



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0909685-0 B1**



**(22) Data do Depósito: 04/03/2009**

**(45) Data de Concessão: 13/10/2020**

---

**(54) Título:** ENROLAMENTO DE DISCO PARA UM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA

**(51) Int.Cl.:** H01F 27/28.

**(30) Prioridade Unionista:** 04/03/2008 FI 20080181.

**(73) Titular(es):** ABB SCHWEIZ AG.

**(72) Inventor(es):** TIMO TUOMISTO.

**(86) Pedido PCT:** PCT FI2009000032 de 04/03/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/109689 de 11/09/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 03/09/2010

**(57) Resumo:** ENROLAMENTO DE DISCO. A presente invenção refere-se a um enrolamento de disco de um transformador de potência ou um choque compreendendo uma pluralidade de condutores paralelos de fio única. O tempo de trabalho para curvar os fios condutores de cruzamentos é reduzido pelo compartilhamento do enrolamento axialmente na pluralidade de seções, sendo os cruzamentos dentro de uma seção cruzamentos duplos idênticos (6), em que os fios condutores estão sendo curvados em dois grupos, e estando entre as seções um cruzamento de transposição duplo padronizado (9), em que os fios condutores estão sendo curvados em dois grupos, o fio condutor externo no primeiro grupo e o restante no outro grupo.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**ENROLAMENTO DE DISCO PARA UM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA**".

Antecedentes da Invenção

[001] A presente invenção refere-se a um enrolamento de disco de um transformador de potência ou um transformador de distribuição ou um reator que compreende dois ou vários fios condutores paralelos simples ou cabos duplos.

[002] Para tornar um condutor mais fácil de curvar e para reduzir correntes parasitas, um condutor de enrolamento de transformador de potência consiste tipicamente em vários fios condutores planos paralelos de cobre ou alumínio ao invés de um condutor retangular grande.

[003] Cada fio condutor tem uma camada de isolamento em sua superfície que permite a diferença de potencial entre os fios condutores adjacentes e por isso impedindo corrente parasita de um fio condutor para outro.

[004] Ainda existem sérios problemas. O comprimento dos fios condutores paralelos se torna diferente de um para o outro já que a distância média do núcleo do transformador é diferente. Por conseguinte, a tensão induzida entre os fios condutores torna-se diferente de um a cada outro e sendo galvanicamente conectados de ambas as extremidades, existem correntes que circulam aquecendo o enrolamento. Também a corrente de carga não se divide igualmente para cada fio condutor, decrescendo a capacidade de carga total. Na técnica anterior, há duas soluções principais para evitar esses problemas.

[005] Uma estrutura convencional de enrolamento deve ter um cruzamento de transposição tipo espelho-imagem entre cada dois discos adjacentes, onde cada fio condutor individual em cada cruzamento é curvado separadamente. O problema desta solução é uma grande quantidade de fios condutores separados para serem curvados manualmente e cuidadosamente isolados.

[006] Na WO03/067616, na figura 6, o requerente apresenta um enrolamento de disco, que é compartilhado axialmente na pluralidade de seções, sendo cada cruzamento em uma seção um tipo onde todos os fios condutores são curvados essencialmente paralelos. Um tipo de cruzamento duplo de transposição entre cada duas seções adjacentes traz o equilíbrio de corrente e tensão entre os fios condutores. Preferencialmente o enrolamento é fracionado por em tantas seções axiais quanto existem fios condutores paralelos de cobre ou de alumínio em um fio condutor para alcançar o bom equilíbrio de tensão. Alternativamente, o enrolamento pode ser fracionado a um número de seções cujo número é múltiplo da quantidade de fios condutores paralelos.

[007] Em um caso de número par de seções, como 6 ou 8 há um número ímpar de cruzamentos de transposição entre as seções e um cruzamento de transposição de espelho e imagem está localizado no meio do enrolamento tornando desnecessário fazer o procedimento de cálculo de otimização de localização.

