

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102009901717622A1

Publication Date

20100927

Applicant

TECHIMP TECHNOLOGIES S.A. ORA TECHIMP TECHNOLOGIES S.R.L.

Title

DISPOSITIVO E PROCEDIMENTO PER LOCALIZZARE SCARICHE PARZIALI.

### DESCRIZIONE

Annessa a domanda di brevetto per INVENZIONE INDUSTRIALE  
avente per titolo

### DISPOSITIVO E PROCEDIMENTO PER LOCALIZZARE SCARICHE PARZIALI

A nome: **TECHIMP TECHNOLOGIES S.A.** con sede in L 1637  
LUXEMBOURG 22, rue Goethe, di nazionalità  
lussemburghese.

Inventori: *SERRA STEFANO, CAVALLINI ANDREA, PASINI  
GAETANO, MONTANARI GIAN CARLO.*

Mandatario: Ing. Marco CONTI c/o BUGNION S.p.A., Via  
Goito 18 - 40126 - Bologna.

\*\*\*\*\*

La presente invenzione ha per oggetto un dispositivo e  
un procedimento per localizzare scariche parziali aventi  
luogo in un sito di scarica lungo un apparato elettrico  
a geometria allungata e generanti corrispondenti impulsi  
5 elettrici propagantisi in versi opposti lungo l'apparato  
a partire dal sito di scarica.

Più in generale, il settore tecnico del presente trovato  
è quello della diagnostica dei sistemi elettrici (in  
particolare in alta tensione) mediante la rilevazione /  
10 elaborazione di scariche elettriche parziali.

Si osservi che una scarica parziale è una scarica  
elettrica che interessa una porzione limitata di un  
isolante di un sistema elettrico, pertanto essa provoca  
non il guasto immediato del sistema, ma un suo  
15 progressivo degrado. Dunque, le scariche parziali hanno,  
per loro natura, uno sviluppo limitato sostanzialmente a  
un difetto del sistema isolante.

In questa luce, le tecniche diagnostiche basate sulla rilevazione e interpretazione delle scariche parziali sono tra le più promettenti e largamente studiate nell'ambito della ricerca scientifica, in quanto la  
5 valutazione dei segnali relativi alle scariche parziali consente di indagare la natura dei difetti del sistema isolante in cui hanno sede le scariche e la posizione dei difetti nell'ambito del sistema isolante stesso.

In particolare, il presente trovato si riferisce alla  
10 diagnostica su apparati elettrici a geometria allungata, costituenti una linea di trasmissione per gli impulsi di scarica, ovvero definenti un percorso lungo il quale gli impulsi si propagano; per esempio apparati di tale  
15 tipologia comprendono cavi elettrici per medie e alte tensioni, autotrasformatori, o GIL (gas insulated line).

In questa tipologia di apparato, si ha interesse a individuare eventuali difetti che possono costituire cause di guasto per il cavo, come per esempio difetti situati nei giunti o nelle terminazioni o anche  
20 nell'isolante vero e proprio del cavo. Tali difetti sono generalmente sede di attività di scariche parziali; pertanto, quello che generalmente si cerca di fare è individuare tali difetti rilevando le corrispondenti attività di scariche parziali mediante opportuni sensori  
25 accoppiati al cavo in valutazione.

Per quanto riguarda la localizzazione di un sito di scarica lungo un cavo, sono note diverse tecniche.

Una tecnica, denominata tecnica riflettometrica, consiste nell'acquisire i segnali in una stazione di  
30 rilevazione posizionata ad una estremità del cavo e valutare il tempo che intercorre tra un segnale e il

segnale generato dalla riflessione del segnale stesso in corrispondenza dell'estremità opposta del cavo. Si procede quindi a calcolare la distanza della sorgente di quel segnale dal punto di rilevazione sulla base della  
5 velocità di propagazione dei segnali in quel cavo.

Questa tecnica è scarsamente attendibile per cavi lunghi, in quanto i segnali percorrendo il cavo si attenuano a tal punto che vi è il rischio di non riuscire a rilevarli nella stazione di rilevazione.

10 Un'altra tecnica consiste nell'accoppiare al cavo una pluralità (almeno 2, in generale 3) di sensori (definendo quindi una pluralità di stazioni di rilevazione) in posizioni diverse del cavo. Quando il segnale in uno dei sensori eccede un livello  
15 prestabilito, i segnali provenienti dai vari sensori sono acquisiti in modo sincrono; la finestra temporale dell'acquisizione deve essere lunga a sufficienza da consentire la misura dello stesso impulso in transito nei vari sensori. Confrontando i tempi di arrivo dello  
20 stesso segnale nei differenti sensori si è in grado di localizzare la sorgente dei segnali lungo il cavo.

Questa tecnica è piuttosto accurata rispetto alla tecnica riflettometrica, ma pone alcuni problemi.

Un primo problema è quello della individuazione di una  
25 coppia di impulsi omologhi, ovvero attribuibili a una medesima scarica parziale e propagantisi in direzioni opposte.

Si osservi che la presenza di una coppia di impulsi omologhi rilevati in due diversi sensori distanziati tra loro lungo l'apparato significa che il sito in cui ha  
30 avuto luogo la scarica che ha originato tali impulsi è

disposto tra i due sensori.

In questa luce, le soluzioni note (per esempio da US5070537 o US6366095) provvedono a una sincronizzazione dei segnali rilevati nei diversi sensori mediante un  
5 riferimento temporale assoluto, per esempio un GPS.

Tali dispositivi noti comprendono:

- un primo e un secondo sensore accoppiati all'apparato in una prima e una seconda stazione di rilevazione, rispettivamente, tra loro distanziate lungo l'apparato,  
10 per rilevare segnali elettrici;

- un'unità di elaborazione collegata ai sensori per ricevere detti segnali e avente un modulo di selezione di almeno una coppia di segnali, rilevati nel primo e nel secondo sensore e rappresentativi di una coppia di  
15 impulsi omologhi (ossia relativi a una medesima scarica parziale e propagati in versi opposti nell'apparato) e un modulo di calcolo della distanza del sito di scarica dalle stazioni di rilevazione sulla base della coppia di impulsi omologhi selezionata.

20 Nelle soluzioni note, il modulo di calcolo elabora le seguenti informazioni: una stima della velocità di propagazione degli impulsi nel cavo, la distanza tra le stazioni di rilevazione e il tempo intercorso tra gli istanti di rilevazione degli impulsi della coppia  
25 considerata.

Dal tempo intercorso tra gli istanti di rilevazione degli impulsi della coppia considerata viene derivata la quantità di cui il sito di scarica è spostato lungo il cavo del verso una delle stazioni di rilevazione  
30 rispetto all'altra. In questa luce, se i segnali della coppia fossero rilevati contemporaneamente, il sito di

scarica risulterebbe equidistante rispetto alle stazioni di rilevazione.

In base a tale informazione e alla distanza tra le stazioni di rilevazione, il modulo di calcolo ricava le distanze del sito di scarica dalle stazioni di rilevazione.

Tuttavia, tali sistemi presentano due inconvenienti.

Un primo inconveniente è dato dalla difficoltà nell'individuare in modo attendibile le scariche parziali da esaminare. Ovvero, il fatto che due segnali vengano rilevati da rispettivi sensori in un intervallo di tempo sufficientemente breve (compatibilmente con la velocità stimata per la propagazione degli impulsi nell'apparato e la distanza tra i sensori) non garantisce che quei segnali siano relativi a scariche parziali e in particolare alla medesima scarica parziale.

Infatti, in generale, vi sono numerosi segnali che si accoppiano ai sensori oltre ai segnali corrispondenti alle attività di scariche parziali che si vuole individuare; tali segnali indesiderati possono essere costituiti da rumore di fondo, o disturbi di altro genere o, ancora, da ulteriori attività di scariche parziali (aventi luogo in un altro sito di scarica, oppure esternamente al cavo).

Tutti questi segnali sostanzialmente si sovrappongono a quelli delle scariche parziali che si desidera rilevare e spesso (specialmente se hanno ampiezza maggiore rispetto ai segnali da rilevare) ne impediscono la individuazione.

