



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101996900496326
Data Deposito	08/02/1996
Data Pubblicazione	08/08/1997

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	R		

Titolo

PROCEDIMENTO E APPARATO PER IL MONITORAGGIO E LA DIAGNOSTICA DELL'ISOLAMENTO DI COMPONENTI ELETTRICI

Descrizione dell'Invenzione Industriale dal titolo:

"PROCEDIMENTO E APPARATO PER IL MONITORAGGIO E LA DIAGNOSTICA DELL'ISOLAMENTO DI COMPONENTI ELETTRICI";

a nome di GIANCARLO SACERDOTI, di nazionalità italiana, residente in Via Delle Montagne Rocciose, 62 - 00144 ROMA -.

Inventore Designato: lo stesso Richiedente

La presente invenzione riguarda il settore delle apparecchiature e dei sistemi che vengono utilizzati per il monitoraggio della qualità dell'isolamento di componenti elettrici come cavi, trasformatori, condensatori ecc.

Come è noto, nelle apparecchiature a componenti elettriche funzionanti a corrente alternata, quali ad esempio cavi a media ed alta tensione e condensatori, gli isolanti sono sollecitati con campi elettrici elevati, a tratti con frequenze doppie di quella della tensione presente nel circuito in cui sono inseriti e, perciò, spesso diventano sedi di guasti per scariche elettriche catastrofiche.

Pertanto è utile, ed è prassi consolidata nell'industria, predisporre un monitoraggio, continuo o a cadenze fisse che registrando ed analizzando il rumore, di diversa natura, per esempio vibrazionale o

elettromagnetico, generato prima dalle microscariche e poi dalle scariche nell'isolante, indichi lo stato di deterioramento dell'isolamento ed esprima una misura della sua affidabilità.

Allo scopo di effettuare tale monitoraggio, la teoria delle scariche nei dielettrici gassosi, liquidi e solidi, è di particolare efficacia in quanto permette di prevedere le caratteristiche dei segnali generati dagli apparecchi in esercizio, in relazione al loro stato di isolamento.

Per il monitoraggio e per la diagnosi dello stato dell'isolamento di componenti elettrici si possono utilizzare apparati comprendenti generalmente un sensore, il quale rileva i segnali da monitorare e li trasmette in forma analogica ad un trasduttore che ne registra l'andamento in forma digitale. I segnali vengono estratti dal trasduttore, opportunamente elaborati, e i risultati dell'elaborazione sono evidenziati tramite display ed inviati agli organi di controllo. E' previsto l'uso di un "educatore" per l'apprendimento da parte del sistema per la classificazione dello stato dell'oggetto secondo criteri stabiliti per ogni singola applicazione.

Secondo i procedimenti normalmente implementati, il segnale analogico viene campionato

con una frequenza di campionamento f_c determinata dalla frequenza massima del segnale che si intende convertire in numeri binari, e con una precisione e sensibilità prefissate mediante una opportuna scelta del numero di bit rappresentanti ogni singola lettura della grandezza analogica rilevata.

L'elaborazione del segnale, effettuata off-line oppure on-line, è il più delle volte limitata al ricavare nel modo tradizionale gli spettri di Fourier del segnale sorgente, dopo aver eseguito una opportuna divisione in segmenti temporali di diverse lunghezze, pari a frazioni del periodo proprio della tensione di alimentazione.

Tuttavia, i procedimenti noti, e gli apparati destinati ad attuarli, presentano notevoli limiti in termini di costi e di prontezza, a causa della relativa complicatezza delle procedure di registrazione ed elaborazione del segnale.

In particolare, i sistemi noti di acquisizione del segnale necessitano di una memoria relativamente ampia, nella quale registrare la trasduzione numerica delle letture effettuate, per poi elaborarne il contenuto. Tale procedura, pur soddisfacente, può essere proficuamente sostituita dal processo oggetto del presente brevetto, di tipo statistico, il quale

richiede un numero di letture elevate ma che, essendo per ogni campionatura di contenuto binario o ternario, necessitano di memorie di volume minore ed elaborazione molto semplice.

