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

(11) **PI 0300305-1 B1**

**(22) Data do Depósito:** 10/02/2003

**(45) Data de Concessão:** 08/03/2016

**(RPI 2357)**

**(54) Título:** PROCESSO PARA A RECEPÇÃO DE SINAIS DE SEGURANÇA CODIFICADOS DIGITALMENTE EM UM APARELHO DE ATIVAÇÃO À DISTÂNCIA E APARELHO DE ATIVAÇÃO À DISTÂNCIA PARA UMA SEGURANÇA À DISTÂNCIA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

**(51) Int.Cl.:** H02H 7/26

**(30) Prioridade Unionista:** 12/02/2002 EP 02 405104.7

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

**(72) Inventor(es):** SCHNYDER HERMANN

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO PARA A RECEPÇÃO DE SINAIS DE SEGURANÇA CODIFICADOS DIGITALMENTE EM UM APARELHO DE ATIVAÇÃO À DISTÂNCIA E APARELHO DE ATIVAÇÃO À DISTÂNCIA PARA UMA SEGURANÇA À DISTÂNCIA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS".**

Campo da Técnica

[001] A presente invenção refere-se ao campo da técnica de segurança para redes de alta e de média tensão. Ela refere-se a um processo para a recepção de sinais de segurança codificados digitalmente em um aparelho de ativação à distância, assim como a um aparelho de ativação à distância.

Estado da Técnica

[002] Aparelhos de ativação à distância ou aparelhos de transmissão de sinais de segurança servem para a transmissão de comandos de segurança ou de conexão para uma segurança à distância em redes e instalações elétricas de média e de alta tensão. Comandos de segurança produzem, por exemplo, uma abertura direta ou indireta de um interruptor de segurança e, consequentemente, uma separação de uma parte da rede ou da instalação. Outros comandos de segurança produzem, ao contrário, um bloqueio da abertura de um interruptor de segurança. Comandos de segurança têm que ser transmitidos, por exemplo, de uma seção para outra de uma linha de alta tensão. Para tanto, um emissor em um aparelho de ativação à distância gera, em função dos comandos de segurança, sinais digitais codificados que são transmitidos através de uma ligação de sinais, a qual é formada através de um meio digital de comunicação. Um receptor em um outro aparelho de ativação à distância detecta os sinais transmitidos e determina os valores correspondentes dos comandos de segurança.

[003] Dependendo do tipo de comando de segurança, nesse caso são colocadas diferentes exigências à transmissão e à detecção de

sinais, que pode ser caracterizada através do tempo de transmissão e da taxa de bits da respectiva largura de banda, assim como através dos seguintes parâmetros:

[004] Puc: Valor de segurança, isto é, probabilidade de que um comando seja recebido por equívoco, apesar de que ele não tenha sido enviado. Um valor baixo de Puc corresponde a uma alta segurança da transmissão.

[005] Pmc: Valor de confiabilidade, isto é, probabilidade de que um comando que tenha sido enviado não seja recebido. Um valor baixo de Pmc corresponde a uma alta confiabilidade da transmissão.

[006] Em geral, é certo que com um desempenho crescente de perturbação, isto é, com uma taxa de erros de bits crescente (BER) do canal de transmissão:

- a segurança, em primeiro lugar, diminui e depois aumenta novamente, isto é, o valor de segurança Puc primeiro aumenta e depois diminui novamente, e
- a confiabilidade diminui continuamente, isto é, o valor de confiabilidade Pmc aumenta continuamente.

[007] Perturbações na transmissão através de erros de bit, no caso de repouso, não devem poder simular nenhum comando e, por outro lado, no caso de um comando, não devem poder retardar inadmissivelmente um comando verdadeiro ou mesmo levar à perda deste. Alta segurança e alta confiabilidade, acompanhadas simultaneamente de um tempo curto de transmissão e pequena largura de banda são exigências contraditórias. No entanto, sempre é possível que uma grandeza seja melhorada às custas das outras propriedades. O compromisso é dado através da aplicação. Assim, por exemplo, os sistemas de segurança de ativação indireta requerem tempos curtos de transmissão, juntamente com alta confiabilidade e segurança regular. Aplicações com ativação direta de interruptor, ao contrário, exigem

uma segurança e uma confiabilidade muito grandes, juntamente com exigências menores quanto ao tempo de transmissão.

