

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2004.03.26	(73) Titular(es): SENSTRONIC, S.A. 83, ROUTE DE DETTWILLER 67700 SAVERNE FR
(30) Prioridade(s):	
(43) Data de publicação do pedido: 2005.09.28	
(45) Data e BPI da concessão: 2007.12.05 054/2008	(72) Inventor(es): RÉMY KIRCHDOERFFER CH VLADIMIR FROLOV FR
	(74) Mandatário: PEDRO DA SILVA ALVES MOREIRA RUA DO PATROCÍNIO, N.º 94 1399-019 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **SENSOR DE PROXIMIDADE INDUTIVO**

(57) Resumo:

RESUMO

"SENSOR DE PROXIMIDADE INDUTIVO"

A presente invenção refere-se a um sensor (D) de proximidade indutivo compreendendo:

- uma bobina ou indutância (L) indutiva disposta na vizinhança da superfície activa ou extremidade do referido sensor (D),
- meios (C, S) para fornecer, repetidamente, corrente à bobina ou indutância;
- meios (SP) para processar sinais que correspondem às tensões (V) induzidas na referida bobina ou indutância (L) quando alimentada, sendo as referidas tensões (V) induzidas influenciadas pela presença de objectos ou corpos (B) no interior de uma dada área de detecção, dependendo da sua distância e do(s) seu material(is) constituinte(s), e sendo a referida bobina ou indutância (L) parte de um circuito LC paralelo,

pelo que o referido meio de alimentação consiste, basicamente, na capacidade ou condensador (C) do circuito LC, e pelo que uma medição da amplitude do sinal de tensão é efectuada num dado momento ou instante no tempo depois de cada comutação do primeiro estado (carregamento da C) para o segundo estado (descarga da C) e o resultado da referida medição é calculado relativamente a medições de referência, de modo a calcular a

distância à superfície activa ou extremidade do sensor (D), à natureza do(s) material(is) constituinte(s), e/ou a um valor indicativo de massa do(s) objecto(s) ou corpo(s) (B) localizado(s) no interior da área de detecção.

DESCRIÇÃO

"SENSOR DE PROXIMIDADE INDUTIVO"

A presente invenção refere-se ao campo da detecção e captação de base electromagnética, em particular, num ambiente industrial, e refere-se, particularmente, a um sensor ou comutador de proximidade indutivo.

Mais especificamente, a presente invenção refere-se a um sensor indutivo do tipo compreendendo:

- uma bobina indutiva definindo um plano frontal activo do sensor e associada com uma placa de revestimento ou uma parte plana de um invólucro, sendo a referida placa ou parte fabricada num metal não magnético com baixa condutividade eléctrica, estando a referida placa ou parte colocada perpendicularmente ao eixo da bobina e paralela ao seu plano frontal activo,
- meios para fornecer, repetidamente, corrente à bobina ou indutância,
- meios para processar sinais que correspondem às tensões induzidas na referida bobina ou indutância quando alimentada, sendo as referidas tensões induzidas influenciadas pela presença de objectos ou corpos no interior de uma dada área de detecção, dependendo da sua distância e do(s) seu material(is) constituinte(s), e sendo

a referida bobina ou indutância parte de um circuito LC.

Os comutadores de proximidade indutivos utilizando um circuito de ressonância são já conhecidos. Os princípios activos deste tipo de sensores são os seguintes.

Quando não há qualquer objecto metálico perto do sensor (na área de detecção do sensor) o circuito de medição compreendendo um oscilador que funciona nas condições de ressonância oscila na sua amplitude máxima. Quando um objecto metálico se aproxima da parte activa do comutador gera perdas devido às correntes de Foucault induzidas no referido objecto e, deste modo, uma diminuição da amplitude da ressonância.

Ao comparar esta diminuição da amplitude com um valor de referência é possível detectar a presença de objectos metálicos.

Um exemplo de um sensor do tipo descrito anteriormente é divulgado no documento US-A-4893076.

A desvantagem principal do sensor proposto no referido documento US reside na necessidade de um oscilador de elevada qualidade para proporcionar um arranque de um sensor com um limiar relativamente baixo. Esta solução não pode ser utilizada com detectores em invólucros totalmente metálicos dado que, nestes casos, a qualidade do oscilador iria diminuir consideravelmente (devido à absorção adicional de energia na parte com face metálica)

Este fenómeno é ilustrado comparando as figuras 7A e 7B dos desenhos em anexo, que mostram os oscilogramas da tensão de dois circuitos LC idênticos com bobinas idênticas. A única diferença

entre os dispositivos que proporcionaram os sinais mostrados nestas figuras é a presença de uma placa adicional de aço inoxidável não magnética (espessura de 1 mm) no dispositivo que proporciona o sinal da figura 7B, tendo a referida placa sido colocada na bobina do circuito LC do referido dispositivo.

Deste modo, pode-se, claramente, reconhecer que a placa de aço inoxidável modifica, não só a qualidade do oscilador, mas também a frequência das oscilações do sinal. Esta parte metálica deve, por conseguinte, ser tratada, não só como uma parte mecânica ou física do sensor, mas também como uma parte essencial dos componentes eléctricos que formam o circuito de oscilação, influenciando a referida placa, consideravelmente, a qualidade e a frequência do oscilador.

Na descrição de patente Europeia EP-A-0492029 conhece-se outro tipo de comutador de proximidade indutivo. Neste comutador de proximidade, uma bobina é alimentada directamente com impulsos de corrente transmitidos periodicamente. O sinal efectivo é obtido por um circuito electrónico adequado que responde à tensão recebida induzida na referida bobina pela diminuição da corrente que fluía anteriormente no corpo detectado, devido à tensão aí induzida pelo impulso de corrente transmitido.

