

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2004.05.25	(73) Titular(es): ENEL DISTRIBUZIONE S.P.A.	
(30) Prioridade(s):	VIA OMBRONE 2 00198 ROMA	IT
(43) Data de publicação do pedido: 2007.02.28	(72) Inventor(es): FABIO VERONI	IT
(45) Data e BPI da concessão: 2010.03.10 114/2010	PAOLO GIUBBINI	IT
	(74) Mandatário: MANUEL ANTÓNIO DURÃES DA CONCEIÇÃO ROCHA	
	AV LIBERDADE, Nº. 69 1250-148 LISBOA	PT

(54) Epígrafe: **MÉTODO E DISPOSITIVO PARA DETECTAR A FASE DE CABLAGEM DE UMA TENSÃO DE FASE ARBITRÁRIA DESCONHECIDA RELATIVAMENTE À TENSÃO DA FASE DE REFERÊNCIA**

(57) Resumo:

RESUMO**"MÉTODO E DISPOSITIVO PARA DETECTAR A FASE DE CABLAGEM DE
UMA TENSÃO DE FASE ARBITRÁRIA DESCONHECIDA RELATIVAMENTE À
TENSÃO DA FASE DE REFERÊNCIA"**

A presente invenção refere-se à detecção da fase de cablagem de uma tensão de fase desconhecida relativamente à tensão da fase de referência num sistema de distribuição de energia eléctrica com uma linha eléctrica polifásica. Para detectar, com confiança, a fase de cablagem no local remoto relativamente a uma fase de cablagem de referência, mesmo se o local remoto estiver mais distante do local de referência, é disposto pelo menos um local de relé entre o local de referência e o local remoto, e é ligado à fase de cablagem da linha eléctrica polifásica. É detectada uma primeira relação de fase entre a tensão da fase de cablagem de referência no local de referência e a tensão da fase de cablagem no local de relé. É detectada uma segunda relação de fase entre a tensão da fase de cablagem no local de relé e a tensão da fase de cablagem no local remoto. A fase de cablagem do local remoto, relativamente à fase de cablagem no local de referência, é detectada com base na primeira relação de fase e na segunda relação de fase. A presente invenção é vantajosa pelo facto de não requerer um canal de comunicação directo entre o local remoto e o local de referência para detectar a relação de fase.

DESCRIÇÃO

"MÉTODO E DISPOSITIVO PARA DETECTAR A FASE DE CABLAGEM DE UMA TENSÃO DE FASE ARBITRÁRIA DESCONHECIDA RELATIVAMENTE À TENSÃO DA FASE DE REFERÊNCIA"

A presente invenção refere-se a um método e um dispositivo para detectar a fase de cablagem de uma tensão de fase desconhecida relativamente à tensão da fase de referência, num sistema de distribuição de energia eléctrica com uma linha eléctrica polifásica.

Os modernos sistemas de distribuição de energia usam linhas de alimentação polifásicas para distribuir electricidade. Uma linha eléctrica polifásica compreende vários, normalmente três, condutores que suportam uma tensão de fase específica. Como é do conhecimento geral, uma linha eléctrica polifásica pode ou não ter um condutor neutro, que constitui, se existir, um condutor adicional da linha eléctrica polifásica. Além disso, a juntar a estes condutores de uma típica linha eléctrica polifásica, pode presenciar-se ou não outro condutor que suporta o potencial de terra.

Enquanto uma linha eléctrica polifásica oferece muitas vantagens para certo tipo de carga, por exemplo, máquinas eléctricas que empregam campos magnéticos rotativos, há muitos consumidores eléctricos que não estão ligados a todas as fases disponíveis numa determinada linha eléctrica polifásica. Para muitos tipos de cargas, é suficiente que a carga seja ligada entre duas das fases, ou mais tipicamente, entre uma das fases disponíveis e o condutor neutro. Este esquema de cablagem é amplamente divulgado, particularmente nas redes de baixa tensão utilizadas para fornecer electricidade aos aparelhos dos consumidores no domínio doméstico. Na Europa, a rede de distribuição de

energia de baixa tensão tem três fases de cablagem, cada uma numa tensão entre 220 Volt e 240 Volt para neutro, sendo as três fases afastadas num ângulo de 120° . Mais especificamente no domínio doméstico, a maior parte das cargas eléctricas são ligadas entre uma das três fases de cablagem R, S, T e o condutor neutro N, em que a fase específica R ou S ou T, à qual a carga está efectivamente ligada, é irrelevante para a maior parte dos tipos de aplicações e cargas monofásicas, e, por conseguinte, são normalmente desconhecidas.

Em alguns casos é, por isso, desejável detectar a fase à qual uma certa carga está ligada. Por exemplo, num sistema de comunicação da linha eléctrica que usa a rede de distribuição da linha eléctrica existente para efeitos de telecomunicação, pode ser muito vantajoso o transmissor conhecer a tensão da fase à qual o receptor está ligado, porque presume-se que a comunicação entre o transmissor e o receptor através de uma linha eléctrica é melhor se o transmissor e o receptor estiverem ligados à mesma tensão da fase do que se o transmissor e o receptor comunicarem entre si através de diferentes fases via uma diafonia capacitiva ou indutiva entre as fases.

