



CONFEDERAZIONE SVIZZERA

UFFICIO FEDERALE DELLA PROPRIETÀ INTELLETTUALE

⑪ CH 672 693 A5

⑤① Int. Cl.⁴: H 01 F 27/28

Brevetto d'invenzione rilasciato per la Svizzera ed il Liechtenstein

Trattato sui brevetti, del 22 dicembre 1978, fra la Svizzera ed il Liechtenstein

⑫ **FASCICOLO DEL BREVETTO** A5

⑲ Numero della domanda: 72/87

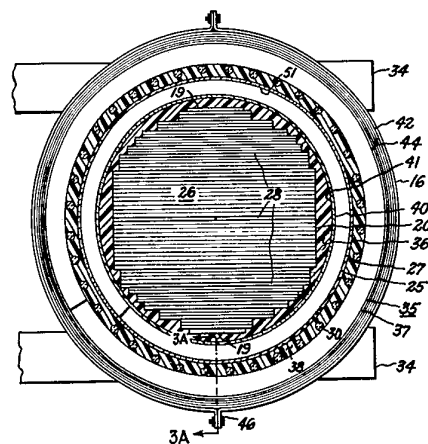
⑳ Data di deposito: 12.01.1987

③① Priorità: 14.01.1986 US 818843

㉔ Brevetto rilasciato il: 15.12.1989

④⑤ Fascicolo del
brevetto pubblicato il: 15.12.1989⑦③ Titolare/Titolari:
General Electric Company, Schenectady/NY
(US)⑦② Inventore/Inventori:
Van Schaick, Thomas Edwin, Burnt Hills/NY
(US)
Vandusen, Morris Vernon, Clifton Park/NY (US)
Anderson, James Martin, Cohoes/NY (US)⑦④ Mandatario:
Ritscher & Seifert, Zürich⑤④ **Trasformatore presentante almeno una bobina ed un nucleo.**

⑤⑦ Il trasformatore comprende un nucleo (20) contenente un ramo (26) avente un asse longitudinale; e un primo avvolgimento (25) distanziato e circondante circonferenzialmente almeno una porzione del ramo; un secondo avvolgimento (35) distanziato e circondante circonferenzialmente almeno una porzione del primo avvolgimento; primi mezzi di sostegno (51) disposti tra il primo e secondo avvolgimento per impedire un movimento assiale relativo tra il primo e secondo avvolgimento; secondi mezzi di sostegno (42) disposti attorno ad almeno una porzione della periferia esterna del secondo avvolgimento per impedire un movimento radiale del secondo avvolgimento rispetto al primo avvolgimento; primi mezzi di incapsulamento (36) disposti tra il ramo (26) e il primo avvolgimento; secondi mezzi di incapsulamento (38) disposti tra il primo e secondo avvolgimento; terzi mezzi di incapsulamento (44) disposti attorno alla periferia esterna dei secondi mezzi di sostegno in modo che viene formata una struttura monolitica contenente il ramo, il primo e secondo avvolgimento, i primi e secondi mezzi di sostegno e i primi e secondi mezzi di incapsulamento.



RIVENDICAZIONI

1. Trasformatore presentante un nucleo (20) ed almeno una bobina (12, 14, 16), il nucleo includendo, per lo meno, un ramo (26), caratterizzato dal fatto che la bobina comprende:

un primo avvolgimento di bobina (25) distanziato e circonferenzialmente circondante per lo meno una porzione del ramo (26), detto primo avvolgimento di bobina essendo formato attorno ad un tamburo per avvolgimenti (40), un secondo avvolgimento di bobina (35) distanziato da e circonferenzialmente circondante almeno una porzione di detto primo avvolgimento,

primi mezzi di supporto (51) disposti tra il primo e il secondo avvolgimento, detti primi mezzi di supporto comprendendo una disposizione anulare ordinata di aste (30) distanziate separatamente e per lo meno un anello di bloccaggio fissato sulle aste distanziate separatamente, venendo impedito il movimento assiale relativo tra il primo ed il secondo avvolgimento,

secondi mezzi di supporto (42) disposti attorno ad almeno una porzione della periferia esterna del secondo avvolgimento, detti secondi mezzi di supporto comprendendo un avvolgimento di tessuto di vetro per impedire il movimento nella direzione radiale esterna,

primi mezzi di incapsulamento (36) contenuti tra il ramo e la superficie interna del tamburo per avvolgimenti, detti primi mezzi di incapsulamento comprendendo fibre di vetro saturate con resina,

secondi mezzi di incapsulamento (38) disposti tra il primo ed il secondo avvolgimento, detti secondi mezzi di incapsulamento involupando per lo meno una porzione di ciascuna di dette aste di supporto distanziate separatamente e detti secondi mezzi di incapsulamento comprendendo fibre di vetro saturate con resina,

terzi mezzi di incapsulamento (44) disposti attorno alla periferia esterna di detti secondi mezzi di supporto, detti terzi mezzi di incapsulamento comprendendo fibre di vetro saturate con resina, cosicchè viene formata una struttura monolitica comprendente il primo ed il secondo avvolgimento, i primi ed i secondi mezzi di supporto ed i primi, secondi e terzi mezzi di incapsulamento.

