



⑫ **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

⑰ Anmeldenummer: **93113452.2**

⑤ Int. Cl.⁵: **H01F 27/33, G10K 11/16**

② Anmeldetag: **24.08.93**

③ Priorität: **27.08.92 DE 4228101**

④ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.03.94 Patentblatt 94/10

⑧ Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB NL

⑦ Anmelder: **ABB PATENT GmbH**
Kallstadter Strasse 1
D-68309 Mannheim(DE)

⑦ Erfinder: **Lutz, Ferdinand, Dr.**
Frankenweg 24
D-53604 Bad Honnef(DE)

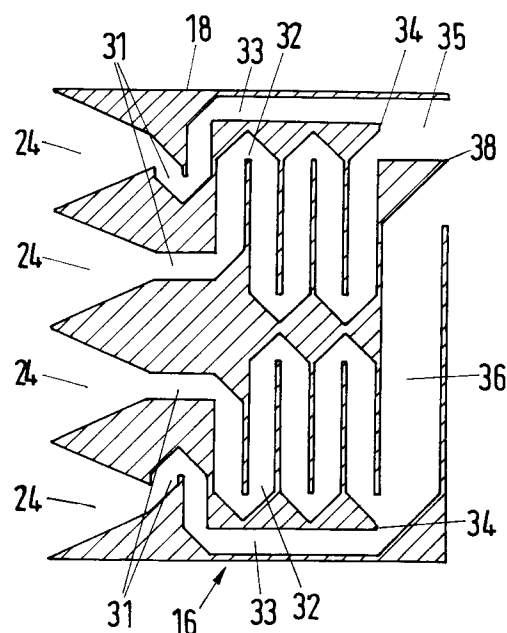
⑦ Vertreter: **Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing. et al**
c/o ABB Patent GmbH,
Postfach 10 03 51
D-68128 Mannheim (DE)

⑤ **Minderung der Schallemission von Transformatoren.**

⑤ Die Erfindung betrifft die Minderung der Schallemission von Transformatoren (10), indem die vom Transformator (10) emittierten Schallwellen in einen oder mehrere Konzentratoren eingeleitet und in diesen räumlich konzentriert werden, und daß die Schallwellen nach der Durchleitung durch die Konzentratoren in paarweise in akustischer Reihenschaltung angeordnete Interferenzschalldämmelemente eingeleitet werden, wobei pro Paar eines dieser Interferenzschalldämmelemente auf die niedrigste emittierte Schallfrequenz abgestimmt ist, und das andere Interferenzschalldämmelement auf den zweifachen Wert der niedrigsten emittierten Schallfrequenz abgestimmt ist. Ferner ist Gegenstand der Erfindung eine Einrichtung zur Minderung der Schallemission von Transformatoren (10), bei welcher die dem Transformator (10) zugewandte Wandseite einer Schalldämmwand (16) Einlauföffnungen (24) für die vom Transformator (10) emittierten Schallwellen aufweist, die einen sich verengenden Querschnitt aufweisen und jeweils in einen Kanal (26, 31) münden, welche Einrichtung ferner in der Schalldämmwand (16) angeordnete erste Interferenzschalldämmelemente (28, 32) besitzt, die auf die niedrigste vom Transformator (10) emittierte Frequenz ausgelegt sind, und zweite Interferenzschalldämmelemente (29, 33), die auf den zweifachen Wert der niedrigsten vom Transformator (10) emittierten Frequenz ausgelegt sind, wobei die ersten und zweiten Interfe-

renzschalldämmelemente (28, 29, 32, 33) in dem durch die Kanäle (26, 31) gebildeten Schallaufweg angeordnet sind und in akustischer Reihenschaltung miteinander verbunden sind.