Per ovviare a tale inconveniente, i procedimenti noti

prevedono l'impiego di sensori e sistemi di filtraggio opportunamente regolati nel tentativo di rilevare i segnali di scariche parziali senza rilevare i segnali relativi ai disturbi.

5 Tuttavia, tali sistemi non consentono di accertare che i segnali rilevati siano riconducibili alla medesima attività di scariche parziali.

Inoltre, tali procedimenti presentano di per se stessi alcune limitazioni.

10 Infatti, è impossibile predisporre sensori ottimizzati per ogni circostanza e i sistemi di filtraggio sono spesso inefficaci. Inoltre, poiché la frequenza dei segnali di scarica che si ha interesse a rilevare non è nota a priori, vi è il rischio di filtrare proprio quei  
15 segnali.

Infine, quando i segnali delle attività di scarica parziale che si vuole rilevare si sovrappongono ad altri segnali di scariche parziali che si desidera ignorare (per esempio perché esterne al cavo), vi è il rischio  
20 che tali segnali siano impossibili da trattare selettivamente mediante i sistemi di filtraggio in uso (costituiti per esempio da filtri analogici passabanda).

Un secondo inconveniente dei sistemi di localizzazione noti è relativo all'accuratezza con cui viene effettuata  
25 la localizzazione a partire dalla coppia di impulsi omologhi selezionata.

Le soluzioni note sopra citate prevedono di valutare lo sfasamento temporale tra i segnali della coppia di impulsi omologhi. Tale sfasamento temporale consente di  
30 calcolare la distanza dei sensori dal sito di scarica, sulla base di una stima della velocità di propagazione

degli impulsi e nota la distanza tra i sensori.

Tale confronto nel dominio del tempo dei segnali presuppone di individuare punti di riferimento corrispondenti nei due segnali (in quanto gli impulsi non sono ideali, ma hanno un proprio sviluppo temporale, non affatto trascurabile).

Tipicamente, come riferimento per valutare lo sfasamento temporale degli impulsi, si prende il primo picco (o il picco più alto) dell'impulso.

Tuttavia, ciò comporta errori anche gravi di valutazione, in quanto gli impulsi, durante la propagazione nell'apparato, si deformano in ragione dello spazio percorso.

Inoltre, vi è un limite alla precisione con cui è possibile apprezzare uno sfasamento temporale con gli strumenti (anche nell'ipotesi assurda in cui si disponga di punti di riferimento perfettamente corrispondenti per gli impulsi da confrontare). Per esempio, una precisione temporale di 100ns, assumendo che gli impulsi si propaghino alla velocità della luce, si traduce in una precisione di 30m.

Pertanto, alle difficoltà e alle limitazioni della tecnica nota per quanto riguarda l'accuratezza della localizzazione dei segnali rilevati si sommano quelle relative alla individuazione dei segnali effettivamente associati alle attività di scarica e in particolare a una medesima scarica parziale.

In questa luce, le tecniche note non garantiscono risultanti attendibili e spesso si rivelano inefficaci.

Scopo del presente trovato è rendere disponibile un dispositivo e un procedimento che superino gli

inconvenienti della tecnica nota sopra citati.

In particolare, è scopo del presente trovato mettere a disposizione un dispositivo e un procedimento per localizzare in modo particolarmente accurato e preciso scariche parziali aventi luogo in un sito di scarica lungo un apparato elettrico a geometria allungata e generanti corrispondenti impulsi elettrici propagantisi assialmente in versi opposti lungo l'apparato a partire dal sito di scarica.

Con l'espressione "assialmente" si intende genericamente che gli impulsi elettrici si propagano lungo l'apparato, il quale ha geometria allungata.

Pertanto, l'espressione "assialmente" non va intesa come riferita soltanto (e in qualche modo limitativa) al caso particolare il cui l'apparato abbia geometria cilindrica (come per esempio un cavo).

Ulteriore scopo della presente invenzione è proporre un dispositivo e un procedimento per localizzare scariche parziali che sia particolarmente affidabile e robusto nella determinazione di una coppia di impulsi omologhi utilizzata per la localizzazione.

Detti scopi sono pienamente raggiunti dal dispositivo oggetto del presente trovato, che si caratterizza per quanto contenuto nelle rivendicazioni sotto riportate ed in particolare per il fatto che l'unità di elaborazione comprende un modulo di derivazione, per i segnali della coppia di impulsi omologhi selezionati, di almeno un parametro di attenuazione, correlato a una grandezza variabile in funzione di una distanza percorsa dagli impulsi dal sito di scarica alla stazione di rilevazione corrispondente, detto modulo di calcolo essendo

configurato per valutare i valori del parametro di attenuazione per i segnali della coppia di impulsi omologhi selezionata.

Il procedimento secondo il presente trovato si  
5 caratterizza per il fatto che comprende le seguenti fasi:

- rilevazione di impulsi elettrici captati da un primo e da un secondo sensore, operativamente accoppiati all'apparato in una prima e una seconda stazione di  
10 rilevazione tra loro distanziate lungo l'apparato, e generazione di corrispondenti segnali elettrici rappresentativi della forma d'onda di detti impulsi;
- selezione di almeno una coppia di segnali, rilevati nel primo e nel secondo sensore, rappresentativi di una  
15 coppia di impulsi omologhi, relativi a una medesima scarica parziale e propagantisi in direzioni opposte lungo l'apparato;
- derivazione, per i segnali della coppia di impulsi omologhi selezionata, di almeno un parametro di  
20 attenuazione, correlato a una grandezza variabile in funzione di una distanza percorsa dagli impulsi dal sito di scarica alla stazione di rilevazione corrispondente;
- calcolo della distanza del sito di scarica rispetto alle stazioni di rilevazione, sulla base di una  
25 valutazione dei valori del parametro di attenuazione per i segnali di detta coppia di impulsi omologhi selezionata.

Questa ed altre caratteristiche risulteranno maggiormente evidenziate dalla descrizione seguente di  
30 una preferita forma realizzativa, illustrata a puro titolo esemplificativo e non limitativo nelle unite

tavole di disegno, in cui:

- la figura 1 illustra schematicamente il dispositivo secondo il presente trovato;
- la figura 2 illustra schematicamente il procedimento secondo il presente trovato.

Nella figura 1, si è indicato con 1 un dispositivo secondo il presente trovato.

Il dispositivo 1 è un dispositivo per localizzare scariche parziali aventi luogo in un sito 2 di scarica lungo un apparato 3 elettrico a geometria allungata e generanti corrispondenti impulsi 4 elettrici propagantisi assialmente in versi opposti lungo l'apparato 3 a partire dal sito 2 di scarica.

Il dispositivo 1 di localizzazione delle sorgenti delle scariche parziali trova applicazione per esempio sui cavi elettrici in media e alta tensione, o sugli autotrasformatori, o sui GIL.

Il dispositivo 1 comprende un primo sensore 5 accoppiabile all'apparato 3 (per esempio al cavo) in una prima stazione 6 di rilevazione.

Inoltre, il dispositivo 1 comprende un secondo sensore 7 accoppiabile all'apparato 3 in una seconda stazione 8 di rilevazione.

I sensori 5 e 7 sono configurati per rilevare segnali elettrici analogici rappresentativi della forma d'onda degli impulsi di scarica 4.

Tali sensori 5, 7 sono costituiti per esempio da sonde magnetiche, oppure da sonde induttive o capacitive, o da altri apparecchi noti.

Comunque, i sensori 5, 7, per quanto riguarda la banda di rilevazione, preferibilmente coprono un intervallo di

frequenza da circa 1MHz a circa 6GHz.

Tuttavia, si osservi che la banda di rilevazione definita dai sensori 5, 7 e dall'unità di elaborazione 9 dipende dalla tipologia dalle caratteristiche dell'apparato 3.

In particolare, nel caso in cui l'apparato 3 sia un cavo, i sensori 5, 7, per quanto riguarda la banda di rilevazione, preferibilmente definiscono una frequenza di taglio inferiore di circa 2 MHz (o inferiore) e una frequenza di taglio superiore di circa 200 MHz (o superiore).