[008] Um único comando de segurança ou uma combinação de vários comandos de segurança é codificado respectivamente, sendo representado por sinais de segurança. Por exemplo, um primeiro sinal de segurança representa um primeiro comando de segurança e um segundo sinal de segurança representa o primeiro comando de segurança em combinação com um segundo comando de segurança. Para satisfazer as diferentes exigências, os sinais de segurança são codificados digitalmente e são transmitidos de modo redundante. Isso aumenta a segurança e a confiabilidade. A inclusão da redundância é feita, por exemplo, através do emprego de um código digital com diferentes termos de código com uma distância entre sinais e/ou através de repetição de quadros de dados que contenham os termos de código.

[009] Para poder decidir que um sinal de segurança e, consequentemente, um ou mais comandos de segurança tenham sido recebidos com uma segurança predeterminada, é preciso que o receptor detecte uma quantidade n de termos de código corretos dentro de uma janela de tempo de extensão predeterminada. Isso está descrito, por exemplo, em "Dimat Digital Teleprotection System Type TPD-1, General Description Rev.6, outubro de 1998", seções 3.1 e 3.2. No caso de um valor de segurança requerido Puc, a quantidade n depende de um grau de uma perturbação no canal de transmissão. No caso de um grau de perturbação máximo suposto, é necessária uma quantidade máxima $n_{max}$ de termos de código detectados corretamente, a fim de garantir a obediência ao valor de Puc exigido. No entanto, sob condições normais de funcionamento, a perturbação no canal de transmissão é muito mais profunda do que no pior dos casos e, consequentemente, seriam suficientes menos do que $n_{max}$ de termos de código corretos. Em qualquer dos casos, os atuais receptores esperam $n_{max}$ termos de có-

digo corretos, a fim de poder sempre garantir a segurança requerida.

Apresentação da Invenção

[0010] Por isso, a presente invenção pretende criar um processo para a recepção de sinais de segurança codificados digitalmente em um aparelho de ativação à distância, assim como um aparelho de ativação à distância do tipo mencionado ao início, que permitam uma detecção mais rápida de sinais de segurança.

[0011] No processo de acordo com a invenção para a recepção de sinais de segurança codificados digitalmente em um aparelho de ativação à distância, uma sequência de termos de código digitais é recebida em um canal de transmissão e um sinal de segurança vale como recebido quando, nessa sequência, um código correspondente ao sinal de segurança tiver sido detectado uma quantidade de n vezes dentro de uma janela de tempo de extensão predeterminada, sendo que a quantidade n é determinada segundo uma avaliação de uma medida atual para uma perturbação no canal de transmissão.

[0012] Desse modo é possível reduzir a quantidade n no caso de um canal de transmissão pouco perturbado e, desse modo, diminuir um tempo de transmissão do sinal de segurança e, apesar disso, manter uma exigência predeterminada de segurança quanto à transmissão.

[0013] Em uma forma preferida de execução da invenção, a medida para a perturbação no canal de transmissão é uma taxa de bit defeituosa do canal de transmissão e a quantidade n é determinada com base na taxa de erros de bits e em uma exigência quanto à segurança da transmissão. Em uma outra forma preferida de execução da invenção, a taxa de erros de bits é determinada com base na sequência recebida de termos de código.

[0014] O aparelho de ativação à distância, de acordo com a invenção, apresenta um meio para a recepção de uma sequência de termos

de código digitais em um canal de transmissão, no mínimo um detector para a detecção de um código, o qual corresponde a um sinal de segurança, e no mínimo um meio para a sinalização de que um sinal de segurança vale como recebido, caso, nessa sequência, um código correspondente ao sinal de segurança tiver sido detectado uma quantidade de n vezes dentro de uma janela de tempo de extensão predeterminada, sendo que a quantidade n pode ser determinada segundo uma avaliação de uma medida atual para uma perturbação no canal de transmissão.