Fig. 3



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Minderung der Schallemission von Transformatoren sowie eine Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Transformatoren sind Geräte zur Umwandlung einer ein- oder mehrphasigen Spannung in eine höhere oder niedrigere Spannung gleicher Frequenz, beispielsweise 50 Hz. Aufgrund des sinusförmigen Verlaufs der Wechselspannung haben die hieraus resultierenden Schallwellen in Folge der periodischen Ummagnetisierung der Transformatorwicklungen samt Eisenkern die doppelte Frequenz. Die Schallwellen werden quasi ungedämpft über das umgebende Gehäuse, bei flüssigkeitsisolierten Transformatoren, abgestrahlt und erreichen häufig einen unzulässig hohen Schallpegel. Demgemäß sind bei der Konstruktion von Leistungstransformatoren neben der Einhaltung der elektrischen Anforderungen gleichzeitig auch die Anforderungen an den Schallschutz zu beachten.

Die üblichen Verfahren zur Minderung des Schalls umfassen häufig Maßnahmen zur Senkung des erzeugten Schalls am Entstehungsort, beispielsweise durch Absenkung der Kerninduktion, oder aber zur Dämmung des Schalls durch Behinderung der Schallausbreitung mittels reflektierender Hindernisse sowie zur Schalldämpfung durch Absorption, also Vernichtung der Schallenergie innerhalb von dafür geeigneten Materialien durch Umwandlung in eine andere Energieform, z. B. Wärme.

Versuche zur aktiven Schalldämmung mittels Überlagerung des emittierten Schalls mit um eine halbe Wellenlänge phasenverschobenen und durch um den Transformator herum aufgestellten Lautsprechern emittierten "Anti-Schall" sind gemacht worden, ohne jedoch zu dem erhofften Erfolg zu führen. Ein Einsatz in der Praxis ist nicht bekannt, nicht zuletzt wegen des nicht unerheblichen Kostenaufwands.

Die heutzutage üblichen Maßnahmen zur Minderung der Schallemission von Transformatoren orientieren sich an den Forderungen nach niedrigen Emissionswerten, denen entsprochen werden kann. Von Nachteil dabei ist jedoch der damit verbundene, zum Teil beträchtliche, finanzielle Aufwand. Insbesondere auch im Hinblick auf die künftige Entwicklung mit einer weiteren Absenkung der maximal zulässigen Werte der tolerierten Schallemission besteht Bedarf an kostengünstigeren und gleichzeitig wirksameren Maßnahmen zur Minderung der Schallemission von Transformatoren.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung eine solche Maßnahme zur kostengünstigeren und noch wirksameren Minderung der Schallemission sowie eine Einrichtung zur Durchführung dieser Maßnahmen anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 sowie des Patentanspruchs 5 gelöst. Danach ist vorgesehen, daß die vom Transformator emittierten Schallwellen, die beispielsweise über sein Gehäuse abgestrahlt werden, in einen oder mehrere Konzentratoren eingeleitet und in diesen räumlich konzentriert werden, und daß die Schallwellen nach der Durchleitung durch die Konzentratoren in paarweise in akustischer Reihenschaltung angeordnete Interferenzschalldämmelemente eingeleitet werden, wobei pro Paar eines dieser Interferenzschalldämmelemente auf die niedrigste emittierte Schallfrequenz abgestimmt ist, und das andere Interferenzschalldämmelement auf den zweifachen Wert der niedrigsten Schallfrequenz abgestimmt ist.

Bei einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur Minderung der Schallemission von Transformatoren ist der betreffende Transformator auf wenigstens einer Seite mit einer Schalldämmwand versehen, wobei die dem Transformator zugewandte Wandseite der Schalldämmwand durch Einlauföffnungen gebildete Konzentratoren für die emittierten Schallwellen aufweist, die einen sich nach innen verengenden Querschnitt haben und jeweils in einen Kanal münden, daß in der Schalldämmwand erste Interferenzschalldämmelemente in dem durch die Kanäle gebildeten Schalllaufweg angeordnet sind, die auf die niedrigste emittierte Frequenz ausgelegt sind, daß in der Schalldämmwand zweite Interferenzschalldämmelemente vorgesehen sind, die auf den zweifachen Wert der niedrigsten emittierten Frequenz ausgelegt sind und daß die ersten und zweiten Interferenzschalldämmelemente in akustischer Reihenschaltung miteinander verbunden sind. Die zur Schalldämmung vorgesehene Schalldämmwand kann den betreffenden Transformator allseitig oder auch nur partiell umgeben, je nachdem, wie die örtlichen Schallschutzanforderungen lauten. Stets aber ist darauf zu achten, daß die Schalldämmwand in ihren Abmessungen ausreichend auf die Geometrie der Schallausbreitung abgestimmt ist.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die ersten und zweiten Interferenzschalldämmelemente als Umwegleitungs-Interferenzschalldämmelemente ausgeführt sind.