Nel caso in cui l'apparato 3 sia un GIL, i sensori 5, 7, per quanto riguarda la banda di rilevazione, preferibilmente definiscono una frequenza di taglio inferiore di circa 300MHz (o inferiore) e una frequenza di taglio superiore di circa 5GHz (o superiore).

Preferibilmente, i sensori 5 e 7 sono di tipo direzionale, ovvero sono configurati per rilevare il verso di propagazione gli impulsi 4 lungo l'apparato 3 elettrico.

I sensori 5, 7 sono collegati a una unità 9 di elaborazione.

L'unità 9 di elaborazione è configurata per ricevere i segnali rilevati dai sensori 5, 7 e digitalizzarli.

Infatti, preferibilmente i sensori 5, 7 rilevano segnali elettrici analogici rappresentativi della forma d'onda degli impulsi 4; l'unità 9 di elaborazione è predisposta per ricevere detti segnali analogici e generare corrispondenti segnali digitali rappresentativi di detta forma d'onda degli impulsi 4 di scarica.

La prima stazione 6 di rilevazione e la seconda stazione

8 di rilevazione sono tra loro distanziate lungo l'apparato 3.

È previsto anche che il dispositivo comprenda più di due sensori dislocati lungo l'apparato 3 in corrispondenti stazioni di rilevazione.

Ciascuna coppia di sensori 5, 7 consecutivi è predisposta per rilevare impulsi di scariche parziali aventi luogo in siti 2 di scarica (ovvero difetti sedi di scariche parziali, le quali a propria volta generano impulsi di scarica che si propagano lungo l'apparato 3 in versi opposti) posizionati nel tratto di apparato 3 compreso tra i sensori stessi.

Nella figura 1, si sono indicate con  $z_1$  e  $z_2$  le distanze del sito 2 di scarica dai sensori 5 e 7, rispettivamente (ovvero dalle stazioni di rilevazione 6 e 8, rispettivamente).

In questa luce, la presenza di un numero elevato di sensori riduce la distanza tra gli eventuali siti 2 di scarica e le stazioni di rilevazione interessate alla localizzazione degli stessi (ovvero consente di ridurre mediamente i valori di  $z_1$  e  $z_2$ ).

L'unità 9 di elaborazione comprende un modulo di selezione di almeno una coppia di segnali rilevati nel primo sensore 5 e nel secondo sensore 7 e rappresentativi di una coppia di impulsi omologhi.

Per coppia di impulsi omologhi si intende una coppia di impulsi 4 relativi a (ovvero generati da) una medesima scarica parziale e propagantisi in versi opposti lungo l'apparato 3.

In questa luce, è vantaggioso che i sensori 5, 7 siano di tipo direzionale.

L'unità 9 di elaborazione comprende anche un modulo di calcolo della distanza del sito 2 di scarica dalle stazioni 6, 8 di rilevazione sulla base della coppia di impulsi omologhi selezionata (ovvero un modulo di

5 calcolo dei valori  $z_1$  e  $z_2$ ).

Secondo l'invenzione, l'unità 9 di elaborazione comprende anche un modulo di derivazione, un modulo di separazione, un modulo di identificazione e un modulo di correlazione.

10 Il modulo di derivazione è configurato per derivare, dai segnali rilevati in particolare da detti segnali digitali (rappresentativi della forma d'onda degli impulsi 4):

- almeno un parametro di forma, correlato alla forma

15 d'onda del segnale (ovvero alla forma d'onda dell'impulso 4 corrispondente);

- un parametro di ampiezza, correlato all'ampiezza dell'impulso 4 (per esempio il valore del picco del segnale, oppure il valore efficace del segnale,

20 correlato al contenuto energetico dell'impulso 4);

- un parametro di fase, rappresentativo della fase della tensione applicata all'apparato 3 elettrico all'istante della rilevazione del segnale (si parte dal presupposto che l'apparato 3 sia sottoposto a tensione alternata).

25 Il modulo di separazione è configurato per separare gli insiemi di segnali rilevati in ciascuna di dette stazioni di rilevazione in relativi sottoinsiemi, in modo che i segnali digitali di ciascun sottoinsieme abbiano valori simili del parametro di forma.

30 Il modulo di identificazione è configurato per identificare i sottoinsiemi separati di segnali relativi

a scariche parziali. In particolare, il modulo di identificazione è configurato per effettuare un'elaborazione statistica dei valori dei parametri di ampiezza e di fase per i segnali di ciascun sottoinsieme valutato singolarmente, per una sua catalogazione.

Il modulo di correlazione è configurato per correlare i sottoinsiemi di segnali rilevati nella prima stazione 6 e nella seconda stazione 8 di rilevazione catalogati in modo simile, nell'ambito dei sottoinsiemi identificati come relativi a fenomeni di scariche parziali; pertanto, il modulo di correlazione è configurato per derivare una coppia di sottoinsiemi di segnali relativi a impulsi generati nel medesimo sito 2 di scarica.

Secondo l'invenzione, il modulo di selezione della coppia di segnali relativi alla coppia di impulsi omologhi è configurato per effettuare la selezione nell'ambito dei segnali di detta coppia di sottoinsiemi correlati.

Il modulo di selezione della coppia di impulsi omologhi comprende mezzi di sincronizzazione dei segnali rilevati nel primo sensore 5 e quelli rilevati nel secondo sensore 7 (tali mezzi di sincronizzazione sono costituiti per esempio da un sistema GPS o da altri riferimenti temporali assoluti di per se stessi noti).

Pertanto, il modulo di selezione è configurato per selezionare almeno una coppia di segnali rilevati nei rispettivi sensori (cioè un primo segnale della coppia di segnali rilevato nel primo sensore 5 e un secondo segnale della coppia rilevato nel secondo sensore 7) in un medesimo intervallo di tempo inferiore a un valore prefissato.

Infatti, essendo nota la distanza tra le stazioni di rilevazione 6, 8 ed essendo stimabile (anche approssimativamente) la velocità di propagazione degli impulsi 4 lungo l'apparato 3, è noto (o quantomeno stimabile approssimativamente) il tempo  $T$  di transito, ovvero la quantità di tempo che impiegherebbe un impulso 4 per propagarsi lungo l'apparato 3 dalla prima stazione 6 di rilevazione alla seconda stazione 8 di rilevazione, o viceversa.

Pertanto, il modulo di selezione, per un segnale appartenente a un sottogruppo (di segnali rilevati nel primo sensore 5) identificato come relativo ad un'attività di scariche parziali (originate nel sito 2 di scarica) e rilevato ad un istante  $t_1$ , verifica se, tra i segnali del sottogruppo ad esso correlato (ovvero il sottogruppo di segnali rilevati nell'altro sensore 7 e relativo ad un'attività di scarica catalogata in modo simile), esiste un segnale rilevato ad un istante  $t_2$  che si colloca in un intervallo di tempo prefissato comprendente  $t_1$ .

Preferibilmente, si valuta un intervallo temporale di riferimento centrato in  $t_1$  e avente durata pari al doppio di  $T$ . Operativamente, si prende preferibilmente come intervallo temporale di riferimento l'intervallo che ha come istante iniziale l'istante  $t_1 - T$  e come istante finale l'istante  $t_1 + T$ . Se detto sottogruppo correlato (ovvero il sottogruppo di segnali rilevati nell'altro sensore 7 e relativo ad un'attività di scarica catalogata in modo simile) comprende un istante  $t_2$  compreso in tale intervallo temporale di riferimento, i segnali rilevati agli istanti  $t_1$  e  $t_2$  vengono selezionati

come relativi a una coppia di impulsi 4 omologhi.

Si osservi che, preferibilmente, gli istanti di rilevazione degli impulsi vengono valutati a partire da un istante di riferimento, costituito preferibilmente da un istante di inizio della misurazione.

Pertanto, agli istanti  $t_1$  e  $t_2$  di cui sopra corrispondono gli intervalli temporali che intercorrono tra l'istante di riferimento e l'istante di rilevazione corrispondente.