[008] Na WO03/067616 figura 7, o requerente apresenta um enrolamento de disco, que é quase o mesmo como era na fig. 6, mas o complicado cruzamento de transposição de espelho imagem no meio do enrolamento foi substituído por um cruzamento de transposição do tipo metade e metade.

[009] O curvamento paralelo significa que cada um dos fios condutores paralelos estão sendo curvados em um estágio usando, por exemplo uma ferramenta pneumática, hidráulica ou ferramenta manual acionada eletricamente.

[0010] Os enrolamentos progressivos acima mencionados são bons para os discos de volta inteira, mas não podem ser usados para enrolamentos com discos de meia volta. O uso de meias voltas aumenta a flexibilidade de concepção dos enrolamentos para otimizar o processo de fabricação.

[0011] Para curvar vários fios condutores em paralelo, é necessária muita energia mecânica. Máquinas semiautomáticas de enrolamento são hoje tipicamente equipadas com dois cabeçotes de curvar para fazer cruzamentos de tipo duplos. Para fazer um curvamento paralelo os fios condutores devem ser fracionados entre os dois cabeçotes de curvar para compartilhar a energia mecânica necessária para curvar. Um posicionamento rigoroso dos dois feixes de fios condutores para os cabeçotes de curvar é necessário para obter um curvamento realmente paralelo e para tê-lo em um intervalo de espaçador entre dois espaçadores adjacentes. O papel de isolamento, que é usado para cada segundo fio condutor amplia o condutor paralelo curvado. A idéia da invenção é fazer os enrolamentos mais adequados para máquinas de enrolamento semiautomáticas em geral e especialmente para discos de meia volta lá.

#### Breve Descrição da Invenção

[0012] O objetivo da invenção é o de prover um enrolamento de disco de tal forma que os problemas acima mencionados possam ser resolvidos. A idéia principal é ter um tipo de cruzamento uniforme dentro de uma seção, adequado para máquina de enrolar semiautomática com dois cabeçotes de curvar e um cruzamento de transposição padronizado entre cada seção adjacente.

#### Breve Descrição das Figuras

[0013] Na sequência a invenção será descrita em maior detalhe em conexão com versões preferidas, com referência aos desenhos anexos, em que:

[0014] A figura 1 é uma vista esquemática de um enrolamento com um cruzamento duplo, onde os fios condutores estão sendo curvados em dois grupos;

[0015] A figura 2 mostra uma vista esquemática do cruzamento duplo com fitas de isolamento adicionais;

[0016] A figura 3 mostra um desenho conceitual de um cruzamento duplo, onde oito fios condutores paralelos são curvados em dois grupos;

[0017] A figura 4 mostra um desenho conceitual de cruzamento de transposição duplo, onde oito fios condutores paralelos são curvados em dois grupos;

[0018] A figura 5 mostra um diagrama de cruzamento de enrolamento de disco para cinco fios condutores paralelos para discos de volta completa;

[0019] A figura 6 mostra um diagrama de cruzamento de enrolamento de disco para seis fios condutores paralelos para discos de meia volta.

#### descrição Detalhada da Invenção

[0020] A figura 1 mostra uma vista parcial esquemática de um enrolamento de disco de um transformador de potência de acordo com a invenção. Um enrolamento de disco consiste em um condutor (1) enrolado ao redor de um cilindro de bobina de isolamento (2). As varas (3), garantem o fluxo axial do líquido de arrefecimento, mas também são dispostos para alinhar os espaçadores isolantes (4). Um disco (5) geralmente consiste em várias voltas radiais do condutor (1) e é axialmente separado do disco anterior e disco seguinte por espaçadores isolantes (4). O espaço entre dois espaçadores (4) é chamado um intervalo de espaçador (8). De acordo com a invenção em uma seção o condutor (1) é transferido de um disco para outro, curvando-o como um cruzamento duplo (6).