2. Trasformatore, secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che la superficie interna (41) del tamburo per avvolgimenti (40) è rivestita con un materiale di politetrafluoroetilene per consentire la rimozione del primo e secondo avvolgimento (25, 35), dei primi e secondi mezzi di supporto (51, 42) e dei secondi e terzi mezzi di incapsulamento (38, 44) senza danneggiare i primi mezzi di incapsulamento (36) ed il ramo (26).

3. Trasformatore come a rivendicazione 1 nel quale i primi mezzi di sostegno (51) contengono una pluralità di aste (30) disposte assialmente aventi una superficie esterna irruvidita.

4. Procedimento per fabbricare un complesso di bobine per un trasformatore secondo la rivendicazione 1, il nucleo contenendo un ramo avente un asse longitudinale, comprendente le fasi di disporre primi conduttori (25) distanziati da e circonferenzialmente attorno alla periferia del ramo del nucleo per formare il primo avvolgimento di bobina; disporre primi mezzi di sostegno (51) distanziati da e circonferenzialmente attorno alla periferia esterna del primo avvolgimento; disporre secondi conduttori (35) attorno alla periferia dei primi mezzi di sostegno per formare il secondo avvolgimento di bobina; disporre secondi mezzi di sostegno (42) attorno alla periferia del secondo avvolgimento (35) per impedire la dilatazione radiale del secondo avvolgimento; incapsulare la struttura formata dall'esecuzione delle fasi precedenti per formare una struttura monolitica, per cui i primi mezzi di sostegno (51) impediscono un movimento assiale relativo tra il primo e il secondo avvolgimento.

5. Procedimento come a rivendicazione 4 nel quale la fase di incapsulamento comprende il disporre resine polimerizzabili per racchiudere i primi e secondi conduttori e i primi e secondi mezzi di sostegno; polimerizzare le resine.

6. Procedimento come a rivendicazione 5 nel quale la fase di incapsulamento comprende il disporre delle fibre di vetro entro le resine.

7. Procedimento come a rivendicazione 6 nel quale la fase di disporre le fibre di vetro contiene il disporre delle fibre di vetro negli spazi tra il ramo del nucleo e il primo avvolgimento e tra il primo e il secondo avvolgimento; il riempire con resine gli spazi tra il ramo e il primo avvolgimento e tra il primo e il secondo avvolgimento in modo che le resine saturino le fibre di vetro, ottenendo perciò delle fibre di vetro disposte entro le resine.

8. Procedimento come a rivendicazione 5 nel quale la fase di incapsulamento contiene il disporre una forma distanziata e circondante circonferenzialmente i secondi mezzi di sostegno (42); disporre altre resine polimerizzabili tra la forma e i secondi mezzi di sostegno; polimerizzare le altre resine.

9. Procedimento come a rivendicazione 8 nel quale la fase di disporre altre resine polimerizzabili contiene il disporre delle fibre di vetro entro le altre resine.

10. Procedimento come a rivendicazione 5 nel quale la fase di incapsulamento contiene inoltre: disporre delle fibre di vetro nello spazio tra una forma circondante i secondi mezzi di sostegno (42); riempire con altre resine lo spazio tra la forma e i secondi mezzi di sostegno in modo che le altre resine saturino le fibre di vetro e i secondi mezzi di sostegno.

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda un trasformatore presentante un nucleo ed almeno una bobina, il nucleo includendo, per lo meno, un ramo.

In una particolare classe di trasformatori, una coppia di una rispettiva pluralità di conduttori ad elementi cavi trasposti, che sono tipicamente fabbricati in rame e attraverso i quali può essere fatto circolare un fluido per raffreddare i conduttori, sono avvolti cilindricamente in modo concentrico attorno e si estendono a spirale lungo una sezione di nucleo, o ramo, del trasformatore per formare rispettivi avvolgimenti primari e secondari distanziati radialmente del trasformatore. L'effettiva designazione di avvolgimento primario e secondario viene determinata dai collegamenti elettrici agli avvolgimenti. Per la presente invenzione non è importante quale avvolgimento sia effettivamente il primario e quale avvolgimento sia effettivamente il secondario.