Numa forma de realização do comutador de proximidade conhecido do documento EP-A-0492029, a tensão supracitada induzida na bobina é integrada numa janela de tempo relativamente curta, de modo a obter um sinal útil uniformizado após um processamento adequado. Este sinal é comparado com uma tensão de referência, de modo a gerar um sinal de saída que assinala a presença de um corpo detectado na vizinhança do

comutador de proximidade, se um corpo desses estiver presente. Um comutador de proximidade deste tipo proporciona uma boa distância de comutação na detecção de corpos metálicos, e. g., de alumínio ou aço.

Não obstante, o comutador de proximidade indutivo do documento EP-A-0492029 necessita de um gerador de sinal preciso apto a fornecer a corrente periódica à bobina e avalia valores de medição adquiridos de um modo quase imediato a seguir à interrupção da corrente na bobina e, deste modo, durante um estado de transição que não é, necessariamente, reproduzido de modo idêntico entre períodos. Isto dá origem a erros na detecção e captação.

Além disso, o documento US-A-6133654 divulga um comutador de proximidade indutivo do tipo descrito na descrição da patente Europeia EP-A-0492029 que está preparado para ser utilizado sob condições de tensões mecânicas exercidas na superfície activa do comutador de proximidade, em ambientes agressivos e sob uma elevada pressão ambiente, e que ainda proporciona uma boa distância de comutação na detecção de corpos metálicos, e. g., de alumínio ou aço.

De modo a atingir o objectivo pretendido, este documento US proporciona um comutador de proximidade indutivo do tipo descrito na descrição da patente Europeia EP-A-0492029, em que a referida bobina, o referido circuito para fornecer uma corrente de transmissão periódica à bobina, e o referido meio para processar os referidos sinais estão dispostos num invólucro cilíndrico que está fechado no lado da superfície activa do comutador de proximidade e que consiste num metal que não é ferromagnético e cuja resistência eléctrica específica é

relativamente elevada.

É um objectivo da presente invenção proporcionar um comutador de proximidade indutivo do tipo aqui definido anteriormente, que supere as limitações do estado da técnica conhecido dos documentos US-A-4893706, EP-A-0492029 e US-A-6133654, *i. e.*, que proporcione resultados precisos e fiáveis e cuja construção seja simples.

Por conseguinte, a presente invenção refere-se a um comutador de proximidade indutivo deste tipo caracterizado por o meio de alimentação consistir, basicamente, na capacidade ou condensador do circuito LC, e por o circuito LC ser, repetidamente, comutado entre dois estados, nomeadamente, um primeiro estado em que a bobina ou indutância é desligada da capacidade e a referida capacidade é carregada, e um segundo estado em que a bobina ou indutância é ligada à capacidade e a referida capacidade se descarrega através da referida bobina ou indutância, podendo o circuito LC oscilar livremente quando está no referido segundo estado e até à alteração de estado seguinte, e sendo os parâmetros de circuito efectivos, e, portanto, o sinal de tensão oscilante, modificados pelo(s) objecto(s) e/ou corpo(s) localizado(s) no interior da área de detecção, e por uma medição da amplitude do sinal de tensão ser efectuada num determinado ponto predefinido do referido sinal de tensão oscilante, depois de cada comutação do primeiro para o segundo estado (*i. e.*, num determinado momento depois de cada comutação) e o resultado da referida medição ser calculado relativamente a medições de referência, de modo a calcular a distância à superfície activa ou extremidade do sensor, à natureza do(s) material(is) constituinte(s), e/ou a um valor indicativo de massa do(s) objecto(s) ou corpo(s) localizado(s) no interior da

área de detecção.

A invenção irá ser melhor compreendida graças à descrição que se segue e aos desenhos de formas de realização da referida invenção dados na forma de exemplos não limitativos da mesma.

Nos desenhos em anexo:

A figura 1 é um desenho esquemático de uma primeira forma de realização de um sensor de acordo com a invenção;

As figuras 2A e 2B são desenhos esquemáticos de uma segunda forma de realização de um sensor de acordo com a invenção, em que o circuito LC está, respectivamente, no primeiro estado (figura 2A) e no segundo estado (figura 2B);

A figura 3 mostra oscilogramas da tensão na capacidade e da tensão na bobina do circuito LC das figuras 2A e 2B, durante um primeiro e segundo estados consecutivos;

A figura 4 ilustra, graficamente, os sinais de tensão diferencial (diferença entre uma tensão de referência sem objecto e tensões com um objecto a várias distâncias do sensor) medidos durante fases de segundo estado do circuito LRC da figura 2B, em função do tempo contado desde o início das fases de segundo estado;

A figura 4a ilustra, graficamente, o sinal de modo diferencial produzido pelo sensor em função da distância dos objectos fabricados em vários metais relativamente à face sensível do referido sensor, mostrando a referida figura que os sinais provenientes de alvos magnéticos e não

magnéticos têm polaridades opostas e diminuem exponencialmente com a distância entre o sensor e objecto em questão;

A figura 5 (escala logarítmica) ilustra, graficamente, a distância de um objecto com uma função exponencial do sinal de modo diferencial obtido no momento predefinido após fecho do meio SM1 de comutação (*i. e.*, contado desde o início da fase do segundo estado), e

A figura 6 ilustra, graficamente, o tempo de atraso para medição em função do grau de modulação do sinal periódico que activa o meio SM1 de comutação das figuras 2A e 2B.