[0021] A figura 2 mostra uma vista detalhada do esquema de cruzamento duplo (6). Um condutor (1) consiste em oito fios condutores essencialmente paralelos (1, ..., 1h). Em um cruzamento duplo (6) o primeiro grupo, com três fios condutores adjacentes (1a, 1b, 1c) estão sendo curvados de um disco (5) para outro em um primeiro intervalo de espaçador (8) entre dois espaçadores adjacentes (4) e o segundo grupo

com os últimos cinco fios condutores (1d, 1e, 1f, 1g, 1h) são curvados no próximo intervalo de espaçador (8).

[0022] Para garantir um nível suficiente de isolamento do condutor (1), cada segundo fio condutor é tipicamente envolto por uma faixa de isolamento adicional (7). Se tínhamos oito fios condutores em uma curvatura paralela, quatro tiras de isolante (7) foram localizadas em paralelo expandindo o diâmetro radial do disco (5). Comparado com isso, um cruzamento duplo neste exemplo necessita de apenas uma ou duas faixas de isolamento (7) paralelas, poupando assim espaço radial do enrolamento.

[0023] A figura 3 mostra o principal do cruzamento duplo (6), onde os fios condutores estão sendo curvados em dois grupos. Oito fios condutores (1, ..., 1h) são divididos em grupos de três (1a, 1b, 1c) e cinco fios condutores (1d, ..., 1h).

[0024] De acordo com a invenção, a fração desses dois grupos de fios condutores pode variar, dependendo da quantidade total de fios condutores. Normalmente em enrolamentos de um transformador de potência existe quatro a oito, mas poderia ser ainda mais fios condutores em um condutor. Isso significa que o número de fios condutores no primeiro grupo poderia ser de dois até a metade do número total de fios condutores e o segundo grupo ser composto do restante dos fios condutores.

[0025] Em um caso de quatro fios condutores os grupos são dois e dois, para cinco fios condutores dois e três, seis fios condutores dois e quatro ou três e três. Para sete fios condutores os grupos são dois e cinco ou três e quatro, para oito fios condutores dois e seis, três e cinco ou quatro e quatro. Para discos de metade de volta deve haver um número par de fios condutores que têm de ser divididas em dois grupos iguais, metade e metade.

[0026] Devido a que cada cruzamento dentro de uma seção são

iguais uns aos outros, os dois feixes de fios condutores situam-se através dos dois cabeçotes de curvar da máquina semiautomática de enrolamento. Devido a que não há nenhuma necessidade de remover os fios condutores do cabeçote de curvar durante o enrolamento dentro de uma seção, é evitado trabalho manual e economizado tempo.

[0027] A figura 4 mostra um cruzamento duplo de transposição padrão utilizado entre cada duas seções adjacentes de acordo com a invenção. Em qualquer caso, o fio condutor vertente mais externo será curvado primeiro separadamente de todos os outros fios condutores. O restante dos fios condutores manterá sua ordem interna e são para serem curvados no próximo intervalo espaçador (8). O usuário não precisa ler nenhum para cada transposição, porque elas são padronizadas para ser deste tipo, em qualquer caso.

[0028] O número de cruzamentos de transposição de um enrolamento é  $n-1$  para número ímpar de fios condutores ( $n$ ) e  $n/2-1$  para enrolamentos com o mesmo número de fios condutores ( $n$ ).

[0029] A figura 5 O enrolamento compreende cinco seções neste exemplo onde cada seção é composta por quatro discos (5). O número total de discos em um enrolamento depende das necessidades elétricas. Normalmente em um transformador de potência é de 60 a 130. Neste diagrama, o primeiro disco de todo o enrolamento está na parte inferior e o último disco está no topo.

