arricchito che permette di discriminare se l'allarme S1 generato dall'unità 10 DAS/DVS, in seguito alla rilevazione di un'anomalia acustica e/o vibrazionale, sia stato determinato da un disturbo sonoro riconducibile ad un'attività umana nota, quindi si tratti di un allarme di bassa severità, oppure sia stato determinato da un disturbo sonoro non chiaramente noto o del tutto sconosciuto, quindi si tratti di un allarme di media/alta severità, cioè che richiede maggiore attenzione. Per esempio, un disturbo sonoro sconosciuto al classificatore audio 30, quindi capace di generare un allarme di alta severità che richiede maggiore attenzione, può essere quello associato ad una perdita nel condotto per fluidi.

Nell'esempio della figura 3B, il segnale di allarme S1 rilevato nel primo T1, nel secondo T2 e nel terzo T3 intervallo di tempo ha ampiezza uguale a uno.

In un esempio di realizzazione preferito, tale segnale di allarme S3 qualificato è un segnale che può essere schematizzato mediante impulsi di durata finita, per esempio impulsi rettangolari. Ciascuno di tali impulsi di durata finita del segnale di allarme qualificato S3 assume, sulla base del segnale di

classificazione S2:

- un primo valore di ampiezza v_1 , v_1' , indicativo del fatto che il segnale di allarme S1 è rappresentativo di una anomalia acustica e/o vibrazionale riconosciuta
5 nell'intervallo di tempo di rilevazione, per esempio nel primo T1 o nel terzo T3 intervallo di tempo;
- un secondo valore di ampiezza v_2 , indicativo del fatto che il segnale di allarme S1 è rappresentativo di una anomalia acustica e/o vibrazionale non nota
10 nell'intervallo di tempo di rilevazione, per esempio nel secondo intervallo di tempo T2.

In riferimento alle figure 3A, 3B e 3C, in un esempio di realizzazione, il suddetto segnale S2 di classificazione assume un valore discreto, per esempio
15 compreso tra uno e zero, nell'intervallo di tempo di rilevazione, in particolare, in ciascuno dei tre intervalli di tempo T1, T2 e T3. Tale valore discreto assunto dal segnale di classificazione S2 è indicativo di un grado di confidenza della classificazione. Ciò
20 permette di determinare se l'almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale rilevata è un'anomalia riconosciuta, quale per esempio il rumore associato ad un mezzo meccanico o ad un motore, oppure è un'anomalia non nota.

In un esempio di realizzazione alternativo, il primo valore di ampiezza del segnale di allarme S3 qualificato ad impulsi è:

- una prima ampiezza v_1 quando il segnale di classificazione S2 assume un valore discreto maggiore di 0,8 nell'intervallo di tempo di rilevazione, per esempio nel terzo intervallo di tempo T3;
- una ulteriore prima ampiezza v_1' quando il segnale di classificazione S2 assume un valore discreto minore di 0,8 e maggiore di 0,5 nell'intervallo di tempo di rilevazione, per esempio nel primo intervallo di tempo T1.

In un esempio di realizzazione particolare, il suddetto primo valore di ampiezza v_1 , v_1' del segnale di allarme S3 qualificato ad impulsi è minore del secondo valore di ampiezza v_2 .

In riferimento all'esempio della figura 3C, in ciascun intervallo di tempo di rilevazione T1, T2, T3, il segnale di allarme qualificato S3 può assumere valori di ampiezza compresi tra zero e uno. In particolare, la prima ampiezza v_1 è uguale a 0,6 e l'ulteriore prima ampiezza v_1' è uguale a 0,3.

In un esempio di realizzazione, l'impulso di durata finita del segnale di allarme S3 qualificato assume il secondo valore di ampiezza v_2 quando il segnale

di classificazione S2 assume un valore discreto minore di 0,5 nell'intervallo di tempo di rilevazione, per esempio nel secondo intervallo di tempo T2. In particolare, nell'esempio di figura 3C, il secondo valore di ampiezza
5 v2 del segnale di allarme qualificato S3 è uguale a uno.

In riferimento all'esempio delle figure 3A e 3B, come sopra indicato, ciò significa che il segnale di allarme S1 rilevato dall'unità DAS/DVS 10 nel secondo intervallo di tempo di rilevazione T2 è un segnale non
10 noto al classificatore audio 30, quindi un segnale che richiede maggiore attenzione in quanto associato, con elevata probabilità, ad una perdita nel condotto per fluidi monitorato.