Como mostrado nas figuras 1, 2A e 2B, o sensor D de proximidade indutivo compreende:

- uma bobina L indutiva definindo um plano frontal activo do sensor D e associada com uma placa de revestimento ou uma parte plana de um invólucro, sendo a referida placa ou parte fabricada num metal não magnético com baixa condutividade eléctrica, estando a referida placa ou parte colocada perpendicularmente ao eixo da bobina e paralela ao seu plano frontal activo, formando, deste modo, parte do circuito magnético equivalente,
- meios C, S para fornecer, repetidamente, corrente à bobina ou indutância,
- meios SP para processar sinais que correspondem às tensões V induzidas na referida bobina ou indutância L quando alimentada, sendo as referidas tensões V induzidas

influenciadas pela presença de objectos ou corpos B no interior de uma dada área de detecção, dependendo da sua distância e do(s) seu material(is) constituinte(s), e sendo a referida bobina ou indutância L parte de um circuito LC paralelo.

De acordo com a invenção, os referidos meios de alimentação consistem, basicamente, na capacidade ou condensador C do circuito LC. O circuito LC é, repetidamente, comutado entre dois estados, nomeadamente, um primeiro estado em que a bobina ou indutância L é desligada da capacidade C e a referida capacidade C é carregada, e um segundo estado em que a bobina ou indutância L é ligada à capacidade C e a referida capacidade C se descarrega através da referida bobina ou indutância L, podendo o circuito LC oscilar livremente enquanto está no referido segundo estado e até à alteração de estado seguinte, e sendo os parâmetros de circuito efectivos, e, portanto, o sinal de tensão oscilante, modificados possível(is) pelo(s) objecto(s) e/ou corpo(s) B localizado(s) no interior da área de detecção, e em que uma medição da amplitude do sinal de tensão é efectuada num determinado ponto predefinido do referido sinal de tensão oscilante depois de cada comutação do primeiro para o segundo estado e o resultado da referida medição é calculado relativamente a medições de referência, de modo a calcular a distância ao plano frontal activo que forma a superfície activa ou extremidade do sensor D, à natureza do(s) material(is) constituinte(s), e/ou a um valor indicativo de massa do(s) objecto(s) ou corpo(s) B localizado(s) no interior da área de detecção.

O referido sensor D está, de um modo preferido, montado num invólucro de aço inoxidável estreito. A bobina indutiva pode ser

colocada no lado aberto de uma tampa em ferrite, sendo uma placa metálica colocada na superfície aberta (activa) desta tampa, formando a referida superfície o plano frontal activo do sensor D.

De acordo com uma característica preferida da invenção, o estado do circuito LC é definido por um meio SM1 de comutação apto a conectar ou desconectar, mutuamente, a capacidade C e a bobina L, uma à outra, sendo o referido meio SM1 de comutação activado por um sinal de impulsos periódicos, por exemplo, rectangulares ou quadrados, com um período T predefinido.

A capacidade C está, de um modo vantajoso, conectada aos terminais opostos de uma fonte S de tensão DC adaptada para assegurar a sua carga repetida durante as durações do primeiro estado do circuito LC, sendo uma resistência R', possivelmente, conectada em série entre a referida fonte S e a referida capacidade C, sendo a referida resistência R', possivelmente, a resistência de qualquer componente do referido circuito ou a soma de várias dessas resistências (comutador, conexões, ...).

Como mostrado nas figuras 2A e 2B, o sensor D pode ser concebido com um único meio SM1 de comutação controlando a carga e descarga da capacidade C.

Em alternativa, como mostrado na figura 1, o sensor D pode compreender um segundo meio SM2 de comutação apto a conectar ou desconectar, mutuamente, a fonte S e a capacidade C, uma à outra, sendo o referido segundo meio SM2 de comutação activado em oposição de fase quando comparado com o meio SM1 de comutação que conecta/desconecta a capacidade C e a bobina L.

O referido sensor D funciona, então, do seguinte modo:

- SM2 fechado e SM1 aberto: C está a ser carregada (primeiro estado do circuito LC),
- SM2 aberto e SM1 fechado: C está a ser descarregada através de L (segundo estado do circuito LC)

De acordo com características preferidas da invenção, o valor da capacidade C e, caso isso ocorra, o valor da resistência R', é(são) definido(s) de tal modo que a constante RC, em que R é a soma das resistências internas de uma fonte S e da capacidade C com, possivelmente, a resistência R' separada, é várias vezes mais pequena do que o período T do sinal de impulsos.

Mais precisamente, e relativamente a formas de realização práticas do sensor D, a constante RC é 2 a 10 vezes, de um modo preferido, 3 a 5 vezes, mais pequena que o período T do sinal de impulsos.

De modo a proporcionar as medições mais precisas, o dado momento em que se efectua a medição da amplitude da tensão nos terminais opostos da bobina ou indutância L corresponde, aproximadamente, ao valor de amplitude absoluto máximo da segunda alternância ou qualquer outra alternância completamente formada do sinal de tensão oscilante decrescente registado durante uma duração do segundo estado nos referidos terminais, quando os valores de amplitude são ainda consideráveis.

A posição da alternância em questão para fins de medição em associação com a invenção é, de um modo preferido, um

compromisso entre um valor de amplitude significativo e uma profundidade de modulação fiável, que melhora à medida que a posição da alternância em questão aumenta.

Na prática, as medições podem ser efectuadas entre o segundo e o quarto valor máximo absoluto.

Nesse instante, o fenómeno de transição já desapareceu e o circuito LC ou LRC oscila num modo estável, que pode ser identicamente reproduzido, e a diminuição de amplitude segue uma função exponencial pura.

Como se pode observar nas figuras 4 e 5 dos desenhos, o sinal de tensão registado nos terminais da bobina L é utilizado, de um modo vantajoso, para gerar um sinal diferencial (diferença das tensões da bobina sem e com um objecto ou corpo na proximidade do sensor) no qual se pode efectuar uma medição de tensão tónica. O referido valor medido é, depois, transformado pelo meio SP de processamento num valor linear permitindo deduzir a distância do dado objecto utilizando uma função linear previamente registada, como mostrado a título de exemplo na figura 5.