Gemäß einer anderen bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Interferenzschalldämmelemente als Resonanzdämpfer ausgeführt, wobei jeder Resonanzdämpfer als Stichleitung ausgeführt ist. Dabei entspricht der Querschnitt der Stichleitung der Summe der Querschnitte des zu der Stichleitung hinführenden Kanals und des von der Stichleitung wegführenden Kanals.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einrichtung zur Minderung

der Schallemission von Transformatoren, die sich auf einen Transformator mit einem einen Transformator-kern umschließenden und Isolierflüssigkeit aufnehmenden Transformatorgehäuse bezieht, ist vorgesehen, daß vornehmlich senkrecht zu den für die Schalleitung vorgesehenen Kanälen weitere Kanäle in der Schalldämmwand angeordnet sind, durch welche Isolierflüssigkeit hindurchgeleitet wird. Mit dieser Ausgestaltung ist es möglich, die Anzahl und Größe der auf der Gehäuseaußenwand üblicherweise angeordneten Kühlrippen, die eine wesentliche Vergrößerung der Gehäuseoberfläche und damit gleichzeitig eine Vergrößerung der Abstrahlfläche für Schallwellen bewirken, möglichst gering zu halten, da die Kühlung der betriebsbedingt erwärmten Isolierflüssigkeit nunmehr in einem schallgedämpften Bereich stattfindet. Hierdurch ist einerseits die Kühlstelle räumlich getrennt von der Erwärmungsstelle und gleichzeitig ist aufgrund der verringerten Oberfläche des Transformatorgehäuses dessen Schallemission deutlich verringert.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß die Einlauföffnungen wie auch die Interferenzschalldämmelemente aus extrudierten Profilen, vorzugsweise aus Aluminiumlegierung, und/oder aus Blechen bestehen.

Die erfindungsgemäße Gestaltung der Schalldämmwände unter Verwendung von Einlauföffnungen sowie von ersten Interferenzschalldämmelementen, die auf die niedrigste emittierte Frequenz und von zweiten Interferenzschalldämmelementen, die auf den zweifachen Wert der niedrigsten emittierten Frequenz ausgelegt sind, ergibt sich entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren nach durchlaufen der Schallwellen durch die Schalldämmwände in vorteilhafter Weise ein Auslöschten der Schallwellen sowohl für die Grundfrequenz als auch für alle Oberwellen, die ein vielfaches der Grundfrequenz sind.

Dabei erfolgt das Auslöschten der Schallwellen der niedrigsten emittierten Frequenz sowie aller Oberwellen, die ein ungerades Vielfaches dieser Frequenz haben, in den erfindungsgemäßen ersten Interferenzschalldämmelementen, die auf die niedrigste emittierte Frequenz ausgelegt sind.

Das Auslöschten aller Oberwellen, die ein gerades Vielfaches der niedrigsten emittierten Frequenz haben, erfolgt in der erfindungsgemäßen zweiten Interferenzschalldämmelementen, die auf den zweifachen Wert der niedrigsten emittierten Frequenz ausgelegt sind.

Die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Schalldämmwände bzw. der darin integrierten Bauelemente wie Einlauföffnungen, Kanäle und erste und zweite Interferenzschalldämmelemente, in der Weise, daß zusätzliche Kanäle, durch welche die Isolierflüssigkeit des Transformators geleitet werden kann, ist es möglich, auf vorteilhafte und ins-

besondere raumsparende Weise kostengünstig die ansonsten erforderlichen Kühler für die Isolierflüssigkeit zu ersetzen, die üblicherweise ebenfalls an der Außenseite des Transformators positioniert werden.