La presente invenzione si prefigge lo scopo di proporre soluzioni semplificate del sistema di acquisizione, registrazione ed elaborazione, idonee nel caso in cui si verifica il fatto che la durata del monitoraggio di un componente elettrico, che può durare ore senza modifiche sostanziali dello stato dell'isolamento, è tale da permettere di effettuare un numero di campionature sufficiente per adottare processi di natura statistica ed arrivare in modo pienamente affidabile ad una diagnosi dello stato dell'isolamento. Indichiamo il procedimento con la sigla S.I.Q.C (Statistical Insulation Quality Characterization).

A tale scopo si è pervenuti secondo la presente invenzione realizzando un procedimento di monitoraggio e diagnostica dell'isolamento di un componente elettrico, comprendente le seguenti fasi:

- educazione del sistema alle caratteristiche del particolare componente monitorato, con la definizione e la registrazione di segnali tipo corrispondenti ai diversi stati dell'isolamento, o

classi di danno;

- campionatura con una predeterminata frequenza di campionamento f_c , del segnale sorgente del componente monitorato, e acquisizione mediante trasduzione di tipo statistico analogica/digitale a registrazione binaria (0 o 1) o ternaria (0 o 1 o -1) di N letture effettuate durante il campionamento;

- processo di elaborazione di tipo statistico delle N letture a stringhe di lunghezza n ($n=1, 2, \dots, n$) binarie/ternarie per ricavarne i parametri caratterizzanti la classe di danno dell'isolamento monitorato;

- confronto dei parametri ottenuti con quelli propri dei segnali-tipo registrati nella fase preliminare di educazione.

Secondo l'invenzione si è anche ideato un apparato per l'attuazione di detto procedimento, comprendente un sensore capace di rilevare il rumore (vibrazionale, acustico, elettomagnetico) proveniente dall'oggetto monitorato e trasmetterlo ad un trasduttore A/D ampiezza-tempo a registrazione binaria (o ternaria) delle N letture, con frequenza del clock di conteggio non molto dissimile a quella del clock che determina la frequenza di campionamento. Le N letture sono successivamente

elaborate mediante tecniche di tipo noto, al fine di ricavare le curve ed i parametri caratteristici dello stato dell'isolamento. Tali parametri vengono infine confrontati con quelli propri dei segnali-tipo registrati mediante un apparecchio educatore, utilizzato precedentemente per la caratterizzazione del particolare oggetto monitorato.

I vantaggi ottenuti consistono essenzialmente nel fatto che si riesce a semplificare notevolmente il sistema di acquisizione, registrazione ed elaborazione dei segnali, effettuando un monitoraggio basato su un periodo prolungato di tempo (da pochi minuti ad alcune ore) nel quale le caratteristiche di danno si possono considerare stabili, e pervenendo ad un processo di elaborazione di tipo statistico più semplice sotto il profilo di calcolo ed ugualmente affidabile.

Un secondo vantaggio è dato dalla relativa economicità e della facilità di reperimento delle apparecchiature necessarie.

Questi ed ulteriori vantaggi saranno meglio compresi da ogni tecnico del ramo dalla descrizione che segue e dai disegni allegati, dati quale esempio non limitativo, nei quali la fig.1 mostra uno schema a blocchi dell'apparato secondo l'invenzione.

In una forma preferita del procedimento secondo l'invenzione, il segnale viene campionato con frequenze fino a qualche centinaia di kHz e oltre, per tempi anche lunghi (alcune ore). Nel caso descritto, la trasduzione analogica digitale viene effettuata con un trasduttore ampiezza-tempo a registrazione binaria, mediante il quale, se l'orologio del numeratore di letture ha frequenza diversa da f_c ma compresa tra f_c e $2f_c$, ad ogni campionatura si può leggere 1 oppure 0.

Vantaggiosamente, secondo l'invenzione, dato il gran numero di campionature, (per esempio in un'ora possono essere registrate circa 7×10^8 letture binarie) si possono implementare ad esempio al calcolatore tecniche statistiche, di per sé note, per l'analisi e la caratterizzazione dei segnali. Tali tecniche vengono sviluppate registrando con semplici operazioni: il numero di eventi in cui si registra 1; il numero di eventi in cui la somma tra due campionature contigue è uguale a 0, oppure 1, oppure 2, e così di seguito fino a fare la statistica della somma s_N somma degli 1 che si verificano in N letture contigue.