[0015] Em uma forma preferida de execução, o aparelho de ativação à distância de acordo com a invenção apresenta vários detectores trabalhando paralelamente, com uma quantidade n de repetições requeridas, ajustadas individualmente com base na taxa de erros de bits e com base em uma segurança predeterminada para o respectivo detector. Desse modo é possível que sinais de conexão diferentes, com diferentes requisitos de segurança, possam ser transmitidos com o tempo mais curto possível para o respectivo sinal de conexão.

Breve Descrição das Figuras

[0016] A seguir, o objeto da invenção será explicado em detalhes com base em um exemplo preferido de execução, o qual se acha representado nos desenhos anexos. Mostram-se:

[0017] Figura 1: um fluxograma de sinal de um aparelho de ativação à distância, de acordo com a invenção;

[0018] Figura 2: dependências típicas entre taxa de erro de bits, valores de segurança e quantidade de códigos recebidos corretamente.

[0019] Os números de referência empregados nos desenhos e a sua significação estão listados juntos na lista de números de referência. Basicamente, nas figuras as peças iguais receberam números de referência iguais.

Meios para a Realização da invenção

[0020] A figura 1 mostra um fluxograma de sinal de um aparelho de ativação à distância de acordo com a invenção. Uma entrada de sinal de recepção 1 leva a um receptor 2. Uma saída do receptor 2 leva a vários detectores 3, 5, 7 com saídas de detector 4, 6, 8 respectivamente alocadas. Um avaliador de perturbação 9 acha-se configurado para a transmissão de uma medida para uma perturbação de um sinal de recepção aos detectores 3, 5, 7. Essa transmissão é mostrada através de linhas tracejadas.

[0021] Na entrada de recepção 1, o receptor 2 recebe sinais de um canal de transmissão e gera como saída uma sequência de termos de código digitais, como, por exemplo, uma sequência de quadros de dados, eventualmente através de desmodulação apropriada desses sinais e empregando mecanismos de sincronização conhecidos.

[0022] Um primeiro detector 3 com uma primeira saída de detector 4, um segundo detector 5 com uma segunda saída de detector 6 e um terceiro detector 7 com uma terceira saída de detector 8, estão respectivamente configurados para a detecção de um de três sinais de segurança. Evidentemente, a invenção também pode ser executada com apenas um, dois ou com uma maior quantidade de detectores 3, 5, 7. Na sequência, será explicado o funcionamento de um detector individual. O detector determina uma presença, respectivamente uma ausência, do sinal de segurança alocado conservando-se um valor de segurança Puc predeterminado. Para tanto, ele apresenta um meio para a detecção de um código, o qual corresponde ao sinal de segurança, respectivamente codifica esse sinal de segurança. A detecção do código, ou seja, a determinação de se o código foi recebido ou não, ocorre com base na sequência de termos de códigos digitais.

[0023] Em uma primeira forma preferida de execução da invenção, o código é um bit individual dentro de uma quadro de dados da se-

quência. O bit corresponde a um determinado sinal de segurança. Em um segundo exemplo preferido de execução da invenção, o código é um termo de código de vários bits. Um termo de código corresponde a um determinado sinal de segurança. Em ambos os casos, o sinal de segurança corresponde exatamente a um comando de segurança ou a uma combinação de vários comandos de segurança. Um comando de segurança é, por exemplo, um comando de conexão ou de bloqueio, o qual é transmitido por um aparelho de ativação à distância para um aparelho de ativação à distância com a detecção de acordo com a invenção.

[0024] O sinal de segurança vale como recebido com um determinado valor de segurança Puc, caso o código correspondente tenha sido recebido uma quantidade n de vezes em uma janela temporal de extensão predeterminada L. Relações entre essas grandezas podem ser determinadas por meio de processos conhecidos a partir da teoria de detecção. A seguir, será empregada uma relação, como exemplo, tal como se encontra no Standard IEC 60834-1 Draft, janeiro de 1997, anexo C. A invenção pode ser executada com qualquer outro código e qualquer outra relação entre as grandezas relevantes e não se encontra limitada a esse exemplo. Trata-se de

$$Puc = \left(p^{d}(1-p)^{n-d}\right)^{n}$$

sendo que

p é a taxa de erros de bit BER

d é uma distância Hamming mínima do código e

m é uma quantidade de bits do termo de código.