Un numero generalmente dispari di conduttori viene trasposto per formare un avvolgimento allo scopo di ridurre l'effetto del flusso disperso su ogni conduttore. La presente invenzione si applica a tutti gli avvolgimenti di un trasformatore indipendentemente dal fatto che uno o una pluralità di conduttori formi l'avvolgimento e inoltre indipendentemente dal fatto che i conduttori formanti l'avvolgimento siano cavi, per consentire la circolazione di un fluido refrigerante attraverso i medesimi, o pieni.

Dopo che i conduttori sono stati avvolti attorno al ramo del nucleo, devono essere sostenuti in modo sufficiente radialmente e assialmente per resistere alle forze dovute ad un guasto (come un cortocircuito improvviso applicato ai terminali di uno degli avvolgimenti) ciò provoca un significativo aumento di corrente elettrica negli avvolgimenti. Tale guasto genera delle forze che tentano di collassare radialmente verso l'interno l'avvolgimento radiale interno e di allargare radialmente verso l'esterno l'avvolgimento radiale esterno. Il valore della forza di collassamento o di allargamento dipende dal valore della corrente generata dal guasto, dal numero di spire nell'avvolgimento e dal rapporto del diametro della bobina rispetto all'altezza della bobina. In aggiunta, un disallineamento assiale tra gli avvolgimenti obbli-

gherà la corrente dovuta al guasto a generare delle forze assiali che tendono ad applicare un effetto di taglio (cioè sostanzialmente parallelo all'asse longitudinale degli avvolgimenti) sui sostegni tra gli avvolgimenti. Il valore della forza assiale o di taglio dipende dal grado di disallineamento assiale tra gli avvolgimenti e dal valore della corrente generata dal guasto.

Inoltre, per un funzionamento efficiente del trasformatore, il sistema di sostegno deve essere capace di accogliere le forze di origine termica dovute a temperature di bobine al di sopra dell'ambiente previste durante il funzionamento a causa delle perdite I^2R nei conduttori, dovute a correnti disperse e perdite di isteresi nel nucleo e dovute a flusso disperso investente gli estremi assiali degli avvolgimenti. Inoltre, il sistema di sostegno deve resistere a forze vibratorie durante il funzionamento. In certi trasformatori, gli elementi del nucleo del trasformatore sono formati da una pluralità di lamierini. Come si sa bene, i lamierini del nucleo di un trasformatore sono soggetti a forze di vibrazione tra i lamierini durante il funzionamento a causa delle correnti elettriche, come correnti disperse, indotte nei lamierini dal flusso magnetico del trasformatore, il che porta a delle forze magnetostrettive entro il nucleo. Il sistema di sostegno deve limitare soddisfacentemente e resistere a tutte queste forze per un funzionamento di lungo periodo, pur essendo fabbricato facilmente allo scopo di minimizzare i costi.

Un trasformatore del tipo a cui si riferisce la presente invenzione può essere del tipo raffreddato a liquido che può essere usato, per esempio, nel sistema di eccitazione di una grande macchina elettrica rotante. Tale sistema di eccitazione e di trasformatore associato viene descritto in una domanda di brevetto USA in corso intitolata «Sistema di eccitazione statico raffreddato a liquido per macchina elettrica rotante», avente numero di serie (776.331), depositata il 16 settembre 1985 e ceduta al presente titolare. Si prevede che la presente invenzione possa essere applicata con massimo beneficio a trasformatori aventi potenza da circa 3000 KVA a circa 10.000 KVA. Tuttavia, l'espressione delle potenze non intende limitare l'applicazione dell'invenzione. In un generatore di questa categoria, si può sperimentare un tipico aumento di temperatura da circa 15°C rispetto alla temperatura di ingresso dell'acqua di raffreddamento fino a circa 45°C.

Di conseguenza, uno scopo della presente invenzione è di realizzare un trasformatore con un sistema di sostegno di bobine che fornisca un sostegno radiale e assiale alle bobine formanti gli avvolgimenti primari e secondari del trasformatore adeguato per limitare e resistere alle forze dovute ad un guasto, come un corto circuito improvviso applicato ai terminali di un avvolgimento, sistema di sostegno di bobine che possa accogliere le forze di origine termica dovute alle temperature delle bobine, al di sopra della temperatura ambiente, previste durante il funzionamento e limiti e resista alle forze vibratorie sui lamierini del nucleo del trasformatore durante il funzionamento.