Num sistema de contagem de electricidade para contar a energia eléctrica consumida por uma série de consumidores há boas razões para detectar a fase de cablagem de um contador de electricidade localizado dentro ou fora das instalações do consumidor. Por exemplo, a detecção da fase de cablagem permite analisar se um consumidor adulterou ilegalmente o contador de electricidade para impedir que o contador meça correctamente a energia consumida. Se os contadores comunicam com outros nós num sistema de contagem remoto através da comunicação da linha eléctrica, o conhecimento da fase, à qual estão ligados os respectivos contadores remotos nas instalações do consumidor, constitui

uma informação valiosa para otimizar o desempenho de comunicação do sistema de contagem remoto como um todo.

O documento US 4.626.622 já permitiu identificar uma fase desconhecida dentro de uma rede polifásica, comparando a fase desconhecida com a fase de referência conhecida da rede polifásica. O sistema compreende um primeiro dispositivo ligado à fase de referência e um segundo dispositivo ligado à fase desconhecida noutro local. O primeiro e o segundo dispositivos compreendem, cada um, um modem para estabelecer uma ligação telefónica entre os dois dispositivos. O primeiro dispositivo inclui circuitos para produzir um sinal digital representativo da tensão alternada da fase de referência. Este sinal representativo é transmitido através dos dois modems e da ligação telefónica do primeiro para o segundo dispositivo. O segundo dispositivo inclui um circuito de detecção da fase para identificar a fase desconhecida, através da detecção do ângulo da fase entre a tensão alternada da fase de referência e a tensão alternada da fase desconhecida.

Enquanto o método e o sistema deste documento são adequados para realizar a identificação da fase desconhecida quando o local de referência da fase de cablagem conhecida no ponto da rede polifásica, como por exemplo as saídas de um transformador de subestação, fica longe do local em que a fase é desconhecida, este método e sistema apresentam a desvantagem de precisarem de uma ligação telefónica à parte entre o primeiro e o segundo dispositivo. Em muitos casos não está disponível uma ligação telefónica à parte.

O documento IEC 61334-5-2 define um método para identificar uma fase desconhecida dentro de uma rede polifásica, através da injeção de um pequeno pacote de dados ou sinal de carimbo de tempo dentro da rede polifásica, quando ocorre um primeiro ponto de referência,

por ex. uma passagem zero, na tensão da fase de referência. A própria rede polifásica destina-se a comunicar o pequeno pacote de dados ou sinal de carimbo de tempo ao local, onde a fase desconhecida tem de ser identificada. No local de fase desconhecida, o pequeno pacote de dados ou sinal de carimbo de tempo é extraído da linha eléctrica polifásica, e é medido o intervalo de tempo entre a ocorrência do pequeno pacote de dados ou sinal de carimbo de tempo e um ponto de referência, por ex. uma passagem zero, na tensão da fase desconhecida. Esse intervalo de tempo é, assim, indicativo do ângulo da fase entre a fase de referência e a fase desconhecida. O ângulo da fase assim determinado permite identificar a cablagem de fase desconhecida.

Enquanto o método de identificação da fase definido neste padrão não requer uma linha telefónica à parte entre o local da fase conhecida e o local da fase desconhecida, este método tem a desvantagem da comunicação da linha eléctrica possuir geralmente um alcance limitado. As características eléctricas das linhas de alimentação não são as mais apropriadas para transmitir sinais de comunicação. Além disso, muitas cargas eléctricas ligadas a linhas de alimentação tendem a criar uma taxa de ruído significativa, de modo que já a distâncias moderadas do local do transmissor, a razão sinal/ruído para detectar o pequeno pacote de dados ou sinal de carimbo de tempo torna-se inaceitavelmente baixa. Isto limita a utilização do método de detecção da fase de acordo com o padrão IEC.

US 5.617.329 apresentou um método para detectar a fase de cablagem num local remoto relativamente a uma fase de cablagem de referência num local de referência de acordo com o preâmbulo da reivindicação 1. De acordo com este documento, a estação central combina a fase da estação de relé e a fase do contador relativamente à estação de relé para determinar a fase absoluta do contador.

Correspondentemente, a presente invenção pretende proporcionar um método e dispositivo para detectar a fase de cablagem de uma tensão da fase desconhecida relativamente a uma tensão da fase de referência num sistema de distribuição de energia eléctrica polifásico, cujo método e dispositivo permitem detectar a fase de cablagem, mesmo se o local da fase de cablagem desconhecida estiver a uma distância maior da conhecida fase de referência e se não estiver disponível um canal de comunicação directo que liga o local da fase conhecida e o local da fase de cablagem desconhecida.