[0025] A figura 2 mostra, como exemplo, dependências entre a taxa de erros de bit BER, valores de segurança Puc e uma quantidade n de códigos recebidos corretamente. Por exemplo, caso um sinal seja sinalizado como detectado já depois de n = 2 vezes ocorrências do código correspondente, no caso de uma BER de 10e-6, resultará en-

tão um valor de segurança Puc de 10e-60.Para uma BER crescente, também aumenta o Puc. Depois de ultrapassagem de um máximo, o Puc cai novamente, pois então as perturbações são superadas, o sinal recebido torna-se cada vez mais casual e, consequentemente, a probabilidade da recepção errada de um comando torna-se menor novamente. As curvas foram calculadas para um código, que codifica 21 bits úteis para 31 bits com uma distância Hamming d = 5.

[0026] Segundo a invenção, as dependências mostradas são determinadas correspondentemente ao código empregado e daí, a partir de uma avaliação atual da BER, determina-se a quantidade n necessária que é requerida para a obediência a uma valor de segurança Puc predeterminado. Por exemplo, a partir da figura 2 pode-se ler a tabela a seguir, a qual revela que para um Puc de segurança < 10e-20 e uma BER na faixa apresentada, n tem que apresentar o valor indicado.

| BER | n |
|---|---|
| < 10e-4 | 1 |
| 10e-4... 10e-2 | 2 |
| > 10e-2 | 4 |

[0027] Analogamente vale para uma segurança Puc < 10e-40

| BER | n |
|---|---|
| < 10e-4 | 2 |
| 10e-4... 10e-3 | 3 |
| 10e-3... 10e-2 | 4 |
| > 10e-2 | 7 |

[0028] Uma ou mais dessas tabelas são depositadas no detector. Com base na BER medida e no Puc requerido, a partir das tabelas n é lido e é empregado pelo detector como limiar para a detecção do sinal de segurança.

[0029] A avaliação da BER atual ocorre repetidamente no avaliador de perturbações 9 durante uma operação do aparelho de ativação

à distância, de tal modo que também a quantidade n para códigos detectados é reajustada continuamente às propriedades atuais de transmissão. Com isso, assegura-se sempre o tempo de avaliação mais curto possível sem ultrapassar um valor de segurança máximo predeterminado.

[0030] Em uma forma preferida de execução da invenção, a avaliação da BER ocorre com base em sequências de referência, que são introduzidas periodicamente pelo emissor na sequência de termos de código.

[0031] Em uma segunda forma preferida de execução da invenção, a avaliação também é efetuada com base ou exclusivamente com base nos sinais de segurança decodificados. Nesse caso, são empregados códigos conhecidos, com os quais se pode detectar um surgimento de um ou mais erros de bit. Em um código digital com distância Hamming d, caso d seja par, é possível constatar até (d/2)-1 erros de bit, e caso d seja ímpar é possível constatar até (d-1)/2 erros de bit por termo de código, caso nenhum erro de bit seja corrigido.

[0032] Com base nesses erros de bit detectados, a quantidade de erros de bit é permanentemente detectada em uma segunda janela de tempo e disso determina-se a BER atual.

[0033] Em uma variante preferida da segunda forma de execução da invenção, a detecção de um termo de código, que codifica um determinado sinal de segurança, é efetuada segundo requisitos de segurança e de confiabilidade. Nesse caso, emprega-se um código com uma distância Hamming d determinada entre os diferentes termos de código. De acordo com a invenção, a detecção de um termo de código individual é feita segundo uma das três possibilidades seguintes:

1. Otimizado em segurança: a distância Hamming total é empregada para detectar erros, o que produz uma segurança máxima, pois podem ser identificados (d – 1)

erros de bit. No entanto, a confiabilidade dessa detecção é comparativamente pequena, já que nenhum erro de bit é corrigido e já um erro de bit individual no termo de código leva a que o termo de código não seja detectado.