Preferibilmente, il modulo di derivazione è configurato per derivare un primo parametro di forma, correlato al contenuto in frequenza del segnale, e un secondo parametro di forma, correlato alla durata temporale del segnale.

Preferibilmente, il modulo di separazione è configurato per accorpare in un medesimo sottoinsieme segnali posizionati in una medesima regione di un piano di riferimento avente per coordinate detti primo e secondo parametro di forma.

Il modulo di separazione ha la funzione di accorpare i segnali in sottoinsiemi omogenei rispetto alla forma d'onda degli impulsi 4. Poiché la forma d'onda di un impulso 4 è correlata alla funzione di trasferimento vista dall'impulso 4 nel suo percorso dalla sorgente che l'ha generato al sensore, i segnali accorpati in uno stesso sottoinsieme sono riconducibili alla medesima sorgente.

Ciò consente di separare i segnali relativi a un'attività di scariche parziali dai segnali relativi a rumore o a un'attività di scariche parziali diversa (cioè avente luogo in un sito di scarica diverso).

Tuttavia, si osservi che ha senso confrontare la forma degli impulsi acquisiti nel medesimo sensore, ma non sarebbe significativo confrontare la forma dei segnali rilevati in sensori diversi.

5 In questo contesto si spiega la funzione del modulo di identificazione.

Il modulo di identificazione ha la funzione di attribuire i segnali di ciascun sottogruppo (separato) a una particolare tipologia di sorgente, per cui consente  
10 di effettuare una catalogazione dei sottogruppi.

Preferibilmente, il modulo di identificazione di un sottoinsieme prevede l'impiego di un motore di inferenza fuzzy operante in funzione dei valori dei parametri di fase e di ampiezza per i segnali di quel sottoinsieme.

15 Infatti, i segnali di un medesimo sottogruppo, rappresentati in un piano avente per coordinate i parametri di fase e di ampiezza, si dispongono secondo un tracciato correlato alla natura della sorgente che ha generato gli impulsi relativi a quei segnali.

20 Pertanto, per effettuare l'identificazione è necessario elaborare (statisticamente) i segnali di un sottogruppo. Preferibilmente, il modulo di identificazione è configurato per effettuare la catalogazione dei sottogruppi in funzione della conformazione di tale  
25 tracciato (definito dai segnali del sottoinsieme esaminato riportati come punti in un piano di riferimento avente per coordinate i parametri di fase e di ampiezza).

Tuttavia, si osservi che se si procedesse ad  
30 identificare un gruppo di segnali senza avere prima effettuato la separazione dei segnali in gruppi

omogenei, si correrebbe il rischio di analizzare un tracciato in cui sono presenti segnali relativi a sorgenti diverse (relativi anche a rumore, per esempio); ciò comprometterebbe qualunque valutazione statistica e  
5 quindi l'esito dell'identificazione risulterebbe non attendibile.

Pertanto, il dispositivo 1 consente, vantaggiosamente, di individuare con particolare attendibilità i segnali relativi a coppie di impulsi omologhi.

10 Vantaggiosamente, il dispositivo 1 non richiede che la distanza tra i sensori e la velocità di propagazione degli impulsi nell'apparato 3 siano note con particolare precisione.

Vantaggiosamente, non è nemmeno necessaria particolare  
15 precisione nella valutazione dello sfasamento temporale tra gli istanti di rilevazione dei segnali rilevati in sensori diversi, mediante i mezzi 10 di sincronizzazione.

Infatti, il modulo di selezione (che verifica che gli  
20 impulsi 4 della coppia selezionata siano stati rilevati in un intervallo di tempo inferiore a un valore prefissato, per esempio il valore T) opera su sottoinsiemi di segnali (ricevuti dai moduli di separazione e identificazione) in cui sono presenti solo  
25 segnali corrispondenti a impulsi 4 relativi a scariche parziali avvenute nella medesima sorgente.

Si osservi che l'analisi del segno dei segnali (ovvero il fatto che i sensori 5, 7 siano direzionali) consente di assicurarsi che le coppie di segnali selezionate  
30 siano relative a impulsi generati in un sito 2 di scarica interposto tra i sensori 5, 7 e non esterno

rispetto ad essi.

Secondo un altro aspetto della presente invenzione, il modulo di derivazione è configurato per derivare (almeno per i segnali digitali della coppia di impulsi omologhi selezionati) almeno un parametro di attenuazione, correlato a una grandezza variabile in funzione di una distanza percorsa dagli impulsi dal sito 2 di scarica alla stazione di rilevazione corrispondente.

Preferibilmente, il parametro di attenuazione è costituito dal parametro di ampiezza; ciò consente, vantaggiosamente, di evitare ulteriori elaborazioni al modulo di derivazione.

Tuttavia, il parametro di attenuazione può essere costituito anche da altre grandezze, per esempio una grandezza legata al contenuto in frequenza del segnale.

Secondo l'invenzione, il modulo di calcolo è configurato per valutare i valori del parametro di attenuazione per i segnali della coppia di impulsi omologhi selezionata; in particolare, il modulo di calcolo è configurato per operare un confronto tra i valori del parametro di attenuazione rilevati dei sensori 5 e 7.

Nel seguito si descrive un esempio di un algoritmo di calcolo delle distanze  $z_1$  e  $z_2$  (delle stazioni di rilevazione 6 e 8 dal sito 2 di scarica) basato sulla valutazione del parametro di attenuazione (che, in tale esempio, è costituito dall'ampiezza dei segnali).

Utilizzando come parametro di attenuazione l'ampiezza dei segnali, si rilevano per esempio due valori  $V_1$  e  $V_2$  per l'ampiezza dei segnali della coppia di impulsi omologhi selezionata, rilevati nel primo sensore 5 e nel secondo sensore 7, rispettivamente.

I valori  $z_1$  e  $z_2$  delle distanze desiderate vengono calcolate risolvendo l'equazione (1) riportata nel seguito.

$$V_1 = V_2 \cdot \exp(\alpha \cdot z_2 - \alpha \cdot z_1) \quad (1)$$

5 Nell'equazione (1), si è indicato con  $\alpha$  una costante di attenuazione.

La costante  $\alpha$  è derivabile (per esempio mediante apposite tabelle) in funzione della tipologia di materiale costituente l'apparato 3 elettrico (in  
10 particolare l'isolante dell'apparato 3).

L'equazione (1) esprime l'attenuazione degli impulsi 4 corrispondenti a una medesima scarica parziale e propagati dal sito 2 di scarica in cui hanno avuto origine alle stazioni 6, 8 di rilevazione in cui sono  
15 rilevati.

Si osservi che la quantità  $z_1 + z_2$  è nota, in quanto costituisce la distanza tra i sensori 5, 7 (ovvero tra le stazioni di rilevazione 6, 8) valutata lungo il cavo. Ciò consente di risolvere l'equazione (1) rispetto a  $z_1$  e  
20  $z_2$ .

Il valore della costante  $\alpha$  dipende anche dalla frequenza del segnale.

In questa luce, preferibilmente il modulo di calcolo è configurato per derivare, dai segnali della coppia di  
25 impulsi omologhi selezionata, corrispondenti segnali trasformati mediante trasformata di Fourier, e valutare i valori del parametro di attenuazione su detti segnali trasformati, per una pluralità di valori di frequenza. Nell'esempio descritto sopra, il modulo di calcolo viene  
30 implementato secondo l'equazione (2) riportata sotto.

$$V_1(\omega) = V_2(\omega) \cdot \exp(\alpha(\omega) \cdot z_2 - \alpha(\omega) \cdot z_1) \quad (2)$$

Ciò consente, vantaggiosamente, di effettuare una misura delle distanze del sito 2 di scarica dalle stazioni 6 e 8 di rilevazione particolarmente accurata, grazie al fatto che si effettua una valutazione nel dominio della

5

frequenza, ottenendo una pluralità di valori di tali distanze, che successivamente vengono mediati.

Tale media dei valori ottenuti per diversi termini dei segnali trasformati ha anche il vantaggio di essere effettuata a partire dalla medesima coppia di impulsi

10

selezionata.