Este objectivo é alcançado de acordo com a presente invenção conforme definido nas reivindicações independentes da patente. As reivindicações dependentes apresentam versões vantajosas da presente invenção.

De acordo com uma versão da presente invenção, com o objectivo de detectar a fase da cablagem de uma tensão da fase desconhecida num local remoto relativamente a uma tensão da fase de referência (R) num local de referência num sistema de distribuição de energia eléctrica, que tem uma linha eléctrica monofásica ou polifásica (R, S, T, N), é providenciado, pelo menos, um local de relé para encaminhar sinais (entre o referido local de referência e o referido local remoto) entre o referido local de referência e o referido local remoto, que é ligado a uma fase da cablagem da linha eléctrica polifásica. É detectada uma primeira relação de fase entre a fase de cablagem de referência no local de referência e a fase de cablagem no referido local de relé. É ainda detectada uma segunda relação de fase entre a fase da cablagem no local de relé e a fase da cablagem no local remoto. Com base na primeira e segunda relação de fase, pode obter-se a fase da cablagem do local remoto relativamente à fase da cablagem de referência.

De acordo com a invenção, a primeira relação de fase detectada é transmitida do local de relé em direcção ao local remoto.

A primeira relação de fase pode ser obtida de várias maneiras. Se for recentemente adicionado um nó novo num local remoto para expandir uma rede existente, um nó previamente existente da rede pode assumir a função de um local de relé, para o qual já se conhece a fase de cablagem a partir de uma detecção anterior. Neste caso, é suficiente que o local de relé proceda à detecção da segunda relação de fase entre a fase de cablagem num local de relé e o local remoto recentemente adicionado. A fase de cablagem no local remoto pode ser determinada no local remoto ou no local de relé com base na segunda relação de fase assim detectada, e a já conhecida fase de cablagem do local de relé, ou o local de relé, transmite a segunda relação de fase detectada para o local de referência, onde a fase de cablagem do local remoto pode ser determinada, utilizando o conhecimento da fase de cablagem do local de relé.

Se, pelo menos, um dos locais de relé entre o local de referência e o local remoto possuir fases de cablagem arbitrárias desconhecidas, isto pode ser vantajoso para detectar uma primeira relação de fase entre a fase de cablagem no local de referência e a fase de cablagem no local de relé, e para transmiti-la na direcção do referido local remoto. É detectada uma segunda relação de fase entre o referido local de relé e o referido local remoto. Com base na referida primeira relação de fase e na referida segunda relação de fase, pode detectar-se a fase de cablagem no referido local remoto relativamente à fase de cablagem no local de referência.

Vantajosamente, as locais podem ser nós de uma rede, utilizando a linha eléctrica como um meio de transmissão do sinal de comunicação.

De acordo com uma versão da presente invenção, é detectada a fase de cablagem de uma tensão da fase desconhecida relativamente a uma tensão da fase de referência num sistema de distribuição de energia eléctrica com uma linha eléctrica monofásica ou polifásica, através da transmissão, a partir de um local de referência, um primeiro sinal de carimbo de tempo quando ocorre um primeiro ponto de referência na tensão da fase de referência. O primeiro sinal de carimbo de tempo é recebido num local de relé, onde é medido um primeiro intervalo de tempo entre a ocorrência do primeiro sinal de carimbo de tempo e a ocorrência de um ponto de referência numa primeira fase de cablagem arbitrária da linha eléctrica, para obter informação sobre a primeira relação de fase indicativa da relação de fase entre a tensão da fase de referência e a tensão da primeira fase arbitrária. A partir do local de relé, é transmitida uma mensagem de relé, que compreende esta informação da relação de fase. Além disso, a partir do local de relé, é transmitido um sinal de carimbo de tempo de relé, quando ocorre um segundo ponto de referência na tensão da primeira fase arbitrária.

De acordo com esta versão da presente invenção, a criação de um sinal de carimbo de tempo de relé juntamente com uma mensagem de relé, que possui a referida informação sobre a relação de fase, permite encaminhar no local de relé a informação sobre a fase de referência para um local remoto, sem a necessidade de um canal de comunicação directo entre o local de referência e o local remoto.

O local de relé pode ser seguido de locais adicionais de relé para ultrapassar ainda maiores distâncias entre o local de referência e o local remoto. Vantajosamente, outro relé num terceiro local recebe o sinal do carimbo de tempo de relé e a mensagem de relé a partir do local anterior de relé, e mede um segundo intervalo de tempo entre a

ocorrência do sinal de carimbo de tempo de relé e a ocorrência de um ponto de referência numa tensão da segunda fase arbitrária no terceiro local, para obter informação sobre a segunda relação de fase indicativa de uma relação de fase entre as tensões da fase de cablagem nas locais de relé consecutivos. No terceiro local, é combinada a informação sobre a segunda relação de fase e a informação sobre a primeira relação de fase recebida do local anterior de relé. A informação sobre a relação de fase combinada é indicativa da relação de fase entre a tensão da fase de referência e a tensão da fase de cablagem no terceiro local. Esta informação pode ser transmitida ao outro local em forma de outra mensagem de relé, ou esta informação pode ser utilizada para determinar a fase de cablagem desconhecida no terceiro local.