[0030] No início os dois fios condutores mais externos (1a, 1b) estão situados através do primeiro cabeçote de curvar e todos os restantes três (1c, 1d, 1e), fios condutores estão situados através do segundo cabeçote de curvar. Os grupos são: (1a, 1b), (1c, 1d, 1e), no disco mais inferior do enrolamento. Em cada cruzamento duplo (6), estes dois grupos serão cruzados de forma que o grupo mais externo vem para ser mais interno e vice-versa. No final da primeira seção, os grupos são (1c, 1d, 1e), (1a, 1b). Correspondentemente, o primeiro grupo poderia ser

formado por dois fios mostra um diagrama de cruzamento de enrolamento de disco exemplificativo para cinco fios condutores paralelos (1a, ..., 1e), condutores mais internos e um outro grupo de todo o restante dos fios condutores.

[0031] O cruzamento duplo de transposição padronizado (9) consiste também de dois grupos. Primeiro o utilizador deve mover os dois fios condutores (1d, 1e) do segundo cabeçote de curvar para o primeiro cabeçote de curvar e, então, curvar o fio condutor mais externo (1c) e depois o outro grupo (1d, 1e, 1a, 1b), no próximo intervalo de espaçador (8). Quando o primeiro cruzamento duplo de transposição (9) foi feito, os grupos são (1d, 1e, 1a, 1b), (1c). Agora o usuário deve organizar os fios condutores de modo que um grupo de (1d, 1e) será movido para o primeiro cabeçote de curvar e o grupo (1a, 1b, 1c) vem para o segundo cabeçote de curvar. Toda a seção dupla correrá por estes dois grupos de curvar.

[0032] A figura 6 mostra um diagrama de cruzamento de enrolamento de disco exemplificativo para seis fios condutores paralelos (1a, ..., 1f) do tipo de enrolamento de disco de uma metade de volta. O enrolamento compreende três seções neste exemplo, cada seção compreendendo quatro discos (5). Devido a que de três seções, existem apenas dois cruzamentos de transposição (9) correspondente à fórmula  $n / 2 - 1$ , onde seis é o número de fios condutores (n).

[0033] Para enrolamentos de disco de meia volta um cruzamento duplo (6) dentro de uma seção sempre tem a metade dos fios condutores no primeiro grupo e o restante das metades de fios condutores no outro grupo.

[0034] Ao ler o diagrama de qualquer tipo de enrolamento de disco de meia volta deve ser entendido que, em um cruzamento duplo (6), as duas curvaturas vão ser feitas no lado oposto do cilindro de bobina (2) de cada outro.

[0035] No primeiro disco, o primeiro grupo (1a, 1b, 1c) tem apenas duas voltas e meia antes da primeira parte do cruzamento duplo, mas o outro grupo (1d, 1e, 1f) tem três voltas completas antes da segunda parte do cruzamento duplo. No segundo disco, a situação é oposta de forma que, como resultado há um número igual de voltas para cada fio condutor no enrolamento. Esta disposição torna possível ter não apenas voltas completas, como 2 ou 3 por disco, mas como também meia voltas como 5 voltas por dois discos, fazendo a média de 2,5 voltas por disco, como neste exemplo.

## REIVINDICAÇÕES

1. Enrolamento de disco para um transformador de potência ou um reator com enrolamentos cilíndricos, sendo que um condutor (1) compreende uma pluralidade de fios condutores planos paralelos (1a , ... ,1h), sendo o enrolamento compartilhado em uma pluralidade de seções axiais, cada seção compreendendo uma pluralidade de discos (5), cada disco (5), compreendendo uma pluralidade de voltas de condutor (1), cada disco (5) sendo separado por espaçadores (4) e o espaço entre cada espaçador (4) sendo um intervalo de espaçador (8), caracterizado pelo fato de que cada cruzamento dentro de uma seção sendo um cruzamento duplo (6) no qual os fios condutores são curvados em dois grupos, sendo que pelo menos dois fios condutores estão no primeiro grupo e que são curvados em um intervalo de espaçador (8) entre dois espaçadores (4) adjacentes, e o resto dos fios condutores estão no segundo grupo e que são curvados no próximo intervalo de espaçador (8), e um cruzamento de transposição duplo (9) entre cada duas seções axialmente adjacentes, sendo que o fio condutor mais externo é curvado em um intervalo de espaçador (8) mais interno e todos os restantes fios condutores devem ser curvados em outro grupo no próximo intervalo de espaçador (8).

