



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0903281-9 A2**

(22) Data de Depósito: 04/09/2009
(43) Data da Publicação: 10/05/2011
(RPI 2105)



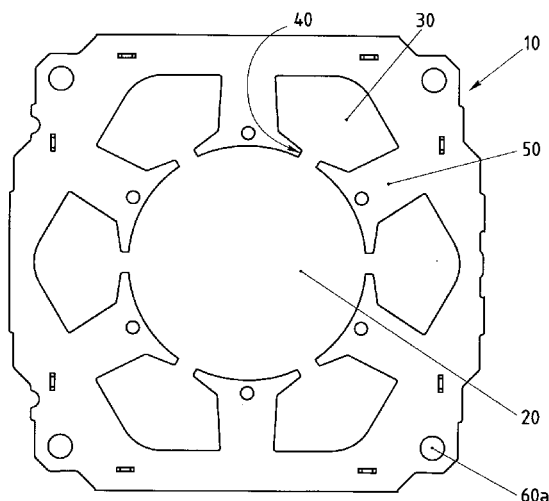
(51) *Int.Cl.:*
H02K 1/16

(54) Título: **LÂMINA PARA ESTATOR PARA UM MOTOR ELÉTRICO**

(73) Titular(es): WHIRLPOOL S.A

(72) Inventor(es): Flavio J. H. Kalluf, Landoaldo Victor Lindroth Junior

(57) **Resumo:** LÂMINA PARA ESTATOR PARA UM MOTOR ELÉTRICO. A presente invenção refere-se a uma lâmina de estator (10) para um motor elétrico que compreende um furo central (20), uma pluralidade de ranhuras (30) espaçadas ao redor do furo (20), e uma pluralidade de dentes (50) formados entre duas ranhuras (30) consecutivas. Os cantos (35a, 35b, 35c, 35d) formados entre as bordas da ranhura (30e e 30a, 30e e 30b, 30b e 30d, e 30c e 30a) sendo raios de arredondamento e os ângulos formados por essas bordas sendo ângulos agudos. Os dentes (50) apresentam duas bordas laterais inclinadas entre si (50a, 50b) definidas pelas bordas laterais (30b e 30a) de duas ranhuras consecutivas.





PI0903281-9

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "LÂMINA PARA ESTATOR PARA UM MOTOR ELÉTRICO".

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a uma lâmina para estator e, mais especificamente, a uma lâmina para o estator de um motor elétrico do tipo usado em um compressor de uma unidade de refrigeração.

Fundamentos da Invenção

Na indústria de refrigeração, os compressores são geralmente acionados por motores de indução. Esse tipo de motor elétrico compreende uma parte móvel, o rotor, e uma parte estática, o estator. Para o funcionamento do motor, o estator gera um campo magnético que induz uma corrente no rotor, sendo que a interação entre essa corrente induzida e o campo magnético gera um torque que movimenta o rotor.

Conforme sabido por aqueles versados na técnica, o núcleo dos estatores é formado por um empilhamento de placas laminadas (lâminas do estator). Cada uma das lâminas possui um furo central para encaixe do rotor e ranhuras distribuídas na periferia do furo para recepção dos fios que formarão uma bobina de material condutor. É essa bobina a responsável por criar o campo magnético.

Com o objetivo de reduzir o consumo de energia, em alguns sistemas são usados motores síncronos do tipo "brushless", com ímãs permanentes no rotor. O uso dos ímãs possibilita o aumento da eficiência em relação aos motores de indução convencionais, pois reduz as perdas no rotor e, conseqüentemente, reduz o consumo total. Além desta vantagem, este tipo de motor possui ainda um controle eletrônico que permite a variação da velocidade de forma a se ajustar à necessidade do sistema. Esta variação da velocidade aumenta significativamente a eficiência termodinâmica do sistema de refrigeração, reduzindo ainda mais o consumo.

A constante preocupação com a performance do compressor e do sistema de refrigeração torna o projeto do motor elétrico um fator de grande importância para a indústria de refrigeração. De fato, o projeto do motor elétrico impacta no consumo de energia e na eficiência do sistema de refrigeração como um todo.

Assim, opções de design e de materiais para os componentes do motor são escolhidas de acordo com os parâmetros de performance desejados, focando na eficiência, no torque e na potência consumida.

Nessa linha, o desenho escolhido para as lâminas do estator impactam diretamente na geração do campo magnético, influenciando a eficiência e o torque atingido pelo motor. Outro fator que influencia no campo magnético e na eficiência do motor é o material utilizado para a bobina a ser fixada no estator.

O material mais utilizado para esse fim é o cobre, que apresenta alta condutividade,

entretanto, para determinadas aplicações, o uso de alumínio pode apresentar uma significativa redução de custos sem prejuízo da eficiência.

O documento US 3,942,055 descreve um estator de motor hermético para uso em compressores, cujas lâminas compreendem ranhuras de três tamanhos diferentes, permitindo a montagem de três tipos diferentes de enrolamento, sendo um desses enrolamentos de alumínio.

O documento US 6,791,231 propõe um novo desenho de lâmina de estator, onde o furo central é alargado e as ranhuras possuem a extremidade fechada ligeiramente afunilada. O tipo de lâmina descrito nesse documento é ideal para motores de dois pólos, do tipo utilizado em ventiladores para uso doméstico, sendo seu desenho otimizado para essa aplicação.