O termo 'local de referência' pode referir-se a um local ou nó, onde é conhecida a fase de cablagem da linha eléctrica, seja simplesmente por definição, como seria o caso à saída de um transformador trifásico. O termo local remoto refere-se a um local ou nó, onde não se conhece a fase de cablagem. Note-se, porém, que na alternativa o termo 'local de referência' pode também referir-se a um local ou nó onde se desconhece a fase de cablagem, e o termo 'local remoto' refere-se a um local ou nó onde se conhece a fase de cablagem. Na versão acima descrita, a combinada relação de fase entre locais adjacentes é transportada para o local remoto. Não faz grande diferença na detecção de uma fase de cablagem desconhecida, se esta relação de fase é assumida na direcção desde o local com a conhecida fase de cablagem até ao local com a fase de cablagem desconhecida ou na direcção oposta. No primeiro caso, a informação exigida para determinar a fase de cablagem desconhecida está disponível no local da fase de cablagem desconhecida, enquanto que no último caso esta

informação está disponível no local da conhecida fase de cablagem.

A informação sobre a relação de fase pode ser representada em termos de tempo, em termos de ângulos de fase ou em termos de 'lúpulos' entre fases consecutivas para serem diferenciadas no diagrama de fases, que descreve o sistema polifásico. Num sistema trifásico, cada lúpulo pode corresponder a um ângulo de fase de 120° . Se houver a necessidade de detectar também cablagem reversa, poderia distinguir-se num sistema trifásico seis diferentes possibilidades de cablagem, e cada lúpulo iria corresponder a 60° porque, neste caso, há a considerar três fases normais mais outras três fases reversas.

A informação sobre a relação de fase numa mensagem de relé recebida e a informação sobre a relação de fase obtida a partir da medição do intervalo de tempo entre o sinal de carimbo de tempo e um ponto de referência numa tensão da fase de cablagem no local de recepção, pode ser combinada de várias maneiras e, preferencialmente, adicionando simplesmente os respectivos intervalos de tempo, valores do ângulo da fase associados ou número de lúpulos. Esta adição pode ser, vantajosamente, uma adição de módulo M. Se a informação sobre a relação de fase for representada em termos de tempo, M designa o período da tensão alternada suportada pela linha eléctrica polifásica. Se a informação da relação de fase for representada em termos de ângulos de fase, M designa o valor do ângulo da fase associado a um ciclo completo, ou seja $2n$ ou 360° . Se a informação da relação de fase for representada em termos de um número de lúpulos entre as fases, M designa o número de possibilidades de fases de cablagem por distinguir no sistema polifásico.

Preferencialmente, o intervalo de tempo entre a ocorrência de um sinal de carimbo de tempo e a ocorrência

de um ponto de referência, é medida de modo redundante, para aumentar a fiabilidade do resultado de medição final. Para medir um intervalo de tempo específico, o transmissor transmite, de preferência, mais do que um sinal de carimbo de tempo, estando cada sinal de carimbo de tempo sincronizado com o ponto de referência na tensão da fase do transmissor. Isto permite que o receptor possa repetir a medição do intervalo de tempo entre o sinal de carimbo de tempo e a ocorrência de um ponto de referência na tensão de fase do receptor, para decidir o intervalo de tempo medido baseado numa votação por maioria, e/ou para informar o transmissor de uma falha de medição do intervalo de tempo se não atingir uma clara maioria.

Podem ser vantajosamente utilizados os mesmos relés, que encaminham o sinal de carimbo de tempo e a informação da relação de fase, para encaminhar uma mensagem de retorno do local remoto da cablagem de fase desconhecida para o local da fase de referência, de modo a informar o local da fase de referência da fase de cablagem detectada no local remoto.

Os respectivos pontos de referência na fase de referência e nas fases de cablagem arbitrária no(s) respectivo(s) locais de relé e local remoto são, preferencialmente, eventos repetitivos pré-determinados, que ocorrem com um período T , que é o período de tensão alternada da rede de distribuição de energia polifásica, por exemplo 20ms no caso de um sistema 50Hz. As passagens zero das respectivas tensões de fase com um declive de sinal especificado são particularmente adequadas como pontos de referência.

Um sinal de carimbo de tempo pode ser um impulso de curta duração ou qualquer tipo de pacote de dados adequado ou sequência de símbolos que fica aquém quando comparado com o período de tensão de fase T dividido pelo número de

possibilidades de fases de cablagem por diferenciar. O sinal de carimbo de tempo pode também ser uma descontinuidade de fase e/ou uma descontinuidade de amplitude num sinal mais complexo, sequência de bits ou sinal de mensagem.

