



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

(21) **PI0710198-8 A2**

(22) Data de Depósito: 28/03/2007
(43) Data da Publicação: 09/08/2011
(RPI 2118)



(51) Int.Cl.:

G01M 13/02 2006.01
B65G 43/00 2006.01
G01N 27/24 2006.01
G01N 27/61 2006.01
G01M 15/00 2006.01
B60Q 9/00 2006.01
B60Q 11/00 2006.01
F16G 1/00 2006.01
B65G 43/02 2006.01
G01M 17/00 2006.01

(54) Título: **APARELHO E MÉTODO PARA DETECTAR DESGASTE DE CORREIA DE TRANSMISSÃO E MONITORAR DESEMPENHO DE SISTEMA DE ACIONAMENTO DE CORREIA**

(30) Prioridade Unionista: 29/03/2006 US 60/787,038,
11/01/2007 US 60/853,211

(73) Titular(es): Mats Lipowski

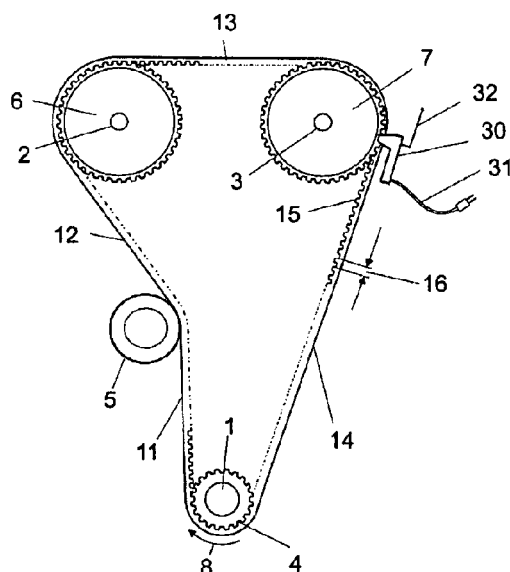
(72) Inventor(es): Mats Lipowski

(74) Procurador(es): Di Blasi, Parente, Vaz e Dias & AL .

(86) Pedido Internacional: PCT CA2007000496 de 28/03/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/109896 de 04/10/2007

(57) Resumo: APARELHO E METODO PARA DETECTAR DESGASTE DE CORREIA DE TRANSMISSAO E MONITORAR DESEMPENHO DE SISTEMA DE ACIONAMENTO DE CORREIA. Um aparelho e método com a capacidade de monitorar correias sem fim e sistema de acionamento de correia por sensores sem contato para desgaste ou função anormal, determinando o estado do sistema de acionamento da correia e detectando estados antecipados da correia e falha do sistema. Uma unidade de sensor apresentando um ou alguns elementos sensores independentes é posicionada adjacente à ou nas proximidades da correia, monitorando, assim, alguns modos normais de operação da correia que ocorrem simultaneamente. O sensor pode determinar a sonoridade da unidade de tempo completa pelo processamento do sinal coletado e detecção de dano estrutural. Os dados coletados são processados por um microcontrolador integrado com o sensor. O aparelho e método para monitorar correias sem fim em relação a desgaste ou função anormal usa uma disposição de capacitores sem contato compreendendo um ou alguns elementos sensores posicionados adjacentes ou próximos à correia e conectado ao circuito elétrico que é particularmente adequado para detectar a mudança de capacitância dinâmica acoplada com efeitos eletrocapacitivos e piezoelétricos exibidos pela correia. O aparelho é ainda capaz de monitorar componentes de acionamento relacionados à correia pela detecção de se a correia é afetada pela função anormal dos componentes relacionados. O sensor monitora continuamente a correia durante a operação normal do acionador de correia. O sensor é particularmente adaptado para detectar as correias em uso em aplicações de workshop, industriais, automotivas e apresentam uma matriz polimérica com núcleo suportando carga de corda de fibra.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para: **"APARELHO
E MÉTODO PARA DETECTAR DESGASTE DE CORREIA DE TRANSMISSÃO E
MONITORAR DESEMPENHO DE SISTEMA DE ACIONAMENTO DE CORREIA".**

Antecedentes da invenção.

5 No domínio da transmissão de potência, correias de
transmissão são o meio preferido para acoplar elementos de
rotação. Eles são tradicionalmente divididos em duas
categorias gerais: acionadores de correias síncronos e não
síncronos. Nos veículos, ambas as categorias são usadas
10 extensivamente. Acionadores não-síncronos são os meios
preferidos para acionar acessórios, como bombas de água,
compressores de ar-condicionado, bombas de direção
hidráulica e unidades alternadoras. Acionadores síncronos,
comumente referido como unidades de tempo, têm sido o meio
15 preferível para acionar sistemas de eixo transmissor de
suspensão e são amplamente utilizados em motores de
combustão interna, onde a sincronicidade de um componente
de acionamento é necessária. Um exemplo deste tipo de
unidade é mostrado na figura 1.

20 Correias dentadas são tipicamente um tecido composto
de fibra de vidro, tecido de tela, borracha e outros
polímeros diferentes. Todos estes materiais exibem
propriedades piezoelétricas: eles são capazes de gerar
cargas elétricas, enquanto eles estão sendo deformados. Em

condições normais, a correia é deformada pelas forças de tensão e por forças de flexão à medida que a correia está correndo sobre rodas dentadas e polias. Estas deformações gerar cargas. Devido à resistência relativamente elevada dos materiais da correia, cargas existem tempo suficiente para serem detectadas. As cargas elétricas geradas pelos efeitos piezelétricos são proporcionais à tensão. Esta propriedade tem sido usada com sucesso em transdutores de força e acelerômetros.

A invenção aqui descrita é adaptada para os dois tipos de unidades, mas é particularmente adequada para as unidades de tempo. Correias são mais econômicas, menos complexas e mais eficientes do que os outros meios em uso, viz. corrente ou acionadores de engrenagem. A desvantagem principal com correia é a dificuldade de determinar a sua vida ou o ponto da vida do veículo em que a correia poderia falhar. Até hoje, a inspeção visual é a única maneira de verificar o estado de uma correia de transmissão e seus componentes relacionados. No entanto, este é um processo muito complicado e pouco prático. Unidades de tempo, devido à sua vulnerabilidade aos contaminantes, operam normalmente encapsuladas, e para remover o invólucro antes da inspeção visual é geralmente um processo de trabalho muito intenso. Também, dano à correia e a outros componentes não é sempre

aparente ao olho, e uma inspeção visual pode revelar-se ineficaz. Além disso, a falta de uma correia faz com que o veículo ou a unidade para se torne inoperante e, devido à natureza dos motores de combustão modernos, com suas altas
5 taxas de compressão, uma correia ruim geralmente não provoca danos extensos ao motor afetado uma vez que a falha implica de-sincronicidade e um risco de que o trem de válvulas e pistões colidam.

Apesar de as correias dentadas terem evoluído
10 consideravelmente com o uso de melhores materiais e geometria do dente reforçada, a evolução estrutural não resolveu o problema da expectativa de vida dos sistemas de acionamento de tempo completo. A incerteza da expectativa de vida do acionamento da correia em conjugação com o custo
15 de reparo elevado e consequente insatisfação dos clientes têm obrigado os fabricantes de motores a calcular com margens de segurança considerável ao projetar e usar essas unidades. Como resultado, as correias são fabricadas consideravelmente maiores do que o necessário, e a
20 quilometragem recomendada para uma mudança da correia está cautelosamente baixa. A incerteza sobre a vida de serviço da correia tem forçado os fabricantes de motores e desenhistas de unidade de tempo a considerar a voltar a usar correntes ao invés de usar correias. A tendência no

mercado para motores livres de manutenção tem particularmente reforçado tais considerações. Ainda assim, os fabricantes de motores estão muito relutantes em usar correntes e durante muitos anos, tentaram resolver este
5 enigma, por qualquer meio possível.

A técnica anterior mostra uma atividade intensa com muitas invenções propondo resolver o problema. As inúmeras idéias apresentadas não resolverem o problema e não são, em grande medida, práticas para a industrialização. Um número
10 de soluções não tem atraído os investidores, porque elas não são suficientes para justificar o custo adicional ou desafios do projeto envolvido. Esta é uma categoria de soluções que exige mudanças de projeto para a correia. Os documentos U. S. N ° 6,181,239 e U. S. 6,523,400
15 reivindicam uma solução em que o desgaste da correia seria detectado por quebra ou indutância ou capacitância alterada de um fio implantado na correia ou estrutura metálica. Para qualquer pessoa competente na técnica de fazer correia, essa solução é inviável. Estruturas metálicas implantadas
20 em uma correia significariam uma tremenda partida da metodologia de produção e introduzem uma enorme incerteza quanto ao impacto de tal estrutura metálica sobre a durabilidade geral da correia. Fabricantes de correia tendem a ter uma abordagem muito conservadora para qualquer

mudança de projeto, tornando a implementação de soluções desse tipo muito duvidosa. Além disso, o custo associado com essa empreitada faria o produto excessivamente caro. Outra deficiência é que essa solução só funcionará com uma
5 correia de OEM instalado. No mercado de auto-peças, correias empregadas com um acionador de motor particular, são frequentemente fabricados por diversos fabricantes. Muitas vezes, correias utilizadas para o serviço vêm de um fabricante diferente do que a correia instalada pelo OEM
10 (*original equipment manufacturer* - Fabricante do equipamento original).

Também é reconhecido que as invenções baseadas em dispositivos sensores mecânicos, fotoelétricos ou para ligar / desligar, dos quais são exemplos típicos os
15 documentos No. 6,569,046, que reivindica o uso de um comutador óptico ou mecânico para responder ao rastreamento lateral de uma correia usada, e US No. 4,626,230, que reivindica o uso de comutadores, para a detecção de um dente defeituoso ou cog, todos perto do alvo. Estes
20 dispositivos são vulneráveis a contaminantes e propensos a dar alarmes falsos ou a tornarem-se não confiáveis, à medida que eles ficam latentes e são acionados em ação somente após a correia guardada ter sido danificada. Além disso, é impossível controlar esses dispositivos para a

função uma vez que a entrada exigida não pode ser simulada. Devido à probabilidade de um falso alarme, eles têm que ser calibrados para responder aos graves distúrbios no sistema, como os que ocorrem quando a correia já está
5 significativamente danificada. Isso dá pouco ou nenhum aviso ao condutor.

Sumário da invenção.