Darüberhinaus ist es möglich mit Hilfe der erfindungsgemäßen Schalldämmwände auch bereits im Betrieb befindliche Transformatoren nachzurüsten und so eine Senkung deren Lärmemission zu erreichen. Hierbei werden die vorhandenen Kühler entfernt und durch die erfindungsgemäßen Schalldämmwände ersetzt, denen dann auch die Funktion der Kühler zukommt. Diese und weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels der Erfindung sollen die Erfindung, sowie vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserung der Erfindung näher erläutert und beschrieben werden.

Es zeigen:

- Figur 1 einen Transformator mit daran angeordneter Schalldämmwand gemäß der Erfindung in Schrägansicht
- Figur 2 einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Schalldämmwand mit als Resonanzdämpfer mit Stichleitung ausgebildeten Interferenzschalldämmelementen
- Figur 3 einen Schnitt durch eine Schalldämmwand mit Umwegleitungs-Interferenzschalldämmelementen

In Figur 1 ist in perspektivischer Darstellung ein Großtransformator 10 in einem Gehäuse 12 mit an der Oberseite des Gehäuses 12 angeordneten Einspeiseisolatoren 14 dargestellt, an dessen dem Betrachter zugewandten Längsseite des Gehäuses 12 eine Schalldämmwand 16 angeordnet ist.

Die Schalldämmwand 16 ist aus einzelnen gleichförmig gestalteten Modulen 18 gebildet, die aneinandergebaut die Schallwand 16 ergeben.

Jedes Modul 18 ist über Rohrverbindungen 20 an seiner Oberseite mit dem Gehäuse 12 des Transformators 10 verbunden. Durch diese Rohrverbindung 20 wird Isolierflüssigkeit zur Kühlung hindurchgeleitet.

An seiner dem Gehäuse 12 des Transformators 10 abgewandten, hierzu parallelen Fläche besitzt jedes Modul 18 eine Schallaustrittsöffnung 22, durch welche Restschall austreten kann, nachdem der von der Transformatorlängsseite emittierte und von den Modulen 18 mittels hier nicht erkennbarer, jedoch in Figuren 2 und 3 gezeigter Schall-Einlauföffnungen 24, aufgenommene Schall die in der Schalldämmwand 16 befindlichen ersten und zweiten Interferenzschalldämmelemente durchlaufen hat.

Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch mehrere Module 18 einer erfindungsgemäßen Schalldämmwand 16, bei welchem zwei Schall-Einlauföffnungen 24 nebeneinander angeordnet und mit Kanälen 26 verbunden sind. Beiderseits der Kanäle 26 sind erste und zweite Interferenzschalldämmelemente 28, 29 angeordnet, die als Resonanzdämpfer mit Stichleitung ausgeführt sind. Das gezeigte Modul ist aus extrudiertem Profil, bzw. aus der Kombination von extrudierten Profilen und Verbindungsblechen gefertigt. Innerhalb der Profile sind überwiegend senkrecht zu den für die Schalleitung vorgesehenen Kanälen 26 weitere rohrartig ausgebildete Kanäle 30 vorgesehen, die zur Durchleitung der Isolierflüssigkeit dienen.

Die Verwendung von extrudierten Profilen ist sowohl vorteilhaft in bezug auf die Fertigungskosten, insbesondere bei Verwendung entsprechender Aluminiumlegierungen, als auch in bezug auf den guten Wärmeübergang von der in den Kanälen 30 fließenden Isolierflüssigkeit auf die Profile und die daran angebrachten Bleche. Durch die große Oberfläche ist vorteilhaft für eine gute Wärmeabgabe an die umgebende Luft gesorgt.