In un diverso esempio di realizzazione, in caso di
15 mancata ricezione da parte del modulo correlatore 40 del suddetto segnale S2 di classificazione, il modulo correlatore 40 è configurato per generare il segnale di allarme qualificato S3 ad impulsi in cui ciascuno di tali impulsi di durata finita assume il secondo valore di
20 ampiezza v2. In tal caso, il segnale di allarme qualificato S3 indica sempre un allarme di severità elevata.

Esempi delle informazioni associate al segnale di allarme S1, al segnale di classificazione S2 ed al
25 segnale di allarme qualificato S3 sono di seguito

riportati.

In riferimento all'applicazione di un condotto per fluidi (per esempio un oleodotto), il segnale d'allarme S1 è un segnale che, oltre al valore di ampiezza, può
5 essere costituito da un array di dati comprendente i seguenti campi:

id = lista di oggetti; ogni oggetto contiene i valori di pressione relativi a una stazione;

type = tipo di tecnologia utilizzata per la
10 localizzazione dell'evento;

chainage = distanza progressiva in metri dall'inizio dell'oleodotto;

coordinates = latitudine e longitudine dell'evento;

created_at = data dell'evento calcolata dal sistema
15 secondo lo standard ISO 8601. Il formato è YYYY-MM-DDThh:mm:ssZ (T è usato come separatore tra la data e l'ora, e Z indica che l'orario è espresso in UTC);

localization_error = precisione di localizzazione stimata in metri;

20 **station_id** = identificativo della stazione più vicina all'evento localizzato.

In riferimento al segnale di classificazione S2, tale segnale è costituito da un array di dati comprendente i seguenti campi:

25 **from** = inizio intervallo temporale;

to = fine intervallo temporale;

Categorie = insieme delle classificazioni del rumore ambientale identificate dal modello (comprensivo di confidenza).

5 Il segnale d'allarme qualificato S3 è un segnale che, oltre al valore di ampiezza, può essere costituito da un array di dati comprendente i seguenti campi:

id = lista di oggetti; ogni oggetto contiene i valori di pressione relativi a una stazione;

10 **type** = tipo di tecnologia utilizzata per la localizzazione dell'evento;

chainage = distanza progressiva in metri dall'inizio dell'oleodotto;

coordinates = latitudine e longitudine dell'evento;

15 **created_at** = data dell'evento calcolata dal sistema secondo lo standard ISO 8601. Il formato è YYYY-MM-DDThh:mm:ssZ (T è usato come separatore tra la data e l'ora, e Z indica che l'orario è espresso in UTC);

localization_error = precisione di localizzazione stimata

20 in metri;

station_id = identificativo della stazione più vicina all'evento localizzato;

Severity = Low|Medium|High

AudioCategory = Machine|Engine|Truck|Unknown|.....

25 Ancora in riferimento all'esempio di figura 1, si

osservi che i suddetti uno o più trasduttori acustico-elettrici del sistema 100 sono microfoni 20.

In un primo esempio di realizzazione, ciascun microfono 20 è configurato per definire una prima area di
5 copertura di microfono all'interno della quale l'attenuazione dell'uno o più segnali di audio ambientale associati a detta almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale è minore di 6db.

In un esempio di realizzazione particolare,
10 ciascun microfono 20 è configurato per definire una seconda area di copertura di microfono all'interno della quale l'attenuazione dell'uno o più segnali di audio ambientale associati a detta almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale è minore di 3db.

15 Sulla base di quanto sopra riportato, l'esperto del settore è in grado di valutare a quale distanza l'uno all'altro e a quale distanza dal condotto per fluidi sarebbe opportuno posizionare i microfoni 20 del sistema 100 per monitorare il condotto stesso.

20 In riferimento alla figura 2, è di seguito descritto un metodo 200 per rilevare e riconoscere anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali implementato dal sistema 100 dell'invenzione sopra descritto.

Tale metodo 200 comprende una fase simbolica di
25 inizio "STR" e una fase simbolica di fine "ED".

In particolare, tale metodo comprende una fase di rilevazione 201 di almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale associata al suddetto sito, in particolare al condotto per fluidi, oleodotto o gasdotto.

5 Il metodo 200 comprende, inoltre, una fase di generazione 202 di un segnale di allarme S1 rappresentativo di detta almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale rilevata.

Queste fasi 201, 202 sono realizzate dall'unità DAS/DVS
10 10 del sistema 100.

Il metodo 200 comprende, successivamente, una fase di rilevazione 203 di uno o più segnali di audio ambientale associati a detta almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale rilevata. Si prevede anche la
15 conversione dei suddetti segnali di audio ambientale in segnali elettrici. Questa fase è realizzata dai microfoni 20.