De acordo com um outro desenvolvimento da invenção, o tempo DM de atraso para efectuar a medição do valor de tensão nos terminais opostos da bobina ou indutância L, após comutação do circuito LC ou RC desde o seu primeiro estado para o seu segundo estado, é calculado utilizando a dependência de tempo do grau ou profundidade de modulação, de modo a otimizar o seu valor com base numa função linear.

Grau M de modulação = f(tempo de atraso)

em que

$$M (\%) = 100 \times \frac{|U_{L0}(t) - U_{L1}(t)|}{U_{L0}(t)},$$

sendo $U_{L0}(t)$ a tensão da bobina sem qualquer influência, e

sendo $U_{L1}(t)$ a tensão da bobina com um objecto ou corpo no interior da área de detecção e influenciando a referida tensão.

Os gráficos das figuras 3 a 5 foram obtidos com um sensor D tendo as seguintes particularidades: tensão DC da fonte S: 5 V; $R' = 200 \, \Omega$, $C = 0,1 \, \mu F$, $L = 0,14 \, mH$.

Como se pode ver na figura 3 dos desenhos, a frequência de oscilação do circuito LC ou LRC está, de um modo preferido, compreendida entre 10 kHz e 50 kHz, enquanto que a frequência de repetição ou frequência de comutação está compreendida entre 2 kHz e 10 kHz, estando a razão entre as referidas frequências compreendido entre 1/4 e 1/6, de um modo preferido, cerca de 1/5.

A bobina L tem um diâmetro de 5,6 mm e uma resistência interna de $2,6 \, \Omega$. A referida bobina foi colocada numa estrutura de ferrite com um diâmetro externo de 7,25 mm. Todos os componentes foram montados num invólucro de aço inoxidável não magnético com uma parede frontal com uma espessura de 1 mm (superfície activa do sensor D) e o sensor D foi utilizado numa configuração nivelada.

O sensor D de proximidade indutivo pode, de um modo não limitativo, ser utilizado:

- para detectar a presença e a distância a um dado objecto ou corpo metálico ferromagnético ou não ferromagnético numa área de detecção preestabelecida, e/ou
- para detectar e distinguir objectos ou corpos fabricados, ou pelo menos parcialmente cobertos, em vários materiais metálicos ferromagnéticos ou não ferromagnéticos, e presentes numa área de detecção preestabelecida.

O especialista na técnica irá compreender, especialmente quando observar a figura 4A, que, para objectos ou corpos B fabricados em metais não ferrosos, o efeito resultante é oposto, i. e., a amplitude da tensão na bobina L vai aumentando à medida que os referidos objectos ou corpos se aproximam da extremidade activa da face do sensor D.

A informação adquirida repetidamente acerca de (um) objecto(s) ou corpo(s), em particular, em movimento, localizados na área de captação ou detecção do sensor pode ser explorada para proporcionar dados, continuamente, relativos ao objecto ou corpo em questão (distância, tipo de material, ...) ou emitir dados binários (comparando os dados adquiridos continuamente com um valor de limiar).

Deste modo, a presente invenção propõe um sensor indutivo num invólucro metálico, com base numa tecnologia de oscilação por impulsos.

A presente invenção não está, obviamente, limitada às formas de realização preferidas aqui descritas e representadas, podem fazer-se alterações ou utilizar equivalentes sem divergir do âmbito da invenção como definida nas reivindicações apenas.

Lisboa, 3 de Março de 2008

REIVINDICAÇÕES

1. Sensor (D) de proximidade indutivo compreendendo:

- uma bobina (L) indutiva definindo um plano frontal activo do sensor (D) e associada com uma placa de revestimento ou uma parte plana do invólucro do referido sensor sendo a referida placa ou parte fabricada num metal não magnético com baixa condutividade eléctrica, e estando a referida placa ou parte colocada perpendicularmente ao eixo da bobina e paralela ao seu plano frontal activo, formando, deste modo, parte do circuito magnético equivalente;
- meios (C, S) para fornecer, repetidamente, corrente à bobina ou indutância;
- meios (SP) para processar sinais que correspondem às tensões (V) induzidas na referida bobina ou indutância (L) quando alimentada, sendo as referidas tensões (V) induzidas influenciadas pela presença de objectos ou corpos (B) no interior de uma dada área de detecção, dependendo da sua distância e do(s) seu material(is) constituinte(s), e sendo a referida bobina ou indutância (L) parte de um circuito LC paralelo;

sendo o sensor caracterizado por o referido meio de alimentação consistir, basicamente, na capacidade ou condensador (C) do circuito LC, e por o circuito LC ser, repetidamente, comutado entre dois estados, nomeadamente, um primeiro estado em que a bobina ou indutância (L) é

desligada da capacidade (C) e a referida capacidade (C) é carregada, e um segundo estado em que a bobina ou indutância (L) é ligada à capacidade (C) e a referida capacidade (C) se descarrega através da referida bobina ou indutância (L), podendo o circuito LC oscilar livremente quando está no referido segundo estado e até à alteração de estado seguinte, e sendo os parâmetros de circuito efectivos, e, portanto, o sinal de tensão oscilante, modificados pelo(s) objecto(s) e/ou corpo(s) (B) localizado(s) no interior da área de detecção, e por uma medição da amplitude do sinal de tensão ser efectuada num determinado ponto predefinido do referido sinal de tensão oscilante, depois de cada comutação do primeiro para o segundo estado e o resultado da referida medição ser calculado relativamente a medições de referência, de modo a calcular a distância ao plano frontal activo que forma a superfície activa ou extremidade do sensor (D), à natureza do(s) material(is) constituinte(s), e/ou a um valor indicativo de massa do(s) objecto(s) ou corpo(s) (B) localizado(s) no interior da área de detecção.