Durch die entsprechende räumliche Anordnung der Profile und Bleche sind Kanäle 27 gebildet, die als Stichleitungen die Funktion von Resonanzdämpfern haben. Dabei sind die kürzeren Stichleitungen 29 auf den zweifachen Wert der niedrigsten emittierten Frequenz ausgelegt, während die längeren Stichleitungen 28 auf die niedrigste emittierte Frequenz ausgelegt sind. Durch das Nebeneinanderanordnen der Module werden auf der zum hier nicht gezeigten Transformator zugewandten Seite Einlauföffnungen 24 gebildet, durch die der auf die Schalldämmwand 16 auftreffende Schall in die vorhandenen Kanäle 26, 27 geführt wird.

In Figur 3 ist ein Querschnitt durch eine Schalldämmwand 16 gezeigt, bei der die ersten und zweiten Interferenzschalldämmelemente 32, 33 als Umwegleitungs-Interferenzschalldämmelemente ausgeführt sind. Auf der dem hier nicht gezeigten Transformator zugewandten Seite sind Einlauföffnungen 24 vorgesehen, durch welche der auf die Schalldämmwand 16 auftreffende Schall in die Kanäle 27 geleitet wird.

Jeweils zwei Kanäle 32, 33 sind in ihren unterschiedlichen Längen so aufeinander abgestimmt, daß nach dem Durchlaufen des Schalls der niedrigsten emittierten Frequenz sowie alle Oberwellen, die ein ungerades Vielfaches dieser Frequenz haben ein Auslöschen entsprechend dem Prinzip der Interferenzdämpfung durch Umwegleitung erfolgt.

An den Orten 34, an denen zwei einander zugeordnete Kanäle 32, 33 wieder zusammentreffen, erfolgt jedoch für Schall, der ein gerades Vielfaches der niedrigsten emittierten Frequenz hat, keine Auslöschung durch Interferenz. Deshalb sind im

Anschluß an diese Orte 34 weitere, in ihren unterschiedlichen Längen so aufeinander abgestimmte Kanäle 35, 36 in akustischer Reihenschaltung angeordnet, die als Interferenzschalldämmelemente auf ein gerades Vielfaches der niedrigsten emittierten Frequenz abgestimmt sind und damit auch für diese Oberwellen ein Auslöschen am Ort 38 ihres Zusammentreffens erreichen.

Patentansprüche

1. Minderung der Schallemission von Transformatoren, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Transformator (10) emittierten Schallwellen in einen oder mehrere Konzentratoren eingeleitet und in diesen räumlich konzentriert werden, und daß die Schallwellen nach der Durchleitung durch die Konzentratoren in paarweise in akustischer Reihenschaltung angeordnete Interferenzschalldämmelemente eingeleitet werden, wobei pro Paar eines dieser Interferenzschalldämmelemente auf die niedrigste emittierte Schallfrequenz abgestimmt ist, und das andere Interferenzschalldämmelement auf den zweifachen Wert der niedrigsten emittierten Schallfrequenz abgestimmt ist.
2. Einrichtung zur Minderung der Schallemission von Transformatoren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß auf wenigstens einer Seite des Transformators (10) eine Schalldämmwand (16) vorgesehen ist, die in einem definierten Abstand zum Transformator (10) angeordnet ist, daß die dem Transformator zugewandte Wandseite der Schalldämmwand (16) Einlauföffnungen (24) für die von Transformator (10) emittierten Schallwellen aufweist, die einen sich verengenden Querschnitt haben und jeweils in einen Kanal (26, 31) münden, daß in der Schalldämmwand (16) erste Interferenzschalldämmelemente (28, 32) in dem durch die Kanäle (26, 31) gebildeten Schallaufweg angeordnet sind, die auf die niedrigste vom Transformator (10) emittierte Frequenz ausgelegt sind, daß in der Schalldämmwand (16) ferner zweite Interferenzschalldämmelemente (29, 33) in dem durch die Kanäle (26, 31) gebildeten Schallaufweg vorgesehen sind, die auf den zweifachen Wert der niedrigsten vom Transformator (10) emittierten Frequenz ausgelegt sind und daß die ersten und zweiten Interferenzschalldämmelemente (28, 29, 32, 33) in akustischer Reihenschaltung miteinander verbunden sind.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten Interferenzschalldämmelemente als Umwegleitungs-

Interferenzschalldämmelemente (32, 33) ausgeführt sind.