2. Enrolamento de disco de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o número das ditas seções é um múltiplo ou igual ao número ímpar de fios condutores paralelos (1a, ... 1e).

3. Enrolamento de disco de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o número de seções é a metade do número par de fios condutores paralelos (1a, ... 1h).

4. Enrolamento de disco de acordo com a reivindicação 1 ou 3, caracterizado pelo fato de que as duas curvaturas de um cruzamento duplo (6) são dispostas, essencialmente, para o lado oposto do cilindro de bobina de isolamento (2) de cada outro para prover enrolamentos do tipo de meias voltas por disco.

1/4

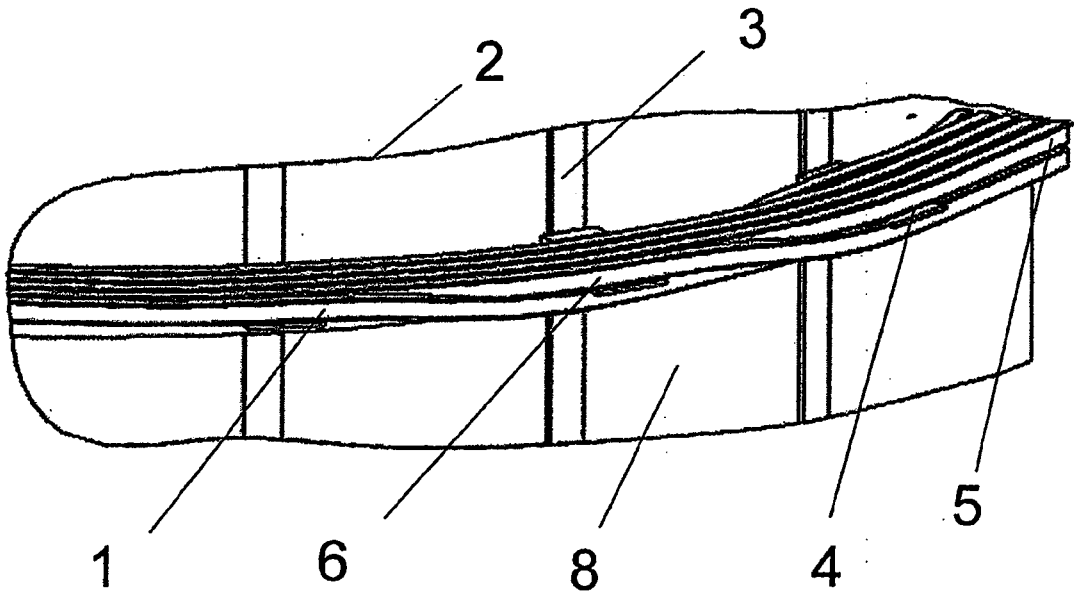


FIG. 1

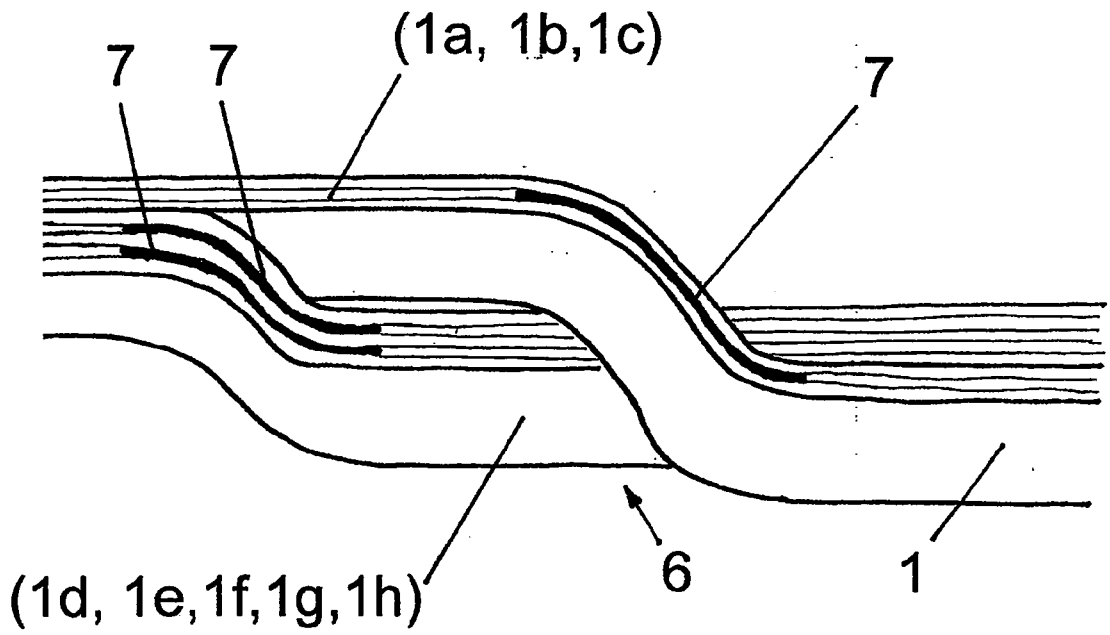


FIG. 2

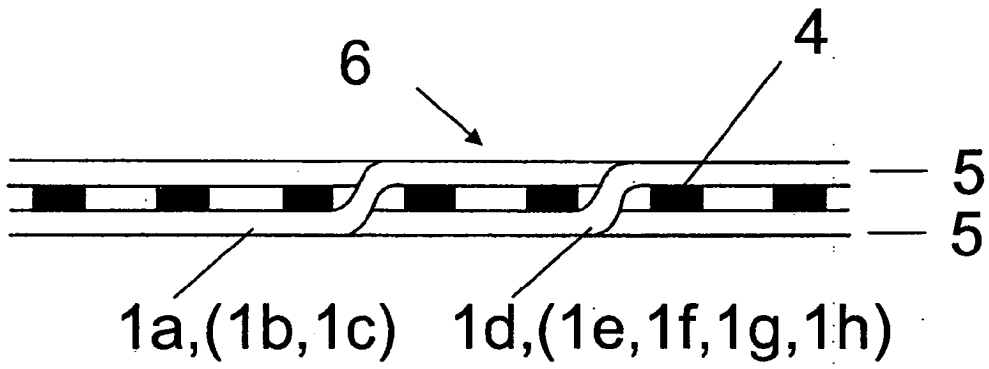


FIG. 3

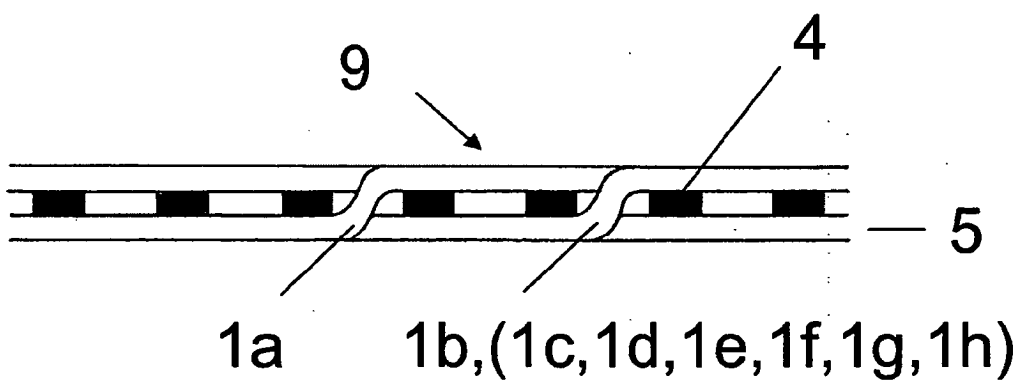


FIG. 4



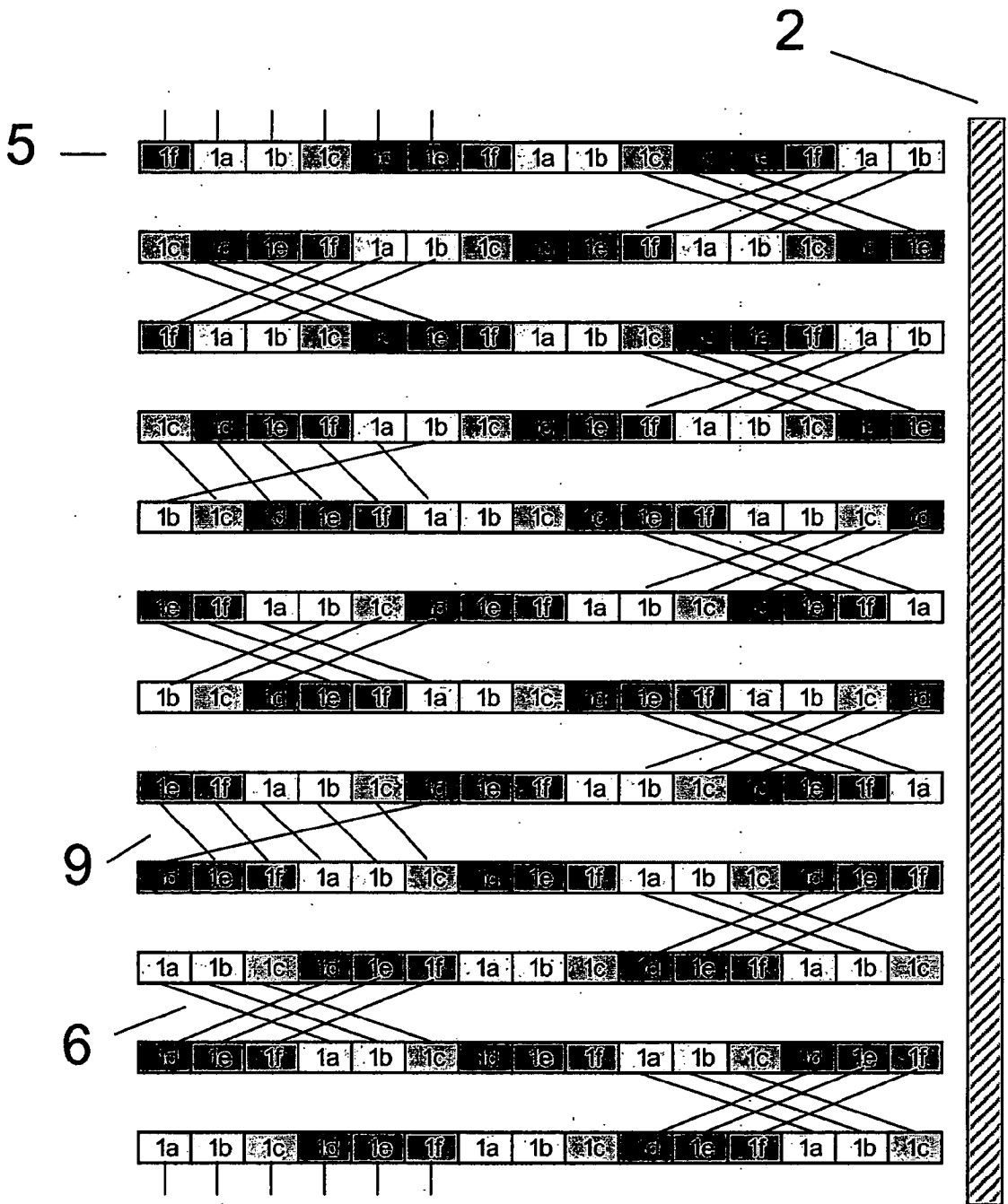


FIG. 6