2. Sensor de proximidade indutivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o estado do circuito LC ser definido por um meio (SM1) de comutação apto a conectar ou desconectar, mutuamente, a capacidade (C) e a bobina (L), uma à outra, sendo o referido meio (SM1) de comutação activado por um sinal de impulsos periódicos, por exemplo, rectangulares ou quadrados, com um período (T) predefinido.
3. Sensor de proximidade indutivo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado por a capacidade (C) estar conectada aos terminais opostos de uma fonte (S) de

tensão DC adaptada para assegurar a sua carga repetida durante as durações do primeiro estado do circuito LC, sendo uma resistência (R'), possivelmente, conectada em série entre a referida fonte (S) e a referida capacidade (C).

4. Sensor de proximidade indutivo de acordo com a reivindicação 3, quando dependente da reivindicação 2, caracterizado por compreender um segundo meio (SM2) de comutação apto a conectar ou desconectar, mutuamente, a fonte (S) e a capacidade (C), uma à outra, sendo o referido segundo meio (SM2) de comutação activado em oposição de fase quando comparado com o meio (SM1) de comutação que conecta/desconecta a capacidade (C) e a bobina (L).
5. Sensor de proximidade indutivo de acordo com a reivindicação 2, ou qualquer uma das reivindicações 3 e 4 quando dependentes da reivindicação 2, caracterizado por o valor da capacidade (C) e, caso isso ocorra, o valor da resistência (R'), ser(em) definido(s) de tal modo que a constante RC, em que R é a soma das resistências internas de uma fonte (S) e da capacidade (C) com, possivelmente, a resistência (R') separada, é várias vezes mais pequena do que o período (T) do sinal de impulsos.
6. Sensor de proximidade indutivo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por a constante RC ser 2 a 10 vezes, de um modo preferido, 3 a 5 vezes, mais pequena que o período (T) do sinal de impulsos.
7. Sensor de proximidade indutivo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado por o dado momento

em que se efectua a medição da amplitude da tensão nos terminais opostos da bobina ou indutância (L) corresponder, aproximadamente, ao valor de amplitude absoluto máximo da segunda alternância ou qualquer outra alternância completamente formada do sinal de tensão oscilante decrescente registado durante uma duração do segundo estado nos referidos terminais.

8. Sensor de proximidade indutivo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado o tempo de atraso para efectuar a medição do valor de tensão nos terminais opostos da bobina ou indutância (L), após comutação do circuito LC ou RC desde o seu primeiro estado para o seu segundo estado, ser calculado utilizando a dependência de tempo do grau ou profundidade de modulação, de modo a otimizar o seu valor com base numa função linear.

Grau M de modulação = f (tempo de atraso)

$$\text{em que } M(\%) = 100 \times \frac{|U_{L0}(t) - U_{L1}(t)|}{U_{L0}(t)},$$

sendo $U_{L0}(t)$ a tensão da bobina sem qualquer influência, e

sendo $U_{L1}(t)$ a tensão da bobina com um objecto ou corpo no interior da área de detecção e influenciando a referida tensão.

9. Sensor de proximidade indutivo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado por o referido sensor (D) estar montado num invólucro de aço inoxidável estreito.
10. Utilização de um sensor de proximidade indutivo para detectar a presença e a distância de um dado objecto ou corpo metálico ferromagnético ou não ferromagnético numa área de detecção preestabelecida.
11. Utilização de um sensor de proximidade indutivo para detectar e distinguir objectos ou corpos fabricados, ou pelo menos, parcialmente cobertos, com vários materiais metálicos ferromagnéticos ou não ferromagnéticos, e presentes numa área de detecção preestabelecida.