Embora seja uma prática comum o projeto do estator de acordo com a necessidade de desempenho requerida para a aplicação do motor elétrico, ainda existe na técnica a procura por um desenho de maior eficiência, que seja capaz de impactar positivamente no desempenho do motor elétrico, permitindo sua aplicação em produtos com restrições de dimensão e com necessidade de baixo consumo de energia, como é o caso, por exemplo, dos motores de compressores utilizados na indústria de refrigeração.

Objetivos da Invenção

Assim, é um dos objetivos da presente invenção prover uma lâmina de estator que permita um certo grau de flexibilidade na construção de um estator, possibilitando o uso de fios de cobre ou fios de alumínio sem alteração do desenho da placa.

É outro dos objetivos da presente invenção prover uma lâmina de estator que proporcione um maior espaço livre interno às ranhuras, permitindo a utilização de um maior volume de material condutor.

É ainda outro dos objetivos da presente invenção prover uma lâmina de estator que proporcione um maior espaço interno às ranhuras, possibilitando um maior deslocamento da agulha de bobinagem, e gerando uma bobina mais homogênea.

É outro objetivo da presente invenção prover uma lâmina de estator que proporcione uma distribuição mais homogênea da densidade do fluxo magnético ao longo dos dentes da lâmina, evitando o fenômeno indesejável da saturação magnética, e aumentando a eficiência do motor.

É outro objetivo da presente invenção prover uma lâmina de estator que proporcione um equilíbrio entre as perdas no aço e as perdas no condutor, proporcionando uma melhor distribuição de perdas e, conseqüentemente, melhor rendimento do motor.

Sumário da Invenção

A presente invenção atinge os objetivos acima por meio de uma lâmina de estator para um motor elétrico que compreende:

um furo central,
uma pluralidade de ranhuras espaçadas ao redor do furo, as ranhuras e o furo sendo ligados por meio de passagens ou pescoços, e

uma pluralidade de dentes, cada um dos dentes sendo formado entre duas ranhuras consecutivas,

sendo que:

o diâmetro do furo central é de aproximadamente 50% da largura total da lâmina;

a área total da soma das áreas de cada uma das ranhuras representa de 50% a 60% da área total de um anel inscrito à lâmina, a borda externa do círculo inscrito tangenciando uma das bordas da lâmina e a borda interna do círculo inscrito coincidindo com a borda do furo central; e

os dentes são dentes de largura variável, sendo mais largos na região próxima ao furo central.

Em uma concretização preferida da lâmina da presente invenção, cada uma das ranhuras possui cinco bordas, sendo duas bordas laterais opostas, duas bordas na base da ranhura e uma borda parabólica, as bordas da base estendendo-se do pescoço (à borda lateral oposta correspondente, as bordas laterais opostas estendendo-se de uma das bordas de base até a borda parabólica, e o ângulo formado entre cada uma das bordas laterais e a borda parabólica sendo um ângulo agudo compreendido entre 85° e 89°.

Ainda na concretização preferida, os cantos formados entre as bordas da ranhura têm raio máximo igual a aproximadamente 0.25mm, a distância entre o topo da ranhura e a borda do furo central está compreendida entre 78 e 82% da distância entre a base do pescoço e a borda externa do círculo inscrito à lâmina, e o ângulo formado entre a borda parabólica das ranhuras e o eixo horizontal está compreendido entre 0° e 5°.

Descrição Resumida dos Desenhos

As figuras mostram:

Figura 1 – A figura 1 ilustra uma vista em plana de uma lâmina de estator conhecida da técnica anterior;

Figura 2 – A figura 2 ilustra uma vista em detalhe de uma das ranhuras da lâmina de estator conhecida da técnica anterior;

Figura 3 – A figura 3 ilustra esquematicamente a distribuição da densidade do fluxo magnético ao longo de um dos dentes da lâmina de estator conhecida da técnica anterior;

Figura 4 – A figura 4 ilustra uma vista em plano de uma lâmina de estator de acordo com a presente invenção;

Figura 5 – A figura 5 ilustra uma vista em detalhe de uma das ranhuras de acordo com a presente invenção;

Figura 6 – A figura 6 ilustra esquematicamente a distribuição da densidade do fluxo

magnético ao longo de um dos dentes da lâmina de estator de acordo com a presente invenção;

Figura 7 – A figura 7 ilustra uma vista em plano de uma lâmina de estator de acordo com a presente invenção, sendo destacada uma área de anel inscrito à lâmina;

5 Figura 8 – A figura 8 ilustra uma das ranhuras da lâmina de estator de acordo com a presente invenção, destacando o ângulo formado entre as arestas laterais e a aresta superior das ranhuras;

Figura 9 – A figura 9 ilustra uma vista em plano da lâmina de estator de acordo com a presente invenção, destacando as áreas de ranhura e anel inscrito à lâmina; e

10 Figura 10 – A figura 10 ilustra uma das ranhuras da lâmina de estator de acordo com a presente invenção, destacando o ângulo formado entre as arestas superiores da ranhura e o eixo horizontal.

Descrição Detalhada da Invenção

15 A presente invenção será, a seguir, mais detalhadamente descrita com base nos exemplos de execução representados nos desenhos.

A figura 1 ilustra uma lâmina de estator 1 típica de motores elétricos para compressores. A lâmina 1 compreende um furo central 2 e uma pluralidade de ranhuras 3 espaçadas ao redor do furo 2. Nesse tipo de lâmina, o diâmetro do furo central é de aproximadamente 55 milímetros.

20 As ranhuras 3 e o furo 2 são ligados por meio de passagens ou pescoços 4. Entre duas ranhuras 3 consecutivas é formado um dente 5, sendo que as bordas internas dos dentes 5 formam a borda do furo central 2.