De preferência, num sistema polifásico com um número ímpar N de fases, a informação da relação de fase é mapeada em $2N$ fases de cablagem diferentes, por exemplo num afastamento de 60° se $N=3$, de modo a considerar a possibilidade de que num local de relé ou no local remoto com a cablagem de fase desconhecida, pode ligar-se uma fase específica à polaridade revertida. Esta característica pode ser particularmente útil em aplicações de contagem de electricidade remota para detectar um erro de cablagem ou uma cablagem ilegal do contador remoto nas instalações do consumidor.

Os sinais de carimbo de tempo e mensagens criadas nos vários locais podem, preferencialmente, ser transmitidos de um local para o próximo através da comunicação da linha eléctrica ou através de qualquer outra tecnologia de comunicação, que oferece um alcance suficiente de comunicação para ultrapassar a distância até ao próximo local de relé, por exemplo o cabo óptico ou comunicação de rádio. Se for utilizada a comunicação da linha eléctrica para transmitir os sinais de carimbo de tempo e mensagens de um local para o próximo, estes sinais podem ser injectados em todas as fases N da linha eléctrica polifásica, ou pode ser suficiente injectar estes sinais apenas numa fase única, devido ao acoplamento bastante capacitivo e indutivo que existe numa típica linha eléctrica polifásica entre as várias fases. Em aplicações com um grande número de locais de relé disponíveis, por ex. num sistema de contagem de electricidade remota com um número considerável de consumidores ligado à mesma secção

de rede de baixa tensão, a comunicação bluetooth ou qualquer outra comunicação de rádio de alcance limitado poderá ser uma tecnologia de comunicação adequada entre os vários locais consecutivos até ao local remoto, cuja cablagem de fase se pretende detectar.

A presente invenção refere-se também a um aparelho para realizar ou participar num método de acordo com a presente invenção. Uma versão de um aparelho de relé, para detectar a cablagem de fase de uma desconhecida tensão de fase arbitrária, compreende um circuito para receber um primeiro sinal de carimbo de tempo, um circuito para medir um intervalo de tempo entre a ocorrência do referido sinal de carimbo de tempo e a ocorrência de um ponto de referência numa tensão de fase de cablagem arbitrária da referida linha eléctrica para obter a informação sobre a relação de fase indicativa de uma relação de fase entre o referido sinal de carimbo de tempo e a referida tensão de fase arbitrária, um circuito para criar e transmitir uma mensagem de relé, que compreende a referida informação sobre a relação de fase, e um circuito para criar e transmitir um sinal de carimbo de tempo de relé, quando ocorre um segundo ponto de referência na referida tensão de fase arbitrária. O aparelho de relé de acordo com esta versão também compreende, preferencialmente, um circuito para receber informação sobre a relação de fase atribuída ao referido primeiro sinal de carimbo de tempo, cuja informação sobre a relação de fase pode ser em forma de uma mensagem de relé de um aparelho de relé num local de relé anterior. O circuito para criar uma mensagem de relé combina, preferencialmente, a relação de fase recebida e a informação da relação de fase obtida através da medição do intervalo de tempo, para criar a mensagem de relé de modo que inclua a informação combinada sobre a relação de fase.

De acordo com outra versão da presente invenção, um aparelho para detectar a cablagem de fase de uma tensão desconhecida de fase arbitrária compreende um circuito para receber um sinal de carimbo de tempo, um circuito para medir um intervalo de tempo entre a ocorrência do sinal de carimbo de tempo e a ocorrência de um ponto de referência na referida desconhecida tensão de fase de cablagem arbitrária, para obter informação da relação de fase indicativa de uma relação de fase entre o referido sinal de carimbo de tempo e a referida desconhecida tensão de fase arbitrária, um circuito para receber uma mensagem de relé com informação sobre a relação de fase indicativa de uma relação de fase entre a fase de referência e o sinal de carimbo de tempo, e um circuito para combinar a informação sobre a relação de fase indicativa de uma relação de fase entre o sinal de carimbo de tempo e a referida desconhecida tensão de fase arbitrária e a referida informação sobre a relação de fase recebida, assim como, um circuito para determinar a cablagem de fase da referida desconhecida tensão de fase arbitrária da referida informação combinada sobre a relação de fase. Um aparelho de acordo com esta versão da presente invenção, que é capaz de comunicar com um local de relé anterior para determinar a cablagem de fase da desconhecida tensão de fase arbitrária no local do aparelho.

Uma aplicação particularmente vantajosa da presente invenção reside no campo da contagem remota do consumo de electricidade distribuído a uma grande número de consumidores, através de um sistema de distribuição de electricidade pública. Um sistema de contagem remota deste tipo pode compreender um concentrador localizado, por exemplo numa subestação secundária para transformar a tensão suportada pela rede de distribuição de tensão média, por exemplo 20 kV, numa tensão baixa, por exemplo 230 V. A

subestação secundária alimenta uma rede polifásica de baixa tensão, à qual está ligada uma série de consumidores. Cada consumidor tem um contador de electricidade capaz de comunicar com o concentrador da secção da rede à qual está ligado. Para ajudar o concentrador a detectar a fase de cablagem dos contadores remotos ligados à sua secção da rede de baixa tensão, cada contador remoto inclui, preferencialmente, um aparelho de relé de acordo com a presente invenção e/ou um aparelho para detectar a cablagem de fase de uma desconhecida tensão de fase arbitrária de acordo com a presente invenção.