Lisboa, 3 de Março de 2008

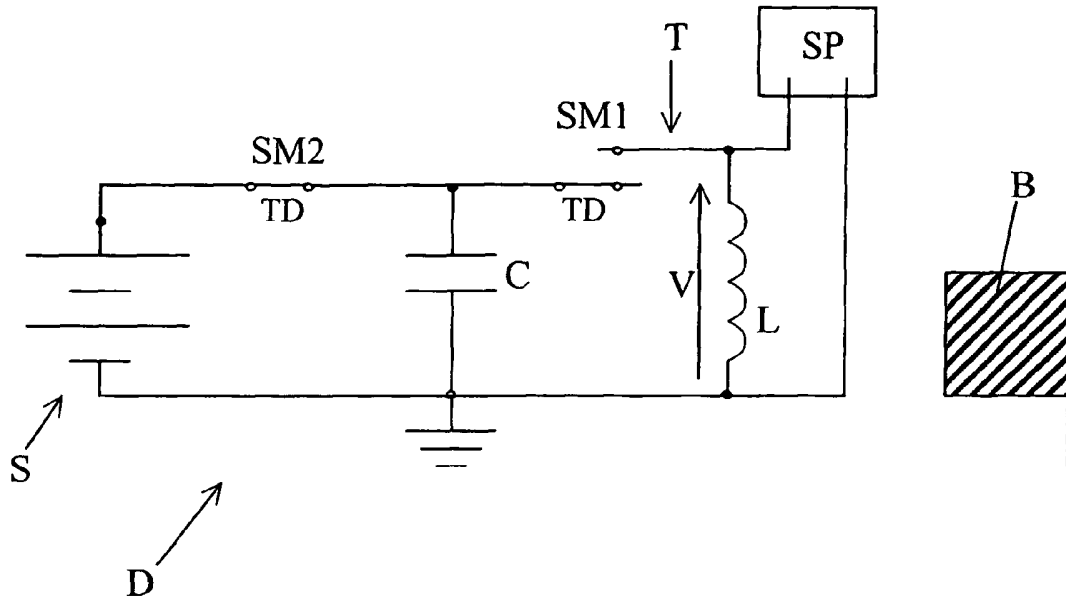


Fig. 1

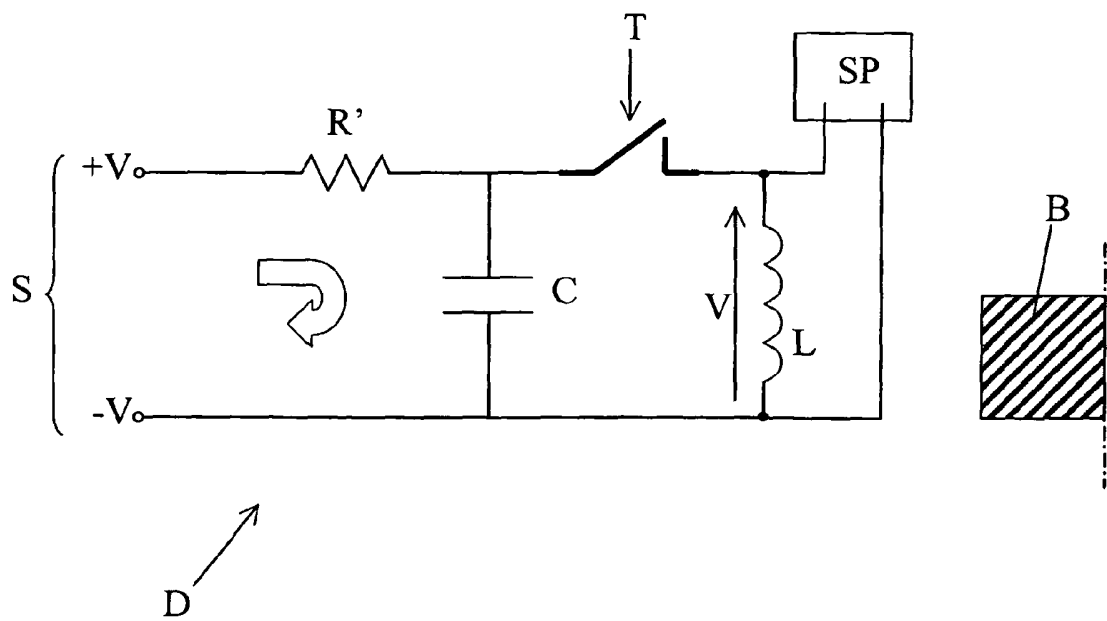


Fig. 2A

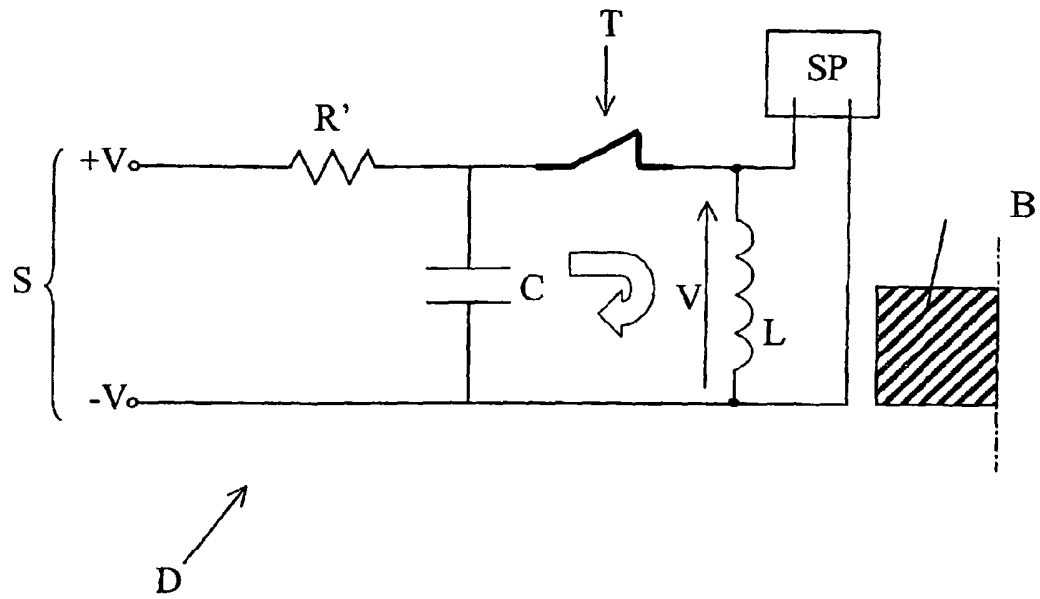