Conforme melhor ilustrado na figura 2, cada um das ranhuras 3 possui um formato parecido com um “chapéu de marinheiro”, com uma parte inferior 3 em formato de trapézio invertido 3a cuja borda superior apresenta um formato de domo parabólico 3b. A conexão entre as bordas do trapézio e domo (ou seja, entre as laterais e a borda superior da ranhura 3) ocorre com bordas curvas 3c, 3d com raio de 1,0mm. As duas paredes laterais do trapézio invertido 3a (paredes 3e e 3f) estão inclinadas entre si em um ângulo de 60°, sendo que a distância entre o topo do domo parabólico 3b e a base do trapézio invertido é de aproximadamente 10,0mm. Assim, a área total de cada ranhura 3 é de aproximadamente 83mm².

Quando da montagem do estator, as bordas internas das ranhuras 3 recebem um revestimento de isolante, geralmente na forma de fitas flexíveis montadas após o empilhamento das lâminas.

35 Os dentes 5 apresentam duas bordas paralelas 5a, 5b definidas pelas bordas laterais de duas ranhuras consecutivas e um furo auxiliar 6 cuja função é fixar a capa isolante, responsável pela isolação elétrica entre o pacote de lâminas e as cabeças das bobinas.

A lâmina 1 apresenta ainda 6 furos de fixação, sendo quatro furos 6a em cada um

dos cantos da lâmina e dois furos 6b em pontos medianos de duas bordas opostas da lâmina. Esses furos têm como objetivo acomodar os parafusos de fixação do estator. A fixação ocorre apenas em três destes furos, porém, como metade do pacote é virada durante o processo de fabricação para compensar o desbalanceamento de altura, então são necessários 6 furos ao longo da periferia do estator.

Embora esse desenho de lâmina da técnica anterior venha sendo largamente utilizado em estatores de motores elétricos do tipo "brushless" com ímãs permanentes, ele apresenta alguns inconvenientes:

- embora o formato e dimensões das ranhuras 3 sejam adequadamente projetados para a formação de bobina de fio de cobre, eles se tornam inadequados quando se opta pela utilização de outro tipo de fio como, por exemplo, o fio de alumínio, já que para a obtenção de uma performance equivalente à do cobre, é necessário um aumento mínimo de 60% na área transversal do condutor (e, por consequência, um aumento de igual magnitude na área de ranhura);

- os cantos arredondados na borda interna das ranhuras não permitem uma eficiente ancoragem do isolante de ranhura, criando um espaço vazio entre as bordas internas e o isolante. Este espaço, como não é utilizado nem como área de passagem de fluxo (corpo da lâmina), nem como área de ranhura (espaço para o condutor), limita a eficiência máxima do motor, reduz sua faixa de potência e causa um aumento na densidade de fluxo; e

- o formato dos dentes 5 facilita o acúmulo de fluxo magnético na região adjacente ao furo auxiliar 6, o que pode ocasionar saturação magnética e consequente queda de eficiência. Nesse sentido, a figura 3 mostra uma representação esquemática da região de saturação magnética que é formada nas lâminas da técnica anterior.

As figuras 4 a 10 mostram uma lâmina 10 de acordo com a presente invenção. A lâmina 10 da presente invenção possui um desenho otimizado, que permite a construção de um estator que ao utilizar bobina de fios de cobre apresenta um desempenho superior ao encontrado em estatores do estado da técnica e que, ao mesmo tempo, é adequado para a bobinagem com fios de alumínio.

Como sabido por aqueles versados na técnica, o alumínio é um material bem mais barato do que o cobre por unidade de peso, entretanto, para que o desempenho de um motor que utiliza alumínio possa ser comparável aquele de um motor com condutores de cobre, deve-se aumentar, como anteriormente citado, pelo menos 60% na área transversal do condutor.

Assim, a lâmina da presente invenção apresenta ranhuras com formato e dimensão configurados de modo a apresentar um aumento de área da ranhura e facilitar a passagem e inserção da agulha de bobinagem.

A lâmina 10 compreende um furo central 20 e uma pluralidade de ranhuras 30 es-

paçadas ao redor do furo 20 (na configuração preferida da invenção, são seis ranhuras espaçadas homogeneamente em torno do furo central 20). O diâmetro do furo central é de aproximadamente 50% da largura total da lâmina. As ranhuras 30 e o furo 20 são ligados por meio de passagens ou pescoços 40. Entre duas ranhuras 30 consecutivas é formado um dente 50, sendo que as bordas internas dos dentes 50 formam a borda do furo central 20.

Conforme melhor ilustrado nas figuras 7 e 9, é possível destacar uma área de anel C inscrito à lâmina, sendo que a borda externa desse anel tangencia duas das bordas da lâmina e a borda interna coincide com a borda do furo central 20. Preferencialmente, a área total R das ranhuras 30 deve estar compreendida entre 50% e 60% da área total C do anel inscrito à lâmina, de modo a garantir a possibilidade de equilíbrio das perdas Joule nos condutores e no material da lâmina, aumentando assim o rendimento do motor.

O aumento da área da ranhura confere à lamina da presente invenção uma flexibilidade para o material de formação da bobina, já que é adequada ao uso de cobre e ao uso de alumínio. Quando a opção é pelo uso de cobre, tem-se uma possibilidade de ganho significativo na eficiência do motor quando comparado ao motor que usa um estator com a lâmina 1 da técnica anterior. Quando a opção é pelo uso de alumínio, obtém-se uma significativa redução do custo total do motor em relação ao motor da técnica anterior com condutores de cobre.