Il fatto di effettuare la valutazione dell'attenuazione dei segnali nel dominio della frequenza è particolarmente vantaggioso se i sensori 5, 7 utilizzati e l'unità 9 di elaborazione definiscono una banda di rilevazione larga (come avviene preferibilmente secondo il presente trovato).

15

Invero, è previsto che il modulo di selezione sia configurato per selezionare una pluralità di coppie di segnali relativi a corrispondenti coppie di impulsi 4 appartenenti alla medesima coppia di sottoinsiemi di segnali selezionata.

20

Ciò consente, vantaggiosamente, di calcolare una pluralità di corrispondenti valori  $z_1$  e  $z_2$  corrispondenti alle diverse coppie di segnali, per poi effettuarne una elaborazione statistica (per esempio calcolare un valore medio e un intervallo di confidenza).

25

Pertanto, il dispositivo 1 consente di effettuare due ordini di mediazioni statistiche dei valori ( $z_1$  e  $z_2$ ) da rilevare; ciò rende possibile una particolare affidabilità e accuratezza nei risultati della

30

localizzazione e consente di anche attribuire (in modo particolarmente preciso e attendibile) un intervallo di confidenza su tali valori calcolati.

Il presente trovato mette a disposizione anche un  
5 procedimento per localizzare scariche parziali aventi luogo nel sito 2 di scarica lungo l'apparato 3 elettrico.

Tale procedimento comprende le seguenti fasi:

- 10 - rilevazione 11 di impulsi 4 elettrici captati dal primo sensore 5 e dal secondo sensore 7, operativamente accoppiati all'apparato 3 nella prima stazione 6 di rilevazione e nella seconda stazione 8 di rilevazione (rispettivamente), tra loro distanziate lungo l'apparato 3, e generazione di corrispondenti segnali  
15 rappresentativi della forma d'onda degli impulsi 4;
- selezione 12 di almeno una coppia di segnali, rilevati nel primo e nel secondo sensore, rappresentativi di una coppia di impulsi omologhi (ossia relativi a una medesima scarica parziale e propagantisi in direzioni  
20 opposte lungo l'apparato 3), rilevati nel primo sensore 5 e nel secondo sensore 7, rispettivamente, in un medesimo intervallo di tempo inferiore a un valore prefissato;
- calcolo 13 della distanza del sito 2 di scarica  
25 rispetto alle stazioni 6 e 8 di rilevazione, sulla base della coppia di segnali selezionata.

Secondo l'invenzione, il procedimento prevede, successivamente alla rilevazione 11, le seguenti fasi:

- 30 - attribuzione 14 ai segnali rilevati dei valori di un parametro di fase, rappresentativo della fase della tensione applicata all'apparato elettrico all'istante

della rilevazione del segnale;

- derivazione 15, per i segnali rilevati, di almeno un parametro di forma correlato alla forma d'onda dell'impulso 4 corrispondente a quel segnale;

5 - derivazione 16, per i segnali rilevati, di un parametro di ampiezza, correlato all'ampiezza dei segnali;

- separazione 17 degli insiemi dei segnali rilevati in ciascuna stazione di rilevazione in relativi sottoinsiemi, in modo che i segnali di ciascun sottoinsieme abbiano valori simili del parametro di forma (preferibilmente secondo quanto descritto sopra a proposito del dispositivo 1);

15 - identificazione 18 dei sottoinsiemi dei segnali relativi a scariche parziali e catalogazione degli stessi, in funzione di valutazioni statistiche basate sui valori dei parametri di ampiezza e di fase per i segnali di ciascun sottoinsieme valutato singolarmente (preferibilmente secondo quanto descritto sopra a proposito del dispositivo 1);

20 - correlazione 19 dei sottoinsiemi di segnali rilevati nella prima stazione 6 di rilevazione e nella seconda stazione 8 di rilevazione catalogati in modo simile, nell'ambito dei sottoinsiemi identificati come relativi a fenomeni di scariche parziali, per derivare una coppia di sottoinsiemi di segnali relativi a impulsi generati nel medesimo sito 2 di scarica.

25 In questa luce, la selezione della coppia di impulsi omologhi avviene nell'ambito dei segnali appartenenti a detta coppia di sottoinsiemi correlati.

30 In tal modo, il procedimento di localizzazione secondo

il presente trovato è particolarmente affidabile, in quanto consente una selezione particolarmente sicura e attendibile dei segnali relativi alle coppie di impulsi omologhi.

- 5 Inoltre, tale procedimento è particolarmente robusto, in quanto non richiede particolare accuratezza nella valutazione dello sfasamento temporale tra gli istanti di rilevazione degli impulsi (tale valutazione essendo particolarmente critica e poco precisa).
- 10 Preferibilmente, preliminarmente alla fase di selezione (e in particolare durante la fase di rilevazione) è prevista una sincronizzazione tra i segnali rilevati nel primo sensore 5 e quelli rilevati nel secondo sensore 7, mediante un riferimento temporale assoluto (secondo
- 15 quanto descritto sopra a proposito del dispositivo 1). Preferibilmente, la fase 14 di attribuzione prevede di derivare, per ciascuno dei segnali (digitali) rilevati, un primo parametro di forma, correlato al contenuto in frequenza del segnale, e un secondo parametro di forma,
- 20 correlato alla durata temporale del segnale. In questa luce, la fase 17 di separazione prevede di accorpere in un medesimo sottoinsieme segnali posizionati in una medesima regione di un piano di riferimento avente per coordinate detti primo e secondo
- 25 parametro di forma. Preferibilmente, la fase 18 di identificazione di un sottoinsieme prevede l'impiego di un motore di inferenza fuzzy operante in funzione dei valori dei parametri di fase e di ampiezza per i segnali di quel sottoinsieme.
- 30 Preferibilmente, nella fase 18 di identificazione, la catalogazione è effettuata in funzione di una

conformazione del tracciato definito dai segnali di quel sottoinsieme riportati come punti in un piano di riferimento avente per coordinate i parametri di fase e di ampiezza.

5 Si osservi che la fase di separazione 17 deve essere precedente a quella di identificazione 18. La fase di derivazione 15 del parametro di forma deve essere precedente alla fase di separazione 17.

10 Le fasi di attribuzione 14 del parametro di fase e di derivazione 16 del parametro di ampiezza devono essere precedenti alla fase di identificazione 18.

Al contrario, le fasi di attribuzione 14 e derivazione 16 è previsto che siano successive alla fase di separazione 17. Ciò comporta il vantaggio di evitare  
15 l'attribuzione 14 del parametro di fase e la derivazione 16 del parametro di ampiezza per i segnali di eventuali sottogruppi filtrati (e quindi successivamente ignorati) sulla base del parametro di forma (per esempio perché il parametro di forma assume valori tipici di un disturbo).

20 Secondo un altro aspetto della presente invenzione, il procedimento prevede una fase di derivazione, almeno per i segnali della coppia di impulsi omologhi selezionata, di almeno un parametro di attenuazione, correlato a una grandezza variabile in funzione di una distanza percorsa  
25 dagli impulsi 4 dal sito 2 di scarica alla stazione di rilevazione corrispondente.

Preferibilmente, tale parametro di attenuazione è costituito dal parametro di ampiezza.

30 In questo caso, se si effettua la fase 16 di derivazione del parametro di ampiezza per tutti i segnali rilevati, non è necessario effettuare una ulteriore derivazione

del parametro di attenuazione.

Diversamente, se tale fase 16 di derivazione del parametro di ampiezza non venisse effettuata, si  
precederebbe ad una fase di derivazione del parametro di  
5 attenuazione. In tal caso, tale fase di derivazione del parametro di attenuazione verrebbe preferibilmente  
effettuata successivamente alla fase 12 di selezione,  
per risparmiare tempo e risorse.

Infatti, la derivazione del parametro di attenuazione è  
10 importante solo per i segnali selezionati.

Infatti, sempre secondo l'invenzione, il calcolo della  
distanza del sito 2 di scarica rispetto alle stazioni 6  
e 8 di rilevazione prevede una valutazione (ovvero un  
confronto) dei valori del parametro di attenuazione per  
15 i segnali selezionati di detta coppia di impulsi  
omologhi.