Passamos a descrever versões privilegiadas da presente invenção, fazendo referência aos desenhos anexos. A seguinte descrição serve para ilustrar versões específicas da presente invenção, que porém não pretendem limitar a presente invenção.

A Fig. 1 mostra circuito de um sistema para detectar a fase de cablagem de uma tensão de fase desconhecida num sistema de distribuição de energia eléctrica de acordo com a presente invenção;

A Fig. 2 mostra um diagrama de tempo para ilustrar a operação do sistema de detecção da fase de cablagem apresentado na Fig. 1, de acordo com uma versão da presente invenção;

A Fig. 3 mostra uma versão de um sinal de carimbo de tempo;

A Fig. 4 mostra um sinal de mensagem com um sinal de carimbo de tempo e uma parte da mensagem;

A Fig. 5 mostra um diagrama de blocos de um nó, formando parte do sistema apresentado na Fig. 1;

A Fig. 6A mostra uma versão de um circuito para detectar carimbos de tempo numa tensão de fase;

A Fig. 6B é um diagrama de tempo, que ilustra a operação do circuito apresentado na Fig. 6A.

A Fig. 1 mostra as linhas gerais de um sistema para detectar a fase de cablagem de uma desconhecida tensão de fase num sistema de distribuição de energia eléctrica, de acordo com a presente invenção. Na Fig. 1, L designa uma linha eléctrica polifásica como parte de um sistema de distribuição de energia eléctrica. A linha eléctrica polifásica L na Fig. 1 é trifásica com três fases designadas por R, S e T, assim como, um condutor neutro N. Entre qualquer duas das três fases R, S e T há uma deslocação de fase de 120° , como já é do conhecimento geral para sistemas de distribuição de energia trifásicos. PC na Fig. 1 designa capacitâncias de acoplamento de parasitas distribuídos entre as três fases R, S e T da linha eléctrica polifásica L.

A referência numérica 1 designa um nó ligado à linha eléctrica L num primeiro local. Na versão da Fig. 1, o nó 1 está ligado a todas as três fases R, S e T, assim como, ao condutor neutro N da linha eléctrica L para poder injectar e extrair sinais de comunicação da linha eléctrica para dentro e para fora da linha eléctrica L, apesar de que (devido ao acoplamento capacitivo de parasitas entre as três fases) seria suficiente ligar o nó 1 apenas a uma ou duas fases. O nó 1 usa uma das três das fases R, S e T como uma fase de referência. Qualquer uma das fases disponíveis R, S e T pode ser escolhida no nó 1 como uma fase de referência. Sem fugir da generalidade, pode assumir-se que

R designa a fase de referência no sistema de detecção da fase de cablagem apresentada na Fig. 1.

As referências numéricas 2 e 3 na Fig. 1 designam nós de relé ligados a fases arbitrárias, que são a priori desconhecidas, da linha eléctrica polifásica L. No exemplo apresentado na Fig. 1, o nó de relé 2 está ligado entre a fase T e neutro N, enquanto o nó de relé 3 está ligado entre a fase R e neutro N. A fase de cablagem destes nós de relé é arbitrária no sentido de se poder utilizar qualquer uma das fases disponíveis da linha eléctrica L, sem ter de saber de antemão a qual das fases o nó está ligado. Note-se que, apesar de ser apresentada nesta versão uma linha eléctrica polifásica, a presente invenção não se limita à detecção da fase de cablagem para linhas de alimentação polifásicas. No caso de uma linha eléctrica monofásica, pode ser interessante detectar a cablagem revertida de um consumidor num local remoto. A presente invenção também pode ser aplicada a sistemas monofásicos.

A referência numérica 4 designa um nó ligado a uma desconhecida fase arbitrária da linha eléctrica polifásica L. O nó 4 pode ser qualquer tipo de aparelho ou circuito, ao qual possa interessar a informação a qual das três fases R, S e T está ligado. A título exemplificativo, o nó 4 pode ser um contador de electricidade monofásico ou polifásico, que se pretende que detecte a(s) sua(s) fase(s) de cablagem relativamente à fase de referência R, por exemplo para poder detectar erros ou fraudes no modo como o contador está ligado à linha eléctrica polifásica L, e/ou para usar o contador remoto 4 como um nó nas aplicações de comunicação da linha eléctrica, como a contagem remota de electricidade de uma forma optimizada.