As figuras 5, 8 e 10 mostram em maior detalhe a geometria de cada uma das ranhuras 30.

Cada um das ranhuras 30 possui cinco bordas 30a, 30b, 30c, 30d e 30e, sendo duas bordas laterais opostas 30a e 30b, duas bordas extremas inclinadas 30c e 30d e uma borda parabólica 30e. Cada uma das bordas extremas inclinadas 30c ou 30d estende-se do pescoço 40 à borda lateral oposta correspondente 30a ou 30b e cada uma das bordas laterais opostas estende-se de uma das bordas extremas 30c ou 30d até a borda parabólica 30e.

Conforme melhor visualizado na figura 7, as duas bordas laterais opostas 30a e 30b estão inclinadas entre si em um ângulo compreendido entre 60° e 70°, e a distância 73 entre o topo da borda parabólica 30e e a borda do furo 20 (vide figura 7) deve estar compreendida entre 78% e 82% da distância 72 entre a borda do furo 20 (extremidade interna do pescoço 40) e a borda externa no círculo inscrito C.

Conforme melhor visualizado na figura 8, os ângulos formados entre as paredes 30a e 30e e entre 30b e 30e são ângulos agudos ($<90^\circ$), formando desta maneira um ângulo de abertura 80 dos dentes 50 de maneira a facilitar a fixação dos isolantes de ranhura e reduzir a densidade de fluxo nos dentes. Preferencialmente, o ângulo 80 tem entre 85° e 89°. Além disso, na concretização preferencial, os cantos 35a, 35b, 35c, 35d formados entre

as paredes 30e e 30a, 30e e 30b, 30b e 30d, e 30a e 30c devem ter um raio de arredondamento máximo de 0.50mm.

A vantagem da formação de ângulos agudos na ranhura 30 da lâmina 10 da presente invenção, possibilitando uma melhor ancoragem do isolante nas paredes internas das ranhuras durante a formação do estator é de extrema relevância para obtenção de um volume máximo de material condutor: ao garantir uma melhor aderência do isolante às bordas internas das ranhuras, é obtido um maior espaço livre no interior das ranhuras, sendo tal espaço ocupado pelo material condutor durante a bobinagem.

Os dentes 50 apresentam duas bordas laterais inclinadas entre si (não paralelas) 50a, 50b definidas pelas bordas laterais de duas ranhuras consecutivas. Assim, na presente invenção, os dentes 50 são dentes de largura variável, sendo mais largos na região próxima ao furo central 20.

Além disso, os dentes 50 podem compreender um furo auxiliar 60 cuja função é fixar a capa isolante (isolação entre a cabeça de bobina e o pacote de lâminas).

Conforme mostrado na ilustração esquemática presente na figura 6, a inclinação entre as duas bordas laterais 50a, 50b do dente 50 foi introduzida para evitar o acúmulo do fluxo na região adjacente ao furo 60, permitindo a obtenção de uma densidade de fluxo aproximadamente homogênea ao longo de todo o dente 50.

A lâmina da presente invenção apresenta ainda quatro furos de fixação 60a em cada um dos cantos da lâmina. Esses furos têm como objetivo fixar o estator ao bloco do compressor.

Conforme mostrado na ilustração esquemática presente na figura 10, o ângulo formado entre a aresta 30e e o eixo horizontal deve estar entre 0° e 5°, de forma a facilitar o deslocamento da agulha de bobinagem e gerar uma bobina uniformemente distribuída.

Deve ser entendido que a descrição fornecida com base nas figuras acima se refere apenas a concretizações possíveis para a lâmina da presente invenção, sendo que o real escopo do objeto da invenção encontra-se definido nas reivindicações apenas.

REIVINDICAÇÕES

1. Lâmina de estator (10) para um motor elétrico que compreende:
um furo central (20),

uma pluralidade de ranhuras (30) espaçadas ao redor do furo (20), as ranhuras
5 (30) e o furo (20) sendo ligados por meio de passagens ou pescoços (40), e
uma pluralidade de dentes (50), cada um dos dentes (50) sendo formado entre duas ranhuras (30) consecutivas,

CARACTERIZADA pelo fato de que:

o diâmetro do furo central (20) é de aproximadamente 50% da largura total da lâmina;
10

a área total (Rt) da soma das áreas de cada uma das ranhuras (30) representa de 50% a 60% da área total (C) de um anel inscrito à lâmina (10), a borda externa do anel inscrito tangenciando uma das bordas da lâmina (10) e a borda interna do anel inscrito coincidindo com a borda do furo central(20); e

15 os dentes (50) são dentes de largura variável, sendo mais largos na região próxima ao furo central (20).

2. Lâmina de estator (10), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que:

cada uma ranhuras (30) possui cinco bordas (30a, 30b, 30c, 30d, 30e), sendo duas
20 bordas laterais opostas (30a e 30b), duas bordas na base da ranhura (30c e 30d) e uma borda parabólica (30e);

cada uma das bordas da base da ranhura (30c ou 30d) estende-se do pescoço (40) à borda lateral oposta correspondente (30a ou 30b);

25 cada uma das bordas laterais opostas (30a e 30b) estende-se de uma das bordas de base (30c ou 30d) até a borda parabólica (30e); e

o ângulo (80) formado entre cada uma as bordas laterais (30a, 30b) e a borda parabólica (30e) é um ângulo agudo compreendido entre 85° e 89°.