A presente invenção para a detecção do desgaste e danos a correias de acionamento por meio sem contato
10 oferece uma melhoria significativa em relação àquelas descritas na técnica anterior, pois proporciona meios para monitorar o desempenho da unidade por detecção de quaisquer efeitos ou insumos prejudiciais à correia, bem como qualquer dano físico ou estrutural para a correia. Para
15 qualquer pessoa qualificada neste domínio, é aparente que as correias utilizadas em sistemas de tempo mostrados na figura 1 são tão duráveis como correntes, desde que elas operam em condições ideais, sem valores de entrada anônimos. A grande maioria dos casos, quando a correia
20 falha prematuramente é devido a anomalias, tais como após a correia ter sido submetida a um comportamento deficiente dos componentes ligados a ela, ou contaminada por fluidos, como óleo, líquido de arrefecimento e outros agentes comumente usados em motores e máquinas industriais, ou

expostos à sujeira externa, como poeira, gelo, água e lascas de pedras penetrando em um invólucro furado. Por sua natureza, a invenção pode ser usada para monitorar uma correia de acionamento contra a ocorrência de tais efeitos anômalos. Um benefício adicional obtido a partir de uma aplicação imediata da invenção em unidades de correia sem requerer alterações de projeto, em oposição às invenções descritas na técnica anterior. A invenção oferece um sistema confiável para determinar o tempo de vida de um acionamento de correia e permite que a equipe de design adote uma série de estratégias sobre como melhorar a qualidade geral do sistema.

Em uma nova correia com força uniforme, cargas piezoelétricas são uniformemente distribuídas. O novo sensor é sensível à mudança de densidade de carga e, portanto, não tem uma grande variação no sinal de saída. Quando a correia está desgasta para uso, algumas partes da correia tornam-se mais fracas e quando carregadas durante o funcionamento do motor apresentarão uma tensão maior de deformação que, por sua vez, irá causar um maior efeito piezoelétrico maior nesta área correia da correia e uma maior densidade de carga local. Este novo sensor detecta a maior carga local, resultando em aumento da amplitude do sinal. Assim, quanto maior a amplitude do sinal, mais fraca

a correia. O sensor também detecta a mudança na capacitância que é o resultado da mudança dinâmica das propriedades dielétricas da correia.

A invenção apresenta um sensor sem contato que é
5 acoplado a uma MPU (unidade de microprocessamento). O sensor funciona por meio de um ou vários elementos sensores capacitivos acoplados em um circuito e projetados para uma mudança em permissividade ou mudança na capacitância. O sensor também sente a capacitância eletrostática que
10 resulta do efeito piezoelétrico que a correia provoca à medida que o material estrutural tensionado da correia passa pelos elementos sensores capacitivos durante a operação normal do sistema. As propriedades piezoelétricas da correia geram uma carga ou acúmulo de eletricidade quase
15 estática quase na correia durante a operação do acionador de correia que é proporcional à deformação que a correia está sujeita. O efeito pode ser utilizado como um indicador de enfraquecimento da correia à medida que uma seção da correia enfraquecida terá uma maior deformação e, portanto,
20 gera uma carga mais elevada que se traduz em um maior nível de sinal do sensor. Os elementos sensores são colocados de tal forma a gerar respostas de sinais que correspondem aos principais recursos da correia, e nomeadamente os modos chave que a correia e o acionador de correia exibem durante

a operação. Modos típicos detectados são: assinatura de correia básica, vibração de intervalo das frequências naturais e articulada, RPM instantânea derivada do dente da correia e eventos de sinal de revolução por um. A
5 deterioração da correia que resulta em danos normalmente começa em um lugar na correia, e o sensor irá detectar isto e gerar um evento de sinal de revolução de correia por um, a seguir designado OPRSE.

A contaminação causará uma mudança permanente ou semi-
10 permanente na constante dielétrica e / ou a capacitância eletrostática e o comportamento piezoelétrico da correia, que será registrada por qualquer um dos elementos sensores e resulta em uma mudança geral no limiar do sinal. Falha incipiente de qualquer um dos componentes acoplados irá
15 causar uma mudança na tensão da correia. A mudança na tensão irá causar uma mudança na assinatura vibracional que as extensões da correia voltarão a exibir durante a operação normal. Além disso, a assinatura de torção do acionador da correia também vai mudar. É evidente para
20 qualquer pessoa competente na técnica de acionadores de correia que as mudanças na assinatura podem ser diretamente associadas a um aumento quantitativo ou diminuição da tensão da correia. O sinal derivado do circuito de detecção pode ser processado por qualquer número de metodologias de

processamento de sinais. O sinal analógico pode ser ainda condicionado e acoplado a qualquer dispositivo capaz de recolher dados e analisar sinais. No entanto, a invenção é melhor realizada como um dispositivo autônomo, onde o sinal analógico é analisado por um algoritmo DSP (digital signal processing) executado por uma estrutura no sensor incorporando MPU (unidade de microprocessamento). Os dados resultantes são armazenados a bordo da estrutura de sensores e, dependendo da estratégia do usuário final, esses dados podem ser analisados por um algoritmo em um PLC externo (Controlador Lógico Programável) ou no controlador do veículo ou podem ser armazenados para a transmissão para uma base de dados central.

Esta funcionalidade irá apresentar os usuários da correia (OEMs), com inúmeros benefícios, tais como: possibilidade de uma abordagem não-linear de intervalos de serviço, ou seja, o veículo sinalizaria quando a correia ou componentes de outra unidade de tempo precisam ser atendidos vs como antes, ao atingir uma quilometragem pré-determinada (particularmente benéfico para os veículos sujeitos a ciclos extremos, como resgate, veículos policiais ou táxi). Detectar os primeiros sinais de falhas do acionador antes de graves danos ou perda de função poderem ocorrer proporciona grande economia de custos,

especialmente se uma falha ocorresse durante um período de garantia. Com base nos dados recolhidos, os usuários poderiam gerar respostas pró-ativa, viz. Emissão de boletins de serviço. Com base nos dados recolhidos, os usuários poderiam gerar know-how sobre o que constitui a vida útil de uma unidade de tempo e como projetar melhores unidades. As correias poderiam ser mais estreitas, poupando assim milímetros em um espaço onde as economias contam. Empregada como uma ferramenta de marketing, a invenção poderá reduzir ou eliminar a atual mentalidade que acionadores de correia não são confiáveis, dando aos usuários finais do veículo paz de espírito. Os benefícios acima mencionados são também diretamente aplicáveis aos sistemas de acionamento de correia industriais.

15 Descrição detalhada e Concretizações Preferidas.

A invenção é melhor compreendida a partir da seguinte descrição detalhada e modalidades preferidas, em conjugação com os seguintes desenhos.

Breve Descrição dos Desenhos.

20 A figura 1 mostra uma vista de elevação de uma unidade de correia com uma posição adequada do dispositivo de detecção.

A figura 2 mostra uma vista transversal do dispositivo de detecção e estrutura da correia adjacente.

A figura 3 mostra uma vista transversal de uma estrutura de correia típica.

A figura 4 mostra uma vista lateral de uma estrutura de correia típica.

5 A figura 5 mostra uma vista de elevação de uma correia que representa um modo de falha quando uma correia típica está mostrando cabo de fibra exposta e deficiências estruturais típicas.

10 A figura 6 mostra a vista lateral de uma correia representando a falha de uma estrutura de dente de correia individual.

A figura 7 mostra uma vista de elevação de uma unidade de correia representando os modos típicos de vibração no espaço da correia entre dois componentes.

15 A figura 8 mostra uma vista transversal de uma estrutura de correia típica mostrando o posicionamento preferido perpendicular de um elemento sensor.

20 A figura 9 mostra uma vista lateral de uma correia representando o posicionamento preferido perpendicular de um elemento sensor.

A figura 10 mostra uma vista transversal de uma estrutura de correia típica mostrando o posicionamento preferencial paralelo de um elemento sensor.

A figura 11 mostra uma vista lateral de uma correia representando o posicionamento preferencial paralelo de um elemento sensor.

5 A figura 12 mostra uma vista transversal de uma estrutura de correia típica mostrando o posicionamento horizontal preferencial de um elemento sensor.

A figura 13 mostra uma vista lateral de uma correia representando o posicionamento horizontal preferencial de um elemento sensor.

10 A figura 14 é uma vista de elevação mostrando um método de construção preferencial de um elemento sensor.

A figura 15 é uma vista de elevação mostrando um método de construção preferencial de um elemento sensor.

15 A figura 16 é uma vista de elevação mostrando um método de construção preferencial de um elemento sensor.

A figura 17 é uma vista de elevação mostrando um método de construção preferencial de um elemento sensor.

A figura 18 é uma vista de elevação mostrando um elemento sensor preferido.

20 A figura 19 mostra uma elevação de uma porção de uma unidade de tempo típica com uma concretização preferida ilustrada de um dispositivo sensor completo.

A figura 20 mostra uma vista auxiliar do mesmo dispositivo de detecção como na figura 19.

A figura 21 mostra uma vista de seção de uma correia representando uma posição preferida dos elementos sensores / escolha e como os elementos estão ligados ao circuito eletrônico.

5 A figura 22 mostra um diagrama de blocos que descreve o percurso do sinal através das componentes principais do dispositivo de detecção e comunicação com dispositivos externos ao sensor.

10 A figura 23 mostra um sinal gerado a uma vibração de espaço de 55 Hz.

A figura 24 mostra um espectro do sinal na figura 23.

A figura 25 mostra o sinal gerado a uma vibração de espaço de 30 Hz.

A figura 26 mostra um espectro do sinal na figura 25.

15 A figura 27 mostra um sinal selecionando um evento por revolução.

A figura 28 mostra um sinal de pulsos de dentes da correia.

20 A figura 29 mostra uma vista lateral de uma correia representando uma seção transversal de um elemento sensor.

A figura 30 mostra uma vista lateral de uma correia representando o posicionamento preferido perpendicular de dois elementos sensores utilizando cancelamento do sinal.

A figura 31 mostra um sinal de pulsos de dentes da correia e um efeito da contaminação da correia.

Descrição das Modalidades Preferidas.