Secondo l'esempio descritto sopra, la fase di calcolo  
prevede l'utilizzo di un algoritmo basato sull'equazione  
(1).

20 Preferibilmente, dei segnali (digitali) della coppia di  
impulsi omologhi selezionata viene effettuata una  
valutazione nel dominio della frequenza.

In particolare, dai segnali (digitali) della coppia di  
impulsi omologhi selezionata vengono derivati  
25 corrispondenti segnali trasformati mediante trasformata  
di Fourier.

In questa luce, il calcolo 13 della distanza del sito 2  
di scarica rispetto alle stazioni di rilevazione viene  
effettuato sui segnali trasformati per una pluralità di  
30 valori di frequenza (utilizzando per esempio l'equazione  
(2) riportata sopra).

Pertanto, per una medesima coppia di segnali selezionata (relativa a una corrispondente coppia di impulsi 4 omologhi) la fase di calcolo 13 viene preferibilmente ripetuta un numero prefissato di volte (per ciascuno di  
5 detti valori di frequenza).

In tal caso, il procedimento comprende una fase 20 di mediazione (per mediazione si intende genericamente una elaborazione statistica volta a ricavare un valore mediato da una pluralità di valori) della pluralità di  
10 valori di distanze (del sito 2 di scarica dalle stazioni 6 e 8 di rilevazione) ottenute ripetendo il calcolo 13 per diversi valori di frequenza.

Tale mediazione 20 prevede che la pluralità di valori calcolati sia sottoposta ad un'elaborazione statistica.

15 Preferibilmente, la pluralità di valori di frequenza per i quali viene ripetuto il calcolo 13 sono selezionati nell'intervallo compreso da circa 1 MHz e circa 100 MHz.

Preferibilmente, il procedimento prevede di ripetere la fase 12 di selezione un numero prefissato di volte, per  
20 selezionare segnali rappresentativi di una pluralità di coppie di impulsi omologhi e calcolare una corrispondente pluralità di valori delle distanze del sito 2 di scarica rispetto alle stazioni 6 e 8 di rilevazione.

25 Si osservi che la selezione 12 di coppie di segnali relative a coppie di impulsi omologhi diverse viene ripetuta nell'ambito della medesima coppia di sottoinsiemi correlati (contenuti dati acquisiti in una medesima attività di scarica).

30 In questa luce, è prevista una ulteriore fase 21 di mediazione dei valori di distanze calcolati per le

diverse coppie di segnali selezionate; tale mediazione prevede una elaborazione statistica di detti valori.

Preferibilmente, ciascuno dei valori di distanze rilevati per le diverse coppie selezionate (sottoposti a detta ulteriore fase 21 di mediazione) a propria volta è il risultato della mediazione 20 di detta pluralità di valori di distanze calcolate per corrispondenti pluralità di valori di frequenze (secondo quanto descritto sopra).

Ciò comporta, vantaggiosamente, una robustezza e un'accuratezza particolarmente elevata nella localizzazione (intesa come calcolo dei valori di distanza del sito 2 di scarica rispetto alle stazioni di rilevazione e preferibilmente anche individuazione di un intervallo di confidenza su detti valori).

Il calcolo delle distanze  $z_1$  e  $z_2$  del sito 2 di scarica dalle stazioni 6, 8 di rilevazione consente quindi la localizzazione 22 del sito 2 di scarica stesso.

Pertanto, il presente trovato consente i seguenti vantaggi.

Il dispositivo 1 e il procedimento per localizzare il sito 2 di scarica nell'apparato 3 sono particolarmente affidabili, in quanto consentono di selezionare segnali relativi a coppie di impulsi omologhi in modo particolarmente affidabile e sicuro.

Infatti, la selezione avviene nell'ambito di segnali relativi soltanto a impulsi corrispondenti all'attività di scarica di interesse; pertanto, si evita il rischio di confrontare segnali tra loro non omogenei, ovvero si riduce drasticamente il rischio di errore nella selezione delle coppie di impulsi omologhi.

Inoltre, la selezione dei segnali relativi alle coppie di impulsi omologhi proposta nel presente trovato è particolarmente robusta rispetto all'incertezza nella determinazione dello sfasamento temporale tra gli istanti di rilevazione delle coppie di impulsi, ciò consentendo anche una semplificazione dei mezzi di sincronizzazione.

Un altro vantaggio del presente trovato è quello di suggerire un sistema particolarmente efficiente per il calcolo delle distanze del sito 2 di scarica rispetto alle stazioni di rilevazione, basato sulla valutazione (in particolare sul confronto) dell'attenuazione dei segnali selezionati.

In tal modo, la localizzazione è particolarmente accurata e robusta, in quanto si evitano possibili errori e imprecisioni nella determinazione dello sfasamento temporale tra i segnali.

Inoltre, l'invenzione consente, vantaggiosamente, di effettuare una valutazione statistica su una pluralità di valori calcolati ed eventualmente addirittura una seconda valutazione statistica in cascata, ciò consentendo un calcolo particolarmente accurato e l'individuazione particolarmente robusta di un intervallo di confidenza sul valore calcolato.

IL MANDATARIO

Ing. Marco Conti  
(Albo iscr. n. 1280 BM)

### RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per localizzare scariche parziali aventi luogo in un sito (2) di scarica lungo un apparato (3) elettrico a geometria allungata e generanti  
5 corrispondenti impulsi (4) elettrici propagantisi in versi opposti lungo l'apparato (3) a partire dal sito (2) di scarica,

**caratterizzato dal fatto che** comprende le seguenti fasi:

- 10 - rilevazione (11) degli impulsi (4) elettrici captati da un primo e da un secondo sensore (5, 7), operativamente accoppiati all'apparato (3) in una prima e una seconda stazione (6, 8) di rilevazione tra loro distanziate lungo l'apparato (3), e generazione di corrispondenti segnali elettrici rappresentativi della  
15 forma d'onda di detti impulsi (4);
- selezione (12) di almeno una coppia di segnali, rilevati nel primo e nel secondo sensore (5, 7), rappresentativi di una coppia di impulsi (4) omologhi, relativi a una medesima scarica parziale e propagantisi  
20 in direzioni opposte lungo l'apparato;
- derivazione, per i segnali della coppia di impulsi (4) omologhi selezionata, di almeno un parametro di attenuazione, correlato a una grandezza variabile in funzione di una distanza percorsa dagli impulsi (4) dal  
25 sito (2) di scarica alla stazione di rilevazione corrispondente;
- calcolo (13) della distanza, valutata lungo l'apparato (3), del sito (2) di scarica rispetto alle stazioni (6, 8) di rilevazione, sulla base di una valutazione dei  
30 valori del parametro di attenuazione per i segnali di detta coppia di impulsi (4) omologhi selezionata.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui le fasi di selezione (11), derivazione e calcolo (13) vengono ripetute un numero prefissato di volte, per selezionare segnali rappresentativi di una pluralità di coppie di impulsi (4) omologhi e calcolare una corrispondente pluralità di valori della distanza del sito (2) di scarica rispetto alle stazioni (6, 8) di rilevazione, e in cui è compresa una fase di elaborazione statistica dei valori calcolati.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o la 2, in cui, per i segnali della coppia di impulsi (4) omologhi selezionata, viene derivata l'ampiezza del segnale rilevato dal corrispondente sensore, detta ampiezza costituendo detto almeno un parametro di attenuazione.

4. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui dai segnali della coppia di impulsi (4) omologhi selezionata vengono derivati corrispondenti segnali trasformati mediante trasformata di Fourier, il calcolo della distanza del sito (2) di scarica rispetto alle stazioni (6, 8) di rilevazione essendo effettuato sui segnali trasformati per una pluralità di valori di frequenza, la corrispondente pluralità di valori di distanza calcolati essendo successivamente sottoposta ad un'elaborazione statistica.

5. Procedimento secondo la rivendicazione 4, in cui la valutazione dei valori del parametro di attenuazione per detti segnali trasformati viene effettuata nell'intervallo di frequenza compreso tra circa 1 MHz e circa 100 MHz.