Il metodo 200 comprende, inoltre, una fase di classificazione 204 dei segnali elettrici generati sulla
20 base di almeno un algoritmo di analisi di dati e di apprendimento automatico di informazioni dai dati.

Si prevede anche una fase di generazione 205 di un segnale S2 di classificazione indicativo del fatto che la suddetta almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale
25 rilevata sia compresa in un insieme di anomalie

riconosciute o sia una anomalia acustica e/o vibrazionale non nota.

Queste fasi 204, 205 sono realizzate dal modulo classificatore audio 30 del sistema 100.

5 Il metodo 200 comprende anche una fase di confronto 206, durante un intervallo di tempo di rilevazione T1, T2, T3, tra il segnale di allarme S1 ed il segnale S2 di classificazione.

Sulla base di tale confronto, il metodo 200 prevede
10 la generazione 207 di un segnale di allarme qualificato S3. Tale segnale di allarme qualificato S3 è configurato per fornire una informazione codificata indicativa del fatto che il segnale di allarme S1 rappresenti, nell'intervallo di tempo di rilevazione T1, T2, T3, una
15 anomalia acustica e/o vibrazionale riconosciuta oppure una anomalia acustica e/o vibrazionale non nota.

In un esempio di realizzazione, la suddetta fase 207 comprende una fase di generare un segnale di allarme S3 qualificato ad impulsi di durata finita, in cui
20 ciascuno di tali impulsi assume, sulla base del segnale di classificazione S2:

- un primo valore di ampiezza v_1 , v_1' , indicativo del fatto che il segnale di allarme S1 è rappresentativo di una anomalia acustica e/o vibrazionale riconosciuta

nell'intervallo di tempo di rilevazione, per esempio nel primo T1 o terzo T3 intervallo di tempo di rilevazione;

- un secondo valore di ampiezza v_2 , indicativo del fatto che il segnale di allarme S1 è rappresentativo di una anomalia acustica e/o vibrazionale non nota nell'intervallo di tempo di rilevazione, per esempio nel secondo intervallo di tempo di rilevazione T2.

In un esempio di realizzazione, la suddetta fase di classificazione 204 del metodo 200 comprende una fase di addestrare il modulo classificatore audio 30 del sistema 100 a riconoscere segnali di audio ambientale come segnali di interferenza per l'unità 10 DAS/DVS che rileva le anomalie acustiche e/o vibrazionali associate al sito da monitorare.

Un esempio di funzionamento del modulo classificatore audio 30 è di seguito riportato.

Per ogni anomalia acustica e/o vibrazionale da classificare vengono raccolte delle registrazioni audio. Ciascuna registrazione audio viene suddivisa in tracce audio di durata pari a 32 ms. Per ciascuna traccia sono estratte delle caratteristiche dell'audio, tra cui:

- tasso di attraversamento di zero (Zero crossing rate),
- energia a breve termine (Short-term energy)
- entropia dell'energia a breve termine (Short-term entropy of energy),

- centroide spettrale e diffusione (Spectral centroid and spread),
- entropia spettrale (Spectral entropy),
- flusso spettrale (Spectral flux),
- 5 - attenuazione spettrale (Spectral roll-off),
 - MFCC (Mel-frequency cepstral coefficients),
- Caratteristiche Chroma (Chroma Features).

Queste caratteristiche della traccia audio vengono utilizzate per addestrare il modello di Machine Learning/Deep Learning a riconoscere le singole anomalie acustiche e/o vibrazionali.

Per esempio, i modelli utilizzati comprendono il modello Gaussian Mixture Model o GMM e il modello Supervised Learning (Reti Neurali).

15 Il modello GMM si basa su un approccio statistico. Dalla raccolta delle caratteristiche contenute nella traccia audio, viene creato uno spazio a n-dimensioni in cui ogni punto rappresenta il numero di occorrenze di quel determinato valore del vettore di caratteristiche. Tale spazio rappresenta, sostanzialmente, il modello del rumore da classificare.

Inoltre, per ogni traccia da analizzare vengono estratti i vettori delle caratteristiche e viene stabilita qual è la probabilità che la traccia audio sotto esame appartenga alla singola classe.

25

Il modello Supervised Learning (Reti Neurali) prevede l'addestramento di una rete neurale utilizzando come insieme di dati di addestramento le caratteristiche estratte dalle singole tracce audio con aggiunta
5 l'etichetta del tipo di rumore a cui sono associate. Il risultato finale rappresenta un classificatore di tracce audio basato su reti neurali.