3. Lâmina, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de que os cantos (35a, 35b, 35c, 35d) formados entre as bordas da ranhura (30e e 30a, 30e e 30b, 30b e 30d, e 30c e 30a) têm raio máximo igual a aproximadamente 0.50mm.
30

4. Lâmina, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a distância (73) entre o topo da ranhura (30) e a borda do furo central (20) está compreendida entre 78 e 82% da distância (72) entre a base do pescoço (40) e a borda externa do círculo (C) inscrito à lâmina (10).

35 5. Lâmina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 4, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o ângulo (100) formado entre a borda parabólica (30e) das ranhuras (30) e o eixo horizontal está compreendido entre 0° e 5°.

1/5

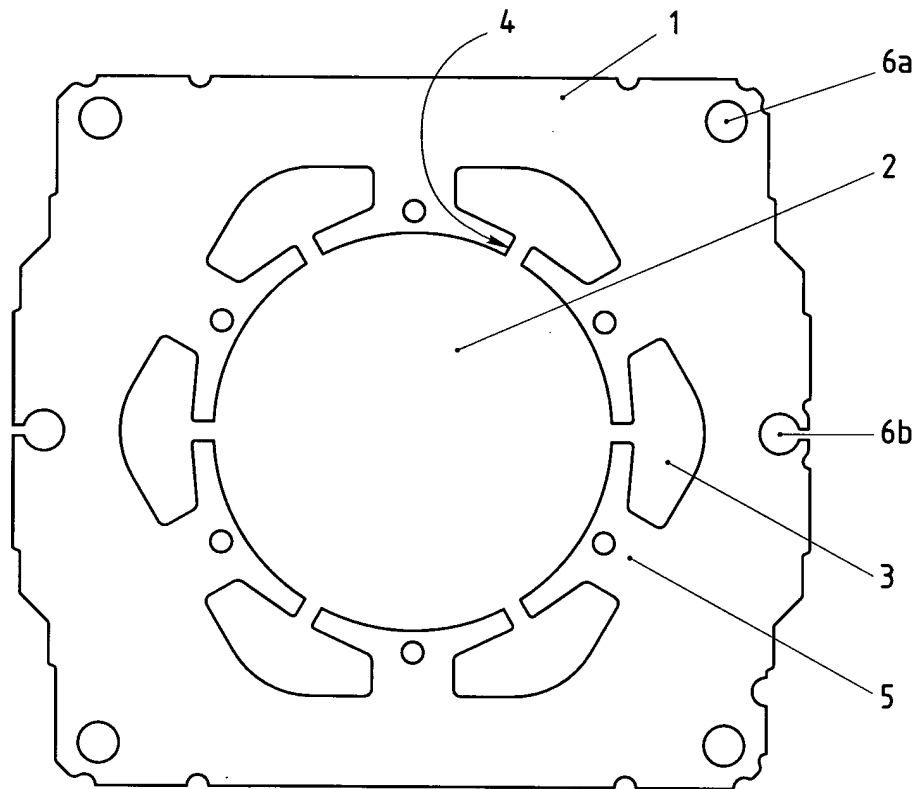


Fig.1 (Técnica Anterior)

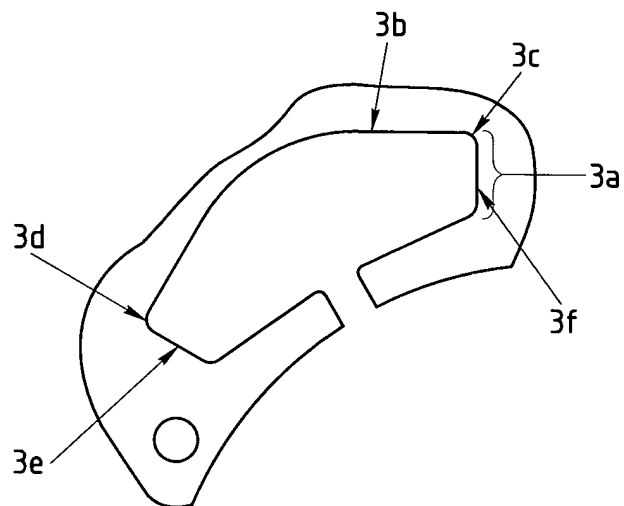


Fig.2 (Técnica Anterior)

2/5

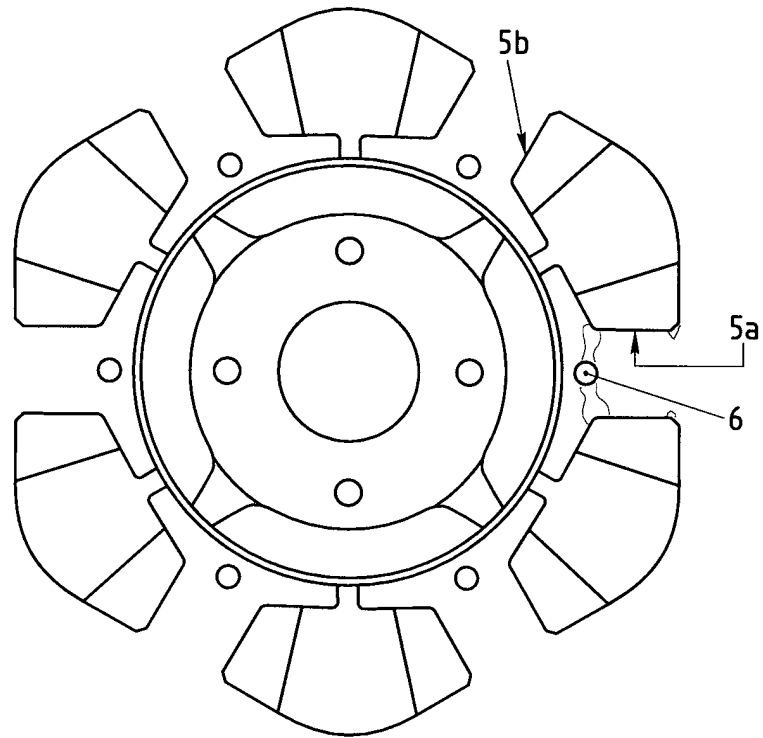


Fig.3 (Técnica Anterior)