Fig. 2B

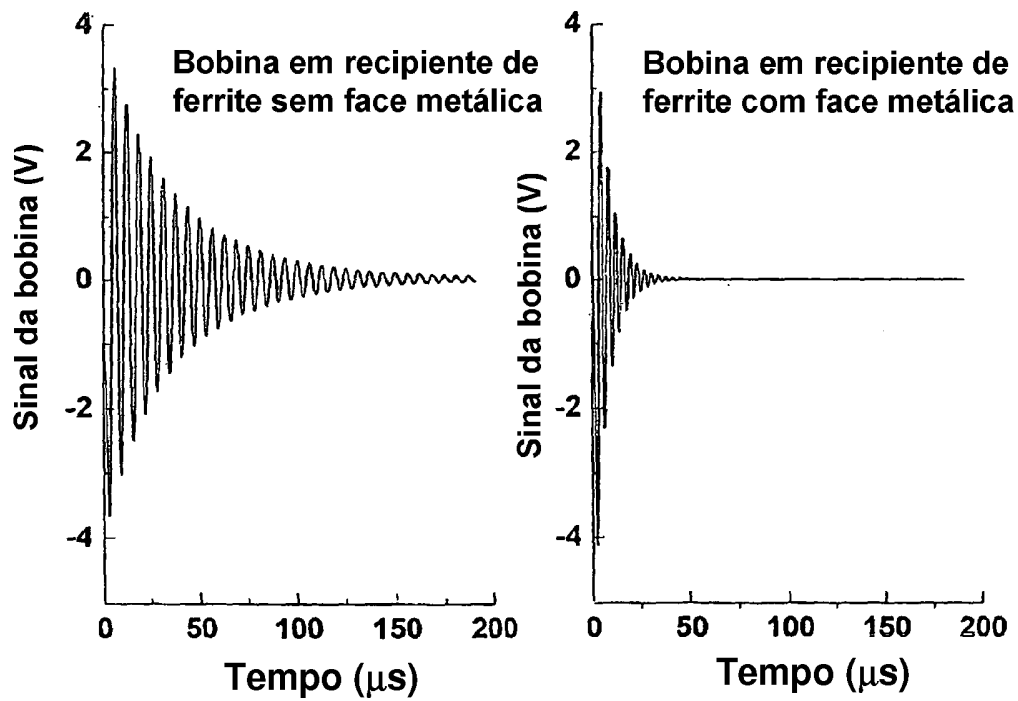


Fig. 7A

Fig. 7B

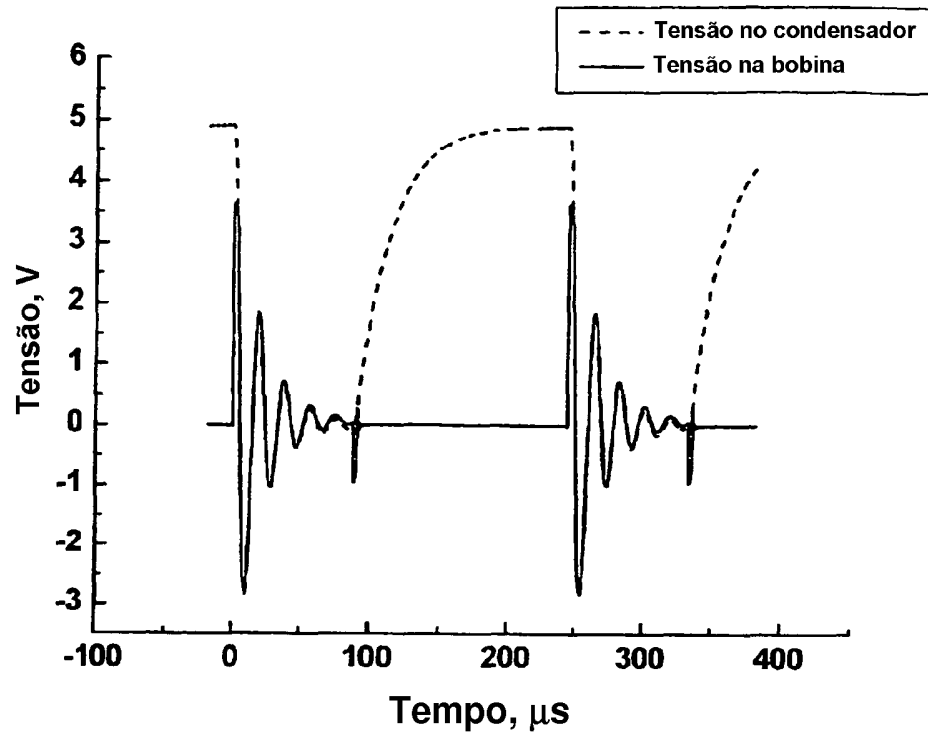
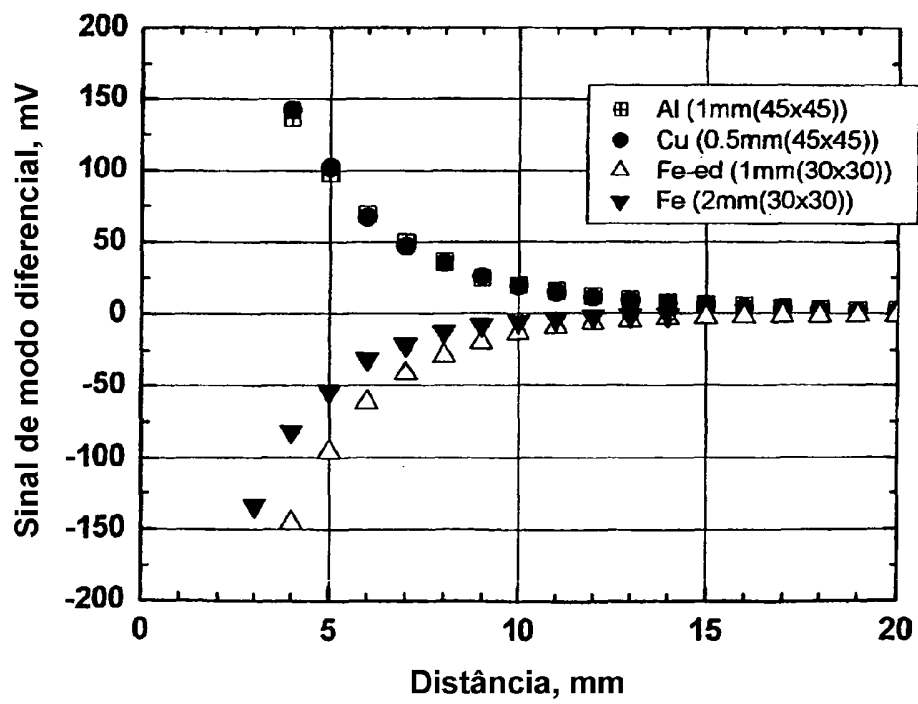