Le sopra indicate modalità di funzionamento del modulo classificatore audio 30 sono note nello stato
10 della tecnica.

Come sopra evidenziato, il sistema 100 ed il relativo metodo 200 per rilevare e riconoscere anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali associate ad un sito da monitorare della presente invenzione presentano
15 numerosi vantaggi e conseguono gli scopi prefissati.

In particolare, il sistema 100 proposto permette di ridurre la generazione di allarmi per falsi positivi o falsi allarmi da parte delle infrastrutture impieganti unità DAS/DVS per la rilevazioni di perdite (Leak
20 Detection) utilizzati per monitorare oleodotti e gasdotti e basati sull'analisi dei segnali acustici/vibrazionali.

Inoltre, l'impiego del sistema 100 dell'invenzione in territori notevolmente antropizzati, evita che in tali territori si debbano in alcuni casi disattivare le
25 infrastrutture DAS/DVS che non riescono a compensare le

interferenze/disturbi derivanti dalle attività umane. Ciò
permette al gestore dell'infrastruttura di risparmiare
sui costi che sarebbero determinati da tale
disattivazione, oltre a garantire il monitoraggio
5 dell'intero oleodotto/gasdotto.

Alle forme di realizzazione del sistema e metodo
dell'invenzione, un tecnico del ramo, per soddisfare
esigenze contingenti, potrà apportare modifiche,
adattamenti e sostituzioni di elementi con altri
10 funzionalmente equivalenti, senza uscire dall'ambito
delle seguenti rivendicazioni. Ognuna delle
caratteristiche descritte come appartenente ad una
possibile forma di realizzazione può essere realizzata
indipendentemente dalle altre forme di realizzazione
15 descritte.

*** * ***

RIVENDICAZIONI

1. Sistema (100) di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali associate
5 ad un sito da monitorare, comprendente:
- una unità (10) impiegante fibra ottica per la rilevazione acustica distribuita, DAS, e/o per la rilevazione vibrazionale distribuita, DVS, di almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale associata a detto
10 sito e per generare un segnale di allarme (S1) rappresentativo della rilevazione di detta almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale;
 - uno o più trasduttori acustico-elettrici (20) operativamente associati a detto sito da monitorare per
15 rilevare uno o più segnali di audio ambientale associati a detta almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale e per convertire detti segnali di audio ambientale in segnali elettrici;
 - un modulo classificatore audio (30) collegato a
20 detti uno o più trasduttori acustico-elettrici (20) e configurato per classificare detti segnali elettrici generati sulla base di almeno un algoritmo di analisi di dati e di apprendimento automatico di informazioni dai dati, per generare un segnale (S2) di classificazione
25 indicativo del fatto che detta almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale rilevata sia compresa in un

insieme di anomalie riconosciute o sia una anomalia acustica e/o vibrazionale non nota;

- un modulo correlatore (40) configurato per ricevere detto segnale di allarme (S1) e detto segnale (S2) di classificazione e per confrontare, durante un intervallo di tempo di rilevazione (T1, T2, T3), detto segnale di allarme (S1) e detto segnale (S2) di classificazione per generare un segnale di allarme qualificato (S3), detto segnale di allarme qualificato essendo configurato per fornire una informazione codificata indicativa del fatto che il segnale di allarme (S1) rappresenti, nell'intervallo di tempo di rilevazione (T1, T2, T3), una anomalia acustica e/o vibrazionale riconosciuta oppure una anomalia acustica e/o vibrazionale non nota.

15

2. Sistema (100) di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali secondo la rivendicazione 1, in cui detto segnale di allarme (S3) qualificato è un segnale ad impulsi di durata finita, ciascuno di detti impulsi assumendo, sulla base del segnale di classificazione (S2):

- un primo valore di ampiezza (v1, v1'), indicativo del fatto che detto segnale di allarme (S1) è rappresentativo di una anomalia acustica e/o vibrazionale riconosciuta nell'intervallo di tempo di rilevazione (T1, T3);

- un secondo valore di ampiezza (v_2), indicativo del fatto che detto segnale di allarme (S_1) è rappresentativo di una anomalia acustica e/o vibrazionale non nota nell'intervallo di tempo di
5 rilevazione (T_2).

3. Sistema (100) di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detto segnale (S_2) di
10 classificazione assume un valore discreto compreso tra uno e zero nell'intervallo di tempo di rilevazione (T_1 , T_2 , T_3), indicativo di un grado di confidenza della classificazione, per determinare se detta almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale rilevata è un'anomalia
15 riconosciuta oppure è un'anomalia non nota.