2. Otimizado em confiabilidade: a distância Hamming total é empregada para corrigir tantos erros de bit quanto forem possíveis, o que produz uma confiabilidade máxima, sendo que, no entanto, a segurança é menor do que na primeira possibilidade. Podem ser corrigidos d/2 (caso d seja par), respectivamente (d – 1) / 2 (caso d seja ímpar), erros de bit. No caso de erros que não podem ser corrigidos, o termo de código vale como não detectado.
3. Implementa-se uma forma mista entre esses dois extremos, ou seja, emprega-se uma parte da informação dos bits da distância Hamming para a detecção de erros e uma parte para a correção de erros. Conforme a extensão da distância Hamming são possíveis diferentes combinações. No que se refere aos valores de segurança e confiabilidade, essa possibilidade situa-se entre as duas primeiras.

[0034] Dependendo de se um termo de código vale como detectado ou não, ele é levado em conta ou não na contagem da quantidade de n códigos recebidos na janela temporal. Caso n = 1, ou seja, caso a recepção exatamente de um código seja suficiente para a detecção do sinal de segurança, então a confiabilidade e a segurança da detecção do sinal de segurança são determinadas no essencial através da confiabilidade e da segurança da detecção do termo de código de acordo com a escolha de uma das três possibilidades mencionadas acima.

Qual das três possibilidades será a escolhida, de preferência, isso pode ser ajustado separadamente para cada sinal de segurança.

[0035] Por exemplo, no emissor é codificado um termo de código com a distância Hamming d = 5. A quantidade máxima de erros de bit corrigíveis por cada quadro é (d – 1) / 2 = 2. De acordo com a escolha de uma das três possibilidades mostradas acima, resulta:

1. otimizado em segurança: nenhum erro de bit é corrigido; no máximo 4 erros de bit podem ser identificados;
2. otimizado em confiabilidade: máximo de 2 erros de bit podem ser identificados e corrigidos;
3. forma mista: máximo de 1 erro de bit pode ser corrigido; no máximo 3 erros de bit podem ser identificados.

[0036] Efeitos da escolha dos três modos na recepção de um termo de código, com uma quantidade determinada de erros de bit são mostrados na tabela abaixo:

| Erros de BIT | Otimizado em segurança | Otimizado em confiabilidade | Forma mista |
|---|---|---|---|
| 0 | √ | √ | √ |
| 1 | 0 | √ | √ |
| 2 | 0 | √ | 0 |
| 3 | 0 | f | 0 |
| 4 | 0 | f | f |
| ≥ 5 | f | f | f |

sendo que as abreviações significam:

√ o termo de código é detectado corretamente

0 nenhum termo de código é detectado

f um termo de código errado é detectado

[0037] Os elementos do aparelho de ativação à distância, que realizam o fluxo de sinal segundo a figura 1, de preferência são realizados através de uma unidade de processamento de dados correspondente-

mente programada ou de circuitos integrados especificamente quanto ao uso (ASICs, FPGAs). No entanto, eles também podem ser implementados através de componentes analógicos e/ou em combinação com elementos lógicos discretos e/ou circuitos programados. Em uma forma preferida de execução da invenção, os detectores 3, 5, 7 e/ou o avaliador de perturbação 9 são implementados por meio de um processador de sinal digital correspondentemente programado.

[0038] Um programa de computador para a recepção de sinais de segurança codificados digitalmente em um aparelho de ativação à distância de acordo com a invenção pode ser carregado em uma memória interna de uma unidade digital de processamento de dados e apresenta meios de codificação de programa de computador, os quais, quando forem executados em uma unidade digital de processamento de dados, levam esta a executar o processo de acordo com a invenção. Em uma forma preferida de execução da invenção, um produto de programa de computador apresenta um meio que pode ser lido por computador, no qual podem ser armazenados os meios de codificação de programa de computador.