Secondo l'invenzione il trasformatore comprende un primo avvolgimento di bobina distanziato e circonferenzialmente circondante per lo meno una porzione del ramo, detto primo avvolgimento di bobina essendo formato attorno ad un tamburo per avvolgimenti, un secondo avvolgimento di bobina distanziato da e circonferenzialmente circondante almeno una porzione di detto primo avvolgimento, detti primi mezzi di supporto comprendendo una disposizione anulare ordinata di aste distanziate separatamente e per lo meno un anello di bloccaggio fissato sulle aste distanziate separatamente, venendo impedito il movimento assiale relativo tra il primo ed il secondo avvolgimento, secondi mezzi di supporto disposti attorno ad almeno una porzione della periferia esterna del secondo avvolgimento, detti secondi mezzi di supporto comprendendo un avvolgimento di tessuto di vetro per impedire il movimento nella direzione radiale esterna, primi mezzi di incapsulamento contenuti tra il ra-

mo e la superficie interna del tamburo per avvolgimenti, detti primi mezzi di incapsulamento comprendendo fibre di vetro saturate con resina, secondi mezzi di incapsulamento disposti tra il primo ed il secondo avvolgimento, detti secondi mezzi di incapsulamento inviluppando per lo meno una porzione di ciascuna di dette aste di supporto distanziate separatamente e detti secondi mezzi di incapsulamento comprendendo fibre di vetro saturate con resina, terzi mezzi di incapsulamento disposti attorno alla periferia esterna di detti secondi mezzi di supporto, detti terzi mezzi di incapsulamento comprendendo fibre di vetro saturate con resina, cosicché viene formata una struttura monolitica comprendente il primo ed il secondo avvolgimento, i primi ed i secondi mezzi di supporto ed i primi, secondi e terzi mezzi di incapsulamento.

Le caratteristiche dell'invenzione che si credono nuove vengono esposte particolarmente qui in fondo. L'invenzione stessa, tuttavia, sia come organizzazione che come metodo di funzionamento, assieme con ulteriori suoi scopi e pregi, può essere meglio capita con riferimento alla seguente descrizione dettagliata presa in considerazione con gli allegati disegni.

La figura 1 è una vista in elevazione di un trasformatore avente un sistema di sostegno di bobine secondo la presente invenzione.

La figura 2 è una vista guardando in direzione delle frecce di riga 2-2 di figura 1.

La figura 3A è una vista guardando in direzione delle frecce di riga 3-3 di figura 2.

La figura 3B è una vista ingrandita in sezione del conduttore 37 mostrato in figura 3A.

La figura 3C è una vista ingrandita in sezione del conduttore 27 mostrato in figura 3A.

Considerando la figura 1, viene mostrato un trasformatore contenente un sistema di sostegno di bobine secondo la presente invenzione (la forma 46 è tolta per chiarezza e facilità di comprensione). Il trasformatore illustrato è un trasformatore avente bobine 12, 14 e 16. Si deve capire che la presente invenzione è applicabile a trasformatori aventi un numero qualsiasi di bobine come, per esempio, un trasformatore monofase. Le bobine 12, 14 e 16 circondano rispettivamente almeno una porzione e sono disposte in comunicazione di flusso magnetico con rami 22, 24 e 26 di un nucleo 20 del trasformatore.

Estremi rispettivi dei rami 22, 24 e 26 sono collegati da gioghi 21 e 23 del nucleo 20. Come si riconosce generalmente nella tecnica, il trasformatore 20 comprende una pluralità di lamierini metallici opportunamente sagomati, allineati e accatastati per formare rami 22, 24 e 26 e gioghi 21 e 23, pur evitando la sovrapposizione dei lamierini. I lamierini definiscono collettivamente il percorso di flusso magnetico primario del trasformatore. I lamierini del nucleo 20 sono allineati per formare delle finestre 11 e 13, limitate dai rami 22 e 24, e 26 rispettivamente, e dai gioghi di rami 21 e 23 per ricevere porzioni di bobine 12, 14 e 16. Un paio di canali di serraggio, uno dei quali è mostrato con 32, e un altro paio di canali di serraggio, uno dei quali è mostrato con 34, hanno i gioghi 21 e 23 rispettivamente disposti tra i medesimi. I canali di serraggio 32 e 34 sono tenuti assieme forzatamente in modo che i lamierini dei gioghi 21 e 23 sono rispettivamente fissati strettamente tra i medesimi. Una coppia rispettiva di piastre di sostegno 15, 17 e 19 è disposta tra i rami 22, 24 e 26 e i canali di serraggio 32 e 34. Gli estremi sagomati a T delle piastre di sostegno 15, 17 e 19 sono infilati in rispettive rientranze dei canali di serraggio 32 e 34 per consentire all'intero trasformatore di essere sollevato in corrispondenza dei canali di serraggio 32 senza distruggere il posizionamento relativo dei lamierini, delle bobine 12, 14 e 16 o dei canali di serraggio 34.