Per esempio, nel caso di frequenze di tensione di rete pari a 50Hz, l'andamento delle curve $P^N(s_N)$,

per N tra 100 e 400, caratterizza completamente lo stato dell'isolamento e le probabilità P con cui si verifica una particolare sequenza di 1 e di 0 (di "uni" o di "zeri") permette con tecniche matematiche note di ricavare il modello Markoniano della sorgente di scariche eccitate con tensione sinusoidale e quindi, noto il modello Markoniano e i coefficienti di probabilità, ricavare lo stato della sorgente.

Più in generale, con il procedimento descritto e una volta effettuata la registrazione degli N valori binari, è possibile elaborarli implementando varie tecniche utili a caratterizzare compiutamente lo stato dell'isolamento monitorato. In particolare, è possibile:

a) ricavare lo spettro di Fourier delle sequenze temporali di 0 e di 1 registrate nell'intervallo di tempo;

b) ricavare la frequenza P_1 dei singoli bit 1, della frequenza dei valori medi del bit in una stringa di due bit (0, 1, 2), la frequenza di 1 in una stringa di k bit (0, 1, ..., k) etc;

c) ricavare lo spettro di Fourier delle sequenze temporali dei valori s_N (somma degli 1) registrati nelle sequenze di stringhe lunghe N registrazioni;

d) ricavare lo spettro di $P_k^s/P_1^s = p_k^s$ in stringhe di s (per esempio 200) elementi, l'indice k essendo l'occorrenza di k valori di 1, (questo parametro rende il risultato indipendente dalla sensibilità del sensore) e con P_k^s che varia la variare del valore V_{max} (massimo valore della tensione di eccitazione);

e) ricavare il modello Markoniano della sorgente di rumore.

Tutte queste forme di rappresentazione dei risultati (modello Markoniano, spettri di Fourier, coefficienti p_k^s) sono correlati alla classe, o qualità, dell'isolamento dell'oggetto monitorato.

Una volta effettuata l'acquisizione e l'elaborazione del segnale sorgente, il significato delle curve e dei risultati ottenuti viene spiegato ed interpretato con il confronto con le caratteristiche dei segnali-tipo registrati nella fase preliminare di educazione dell'apparato, rappresentativi dei diversi stati di danno dell'isolamento, e che possono essere diversi caso per caso (cavi, condensatori in carta impregnata, condensatori in polivinile etc.).

Infine, è utile sottolineare che il procedimento descritto è del tutto analogo nel caso

in cui, durante l'acquisizione, si voglia discriminare il segno, registrando quindi tre tipi di valori diversi, 1 oppure 0 oppure -1, (registrazione ternaria).

Facendo ora riferimento alla fig.1, una preferita forma realizzativa di un apparato secondo l'invenzione comprende un sensore 2, capace di rilevare un segnale, di tipo vibrazionale acustico o elettromagnetico, da un oggetto 1 da monitorare, e trasmetterlo ad un trasduttore 3 per l'acquisizione e la registrazione del segnale.

Nella forma di realizzazione descritta, il trasduttore 3 è del tipo ampiezza-tempo a registrazione binaria, con un orologio la cui frequenza è diversa ma prossima alla frequenza di campionamento del segnale f_c , essendo preferibilmente compresa tra f_c e $2f_c$.

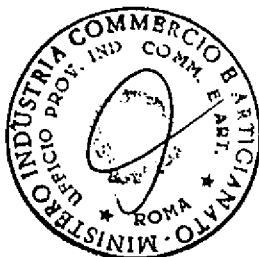
Ad ogni campionamento, il trasduttore 3 riceve il segnale in forma analogica e, ad ogni lettura dell'orologio, registra una cifra che, nel caso di registrazione binaria potrà essere pari a 1 o a 0. Al termine dell'acquisizione, prolungata per un periodo di tempo nel quale le caratteristiche dell'isolamento possono essere considerate costanti, il trasduttore 3 avrà registrato un numero N di letture binarie tale

da consentire processi di tipo statistico. Il segnale binario così registrato viene elaborato con tecniche hardware o software, di tipo noto e già citate in precedenza. Il risultato dell'elaborazione, che potrà essere di tipo diverso a seconda della tecnica impiegata e della particolare applicazione, viene confrontato con i segnali tipo registrati mediante un educatore 4 e corrispondenti ai diversi possibili stati di danno dell'oggetto monitorato.