Lista de Números de Referência

1 entrada de sinal de recepção
2 receptor
3 primeiro detector
4 primeira saída de detector
5 segundo detector
6 segunda saída de detector
7 terceiro detector
8 terceira saída de detector
9 avaliador de perturbação

## REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a recepção de sinais de segurança codificados digitalmente em um aparelho de ativação à distância, para uma segurança à distância em instalações elétricas, no qual uma sequência de termos de código digitais é recebida em um canal de transmissão e um sinal de segurança vale como recebido quando, nessa sequência, um código correspondente ao sinal de segurança tiver sido detectado uma quantidade de n vezes dentro de uma janela temporal de extensão predeterminada,

caracterizado pelo fato de que a quantidade n é determinada segundo uma avaliação de uma medida atual para uma perturbação do canal de transmissão.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a medida para a perturbação no canal de transmissão é uma taxa de erros de bit do canal de transmissão e a quantidade n é determinada com base na taxa de erro de bit e em um requisito quanto à segurança da transmissão.

3. Processo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a taxa de erros de bit é determinada com base na sequência recebida de termos de código.

4. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma detecção de vários sinais de segurança é executada simultaneamente com base em vários códigos, sendo que em cada sinal de segurança é predeterminada uma segurança própria correspondente.

5. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o código é um termo de código de vários bits, e que o termo de código é detectado segundo o sinal de segurança com segurança otimizada ou confiabilidade otimizada ou segundo uma forma mista.

6. Aparelho de ativação à distância para uma segurança à distância em instalações elétricas, apresentando um meio (2) para a recepção de uma sequência de termos de código digitais em um canal de transmissão, no mínimo um detector (3, 5, 7) para a detecção de um código, o qual corresponde a um sinal de segurança, e no mínimo um meio para a sinalização, que um sinal de segurança vale como recebido caso, nessa sequência, um código correspondente ao sinal de segurança tiver sido detectado uma quantidade n de vezes dentro de uma janela temporal de extensão predeterminada,

caracterizado pelo fato de que a quantidade n pode ser determinada segundo uma avaliação de uma medida atual para uma perturbação do canal de transmissão.

7. Aparelho de ativação à distância de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o aparelho de ativação à distância apresenta vários detectores (3, 5, 7) trabalhando paralelamente, nos quais a quantidade n de repetições necessárias pode ser ajustada separadamente com base na medida para a perturbação e com base em uma segurança predeterminada para o detector respectivo (3, 5, 7).