Na versão apresentada na Fig. 1, não há necessidade de um canal de comunicação directo entre o local de referência do nó 1 e o local remoto do nó 4, cuja fase de cablagem se

pretende detectar. Para poder realizar esta detecção, os nós 2 e 3 actuam como relé. Passamos a explicar a operação deste sistema da Fig. 1, fazendo referência à Fig. 2.

A Fig. 2 mostra um diagrama de tempo para ilustrar a operação do sistema de detecção da fase de cablagem apresentada na Fig. 1 de acordo com uma versão da presente invenção.

A parte superior da Fig. 2 mostra as tensões de três fases R, S e T ao longo do tempo. Como se pode ver, as tensões trifásicas são ondas de sinais com a tensão de fase S a 120° atrás da tensão de fase R, e a tensão de fase T a 120° atrás da tensão de fase S e por conseguinte 120° à frente da tensão de fase R. Cada uma destas tensões trifásicas tem duas passagens zero por ciclo, ou seja, uma passagem zero por ciclo com uma inclinação especificada. No diagrama da Fig. 2, as passagens zero com uma inclinação positiva são designadas por R+, S+ e T+, respectivamente, enquanto que as passagens zero com uma inclinação negativa são designadas por R-, S- e T-, respectivamente. Na versão apresentada, as passagens zero com uma inclinação positiva nas respectivas tensões de fases R, S e T foram escolhidas para servirem de pontos de referência das respectivas tensões de fase. Na Fig. 2, o eixo horizontal t designa o eixo do tempo, enquanto as linhas tracejadas na direcção vertical Y na Fig. 2 correlacionam vários eventos apresentados na Fig. 2 com certos pontos das tensões de fase R, S e T, como se vai passar a explicar em pormenor mais adiante. As setas A e B na Fig. 2 indicam que, por razões de espaço na folha de desenho, o eixo do tempo foi desenhado em três partes uma acima da outra. Os dois pontos ligados pela seta A coincidem, de facto, no eixo do tempo. O mesmo aplica-se aos dois pontos ligados pelo erro B. P designa o período da tensão alternada nas tensões trifásicas R, S e T, que é 20 ms no caso de um sistema de

50 Hz. Os números 1 a 4 na parte direita da Fig. 2 referem-se aos nós 1 a 4 na Fig. 1 para indicar o local, onde ocorrem os respectivos eventos apresentados na Fig. 2.

Para realizar a detecção da fase de cablagem do nó 4 na Fig. 2, o nó 1 ligado à fase de referência R envia uma mensagem S1 com um carimbo de tempo TS, que coincide essencialmente com uma passagem zero R+ da fase de referência R. A versão apresentada na Fig. 1 usa a comunicação da linha eléctrica para transmitir este carimbo de tempo TS na mensagem S1 do nó 1 ao nó de relé 2. O nó de relé 2 recebe a mensagem S1 com o carimbo de tempo TS e mede um intervalo de tempo, designado por T1 na Fig. 2, entre o carimbo de tempo recebido TS na mensagem S1 e a ocorrência de um ponto de referência T+ na tensão de fase arbitrária T, à qual o nó 2 está ligado. O nó 2 baseia-se no intervalo de tempo medido T1 para criar uma mensagem M1(T1), que contém a informação sobre uma relação de fase entre o sinal de carimbo de tempo recebido TS na mensagem S1 e a fase de cablagem do nó 2. O nó 2 cria uma mensagem S2, que contém um carimbo de tempo TS, que coincide com a ocorrência de outro ponto de referência T+ na tensão de fase da fase de cablagem T do nó 2. A mensagem S2 criada e transmitida pelo nó 2 através da linha eléctrica L inclui ainda a mensagem de informação da relação de fase M1(T1).

A mensagem S2 é recebida no nó de relé 3 e, de seguida, o nó de relé 3 mede um intervalo de tempo (designado por T2 na Fig. 2) entre o carimbo de tempo recebido TS na mensagem S2 do nó 2 e a ocorrência de um ponto de referência R+ na tensão de fase, à qual o nó 3 está ligado. Neste exemplo, o intervalo de tempo T2 vai de T+ para R+.

No nó 3, a informação da relação de fase M1(T1) contida na mensagem S2 e o intervalo de tempo medido T2 é, apropriadamente, combinada para obter informação sobre a

relação de fase combinada, como será exemplificado em detalhe mais à frente. O nó 3 cria uma mensagem S3, que inclui um carimbo de tempo TS, bem como, a informação sobre a relação de fase combinada $M2(T1+T2)$. Esta mensagem S3 é transmitida pelo nó 3 através da linha eléctrica L numa altura em que o carimbo de tempo TS coincide com um ponto de referência posterior R+ na tensão de fase R, à qual o nó 3 está ligado na versão apresentada.