4. Sistema (100) di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali secondo la rivendicazione 2 o 3, in cui detto primo valore di
20 ampiezza del segnale di allarme (S_3) qualificato ad impulsi di durata finita è:

- una prima ampiezza (v_1) quando il segnale di classificazione (S_2) assume un valore discreto maggiore di 0,8 nell'intervallo di tempo di rilevazione (T_3);
25 - una ulteriore prima ampiezza (v_1') quando il segnale di

classificazione (S2) assume un valore discreto minore di 0,8 e maggiore di 0,5 nell'intervallo di tempo di rilevazione (T1).

5 **5.** Sistema (100) di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali secondo la rivendicazione 2 o 3, in cui l'impulso di durata finita del segnale di allarme (S3) qualificato assume il secondo valore di ampiezza (v2) quando il segnale di
10 classificazione (S2) assume un valore discreto minore di 0,5 nell'intervallo di tempo di rilevazione (T2).

6. Sistema (100) di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali secondo la
15 rivendicazione 2, in cui, in seguito alla mancata ricezione da parte del modulo correlatore (40) di detto segnale (S2) di classificazione, il modulo correlatore (40) è configurato per generare il segnale di allarme qualificato (S3) ad impulsi di durata finita in cui
20 ciascuno di detti impulsi assume detto secondo valore di ampiezza (v2).

7. Sistema (100) di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali secondo una
25 qualsiasi delle rivendicazioni 1-6, in cui detto primo

valore di ampiezza (v_1 , v_1') del segnale di allarme (S3) qualificato ad impulsi di durata finita è minore del secondo valore di ampiezza (v_2).

5 **8.** Sistema (100) di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali secondo la rivendicazione 1, in cui detto almeno un algoritmo di analisi di dati e di apprendimento automatico di informazioni direttamente dai dati comprende un algoritmo
10 di Machine Learning e/o Deep Learning basato su rete neurale convoluzionale (Convolutional Neural Network o CNN).

15 **9.** Sistema (100) di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali secondo la rivendicazione 1, in cui detti uno o più trasduttori acustico-elettrici sono microfoni (20), ciascun microfono essendo configurato per definire una prima area di copertura di microfono all'interno della
20 quale l'attenuazione dell'uno o più segnali di audio ambientale associati a detta almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale è minore di 6db.

25 **10.** Sistema (100) di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali secondo la

rivendicazione 9, in cui ciascun microfono (20) è configurato per definire una seconda area di copertura di microfono all'interno della quale l'attenuazione dell'uno o più segnali di audio ambientale associati a detta
5 almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale è minore di 3db.

11. Sistema (100) di rilevazione e riconoscimento di anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali secondo una
10 qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto sito da monitorare è una condotta per il trasporto di fluidi e gas scelta nel gruppo costituito da: oleodotto, gasdotto.

15 **12.** Metodo (200) per rilevare e riconoscere anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali associate ad un sito da monitorare impiegando un sistema (100) in accordo con la rivendicazione 1, detto metodo comprendendo le fasi di:

- 20 - rilevare (201) almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale associata a detto sito;
- generare (202) un segnale di allarme (S1) rappresentativo di detta almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale rilevata;

- rilevare (203) uno o più segnali di audio ambientale associati a detta almeno una anomalia acustica e/o vibrazionale rilevata e convertire detti segnali di audio ambientale in segnali elettrici;
- 5 - classificare (204) detti segnali elettrici generati sulla base di almeno un algoritmo di analisi di dati e di apprendimento automatico di informazioni dai dati;
- generare (205) un segnale (S2) di classificazione indicativo del fatto che detta almeno una anomalia
10 acustica e/o vibrazionale rilevata sia compresa in un insieme di anomalie riconosciute o sia una anomalia acustica e/o vibrazionale non nota;
- confrontare (206), durante un intervallo di tempo di rilevazione (T1, T2, T3), detto segnale di allarme (S1)
15 e detto segnale (S2) di classificazione;
- generare (207) un segnale di allarme qualificato (S3), detto segnale di allarme qualificato essendo configurato per fornire una informazione codificata indicativa del fatto che il segnale di allarme (S1)
20 rappresenti, nell'intervallo di tempo di rilevazione (T1, T2, T3), una anomalia acustica e/o vibrazionale riconosciuta oppure una anomalia acustica e/o vibrazionale non nota.