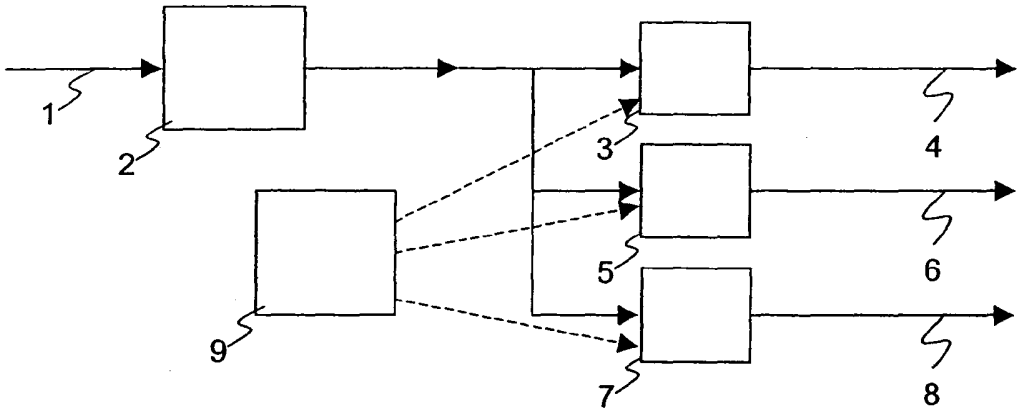


Fig. 1

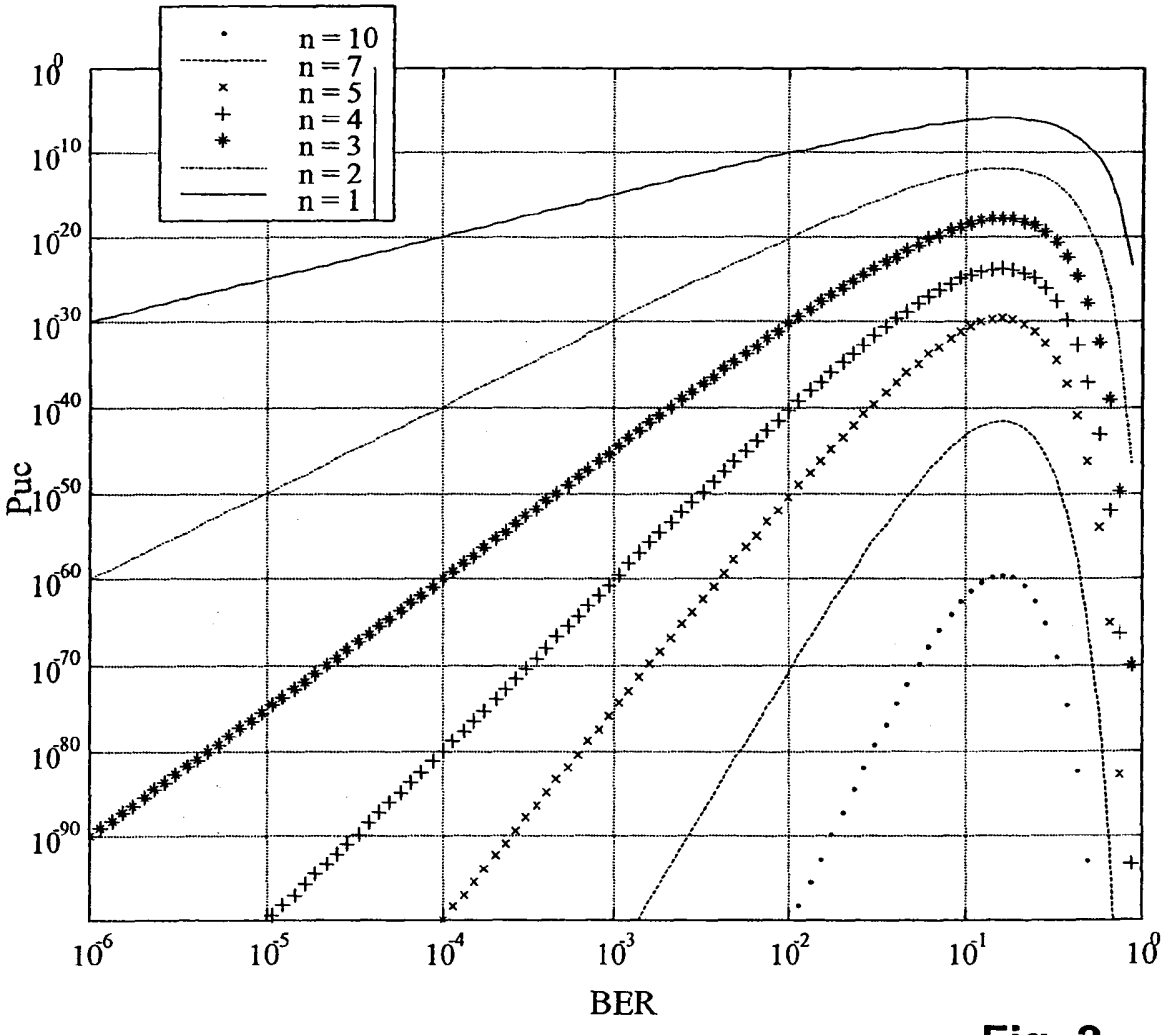


Fig. 2

## RESUMO

Patente de Invenção: **"PROCESSO PARA A RECEPÇÃO DE SINAIS DE SEGURANÇA CODIFICADOS DIGITALMENTE EM UM APARELHO DE ATIVAÇÃO À DISTÂNCIA E APARELHO DE ATIVAÇÃO À DISTÂNCIA PARA UMA SEGURANÇA À DISTÂNCIA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS".**

A presente Invenção refere-se a um aparelho de ativação à distância e em um processo para a recepção de sinais de segurança codificados digitalmente em um aparelho de ativação à distância, uma sequência de termos de código digitais é recebida em um canal de transmissão e um sinal de segurança vale como recebido quando, nessa sequência, um código correspondente ao sinal de segurança tiver sido detectado uma quantidade n de vezes dentro de uma janela temporal de extensão predeterminada, sendo que a quantidade n é determinada segundo uma avaliação de uma medida atual para uma perturbação no canal de transmissão.