6. Procedimento secondo una qualunque delle

rivendicazioni precedenti, comprendente, preliminarmente alla fase di selezione (12), una sincronizzazione tra i segnali rilevati nel primo sensore (5) e quelli rilevati nel secondo sensore (7), la selezione di detta almeno  
5 coppia di segnali relativa a impulsi (4) omologhi prevedendo una verifica che i segnali selezionati siano stati rilevati nei rispettivi sensori (5, 7) in un medesimo intervallo di tempo inferiore a un valore prefissato.

- 10 7. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, comprendente, preliminarmente alla fase di selezione (12), le seguenti fasi:
- attribuzione (14) a ciascun segnale rilevato di un valore di un parametro di fase rappresentativo della  
15 fase della tensione applicata all'apparato (3) all'istante della rilevazione del segnale;
  - derivazione (15), per ciascuno di detti segnali, di almeno un parametro di forma correlato alla forma d'onda dell'impulso (4) corrispondente;
  - 20 - derivazione (16), per ciascuno di detti segnali, di almeno un parametro di ampiezza correlato all'ampiezza dell'impulso (4) corrispondente;
  - separazione (17) degli insiemi di segnali rilevati in ciascuna di dette stazioni di rilevazione in relativi  
25 sottoinsiemi, in modo che i segnali di ciascun sottoinsieme abbiano valori simili del parametro di forma;
  - identificazione (18) dei sottoinsiemi di segnali relativi a scariche parziali e catalogazione degli  
30 stessi, in funzione di valutazioni statistiche basate sui valori dei parametri di ampiezza e di fase per i

segnali di ciascun sottoinsieme valutato singolarmente;

- correlazione (19) dei sottoinsiemi di segnali rilevati nella prima e nella seconda stazione (6, 8) di rilevazione catalogati in modo simile, nell'ambito dei sottoinsiemi identificati come relativi a fenomeni di scariche parziali, per derivare una coppia di sottoinsiemi di segnali relativi a impulsi (4) generati nel medesimo sito (2) di scarica,

la selezione (12) di detta almeno una coppia di segnali relativi a impulsi (4) omologhi avvenendo nell'ambito dei segnali appartenenti a detta coppia di sottoinsiemi correlati.

8. Dispositivo (1) per localizzare scariche parziali aventi luogo in un sito (2) di scarica lungo un apparato (3) elettrico a geometria allungata e generanti corrispondenti impulsi (4) elettrici propagantisi in versi opposti lungo l'apparato (3) a partire dal sito (2) di scarica, comprendente:

- un primo e un secondo sensore (5, 7) operativamente accoppiati all'apparato (3) in una prima e una seconda stazione (6, 8) di rilevazione, rispettivamente, tra loro distanziate lungo l'apparato (3), per rilevare gli impulsi (4) e generare segnali elettrici rappresentativi della forma d'onda di detti impulsi (4);

- un'unità (9) di elaborazione collegata ai sensori (5, 7) per ricevere detti segnali e avente un modulo di selezione di almeno una coppia di segnali, rilevati nel primo e nel secondo sensore (5, 7) e rappresentativi di una coppia di impulsi (4) omologhi, relativi a una medesima scarica parziale e propagati in versi opposti nell'apparato (3), e un modulo di calcolo della distanza

del sito (2) di scarica dalle stazioni (6, 8) di rilevazione valutata lungo l'apparato (3) sulla base della coppia di impulsi (4) omologhi selezionata,

**caratterizzato dal fatto che** l'unità (9) di elaborazione comprende un modulo di derivazione, per i segnali della coppia di impulsi (4) omologhi selezionati, di almeno un parametro di attenuazione, correlato a una grandezza variabile in funzione di una distanza percorsa dagli impulsi (4) dal sito (2) di scarica alla stazione di rilevazione corrispondente, detto modulo di calcolo essendo configurato per valutare i valori del parametro di attenuazione per i segnali della coppia (4) di impulsi omologhi selezionata.

**9.** Dispositivo secondo la rivendicazione 8, in cui il modulo di selezione della coppia di impulsi (4) omologhi comprende mezzi (10) per sincronizzare i segnali rilevati nel primo sensore (5) e quelli rilevati nel secondo sensore (7), il modulo di selezione essendo configurato per selezionare almeno una coppia di segnali rilevati nei rispettivi sensori in un medesimo intervallo di tempo inferiore a un valore prefissato.

**10.** Dispositivo secondo la rivendicazione 8 o la 9, in cui il modulo di calcolo è configurato per derivare, dai segnali della coppia di impulsi (4) omologhi selezionata, corrispondenti segnali trasformati mediante trasformata di Fourier e valutare i valori del parametro di attenuazione su detti segnali trasformati, per una pluralità di valori di frequenza.

Bologna, 27 marzo 2009

IL MANDATARIO

Ing. Marco Conti  
(Albo iscr. n. 1280 BM)



### CLAIMS

1. A process for the localization of partial discharges occurring at a discharge site (2) along an electric apparatus (3) with an elongated geometry and generating  
5 corresponding electric pulses (4) propagating in opposite directions along the apparatus (3) from the discharge site (2),

the process being characterised in that it comprises the following steps:

10 - detecting (11) electric pulses (4) picked up by a first and a second sensor (5, 7), operatively connected to the apparatus (3) in a first and a second detecting station (6, 8) which are spaced out along the apparatus (3), and generating corresponding electric signals  
15 representative of the waveform of the pulses (4);

- selecting (12) at least one pair of signals, detected in the first sensor and the second sensor (5, 7), representative of a pair of homologous pulses (4), relating to the same partial discharge and propagating  
20 in opposite directions along the apparatus (3);

- deriving, for the signals of the selected pair of homologous pulses (4), at least one attenuation parameter, correlated to a quantity that is variable depending on a distance travelled by the pulses (4) from  
25 the discharge site (2) to the corresponding detecting station;

- calculating (13) the distance, assessed along the apparatus (3), between the discharge site (2) and the detecting stations (6, 8), based on an assessment of the  
30 values of the attenuation parameter for the signals of the selected pair of homologous pulses (4).



2. The process according to claim 1, wherein the selecting step (11), deriving step and calculating step (13) are repeated a predetermined number of times, for selecting signals representative of a plurality of pairs of homologous pulses (4) and calculating a corresponding plurality of values of the distance between the discharge site (2) and the detecting stations (6, 8), and wherein it comprises a step of statistical processing for the values calculated.

3. The process according to claim 1 or 2, wherein, for the signals of the selected pair of homologous pulses (4), the amplitude of the signal detected by the corresponding sensor is derived, that amplitude constituting the at least one attenuation parameter.

4. The process according to any of the foregoing claims, wherein from the signals of the selected pair of homologous pulses (4) corresponding signals transformed using Fourier transform are derived, the calculation of the distance between the discharge site (2) and the detecting stations (6, 8) being carried out on the transformed signals for a plurality of frequency values, the corresponding plurality of distance values calculated then being subjected to statistical processing.

5. The process according to claim 4, wherein the assessment of the values of the attenuation parameter for the transformed signals is carried out in the range of frequencies between around 1 MHz and around 100 MHz.

6. The process according to any of the foregoing claims, comprising, before the selecting step (12), a synchronisation of the signals detected in the first

sensor (5) and those detected in the second sensor (7), the selection of the at least one pair of signals relating to homologous pulses (4) involving a check to see whether the selected signals were detected in the  
5 respective sensors (5, 7) in the same time interval which is less than a predetermined value.

7. The process according to any of the foregoing claims, comprising, before the selecting step (12), the following steps:

- 10 - assigning (14) each signal detected a phase parameter value representative of the phase of the voltage applied to the apparatus (3) at the moment when the signal was detected;
- deriving (15), for each of the signals, at least one  
15 shape parameter correlated to the waveform of the corresponding pulse (4);
- deriving (16), for each of the signals, at least one amplitude parameter correlated to the amplitude of the corresponding pulse (4);
- 20 - separating (17) sets of signals detected in each of the detecting stations into respective subsets, so that the signals of each subset have similar shape parameter values;
- identifying (18) subsets of signals relating to  
25 partial discharges and proceeding with their classification, according to statistical assessments based on the values of the amplitude and phase parameters for the signals of each subset assessed individually;
- 30 - correlating (19) subsets of signals detected in the first and second detecting stations (6, 8) and similarly

classified, within the subsets identified as relating to partial discharges, for deriving a pair of subsets of signals relating to pulses (4) generated at the same discharge site (2),

5 selecting (12) said at least one pair of signals relating to homologous pulses (4) within the signals belonging to the pair of correlated subsets.