25 **13.** Metodo (200) per rilevare e riconoscere anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali secondo la

rivendicazione 12, in cui detta fase di generare (207) comprende una fase di generare un segnale di allarme (S3) qualificato ad impulsi di durata finita, ciascuno di detti impulsi assumendo, sulla base del segnale di
5 classificazione (S2):

- un primo valore di ampiezza (v_1 , v_1'), indicativo del fatto che detto segnale di allarme (S1) è rappresentativo di una anomalia acustica e/o
vibrazionale riconosciuta nell'intervallo di tempo di
10 rilevazione (T_1 , T_3);

- un secondo valore di ampiezza (v_2), indicativo del fatto che detto segnale di allarme (S1) è rappresentativo di una anomalia acustica e/o
vibrazionale non nota nell'intervallo di tempo di
15 rilevazione (T_2).

14. Metodo (200) per rilevare e riconoscere anomalie acustiche e/o anomalie vibrazionali secondo la
rivendicazione 12, in cui detta fase di classificare
20 (204) comprende una fase di addestrare un modulo classificatore audio (30) a riconoscere segnali di audio ambientale come segnali di interferenza per una unità
(10) impiegante fibra ottica per la rilevazione acustica distribuita, DAS, e/o per la rilevazione vibrazionale
distribuita, DVS, delle anomalie acustiche e/o
25 vibrazionali associate a detto sito da monitorare.