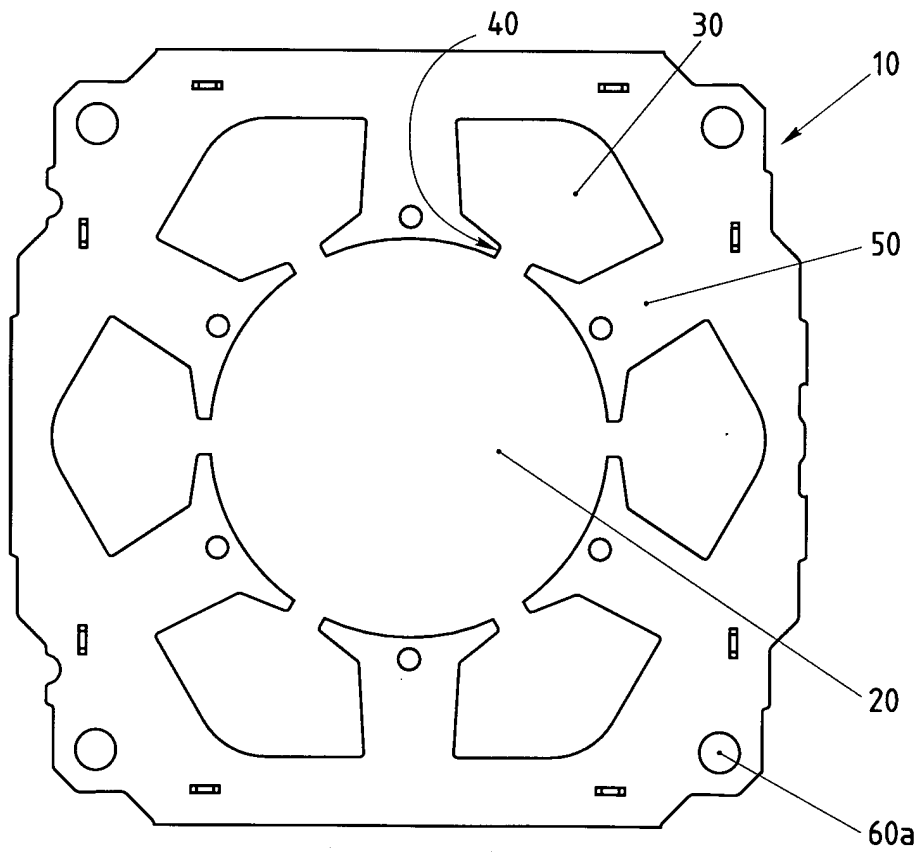
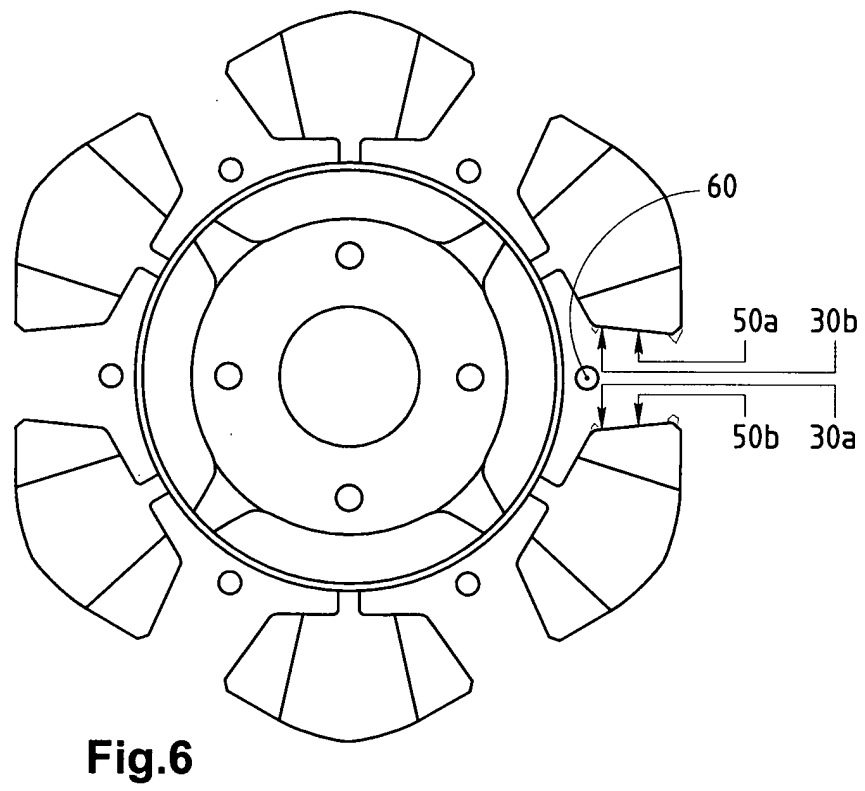
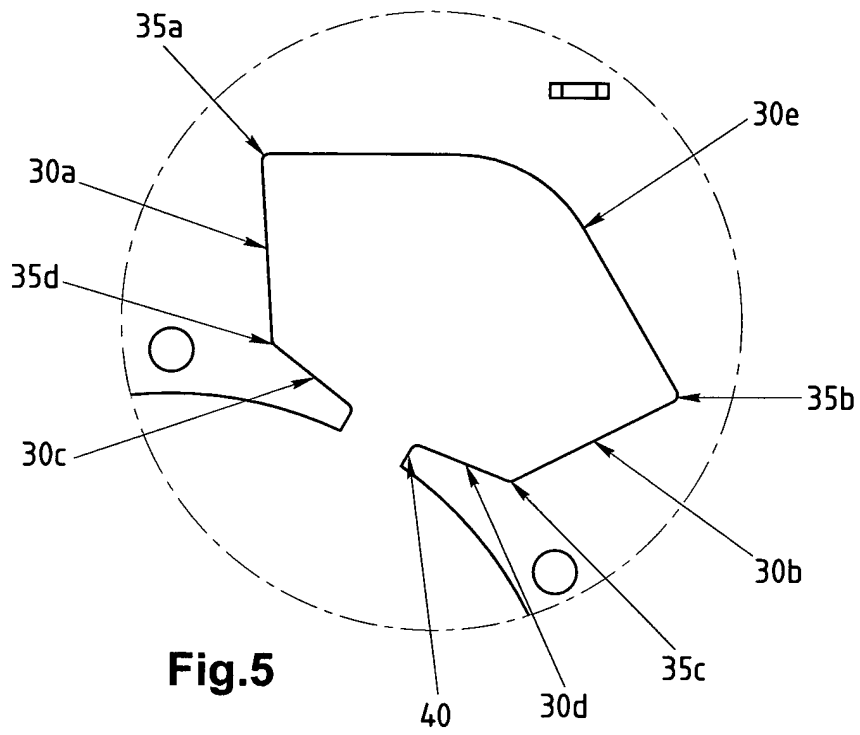