A invenção apresenta um dispositivo sensor e uma
5 metodologia de análise de sinais particularmente adequada para indicar a condição operacional de um acionador de correia e prever quando a correia e / ou seus componentes relacionados devem ser substituídos para evitar uma falha na unidade. Além disso, a invenção apresenta circuito
10 eletrônico 51 e elementos sensores 36, como mostrado na figura 22 que operam por meio capacitivos acoplados com as propriedades piezoelétricas e eletrocapacitivas para recolher dados de sinal sem tocar a correia. Os elementos sensores 36 são capazes de sentir a correia através de uma
15 estrutura estática, viz. uma embalagem de correia. A natureza da detecção torna particularmente bem adaptada à detecção de eventos harmônicos dinâmicos e transitórios da passagem da correia. O circuito eletrônico pode ser realizado em um número de maneiras por qualquer pessoa
20 competente na técnica de circuitos de detecção capacitivos, eletrocapacitivos e piezoelétricos. A publicação *Capacitive Sensors Design and Applications*, de Larry K Baxter, IEEE, Piscataway, NJ, é uma excelente fonte de exemplos de tais circuitos. Uma nova abordagem para a utilização de

transistores MOS (*metal oxide semiconductor*) descritos nesta publicação é preferível, por causa da facilidade com que os elementos podem ser integrados em circuitos de sinais mistos, mas em termos desta invenção, quaisquer circuitos de detecção capacitivos com propriedades adequadas podem ser empregados. Esta parte do circuito é denominada circuito analógico 51. Os elementos sensores acoplados nos circuitos analógicos são dispostos ao redor da estrutura de correia direcionada para melhor gerar a entrada de sinal desejada. Os elementos sensores 51 são constituídos de dois eletrodos colocados adjacientemente que criam uma capacitância definida e projetam um campo capacitivo. Os eletrodos são orientados em direção ao alvo de correia de tal maneira que a correia que altera as propriedades dielétricas irá afetar o campo capacitivo, de tal forma a provocar uma mudança na capacitância dos eletrodos, o que é detectado pelo circuito analógico acoplado 51. Os elementos sensores também detectam a carga eletrocapacitiva acumulada na correia que é o resultado das propriedades dos materiais piezoelétricos do material da correia composto por meio de acoplamento indutivo.

Um elemento sensor 36 colocado em toda a estrutura da correia, como mostrado nas figuras 8 e 9, causará uma resposta de sinal que é especial para a estrutura dos

dentes que passa 21. A resposta do sinal do elemento é mostrada na figura 28 em que a distância 80 corresponde à altura do dente da correia 17.

Em termos de invenção, dois ou mais elementos sensores 5 36, 38 colocados como mostrado nas figuras 8, 9 e na figura 13 espaçados por um múltiplo do passo de dente da correia 16 terá o efeito de aumentar a resposta do sinal dos dentes de passagem.

Um elemento sensor 37, orientado longitudinalmente na 10 direção principal do movimento da correia como mostrado nas figuras 19 e 20, irá predominantemente causar uma resposta de sinal que é especial para o movimento lateral 27, como mostrado na figura 7 do espaço da correia 14. O movimento lateral, normalmente, é o resultado da vibração de espaço 15 natural ou induzida. A figura 23 mostra uma resposta de sinal típica de uma vibração de espaço natural 27 mostrado na figura 7 com o período de oscilação 84 e amplitude 73. A figura 24 mostra um espectro de frequência desse sinal, onde 74 indica a frequência natural 71 do espaço de correia 20 14. Um elemento sensor 37 com um comprimento equivalente a três ou mais passos dos dentes da correia 16 é impermeável à passagem dos dentes da correia e, portanto, atuam como um filtro para sinais de articulação gerados pelo dente da correia. O elemento sensor só detecta frequências

relacionadas com a articulação detectada 70 se presente no movimento lateral 26 do espaço de correia 14.

Um sensor composto de vários elementos sensores 36, 37 e 38, como mostrado na figura 21, está ligado ao circuito analógico 51 usando um comutador de multiplexação 50. O comutador de multiplexação é controlado pelo MPU 53 mostrado na figura 22 e torna possível amostrar o sinal de cada elemento sensor 36, 37 e 38, individualmente, coletivamente ou em qualquer combinação exigida pela estratégia de DSP empregada.

Um acoplamento de elementos sensores 36 são posicionados no lado oposto ou do mesmo lado da correia, como mostrado na figura 30, de acordo com um arranjo distintivo que são espaçados por um incremento de meio passo de correia 45 e, conseqüentemente, um está enfrentando uma ponta do dente, enquanto o outro está a enfrentando uma raiz. Esta configuração de elemento sensor produz uma redução significativa na resposta do sinal devido à passagem do dente da correia 20 pela natureza dos sinais 46, 47 cancelando uns aos outros 81, como mostrado na figura 30, onde o diagrama 81 ilustra este cancelamento. Isso é particularmente útil quando o sensor é feito para procurar um OPRSE (evento de sinal por uma revolução) ou quando procura dano estrutural interno viz enfraquecimento

da correia. O OPRSE aparece quando o dano devido à deficiência estrutural ou deterioração da correia 17 é detectado. Na maioria dos casos, o dano à correia terá início em um ponto e, no curso da operação adicional vai se espalhar, causando uma falha de correia total. Um OPRSE é uma indicação de que a correia 17 está falhando e deve ser imediatamente substituída. A figura 5 mostra dois tipos de danos à correia normalmente indicados por um OPRSE: uma ruptura do cordão incipiente 22 e uma deficiência de polímero 23. A figura 6 mostra os danos à correia 17 devido à estrutura dentária deficiente 24 ou dentes rachados 25. Esses tipos de danos irão aparecer em um rastreamento de sinal como um evento de sinal claramente perceptível. Um exemplo de tal rastreamento de sinal é mostrado na figura 27, onde o pico de sinal 79 representa o referido OPRSE em um ponto específico sobre a correia, enquanto a distância 78 representa uma revolução de correia completa atrás dos elementos sensores. Os picos de sinal 79 podem ser resumidos ao longo de vários ciclos antes ou depois da comparação com um nível limite para evitar sinais dispersos e falsos alertas.

Se uma correia 17 utilizada em uma unidade, como mostrado na figura 1, torna-se contaminada com líquidos, como óleo, líquido de arrefecimento do motor ou qualquer

contaminante fluido que vai deixar um resíduo na correia, causando uma mudança suficiente em sua dielétrica e / ou propriedades eletrocapacitivas, o conjunto do sensor irá detectar a presença de fluidos e registrar uma mudança no
5 limiar do sinal global como mostrado na figura 31, onde a referência 82 indica o nível do sinal medido antes de contaminação e a referência 83 indica o nível do sinal medido após a contaminação.

A figura 1 mostra uma das principais aplicações para a
10 invenção como um dispositivo de monitorização para acionadores de correia comumente usados para manter a sincronicidade de came em motores de combustão interna e comumente referido como unidades de tempo. No acionamento da correia, o novo sensor 30 é colocado junto ao eixo da
15 roda dentada 7. Nesta posição, o sensor 30 é melhor equipado para acompanhar o acionamento e detectar qualquer anomalia no correia 17, bem como detectar danos na correia. Como o sensor 30 opera 30 por meios sem contato, ele é espaçado, como mostrado na figura 2 com folgas suficientes
20 34 e 35 de forma a não interferir com a estrutura da correia em movimento 17. O sensor 30 tem todos os elementos sensores 36, 37, 38 e eletrônicos incorporados na sua estrutura, como mostrado pela linha tracejada na figura 22, que permite que o sensor funcione de forma autônoma. O

sensor 30 está ligado ao controlador do motor do veículo e pode funcionar como um escravo normalmente praticado para o controlador de motor de veículo master 58 e se comunicar com o controlador através de fio 31 ou antena wireless 32.

5 O caminho do sinal é o seguinte: elemento de detecção 36 detecta a correia 17 por meio do campo elétrico 72. O elemento 36 é acoplado ao circuito analógico 51 por meios de multiplexação 50 mostrados na figura 21. O circuito gera um sinal analógico 61 que é convertido em um fluxo de dados
10 digitais por um conversor A/S 52 e é armazenado em uma unidade de micro-processamento MPU 53. A MPU 53 executa o processamento digital de sinais DSP através de um algoritmo incorporado. Um DSP adequado é bem conhecido por qualquer pessoa competente na técnica de análise de sinal digital.

15 O conjunto de sensores 30 pode operar como uma unidade autônoma com uma fonte de energia de bateria embutida que permite a operação independente da fonte de alimentação do veículo. Esta opção é particularmente adequada para aplicações de auto-peças.

20 Os eletrônicos incorporados no conjunto de sensores 30 comunicam-se com o veículo, seja através de um fio ou sem fio, usando um protocolo de comunicação serial automotivo, por exemplo, LIN (*Local Interconnect Network*) e CAN

(Controller Area Network) 57, ou derivados de tais protocolos (figura 22).

Os eletrônicos incorporados no conjunto de sensores 30 têm incorporados um microcontrolador MPU 53, que é pré-programado com um algoritmo capaz de tomar decisões independentes com base no sinal detectado se uma falha na correia ou na unidade é iminente. O conjunto de sensores 30 pode ser utilizado como uma ferramenta de monitoramento de sistema, em que o sensor pode, periodicamente, ou a pedido, transmitir parâmetros de desempenho da unidade de tempo armazenados, tal como a tensão do correia ou assinatura de torção do eixo, para o controlador do veículo ECU 58. O parâmetro de desempenho pode ser transmitido sem fio ao fabricante do veículo, se o veículo está equipado com uplink de comunicação ou transferido para a manutenção normalmente prevista para uma base de dados de veículo OEM 59.

Os elementos sensores podem ser fabricados em muitos aspectos, sob a condição de que o comprimento de detecção desejado e o valor da capacidade é alcançado, além de ajustar a área de superfície dos elementos, que determina a sensibilidade do elemento sensor para efeitos eletrocapacitivos. O elemento sensor básico é composto de duas estruturas metálicas que são espaçadas com uma

distância predisposta por um componente dielétrico. A figura 14 mostra um elemento sensor composto por duas faixas paralelas de cobre 40 e 41 que foram gravadas em uma PCB (placa de circuito impresso) 39 usando métodos de fabricação padrão da indústria de circuitos impressos eletrônicos. A figura 15 mostra como faixa de cobre 40 rodeada por faixa de cobre 41 com a forma de um U aumenta a capacitância elemento sensor, mantendo uma pegada pequena. A figura 16 mostra duas faixas de cobre 40 e 41 com a forma de uma ferradura. A figura 17 mostra uma outra maneira de fazer um elemento sensor por meio de torção dos dois fios 40 e 41 cada coberto por um dielétrico. A espessura da cobertura de fio delimita a distância entre os dois fios que constituem os eletrodos. A figura 29 mostra duas placas metálicas ou tiras 42 soldadas de lados opostos de um material dielétrico, onde a distância entre elas é equivalente à metade ou o passo do dente da correia 16 da correia alvo 17. A estrutura do elemento sensor é adequada para detectar a estrutura dentária da correia passante.