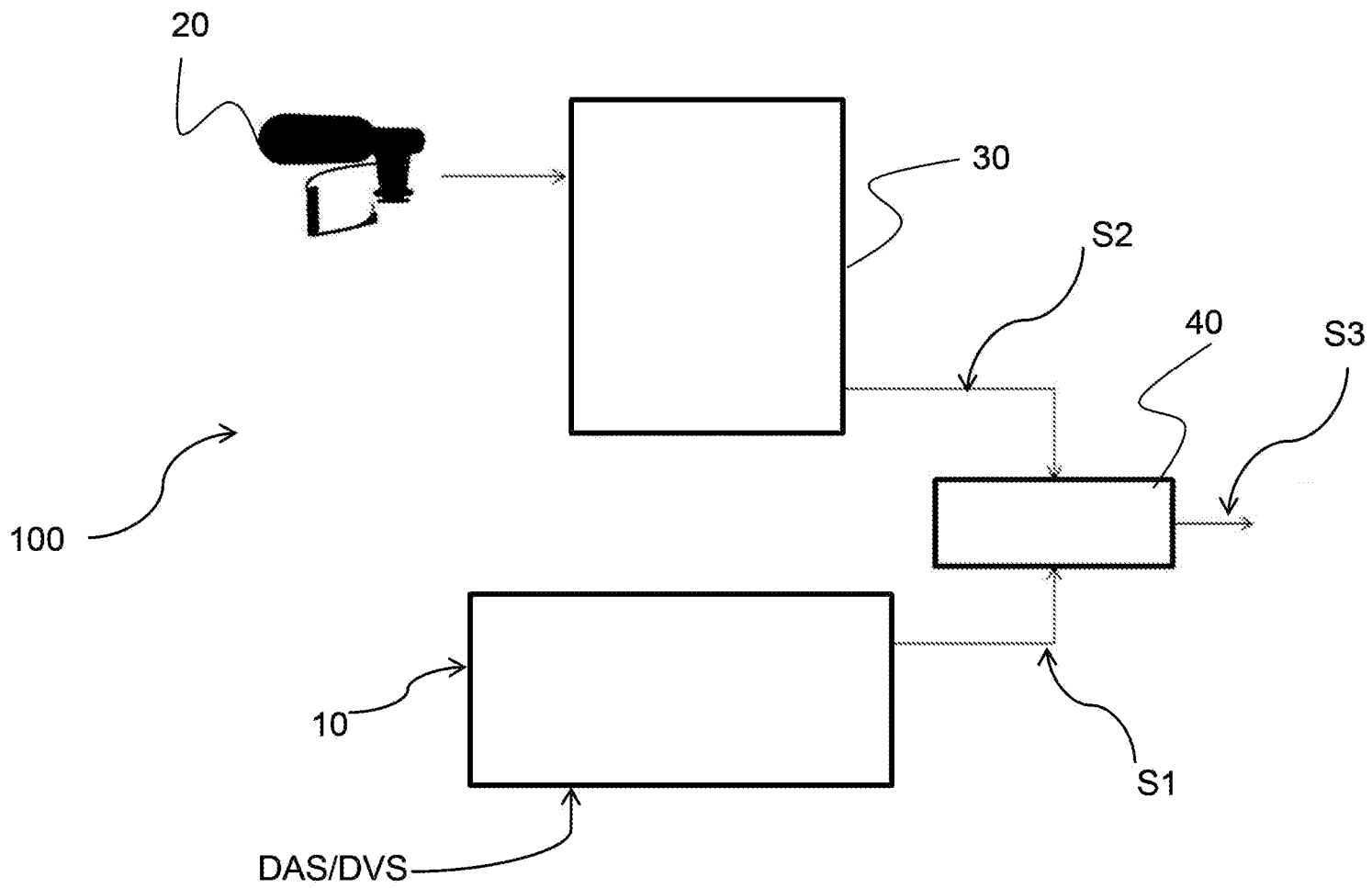
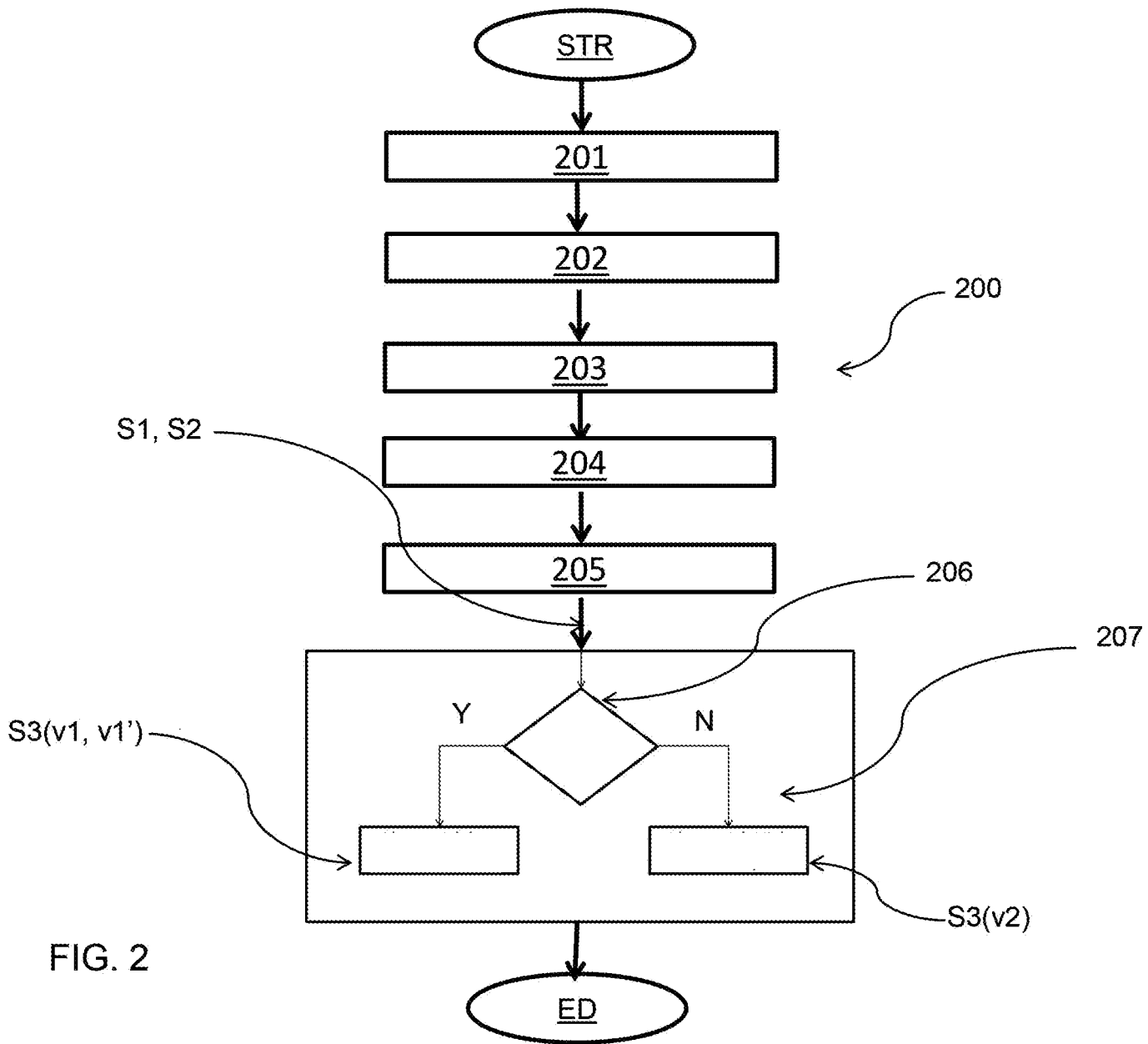