Infine, l'esito finale dell'elaborazione e del confronto con i segnali tipo può essere espresso visivamente mediante un display 5 collegato in uscita al trasduttore 3.

La presente invenzione è stata descritta con riferimento ad una forma preferita di realizzazione, ma si intende che modifiche equivalenti potranno essere apportate da ogni tecnico del ramo senza comunque uscire dall'ambito di protezione accordato alla presente privativa industriale.

Maurizio SARPI
dello
Studio FERRARIO



RIVENDICAZIONI

1) Procedimento per il monitoraggio e la diagnostica dello stato di isolamento di componenti elettrici, caratterizzato dal fatto di comprendere le seguenti fasi:

- educazione del sistema alle caratteristiche del particolare componente monitorato, con la definizione e la registrazione di segnali-tipo corrispondenti ai diversi stati dell'isolamento, o classi di danno;

- campionatura con una predeterminata frequenza di campionamento f_c , del segnale sorgente, di tipo vibrazionale, elettromagnetico o ottico, del componente monitorato, e acquisizione mediante trasduttore a registrazione binaria (0 o 1) o ternaria (0 o 1 o -1) di N letture effettuate durante il campionamento, con N di entità sufficiente all'applicazione di processi statistici;

- processo di elaborazione di tipo pseudostatistico o statistico delle N letture binarie/ternarie effettuate per ricavarne, con tecniche hardware o software, i parametri caratterizzanti la classe di danno dell'isolamento monitorato;

- confronto dei parametri ottenuti con i corrispondenti parametri, propri dei segnali-tipo registrati nella fase preliminare di educazione

dell'apparato.

2) Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta acquisizione avviene mediante un traduttore A/D ampiezza-tempo, a registrazione binaria o ternaria, dotato di un orologio con frequenza diversa ma prossima alla frequenza di campionamento f_c .

3) Procedimento secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto che detta frequenza dell'orologio del trasduttore è compresa tra f_c e $2f_c$.

4) Procedimento secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta fase di elaborazione prevede una o più delle seguenti tecniche di elaborazione del segnale registrato:

a) ricavare lo spettro di Fourier del segnale registrato nell'intervallo di tempo totale di registrazione;

b) ricavare la frequenza P_1 dei singoli bit 1, della frequenza dei valori medi del bit in una stringa di due bit (0, 1, 2), la frequenza di 1 in una stringa di k bit (0, 1, ..., k) etc;

c) ricavare lo spettro di Fourier della sequenza del numero di bit nelle stringhe contigue di prefissata lunghezza;

d) ricavare lo spettro di $P_k^s / P_1^s = p_k^s$ in

stringhe di s elementi, l'indice k essendo l'occorrenza di k valori di l , e con P_k^* che varia la variare del massimo valore della tensione di eccitazione V_{max} ;

e) ricavare il modello Markoniano della sorgente di rumore.

5) Procedimento secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta fase di campionamento e acquisizione è prolungata per un periodo di tempo entro il quale le caratteristiche dello stato di isolamento dell'oggetto monitorato rimangono sostanzialmente stabili.

6) Procedimento secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere un fase finale di visualizzazione dei risultati di detta fase di confronto.

7) Apparato per il monitoraggio e la diagnostica dell'isolamento di componenti elettrici, caratterizzato dal fatto di comprendere un sensore (2) capace di rilevare da un oggetto (1) da monitorare un segnale analogico, di tipo vibrazionale acustico o elettromagnetico, e trasmetterlo ad un trasduttore A/D (3) per il campionamento del segnale sorgente con frequenza f_c e l'acquisizione e la registrazione, binaria o ternaria, di N letture, detto segnale registrato venendo successivamente elaborato con tecniche hardware

o software di tipo statistico mediante un dispositivo a microprocessore, e confrontato con segnali-tipo precedentemente registrati mediante un educatore (4) e corrispondenti ai diversi possibili stati di danno dell'oggetto monitorato.