20 Concretizações Preferidas do Método

Os elementos sensores de 36, 37 e 38, ligados a circuitos analógicos 51, liberam um sinal analógico alternado continuamente modulado como mostrado na figura 28. O sinal é convertido para um sinal binário e

transferido para a unidade de armazenamento e cálculo MPU 53 acoplada ao circuito analógico 51. Baseando-se no sinal, um algoritmo DSP incorporado calcula a velocidade instantânea de acionamento da correia.

5 O elemento de detecção 37 ligado aos circuitos analógicos 51 libera um sinal alternado analógico continuamente modulado como mostrado nas figuras 23 e 25. O sinal é convertido para um sinal binário e transferido para a unidade de armazenamento e cálculo MPU 53 acoplada aos
10 circuitos analógicos 51. Baseado no referido sinal, a MPU 53 com o algoritmo DSP incorporado calcula uma frequência natural 74 do espaço da correia especial, de que o elemento sensor é adjacente. Para qualquer pessoa competente na técnica de unidade de correia, a frequência calculada 74
15 pode ser correlacionada com o nível de tensão no espaço da correia. Uma mudança na frequência 76, como mostrado na figura 26 é, portanto, indicativo de uma mudança na tensão da correia. O monitoramento da frequência fornece meios para detectar se o nível de tensão da correia foi deslocada
20 para fora dos limites operacionais predeterminados. Além disso, se o sinal mostrado na figura 25 exhibe conteúdo de frequências adicionais, como na parte fechada 77, o sinal é indicativo de um movimento do espaço da correia adicionalmente induzido. O componente de frequência é

comumente associado à correia dentada e ao acoplamento do dente 26 e será idêntico à frequência do sinal medido dos dentes da correia passante 20. Este fenômeno é agravado por uma incompatibilidade no referido acoplamento 26 como
5 resultado da tensão da correia incorreta aplicada à estrutura da correia. Outra parte do MPU 53 incorporada ao algoritmo DSP foi concebida para monitorar a ocorrência e a magnitude da referida frequência e para comparar o referido sinal com limites operacionais predeterminados. No caso em
10 que os limites de sinal devem ultrapassar os limites operacionais, a MPU 53 incorporada com algoritmo gera um alarme de acionamento de correia defeituoso.

O sinal gerado pelos dentes passantes 20 é utilizado no cálculo (DSP) do ângulo de fase de torção do came. Os
15 dados são compilados como a assinatura de torção da unidade e podem ser usados para diagnosticar a alteração das condições operacionais da unidade de correia.

A MPU 53 embutida no sensor 30 tem um algoritmo DSP incorporado, que monitora os sinais provenientes dos
20 elementos sensores 36, 37, 38 e 42 e determina se a correia alvo 17 ou o acionador de correia apresentam comportamento operacional que é propício à falha da correia 17 ou do acionador de correia. Em caso de falha iminente, o algoritmo gera um código de falha que pode ser usado para

notificar o condutor / operador de que o veículo deve ser prontamente atendido, ou o código de falha pode ser transmitido para o fabricante de equipamento original do veículo ou prestador de serviços para ações futuras.

- 5 O sensor 30 está ligado à cablagem do veículo através de um conector 33. O algoritmo embarcado comunica-se através da cablagem com a ECU do veículo (unidade de controle do motor), utilizando um protocolo de comunicação de rede digital LIN / CAN 57.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para determinar a condição física e estrutural que se desloca um cinto de fibra e polímero compósito em condições normais de operação **caracterizado**

5 **pelo** fato de que compreende:

detecção de propriedades eletrocapacitivas e dielétrica instantâneas e dinâmicas de uma porção do cinto à medida que a porção de cinto se move por um dispositivo de detecção capacitivo para produzir sinais de capacitância
10 instantâneos e dinâmicos;

separar o sinais de capacitância instantâneos e dinâmicos produzidos por pelo menos um elemento de detecção a partir de quaisquer sinais de capacitância estáticos simultaneamente presentes,

15 comparar os sinais de capacitância instantâneos e dinâmicos com um nível limite de sinal de capacitância dinâmico; e

em resposta a uma violação do nível limite do sinal de capacitância dinâmico pelos sinais de capacitância
20 instantâneos e dinâmicos, acionar um sinal de saída.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que o sinais de capacitância instantâneos e dinâmicos que ultrapassam o nível limite do sinal de capacitância dinâmica são somados ao longo de um

determinado período de tempo antes de acionar o sinal de saída.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que o sinal de saída é um sinal
5 de alerta.

4. Dispositivo de detecção de capacitância **caracterizado pelo** fato de que inclui pelo menos um elemento de detecção adaptado para uma localização de um cinto de fibras e polímeros compósitos que se move
10 normalmente, o referido elemento de detecção adaptado para produzir um sinal elétrico de carregamento cíclico em resposta a mudanças dinâmicas nas propriedades dielétricas do cinto à medida que este se move após o dispositivo de detecção; e meio computacional elétrico incluindo, pelo
15 menos, um conversor analógico para digital, um microprocessador e meio para fornecer um sinal de saída em resposta a uma violação cíclica de um nível limite de mudança dinâmica no dielétrico do cinto.

5. Dispositivo de detecção de capacitância, de acordo
20 com a reivindicação 4, **caracterizado pelo** fato de que uma pluralidade de elementos de detecção são agrupados acima e em pelo menos um dos lados do cinto.

6. Dispositivo de detecção de capacitância, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo** fato de que uma

pluralidade de elementos de detecção são espaçados adjacente ao cinto em locais ao longo da direção do movimento do cinto.

7. Dispositivo de detecção de capacitância, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo** fato de que o sinal de saída é um alerta.

8. Método para determinar a condição física de um cinto de fibra e polímero compósito em condições normais de operação **caracterizado pelo** fato de que inclui:

10 detecção do campo eletrostático instantâneo e dinâmico de uma porção do cinto à medida que a porção de cinto se move por um dispositivo de detecção para produzir sinais instantâneos e dinâmicos;

15 separar os sinais instantâneos e dinâmicos produzidos por pelo menos um elemento de detecção de quaisquer sinais estáticos simultaneamente presentes,

comparar os sinais instantâneos e dinâmicos com um nível limite de sinal dinâmico; e

20 em resposta a uma violação do nível limite do sinal dinâmico pelos sinais instantâneos e dinâmicos, acionar um sinal de saída.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo** fato de que os sinais instantâneos e dinâmicos que violam o nível limiar de sinais dinâmicos são

somados ao longo de um determinado período de tempo antes de acionar o sinal de saída.

10. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo** fato de que o sinal de saída é um sinal
5 alerta.

11. Dispositivo de detecção **caracterizado pelo** fato de que inclui pelo menos um elemento detector adaptado para uma localização de um cinto de fibras e polímeros compósitos que se move normalmente, o referido elemento de
10 detecção adaptado para produzir um sinal elétrico de carregamento cíclico em resposta a mudanças dinâmicas no campo eletrostático do cinto à medida que este se move após o dispositivo de detecção; e meio computacional elétrico incluindo, pelo menos, um conversor analógico para digital,
15 um microprocessador e meio para fornecer um sinal de saída em resposta a uma violação cíclica de um nível limite de mudança dinâmica no campo eletrostático do cinto.

12. Dispositivo de detecção, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado pelo** fato de que uma
20 pluralidade de elementos de detecção são agrupados acima e em pelo menos um dos lados do cinto.

13. Dispositivo de detecção, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado pelo** fato de que uma pluralidade de elementos de detecção são espaçados

adjacente ao cinto em locais ao longo da direção do movimento do cinto.

14. Dispositivo de detecção, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo** fato de que o sinal de saída é um sinal alerta.

15. Método para determinar a condição física e a deterioração de um cinto de fibra e polímero compósito móvel em condições normais de operação **caracterizado pelo** fato de que inclui a detecção da carga elétrica gerada pelo acoplamento piezelétrico de uma porção do cinto à medida que a porção de cinto se move por um dispositivo de detecção de carga sem contato por meio do qual um sinal é produzido em resposta à densidade de carga instantânea da porção de cinto.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado pelo** fato de que o sinal é proporcional à densidade de carga.

17. Método, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado pelo** fato de que os sinais produzidos ao longo de um período selecionado que violam um determinado limiar são somados antes de acionar um sinal de saída.

18. Método, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo** fato de que o sinal de saída é um sinal alerta.

19. Dispositivo de detecção **caracterizado** pelo fato de
que inclui pelo menos um elemento de detecção
eletrocondutivo a ser alinhado com a direção de movimento
de um cinto, pelo menos um elemento de detecção
5 eletrocondutivo sendo perpendicular à direção de movimento
do referido cinto e pelo menos um elemento de detecção
eletrocondutivo a ser posto em um plano paralelo à direção
de movimento o referido cinto, o referido dispositivo de
detecção configurado para, pelo menos, parcialmente
10 circunda uma porção do referido cinto que se desloca
através do mesmo.