Considerando la figura 2, viene mostrata una vista delle direzioni delle frecce della riga 2-2 di figura 1. Benché il sistema di sostegno per la bobina 16 venga mostrato in dettaglio, si de-

ve capire che i sistemi di sostegno per le bobine 12 e 14 possono essere fabbricati in modo analogo. La pluralità di lamierini formanti il ramo 26 del nucleo 20 del trasformatore è opportunamente accatastata dimensionata in modo che una quantità massima di metallo dei lamierini possa essere inclusa entro uno spazio generalmente cilindrico. Mostrata inserita tra i lamierini formanti il ramo 26 (e i gioghi 21 e 23) del trasformatore e disposta in comunicazione di calore con i medesimi, c'è una pluralità di contenitori 28 di refrigerante liquido, come acqua, (tre dei quali sono illustrati) per confinare opportunamente il refrigerante liquido e raffreddare il nucleo 20.

Circondante circonferenzialmente e distanziato dal ramo 26 c'è un tamburo per avvolgimenti 40 avente una superficie interna 41. Il tamburo per avvolgimenti 40 può essere fabbricato di materiale isolante, come fibre di vetro. A riempire lo spazio tra il ramo 26 e il tamburo per avvolgimenti 40 ci sono dei mezzi di incapsulamento 36 elettricamente isolanti, come un materiale composto da una resina epossidica e fibra di vetro. Circondante circonferenzialmente la periferia esterna del tamburo per avvolgimenti 40 c'è una porzione di un conduttore 27, che è disposto attorno al tamburo per avvolgimenti 40 e si sovrappone ad un'altra porzione del conduttore 27 in modo che il conduttore 27 si estende assialmente a spirale sull'asse longitudinale del tamburo per avvolgimenti 40 formando un avvolgimento primario 25. Il tamburo per avvolgimenti 40 può essere usato come mandrino per avvolgere il conduttore 27. Dei mezzi di sostegno 51 (non necessariamente mostrati in scala), come un tessuto di vetro, vengono avvolti attorno all'avvolgimento 25 per formare una pluralità di strati sovrapposti. Il tessuto di vetro 51 è disposto strettamente lungo la circonferenza, ma non così stretto da stirare il tessuto di vetro 51 attorno alla periferia dell'avvolgimento primario 25. Radialmente distanziato e circondante circonferenzialmente l'avvolgimento primario 25 c'è una porzione di un conduttore 37, che sta sopra ad un'altra porzione di conduttore 37, in modo che il conduttore 37 si estende assialmente a spirale sull'asse longitudinale dell'avvolgimento primario 25 formando un avvolgimento secondario 35. Si deve capire che le indicazioni «primario» e «secondario» per gli avvolgimenti 25 e 35 sono per convenienza e che l'effettivo avvolgimento primario e secondario è determinato dai collegamenti elettrici del trasformatore nel circuito in cui viene usato. Una pluralità di mezzi di sostegno distanziati su un arco ed estendentesi assialmente, come aste 30, vengono disposti nello spazio tra l'avvolgimento primario 25 e l'avvolgimento secondario 35. Le aste 30 sono disposte in modo che i loro assi longitudinali sono sostanzialmente paralleli all'asse longitudinale del ramo 26. Le aste 30 di preferenza comprendono materiale non conduttore elettricamente o elettricamente isolante, come un composto di resina rinforzato da fibre, dove le fibre possono comprendere vetro, fibre aramidiche o cotone e la resina può comprendere resine epossidiche, fenoliche o poliesteri. Lo spazio tra l'avvolgimento primario 25 e l'avvolgimento secondario 35 è riempito con un mezzo di incapsulamento 38 elettricamente isolante, come un materiale composto da resina epossidica e fibre di vetro. Le aste 30 cooperano con il mezzo di incapsulamento 38, come spiegato in dettaglio qui sotto, per fornire un sostegno assiale agli avvolgimenti 25 e 35. Le aste 30 formano anche una struttura a mandrino attorno al quale il conduttore 37 può essere avvolto durante la fabbricazione dell'avvolgimento 35.

Adizionali mezzi di sostegno 42 (non necessariamente mostrati in scala), come un tessuto di vetro che viene avvolto attorno alla periferia esterna dell'avvolgimento 35 (ma non così strettamente da stirare il tessuto di vetro) a formare una pluralità di strati sovrapposti, vengono disposti in modo strettamente circonferenziale attorno alla periferia dell'avvolgimento secondario 35 per impedire all'avvolgimento secondario 35 di espandersi in direzione radiale esterna qualora capitasse un guasto, come un cortocircuito, nel circuito elettrico dell'avvolgimento