Fig.3



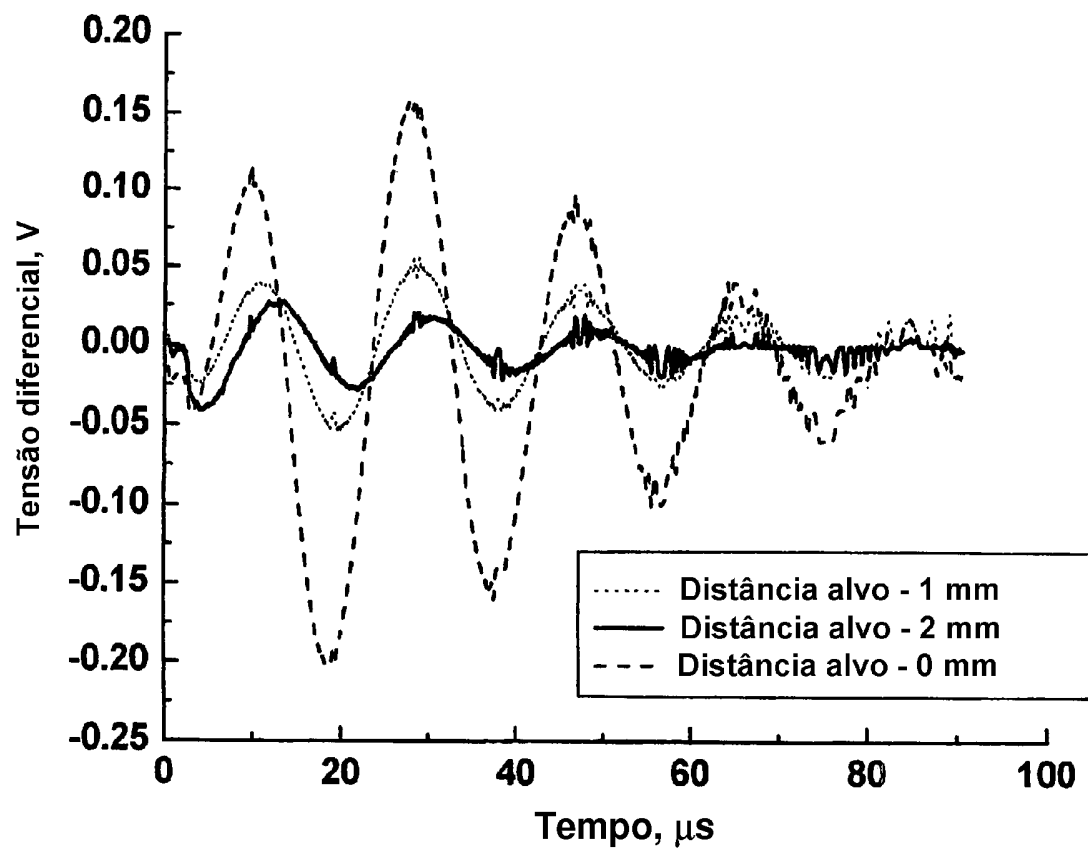
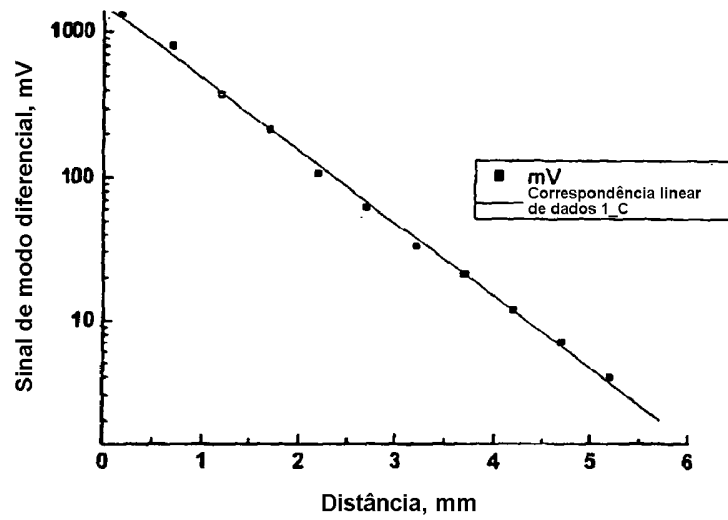
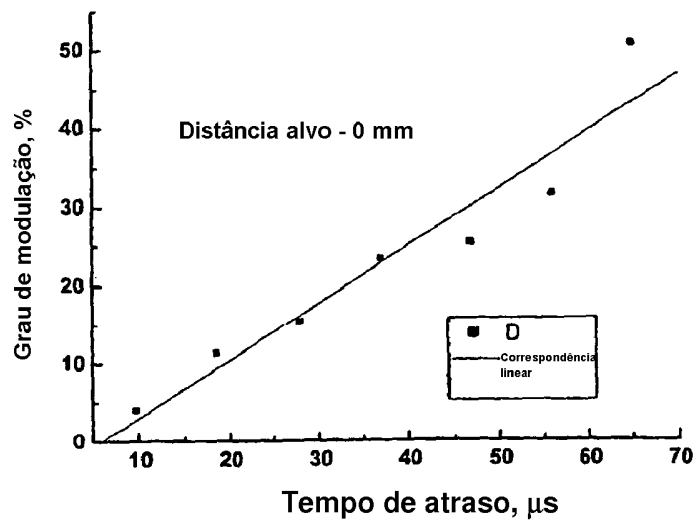


Fig.4

**Fig. 5****Fig. 6**