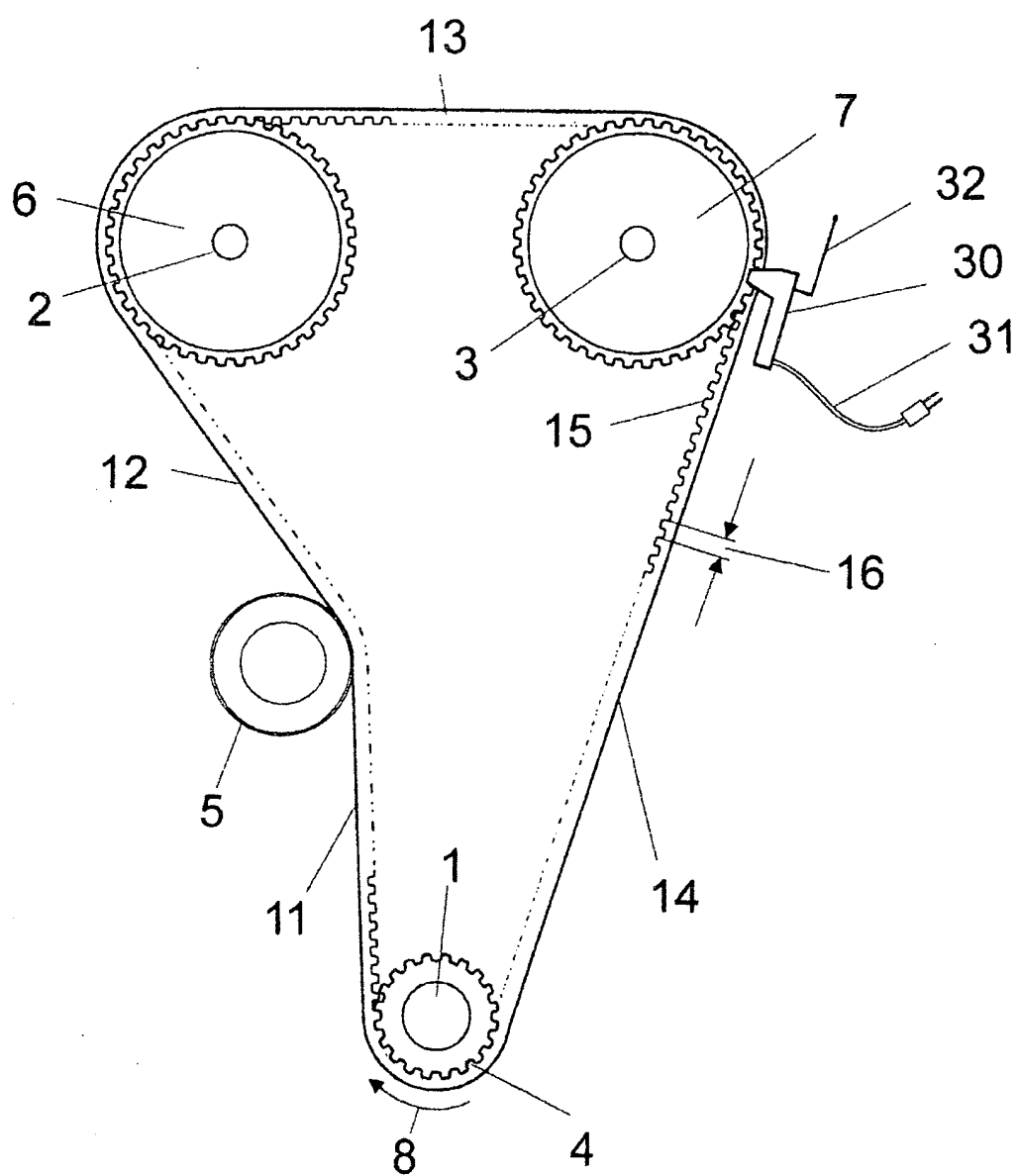


FIGURA 1

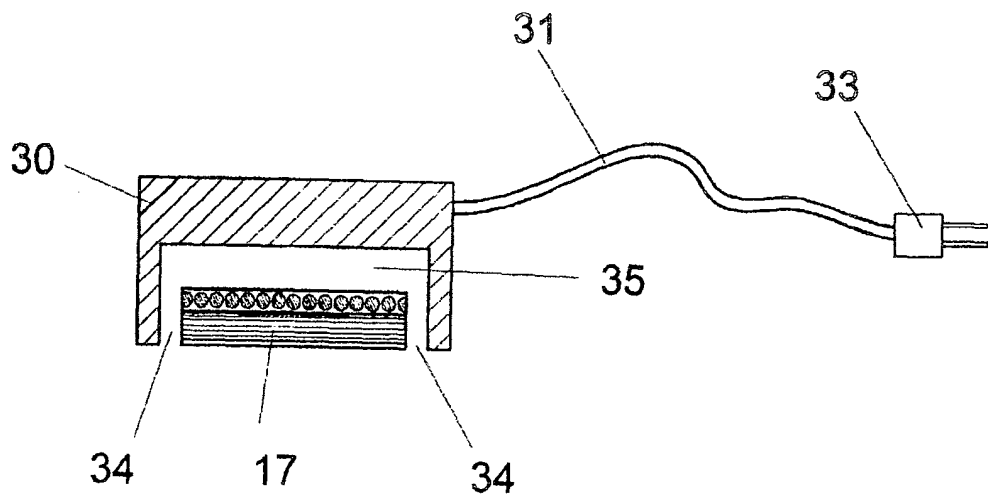


FIGURA 2

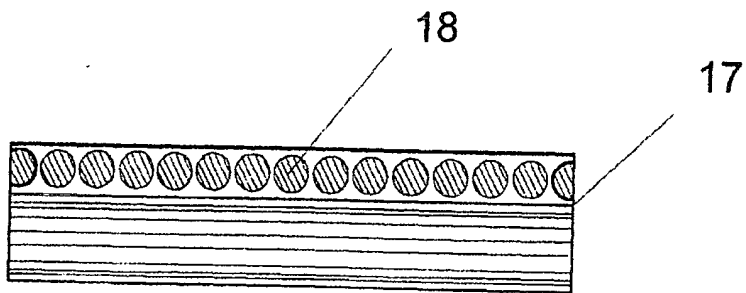


FIGURA 3

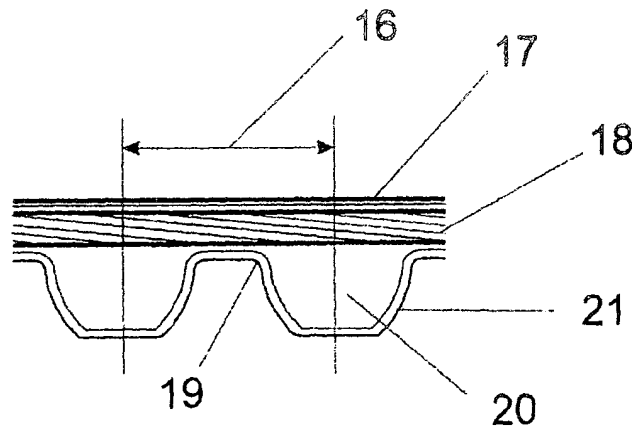


FIGURA 4

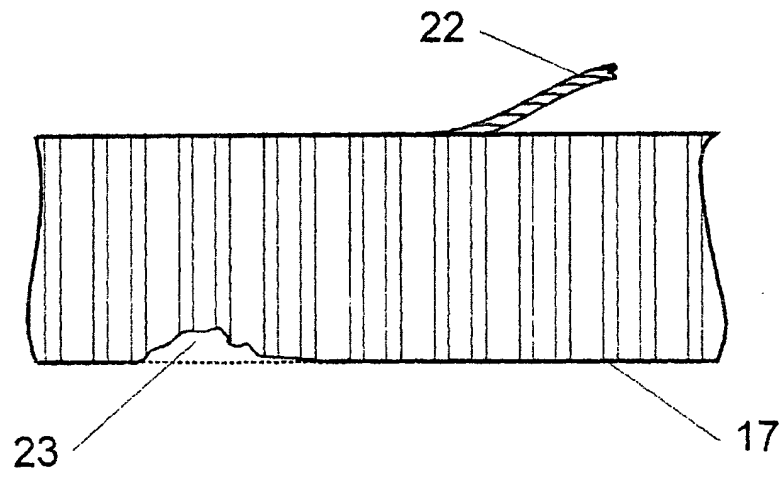


FIGURA 5

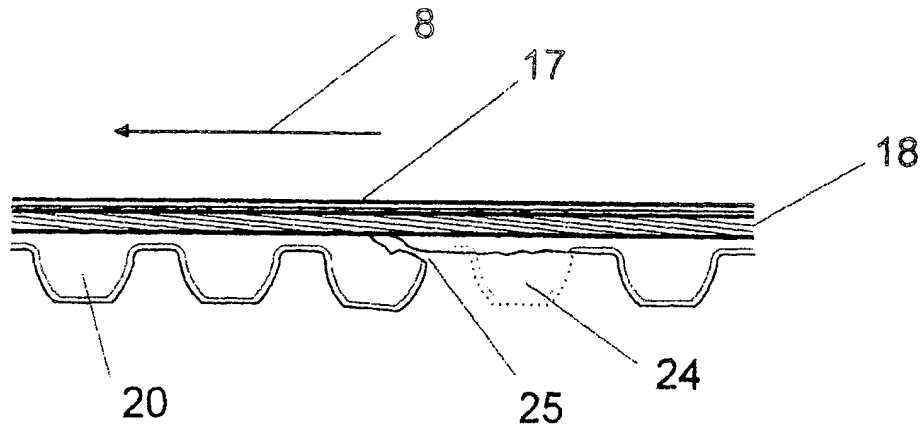


FIGURA 6

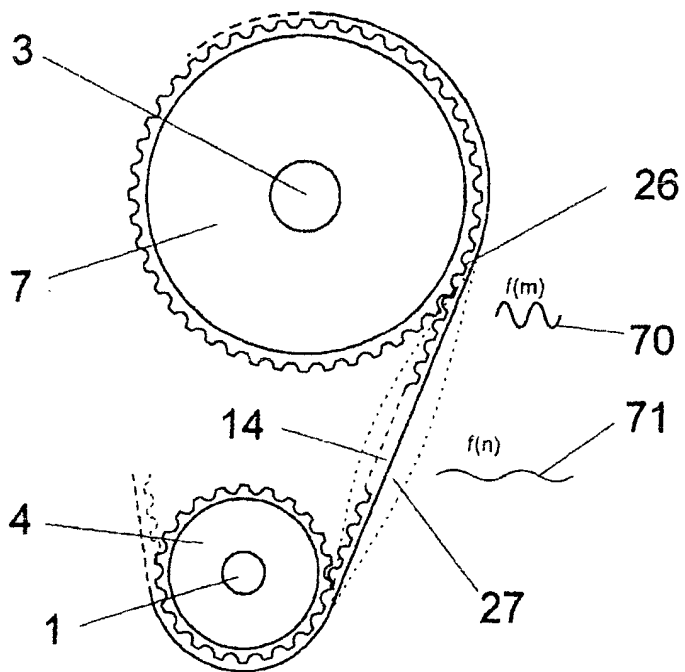


FIGURA 7

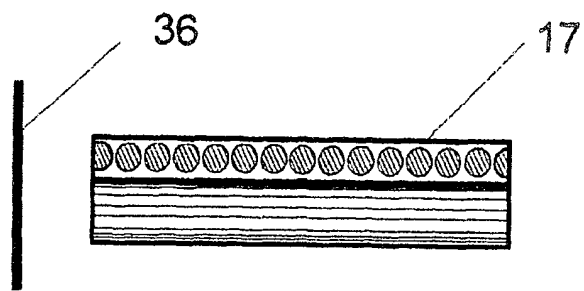


FIGURA 8

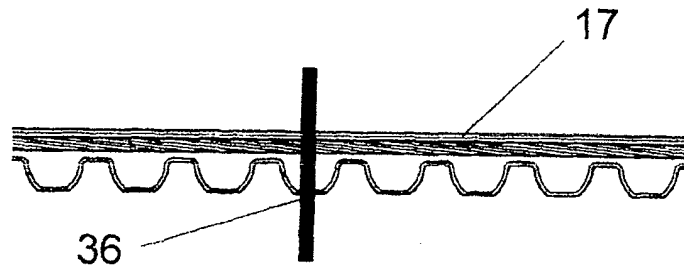


FIGURA 9

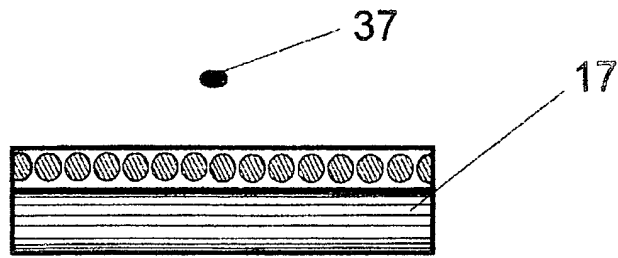


FIGURE 10

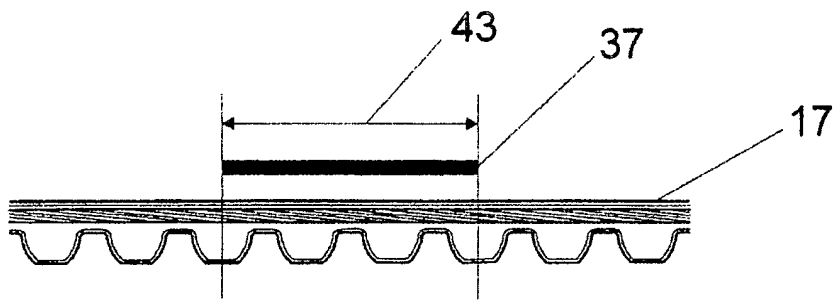


FIGURE 11

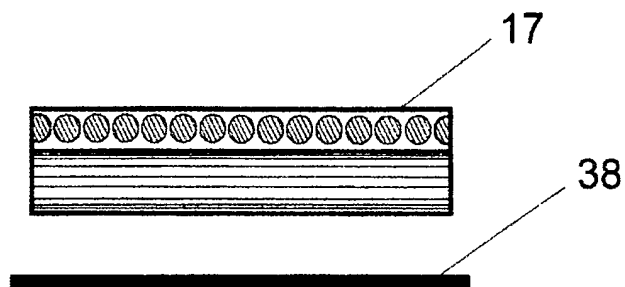


FIGURE 12

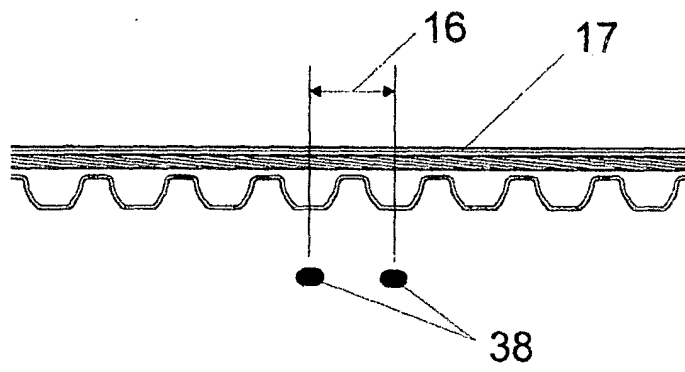
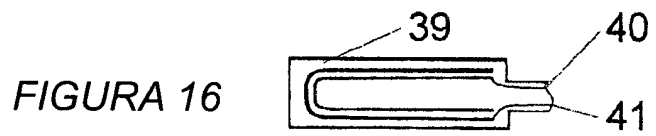
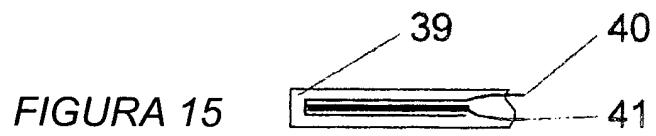
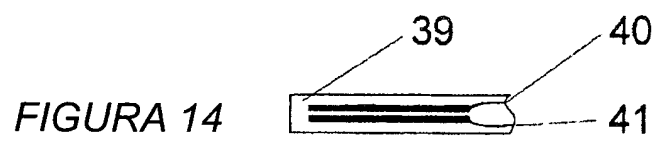