33) aus Aluminiumlegierung hergestellt sind.

4. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Interferenzschalldämmelemente als Resonanzdämpfer (28, 29) ausgeführt sind. 5
5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Resonanzdämpfer (28, 29) in Form von Stichleitungen (27) ausgeführt ist. 10
6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der Stichleitung (27) der Summe der Querschnitte des zu der Stichleitung hinführenden Kanals (26) und des von der Stichleitung wegführenden Kanals (26) entspricht. 15
7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten Interferenzschalldämmelemente (28, 29, 32, 33) in Modulen (18) angeordnet sind. 20
8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalldämmwand (16) aus Modulen (18) zusammengesetzt ist. 25
9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8 mit einem Transformatorgehäuse, welches einen Transformatorkern und diesen umgebende Isolierflüssigkeit umschließt, dadurch gekennzeichnet, daß in der Schalldämmwand (16) weitere rohrartig ausgebildete Kanäle (30) vorgesehen sind, die vornehmlich senkrecht zu den für die Schalleitung vorgesehenen Kanälen (26, 31) angeordnet sind und durch welche Isolierflüssigkeit zur Kühlung hindurchgeleitet wird. 30
35
40
10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Einlauföffnungen 24 und die ersten und zweiten Interferenzschalldämmelemente (28, 29, 32, 33) aus extrudierten Profilen und aus Blechen gebildet sind. 45
11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die aus Profilen und Blechen gebildeten Einlauföffnungen (24) und ersten und zweiten Interferenzschalldämmelementen (28, 29, 32, 33) zu Modulen (18) zusammengesetzt sind. 50
12. Einrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einlauföffnungen (24) und die ersten und zweiten Interferenzschalldämmelemente (28, 29, 32, 55