secondario. Il tessuto di vetro o altro materiale che può costituire i mezzi di sostegno 42 e 51 dovrebbe avere un'altra resistenza alla trazione ed essere non metallico, non conduttore e compatibile con i mezzi di incapsulamento 38 e 44 rispettivamente. Una forma 46 che può essere fatta in sezioni per facilità di montaggio e di rimozione, è distanziata radialmente e circonda circonferenzialmente la periferia esterna dell'avvolgimento secondario 35 e dei mezzi di sostegno 42. Si preferisce che la forma 46 sia trasparente in modo che possa essere osservato un riempimento uniforme degli spazi con il complesso di bobine durante l'introduzione dei mezzi di incapsulamento 36, 38 e 44. Un mezzo di incapsulamento 44 elettricamente isolante, come un materiale composto da resine possidiche e fibre di vetro, è disposto nello spazio tra i mezzi di sostegno 42 e la forma 46. Dopo che i mezzi di incapsulamento 36, 38 e 44 sono polimerizzati e induriti, la forma 46, che è fabbricata in un materiale compatibile con i mezzi di incapsulamento 44, può essere rimossa, se desiderato.

Considerando la figura 3A, viene mostrata una vista guardando nella direzione delle frecce della riga 3-3 di figura 2.

I conduttori 27 e 37 sono mostrati come singoli conduttori cavi rispettivamente. È preferibile che i conduttori 27 e 37 comprendono una pluralità (tipicamente dispari) di conduttori trasporti 62, ciascuno avente una cavità 64 per ricevere del fluido refrigerante e un isolamento 66 attorno alla loro periferia esterna, come viene mostrato nelle figure 3C e 3B rispettivamente. Come mostrato nelle figure 3C e 3B, il conduttore 27 comprende 11 conduttori singoli trasposti 62 legati assieme e il conduttore 37 comprende 13 singoli conduttori trasposti 62 legati assieme. Il conduttore 27 e/o il conduttore 37 possono inoltre essere circondati da un isolamento, se desiderato.

Durante la fabbricazione del trasformatore e dopo il montaggio del ramo 26, del tamburo per avvolgimenti 40, dell'avvolgimento primario 25, dei mezzi di sostegno 30, dell'avvolgimento secondario 35, dei mezzi di sostegno 42 e della forma 46, il mezzo di incapsulamento 36, in stato liquido o scorrevole, è fornito allo spazio tra il ramo 26 e il tamburo per avvolgimenti 40 e il mezzo di incapsulamento 38, in stato liquido o scorrevole, è fornito allo spazio tra l'avvolgimento primario 25 e l'avvolgimento secondario 35. I mezzi di incapsulamento 36 e 38, che possono comprendere il medesimo materiale e sono rispettivamente compatibili con altri componenti del trasformatore e con il sistema di sostegno delle bobine con i quali vengono in contatto, riempiono gli spazi tra gli avvolgimenti 25 e 35, il ramo 26 e il tamburo 40 e riempiono gli spazi tra le spire degli avvolgimenti 25 e 35. Dopo il riempimento degli spazi sopra gli avvolgimenti 25 e 35, i mezzi di incapsulamento 36 e 38 vengono polimerizzati in modo che si induriscono allo stato solido. La polimerizzazione può essere accelerata mediante l'aggiunta di calore, come facendo passare corrente elettrica attraverso gli avvolgimenti 25 o 35 o disponendo il complesso di bobina entro un forno. Dopo la polimerizzazione, i mezzi di incapsulamento 36 e 38 induriti formano una struttura monolitica contenente il ramo 26, l'avvolgimento primario 25, l'avvolgimento secondario 35, il tamburo per avvolgimenti 40 e i mezzi di sostegno 30. La struttura monolitica limita e resiste alle forze vibratorie sui lamierini del nucleo 20 di trasformazione durante il funzionamento del trasformatore.

In aggiunta, durante la fabbricazione del trasformatore, lo spazio tra la forma 46 e i mezzi di sostegno 42 è similmente riempita con mezzi di incapsulamento 44 (in stato liquido o scorrevole), che possono comprendere un materiale composto di resine epossidiche e fibre di vetro e che possono essere il medesimo materiale dei mezzi di incapsulamento 36 e/o 38. I mezzi di incapsulamento 44 vengono quindi polimerizzati e induriti. I mezzi di incapsulamento 44 possono essere polimerizzati e induriti contemporaneamente con i mezzi di incapsulamento 36 e 38. I mezzi di incapsulamento 44 sono compatibili con i com-

ponenti del trasformatore e del sistema di sostegno con i quali vengono in contatto. Inoltre, i mezzi di incapsulamento 44 impregnano e saturano i mezzi di sostegno 42 formando una resistenza addizionale alle forze radiali verso l'esterno sull'avvolgimento 25. I criteri per determinare lo spessore dei mezzi di incapsulamento 44 comprendono la capacità dell'avvolgimento 35 a resistere ad un movimento radiale verso l'esterno di per se stesso e la capacità della bobina 16 a resistere ad un predeterminato sovraccarico per unità (cioè per un fattore multiplo della corrente nominale quando il trasformatore funziona alla tensione nominale), come 10, ad un cortocircuito improvviso senza movimento radiale della bobina 35 o qualsiasi effetto avverso sui mezzi di incapsulamento 36, 38 e/o 44.