FIGURA 13



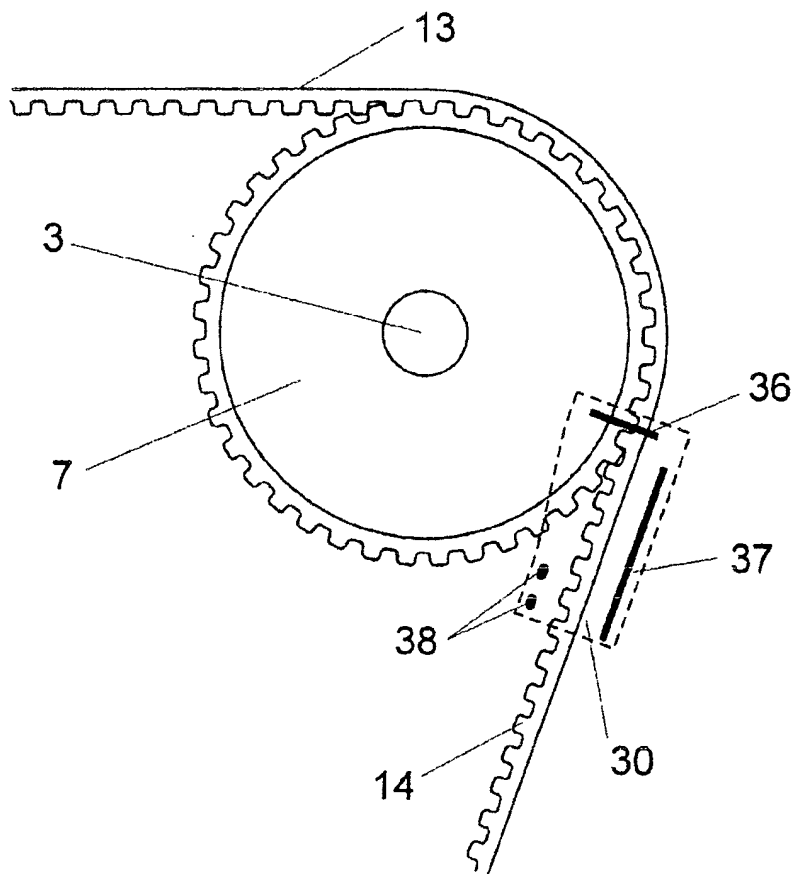


FIGURA 19

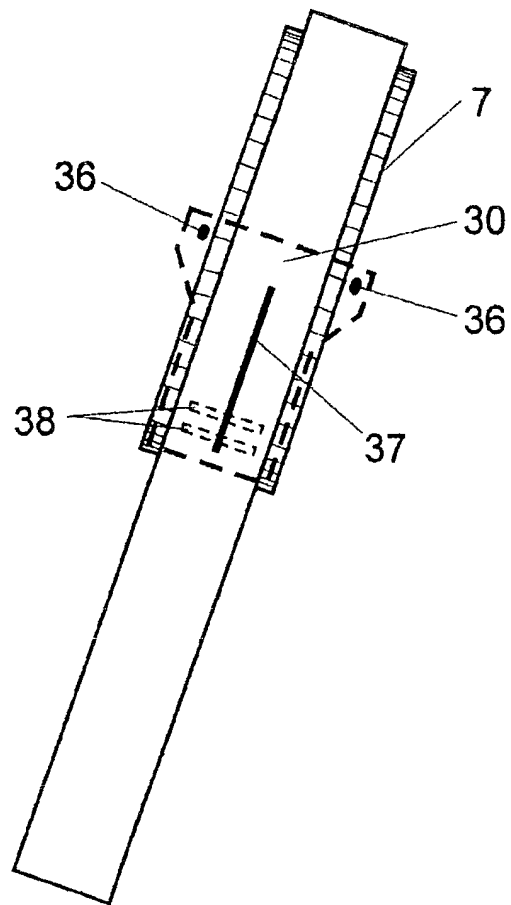


FIGURA 20

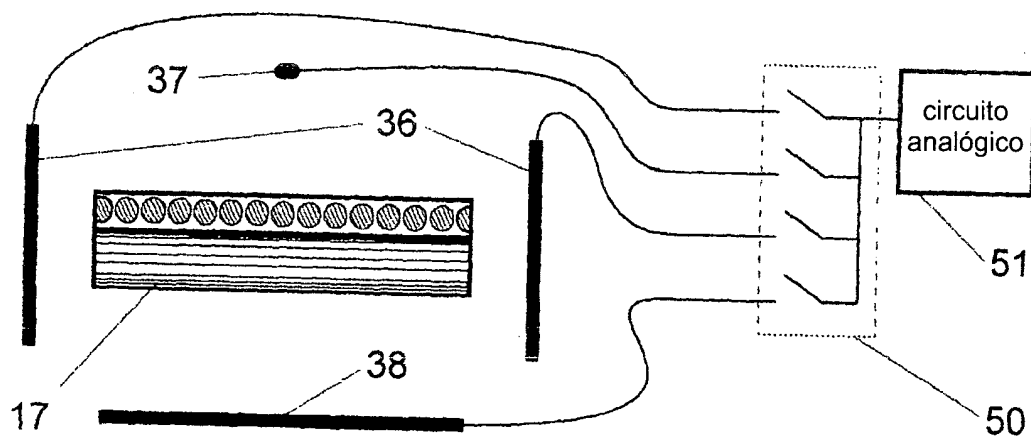
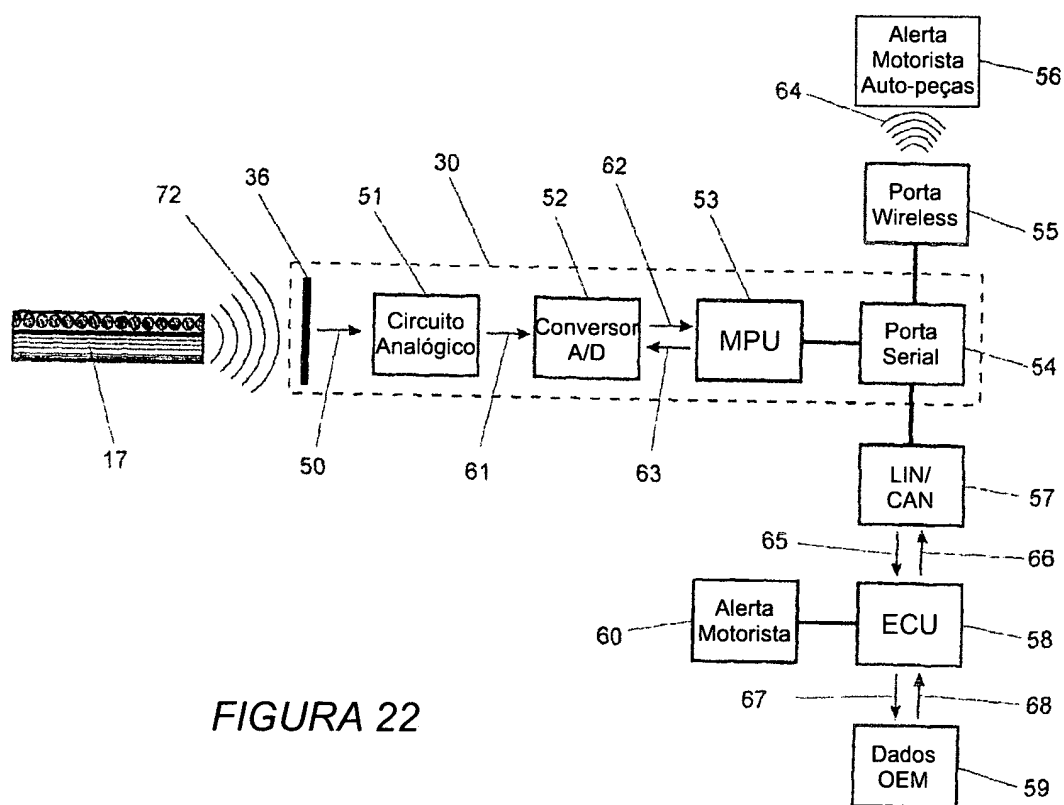
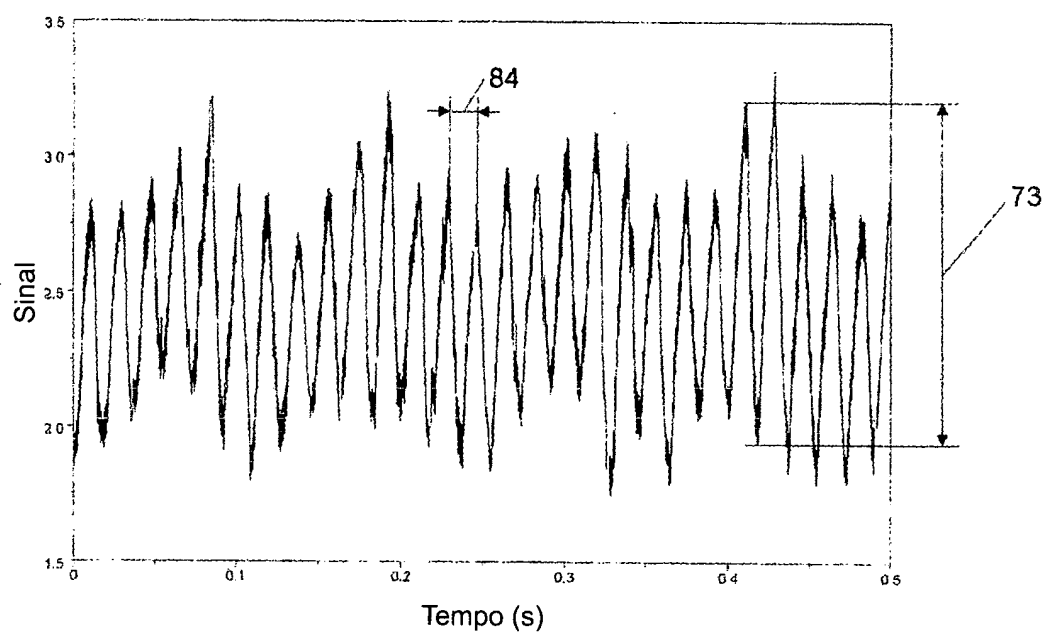