Fig. 1

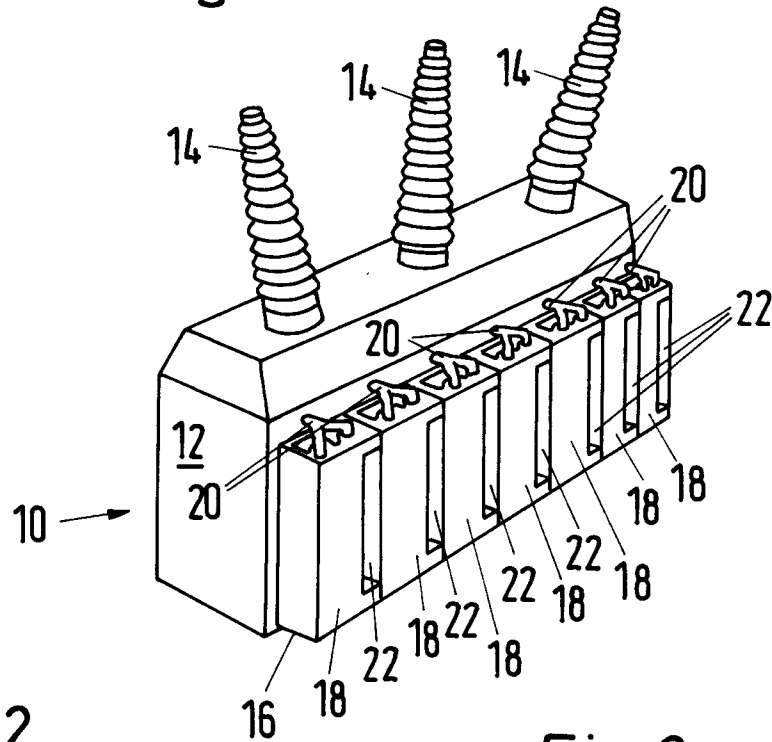


Fig. 2

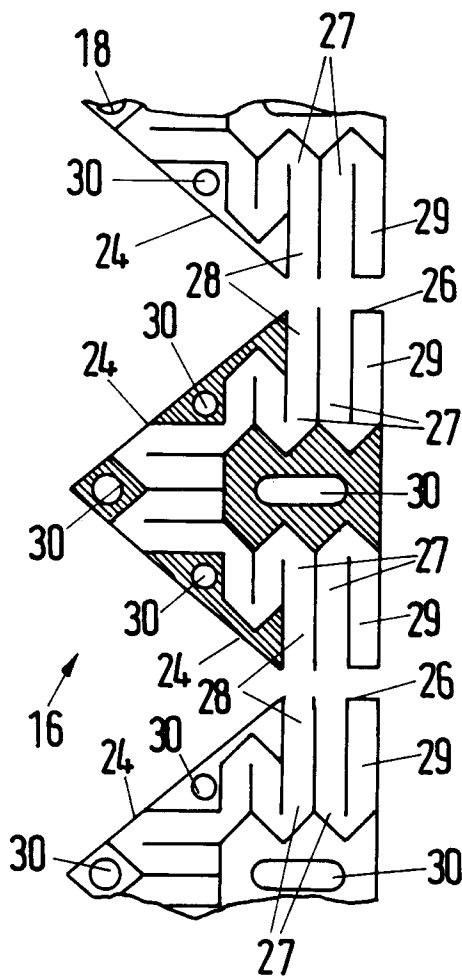
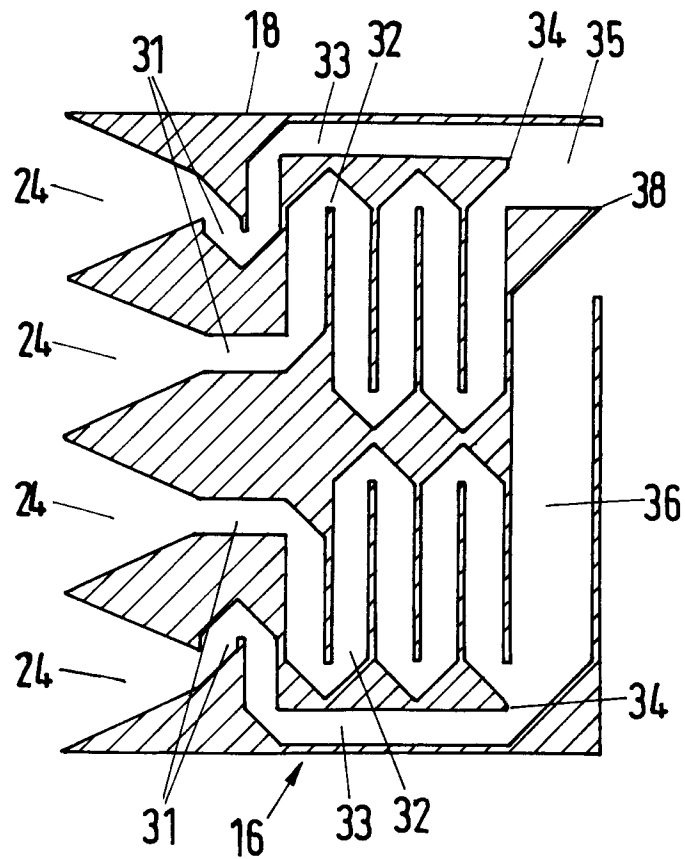


Fig. 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 93 11 3452

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)
Y	US-A-4 840 251 (BRIDGESTONE CORPORATION) * Spalte 6, Zeile 26 - Zeile 55 * ---	1	H01F27/33 G10K11/16
Y	FR-A-2 300 384 (LOCKHEED AIRCRAFT CORP.) * Abbildungen 1-5 * ---	1	
A	US-A-4 373 608 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) ---		
A	DE-A-30 23 097 (HITACHI) ---		
A	US-A-4 339 018 (LORD CORPORATION) ---		
A	US-A-2 043 030 (THE MAXIM SILENCER COMPANY) -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.5) H01F G10K
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 17. Dezember 1993	Prüfer Vanhulle, R
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			