Allo scopo di ottenere un'altra caratteristica desiderabile della presente invenzione, dei mezzi di smontaggio contengono una superficie interna 41 del tamburo per avvolgimenti 40, dove la superficie 41 è rivestita con un materiale, come politetrafluoroetilene, disponibile sotto il marchio Teflon, o fluoruro di polivinile, disponibile sotto il marchio Tedlar, avente poca affinità con i mezzi di incapsulamento 36. Questo rivestimento consente agli avvolgimenti primari e secondari 25 e 35, di mezzi di sostegno 30 e 42, ai mezzi di incapsulamento 38 e 44 e al tamburo per avvolgimenti 40 di essere rimossi dai mezzi di incapsulamento 36 e dal ramo 26 senza distruggere la configurazione di bobina 16, qualora fosse necessario sostituire un avvolgimento primario 25 e/o un avvolgimento secondario 35 o altri componenti del sistema di sostegno di bobina della bobina 16. I mezzi di smontaggio possono anche contenere un sottile foglio di materiale (non mostrato) interposto tra i mezzi di incapsulamento 36 e il tamburo per avvolgimenti 40, dove il foglio di materiale ha poca affinità per i mezzi di incapsulamento 36.

Un anello di serraggio 33 si sovrappone alla spira superiore del conduttore 27 dell'avvolgimento primario 25 e alla spira superiore del conduttore 37 dell'avvolgimento secondario 35 e spinge assialmente in modo compressivo i rispettivi conduttori 27 e 37 dell'avvolgimento primario 25 dell'avvolgimento secondario 35 insieme, come stringendo un sistema di serraggio 31 come un dado, su un prolungamento filettato dei mezzi di sostegno 30. Ancora, la periferia esterna dei mezzi di sostegno 30 è irruvidita, come mediante filettature esterne, o solchi circonferenziati distanziati assialmente, sulla loro lunghezza assiale, per fornire un'opportuna superficie per l'adesione e il sollevamento dei mezzi di incapsulamento 38. L'adesione dei mezzi di incapsulamento 38 sui mezzi di sostegno 30 impedisce il movimento assiale dell'avvolgimento 25 rispetto all'avvolgimento 35 dopo che i mezzi di incapsulamento 38 sono polimerizzati, poichè si consente ai mezzi di incapsulamento 38 di scorrere tra le spire sovrastanti dei conduttori 27 e 37 degli avvolgimenti 25 e 35 rispettivamente prima di essere polimerizzati.

Durante il montaggio del trasformatore i lamierini del ramo 26 possono essere disposti entro il tamburo per avvolgimenti 40 in modo che non sia necessario che il tamburo per avvolgimenti 40 contenga un cordone o rilievo. Un conduttore 27 è avvolto attorno al tamburo per avvolgimenti 40, usandolo come mandrino, per formare l'avvolgimento 25 e vengono montate le aste 30. Un mezzo di sostegno 52 è disposto attorno all'avvolgimento

25. Un conduttore 37 è avvolto attorno alle aste 30 formando l'avvolgimento 35, usando le aste 30 come guida o mandrino. I mezzi di sostegno 42 sono disposti attorno all'avvolgimento 35 e la forma 46 è radialmente distanziata e disposta attorno ai mezzi di sostegno 42.

Gli spazi tra il tamburo per avvolgimenti 40 e il ramo 26, gli avvolgimenti 25 e 35 e i mezzi di sostegno 42 e la forma 46 sono riempiti di fibre di vetro asciutte tagliate e costipate lascamente di preferenza aventi lunghezza di circa 3,17 mm (1/8 di pollice) e diametro di circa 0,254 mm (0,010 pollici), per esaltare la robustezza della resina polimerizzabile che deve essere fornita rispettivamente agli spazi per formare i rispettivi mezzi di incapsulamento 36, 38 e 44. Perciò, i mezzi di incapsulamento 36, 38 e 44, che sono formati localmente, comprendono fibre di vetro saturate di resina che in preferenza formano una miscela omogenea avente fibre di vetro disperse uniformemente entro la resina. La resina impregna anche i mezzi di sostegno 42 e 51 ed aderisce ai mezzi di sostegno 30. Le fibre di vetro avranno in generale un orientamento casuale entro la resina polimerizzata. Caratteristiche desiderate della resina comprendono compatibilità con le fibre di vetro e con componenti del sistema di sostegno, basso ritiro di volume durante la polimerizzazione e adeguato tempo di gelificazione o polimerizzazione per consentire un bagnamento completo del sistema di sostegno di bobine e delle fibre di vetro prima dell'indurimento. Alternativamente, le fibre di vetro possono essere mescolate con la resina prima che la resina venga introdotta nel complesso di bobina, benchè per certe applicazioni questo può portare ad una miscela troppo viscosa per scorrere adeguatamente e/o a segregazione delle fibre di vetro durante la polimerizzazione.