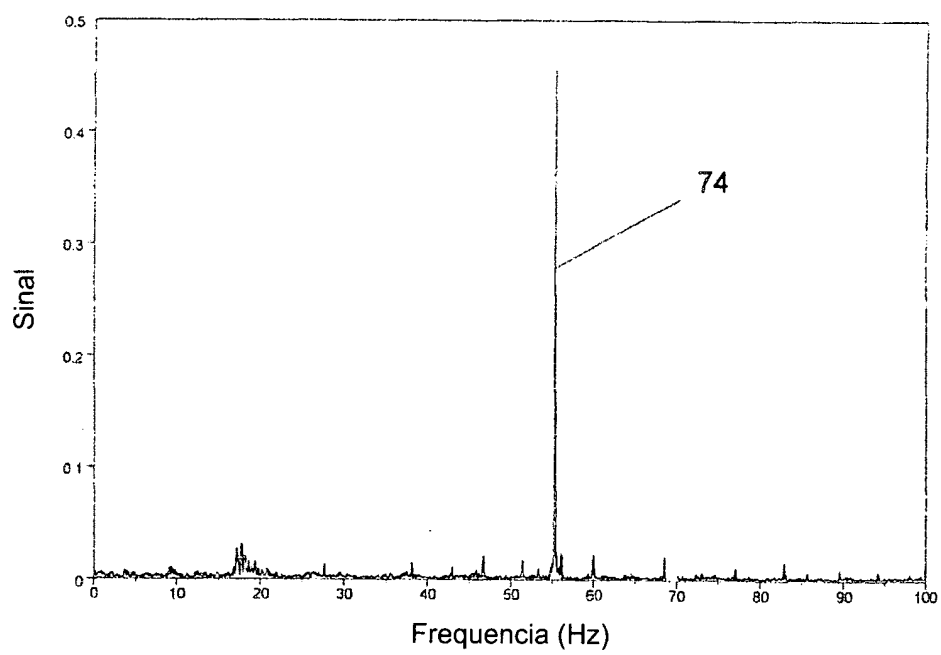


FIGURA 21



*FIGURA 23*

*FIGURA 24*

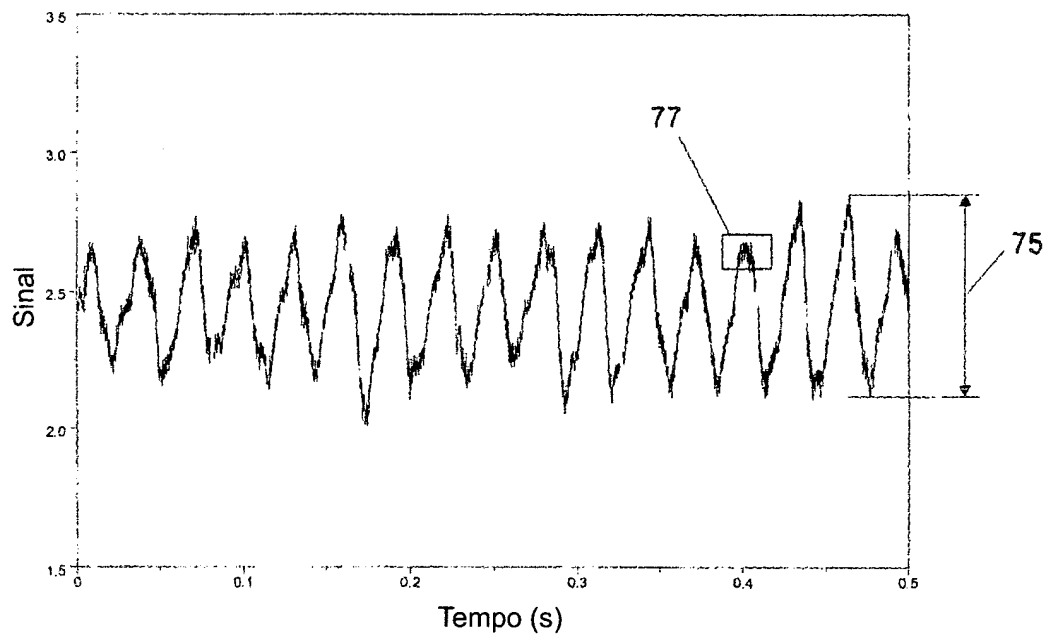
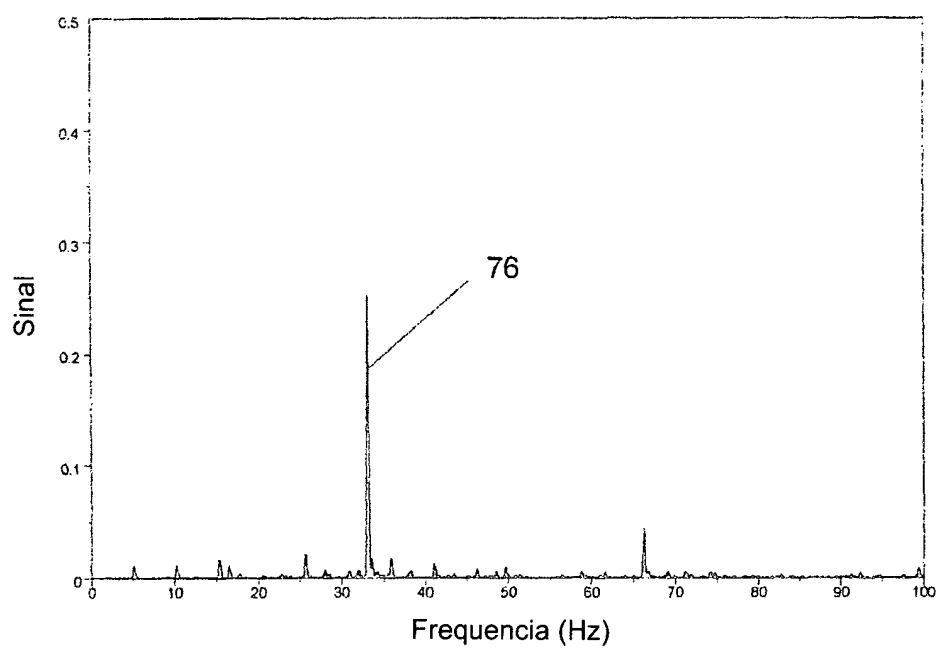
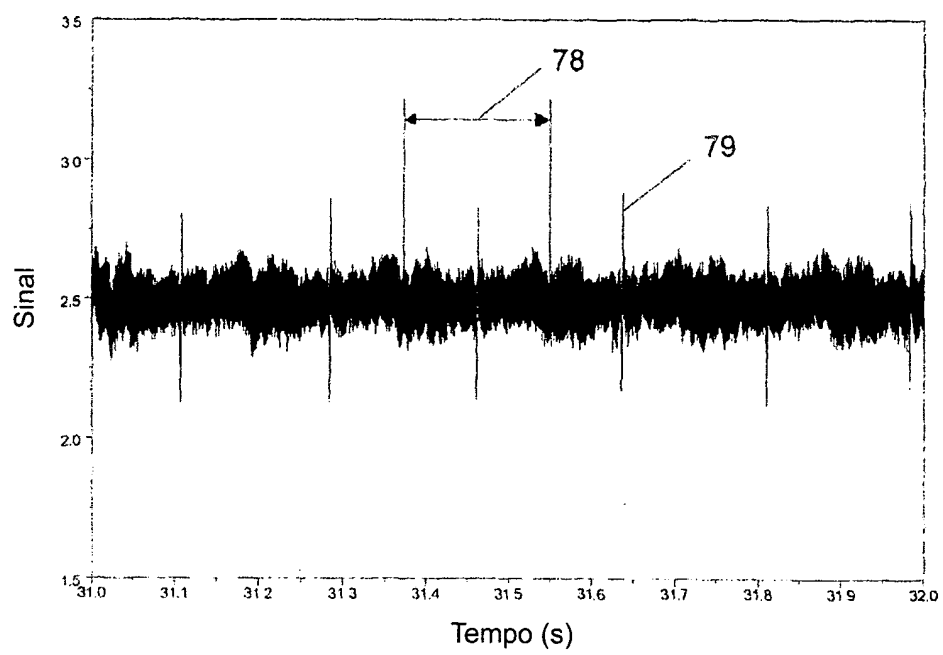
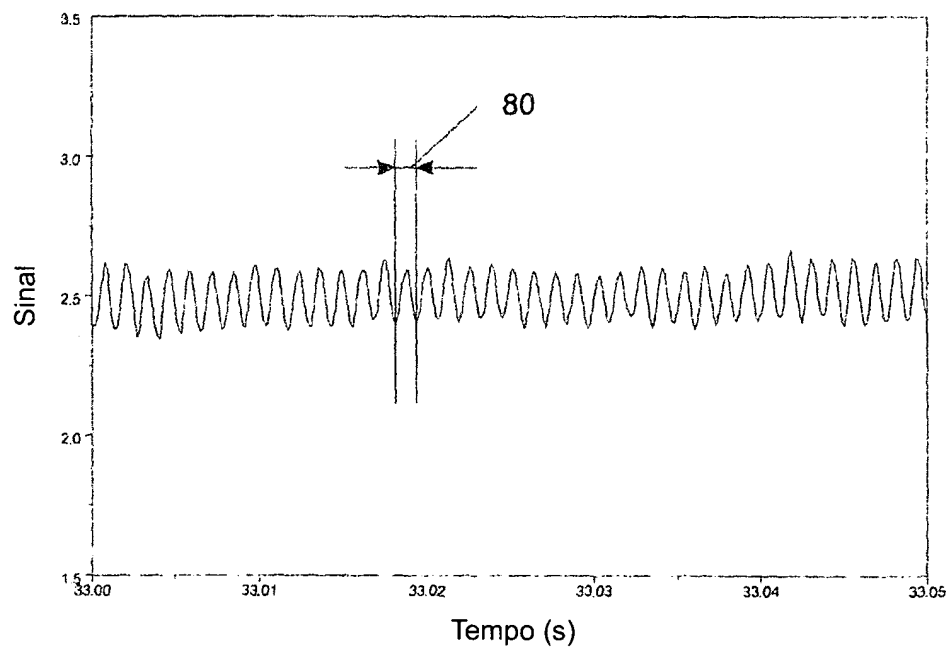