FIG. 1



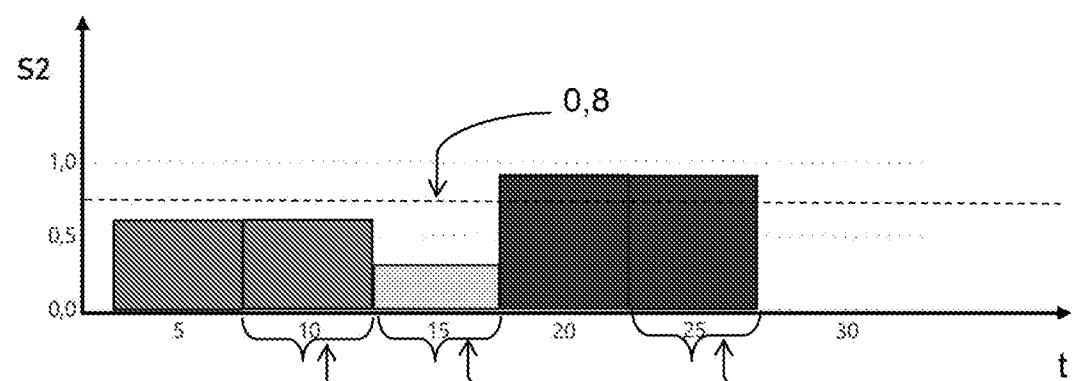


FIG. 3A

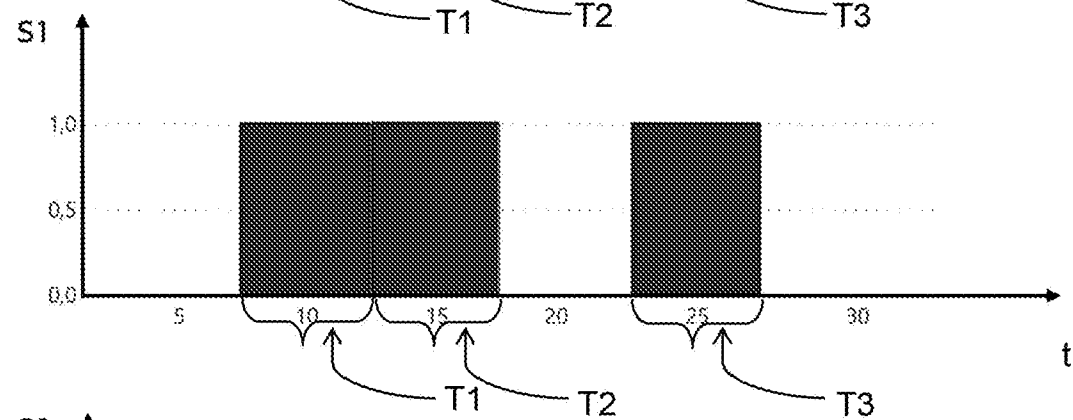


FIG. 3B

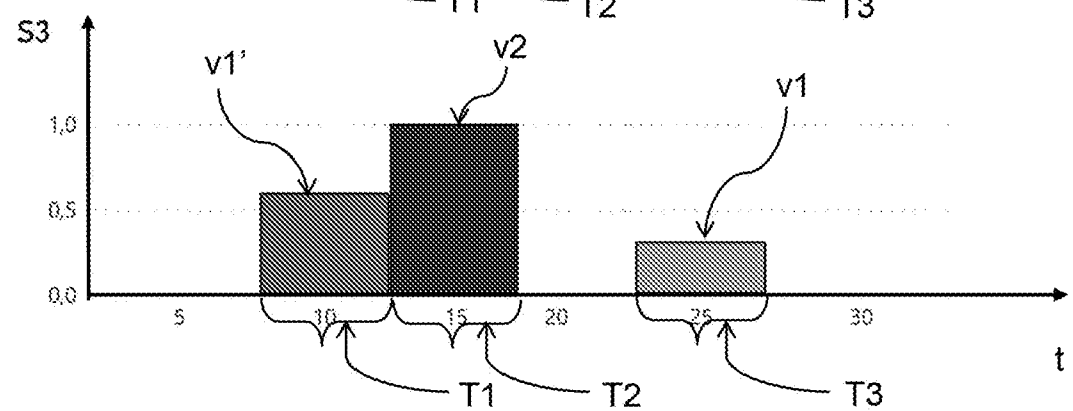


FIG. 3C