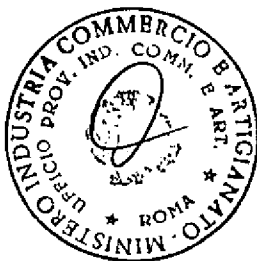
8) Apparato secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che detto trasduttore A/D è del tipo ampiezza-tempo a registrazione binaria o ternaria.

9) Apparato secondo le rivendicazioni 7-8, caratterizzato dal fatto che l'orologio del numeratore di letture di detto trasduttore (3) ha una frequenza diversa ma prossima alla frequenza f_c di campionamento del segnale sorgente, e compresa preferibilmente tra f_c e $2f_c$.

10) Apparato secondo le rivendicazioni 7-9, caratterizzato dal fatto di comprendere un display (5) collegato in uscita a detto trasduttore (3), per la visualizzazione dell'esito finale dell'elaborazione e del confronto con i segnali tipo.

Per il Richiedente

il Rappresentante



Maurizio SARPI
dello
Studio **FERRARIO**

RM 96 A 000086

Maurizio SAPPY
Studio SAPPY

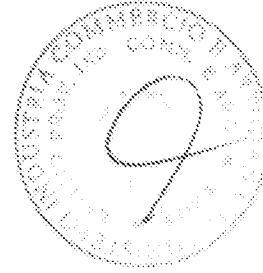
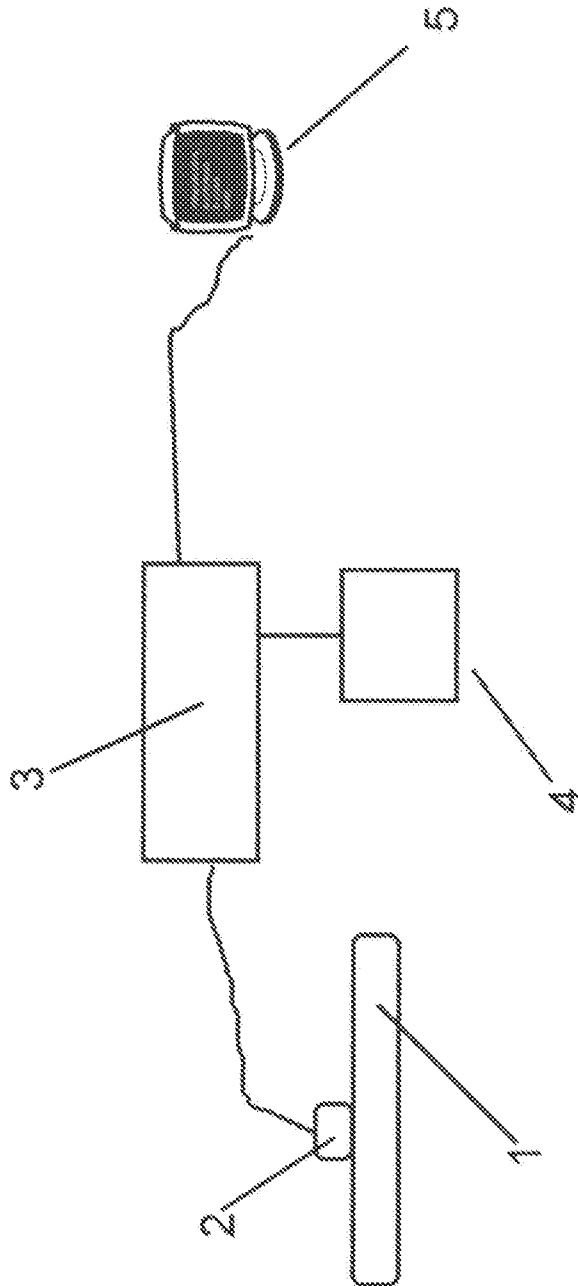


FIG.1