FIGURA 25

*FIGURA 26*

*FIGURA 27*

*FIGURA 28*

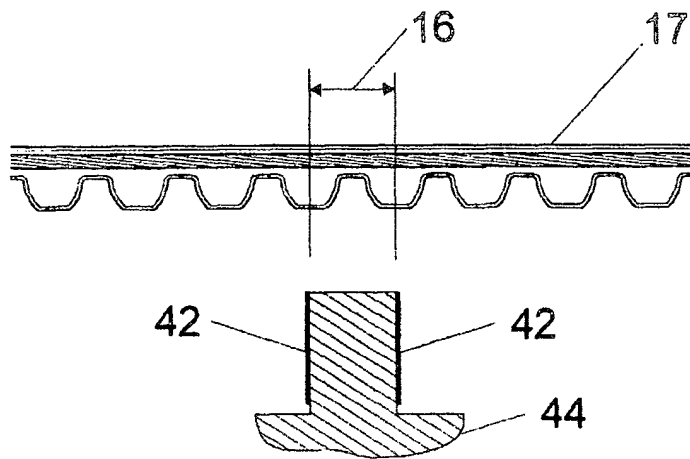


FIGURA 29

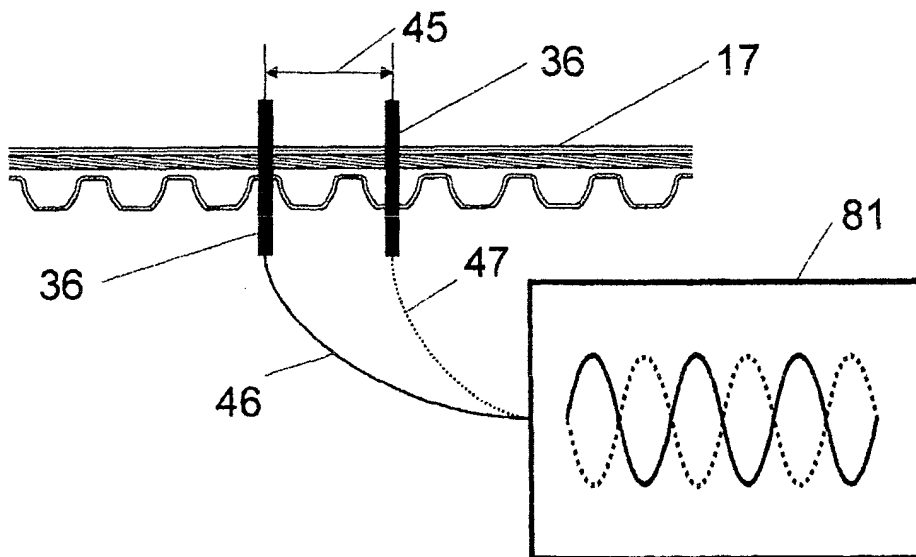


FIGURA 30

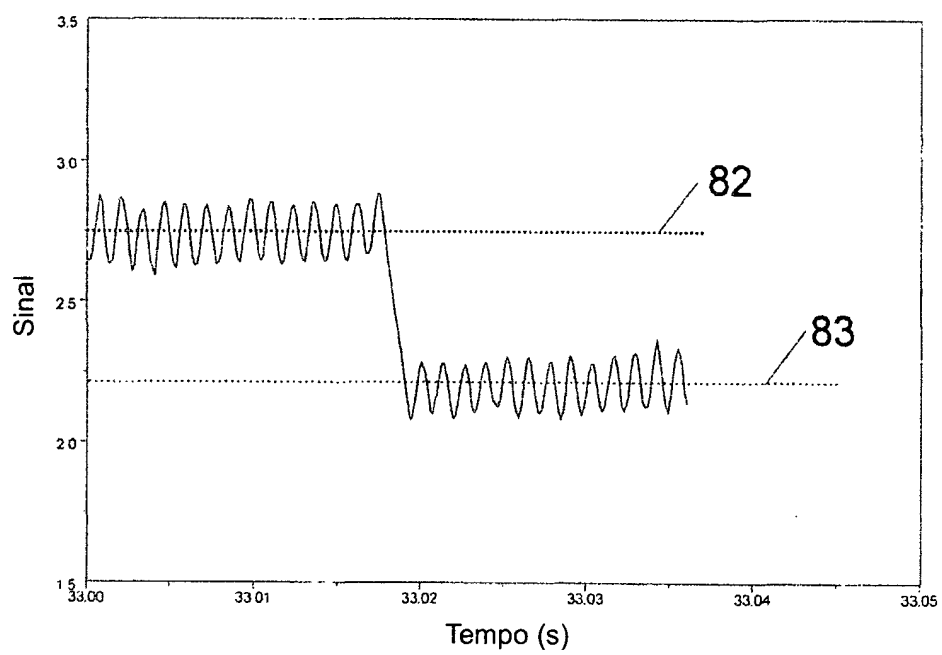


FIGURA 31

Resumo da Patente de Invenção para: **"APARELHO E MÉTODO PARA DETECTAR DESGASTE DE CORREIA DE TRANSMISSÃO E MONITORAR DESEMPENHO DE SISTEMA DE ACIONAMENTO DE CORREIA"**.

Um aparelho e método com a capacidade de monitorar
5 correias sem fim e sistema de acionamento de correia por
sensores sem contato para desgaste ou função anormal,
determinando o estado do sistema de acionamento da correia
e detectando estados antecipados da correia e falha do
sistema. Uma unidade de sensor apresentando um ou alguns
10 elementos sensores independentes é posicionada adjacente à
ou nas proximidades da correia, monitorando, assim, alguns
modos normais de operação da correia que ocorrem
simultaneamente. O sensor pode determinar a sonoridade da
unidade de tempo completa pelo processamento do sinal
15 coletado e detecção de dano estrutural. Os dados coletados
são processados por um microcontrolador integrado com o
sensor. O aparelho e método para monitorar correias sem fim
em relação a desgaste ou função anormal usa uma disposição
de capacitores sem contato compreendendo um ou alguns
20 elementos sensores posicionados adjacentes ou próximos à
correia e conectado ao circuito elétrico que é
particularmente adequado para detectar a mudança de
capacitância dinâmica acoplada com efeitos
eletrocapacitivos e piezoelétricos exibidos pela correia. O

aparelho é ainda capaz de monitorar componentes de acionamento relacionados à correia pela detecção de se a correia é afetada pela função anormal dos componentes relacionados. O sensor monitora continuamente a correia durante a operação normal do acionador de correia. O sensor é particularmente adaptado para detectar as correias em uso em aplicações de workshop, industriais, automotivas e apresentam uma matriz polimérica com núcleo suportando carga de corda de fibra.