8. A device (1) for the localization of partial discharges occurring at a discharge site (2) along an electric apparatus (3) with an elongated geometry and generating corresponding electric pulses (4) propagating in opposite directions along the apparatus (3) from the discharge site (2), the device comprising:

10 - a first and a second sensor (5, 7), operatively connected to the apparatus (3) in a first and a second detecting station (6, 8) which are spaced out along the apparatus (3), for detecting pulses (4) and generating electric signals representative of the waveform of the pulses (4);

20 - a processing unit (9) connected to the sensors (5, 7) for receiving the signals and having a module for selecting at least one pair of signals, detected in the first and second sensors (5, 7) and representative of a pair of homologous pulses (4), relating to the same partial discharge and propagating in opposite directions in the apparatus (3), and a module for calculating the distance between the discharge site (2) and the detecting stations (6, 8) assessed along the apparatus (3) based on the selected pair of homologous pulses (4),

25

30 the device being characterised in that the processing unit (9) comprises a module for deriving, for the

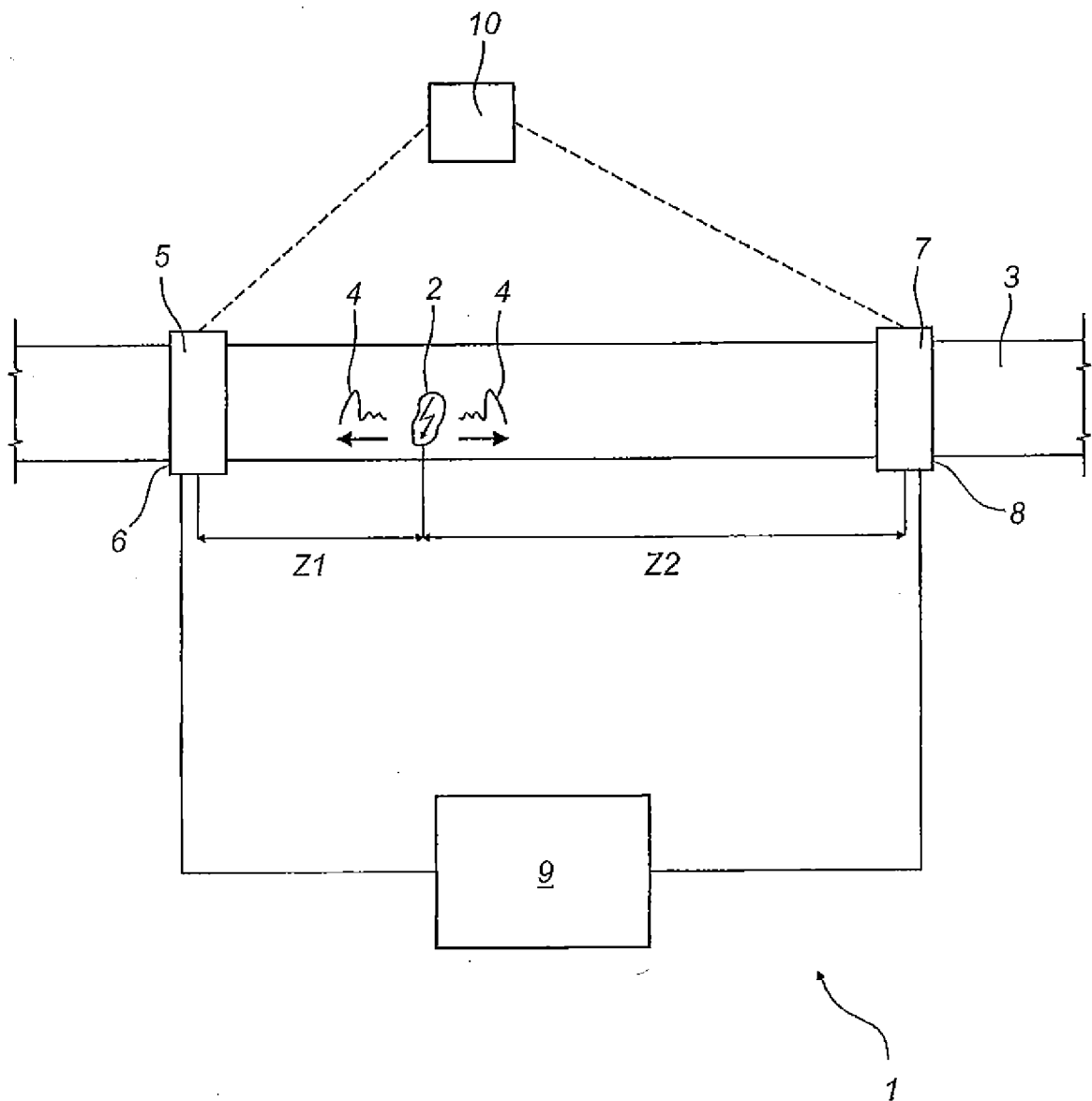


signals of the selected pair of homologous pulses (4),  
at least one attenuation parameter, correlated to a  
quantity which is variable depending on a distance  
travelled by the pulses (4) from the discharge site (2)  
5 to the corresponding detecting station, the calculating  
module being configured to assess the attenuation  
parameter values for the signals of the selected pair of  
homologous pulses (4).

9. The device according to claim 8, wherein the module  
10 for selecting the pair of homologous pulses (4)  
comprises means (10) for synchronising the signals  
detected in the first sensor (5) and those detected in  
the second sensor (7), the selecting module being  
configured to select at least one pair of signals  
15 detected in the respective sensors in the same time  
interval which is less than a predetermined value.

10. The device according to claim 8 or 9, wherein the  
calculating module is configured to derive, from the  
signals of the selected pair of homologous pulses (4),  
20 corresponding signals transformed by means of Fourier  
transform and to assess the attenuation parameter values  
on the transformed signals, for a plurality of frequency  
values.

FIG. 1



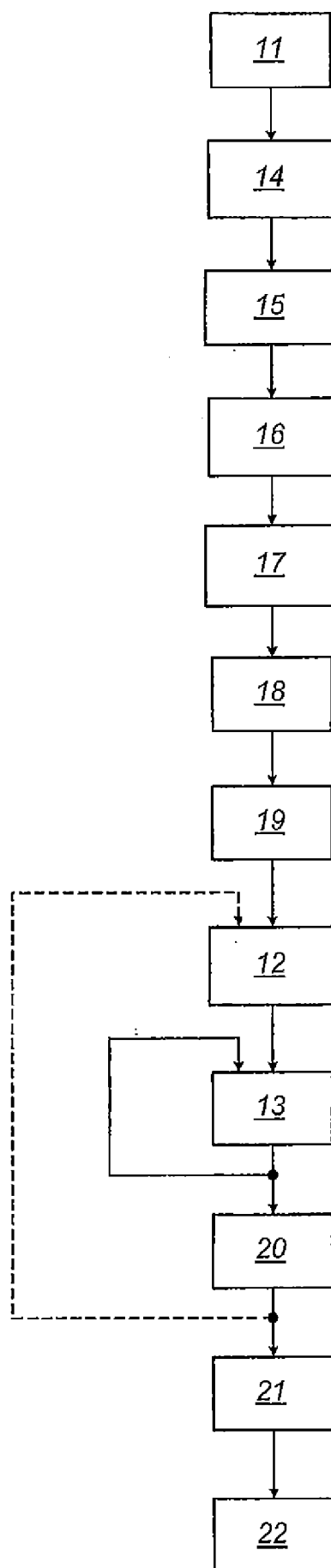


FIG. 2