Si prevede che a causa della struttura monolitica creata dall'incapsulamento degli avvolgimenti e di altre porzioni del trasformatore secondo la presente invenzione e inoltre a causa delle capacità di conduzione termica relativamente bassa prevista per ogni opportuno mezzo di incapsulamento 36, 38 e 44 che viene usato, che il raffreddamento interno di almeno i rami 22, 24 e 26 del nucleo 20 sia necessario durante la maggior parte delle applicazioni di trasformatori. Tuttavia, la presente invenzione è anche applicabile a trasformatori dei quali non si crede necessario raffreddare internamente almeno una porzione del nucleo.

Quindi, è stato illustrato e descritto un sistema di sostegno di bobine per un trasformatore nel quale il sistema di sostegno di bobine fornisce un sostegno radiale e assiale ai conduttori formanti gli avvolgimenti del trasformatore e nel quale il sostegno è adeguato a limitare e a resistere a forze dovute ad un guasto. Inoltre, è stato mostrato e descritto un sistema di sostegno di bobine per un trasformatore, nel quale il sistema di sostegno di bobine può accogliere forze di origine termica e limitare e resistere a forze vibratorie dei lamierini del nucleo del trasformatore.

Benchè solo certe caratteristiche preferite dell'invenzione siano state mostrate a titolo di illustrazione, parecchie modifiche e cambiamenti capiteranno agli esperti nel ramo. Si deve capire che si intende proteggere tutte quelle modifiche e cambiamenti che cadono entro il vero spirito e il campo dell'invenzione.

Fig. 1

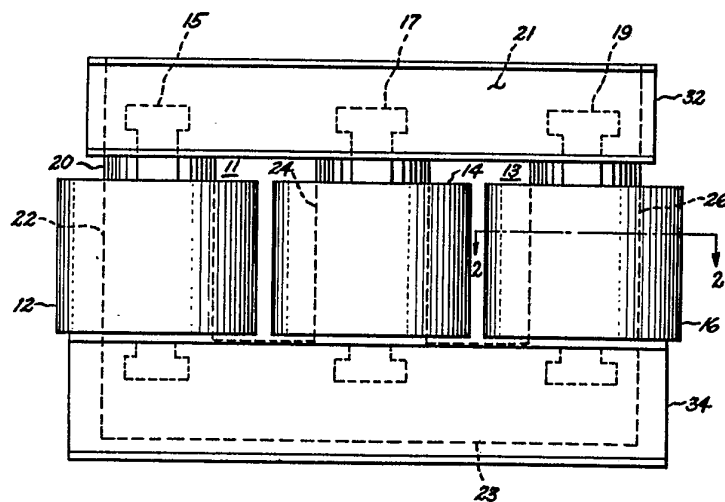


Fig. 2.

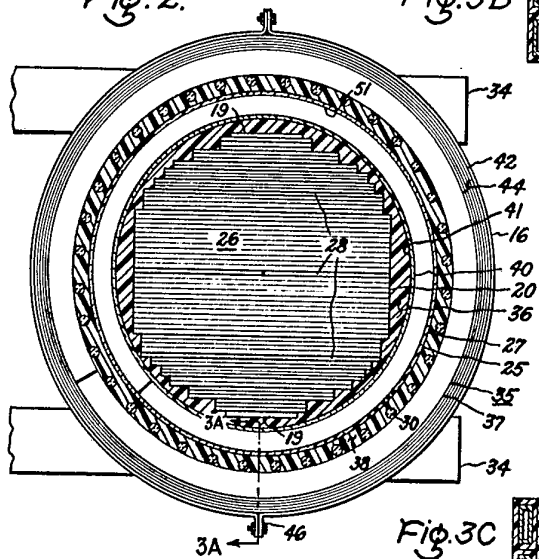


Fig. 3B

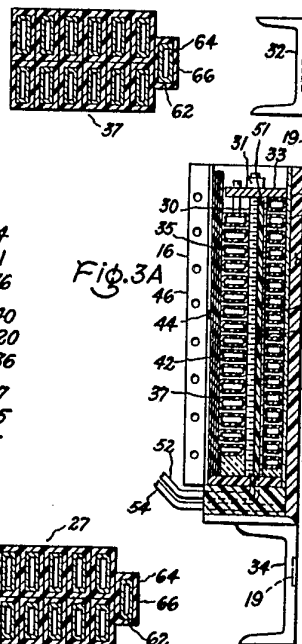


Fig. 3A