Fig.4



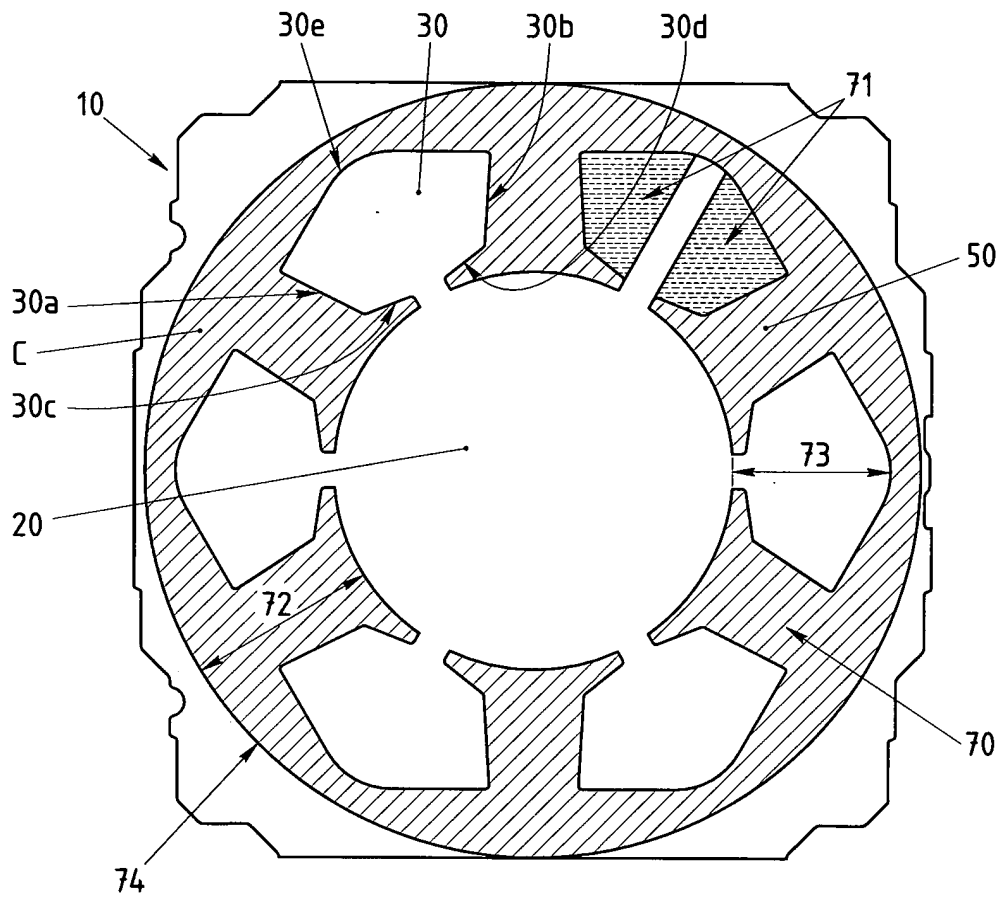


Fig.7

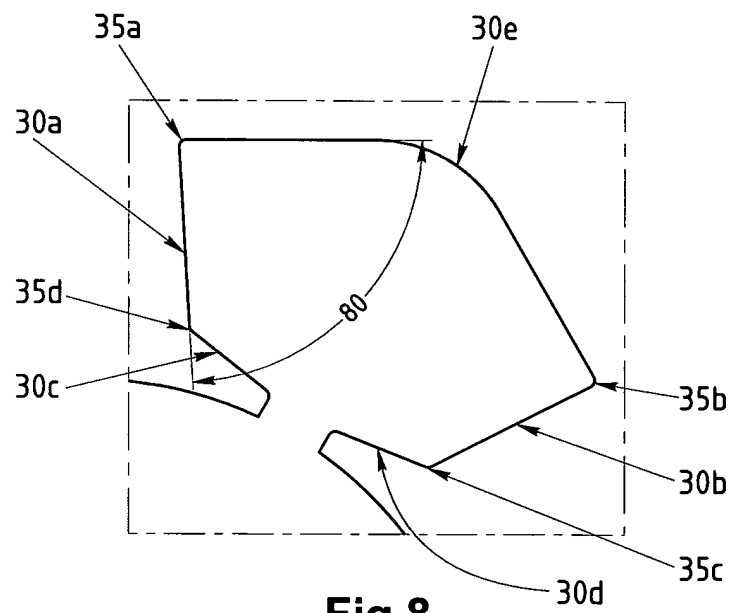


Fig.8

5/5

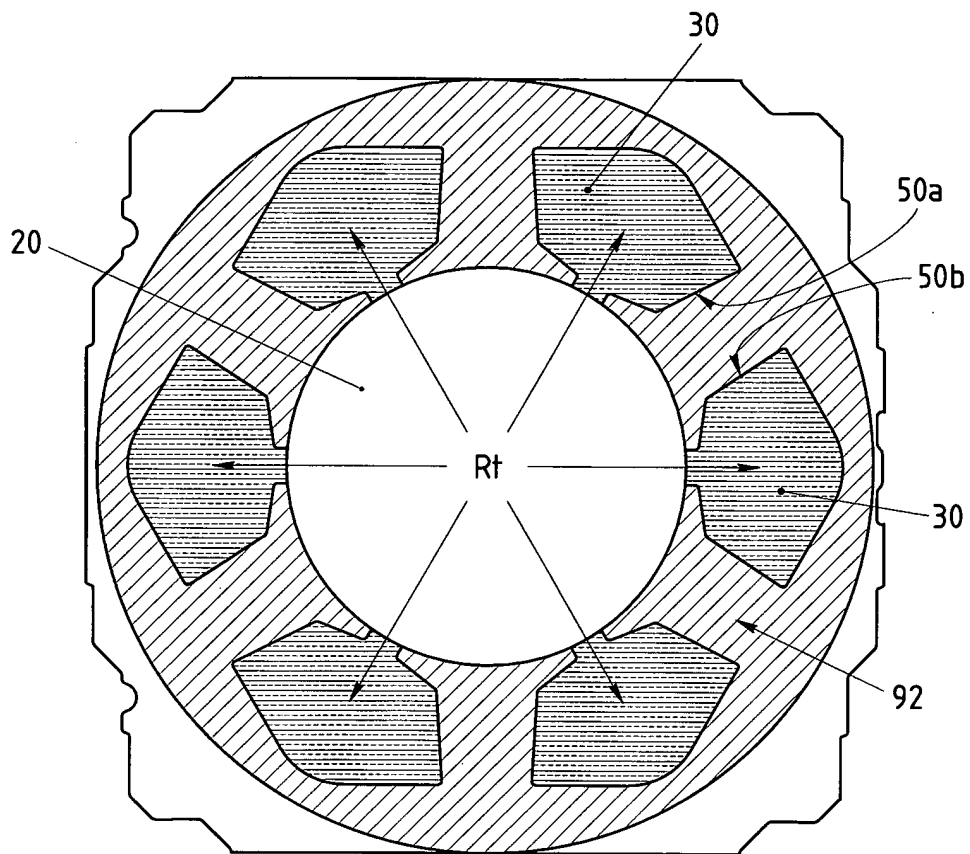


Fig.9

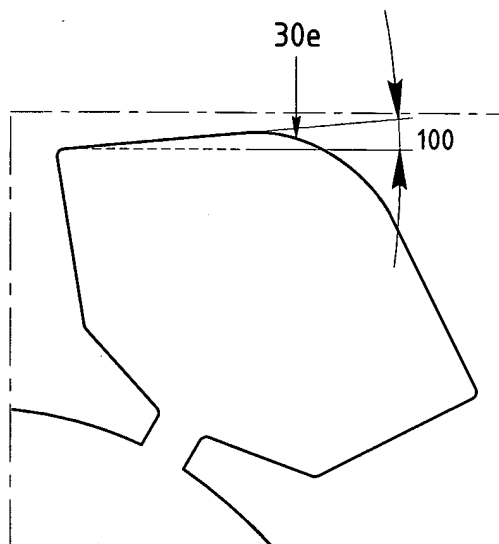


Fig.10

RESUMO

Patente de invenção: "LÂMINA PARA ESTATOR PARA UM MOTOR ELÉTRICO".

A presente invenção refere-se a uma lâmina de estator (10) para um motor elétrico que compreende um furo central (20), uma pluralidade de ranhuras (30) espaçadas ao redor do furo (20), e uma pluralidade de dentes (50) formados entre duas ranhuras (30) consecutivas. Os cantos (35a, 35b, 35c, 35d) formados entre as bordas da ranhura (30e e 30a, 30e e 30b, 30b e 30d, e 30c e 30a) sendo raios de arredondamento e os ângulos formados por essas bordas sendo ângulos agudos. Os dentes (50) apresentam duas bordas laterais inclinadas entre si (50a, 50b) definidas pelas bordas laterais (30b e 30a) de duas ranhuras consecutivas.