No nó 4, é recebida a mensagem S3 que contém o carimbo de tempo TS, e o nó 4 mede um intervalo de tempo, designado por T3 na Fig. 2, entre o carimbo de tempo TS na mensagem S3 e um ponto de referência S+ na tensão de fase S, à qual o nó 4 está ligado. A informação da relação de fase combinada $M2(T1+T2)$ na mensagem S2 e no intervalo de tempo T3 é suficiente ao nó 4 para determinar uma fase de cablagem relativamente à fase de cablagem do nó de referência 1. O nó 4 pode determinar a sua fase de cablagem relativa, combinando a informação da relação de fase $M2(T1+T2)$ na mensagem recebida S3 e no intervalo de tempo medido T3. O nó 4 pode, depois, criar uma mensagem de retorno S4, que contém uma mensagem M3 ($T1+T2+T3$) com a informação da relação de fase assim combinada. Esta mensagem S4 pode ser encaminhada através dos nós 3 e 2 de volta para o nó 1 para informar o nó 1 sobre a fase de cablagem do nó 4.

Na versão apresentada, a informação da relação de fase obtida para medir os respectivos intervalos de tempo T1, T2 e T3 é, preferencialmente, expressa em termos de um número inteiro obtido através do mapeamento do intervalo de tempo medido T1, T2 e T3, respectivamente, para um dos números inteiros N, sendo N o número de possibilidades de fases de cablagem por distinguir na detecção da fase de cablagem. Esta operação de mapeamento corresponde à divisão do intervalo de tempo medido por P/N . Na versão apresentada na

Fig. 2, são consideradas três possibilidades de fases de cablagem, de modo que $N=3$. Correspondentemente, no exemplo apresentado, T_1 é mapeado para 2 (dois), T_2 é mapeado para 1 (um) e T_3 é mapeado para 1 (um). Os números inteiros obtidos por esta operação de mapeamento são uma representação adequada da informação sobre a relação de fase. A combinação da informação da relação de fase pode, vantajosamente, ocorrer simplesmente adicionando estes números inteiros, e melhor ainda através da adição de um módulo N . Na versão apresentada na Fig. 3, isto leva aos seguintes resultados: A mensagem $M_1(T_1)$ suporta o número inteiro 2. A informação da relação de fase combinada e suportada na mensagem $M_2(T_1+T_2)$ é $2+1 \bmod 3=0$, que indica que o nó 3 está ligado à mesma fase de cablagem da fase de referência. A operação $0+1 \bmod 3$ realizada no nó 4 vai, de seguida, revelar que o nó 4 é uma fase atrás da fase de referência, e que este nó 4 está ligado à tensão de fase S . Correspondentemente, a mensagem M_3 transmitida de volta para o nó de referência 1 simplesmente contém o número inteiro 1.

Note-se que, enquanto a representação do número inteiro da informação da relação de fase recentemente descrita é uma implementação particularmente vantajosa em termos de complexidade computacional, há naturalmente outras possibilidades para representar a informação da relação de fase obtida a partir da medição dos intervalos de tempo T_1 , T_2 e T_3 . Outras representações incluiriam os intervalos de tempo explícitos em termos de segundos ou em termos de ângulo de fase ou outra qualquer representação adequada. A versão exemplificativa na Fig. 3 distingue entre três fases de cablagem R , S e T . Se pretende considerar as cablagens de fase inversa como possibilidades adicionais de cablagem, resultam daqui seis fases diferentes, isto é, $N=6$. Neste caso, os pontos de

referência das tensões de fase inversa (não ilustrado na figura) coincidem com os pontos R-, S- e T- apresentados na Fig. 2.

Na versão da Fig. 2, as partes da mensagem M1, M2 e M3 e o carimbo de tempo TS são respectivamente integrados numa única mensagem S1, S2, S3 e S4. Em alternativa, seria possível transmitir o sinal de carimbo de tempo TS e a parte da mensagem associada M1 em mensagens separadas, sem necessidade de transmitir as partes da mensagem M1 a M3 numa determinada altura.

A mensagem S1 apresentada na Fig. 2 não compreende uma parte da mensagem, porque esta mensagem foi criada pelo nó de referência e não tem de suportar nenhuma informação adicional sobre a relação de fase. Não obstante, para obter um protocolo de comunicação unificado, pode ser vantajoso providenciar também a mensagem S1 com uma parte da mensagem, que pode conter informação falsa. A mensagem S4 é apresentada na Fig. 2 sem um sinal de carimbo de tempo, porque esta mensagem serve para trazer a informação combinada sobre a relação de fase obtida no nó 4 de volta para o nó de referência 1, o qual não exigiu nenhum momento específico. Todavia, e mais uma vez em prol de um protocolo de comunicação unificado, pode ser vantajoso criar a mensagem S4 com um carimbo de tempo idêntico às outras mensagens, e transmitir a mensagem S4, de modo que o seu carimbo de tempo coincida com um ponto de referência na fase de cablagem do nó S4.

A Fig. 3 mostra uma versão de um sinal de carimbo de tempo. O sinal apresentado na Fig. 3 consiste de uma primeira parte 31 e de uma segunda parte 32. A primeira parte 31 compreende um padrão de sinal alternado numa frequência especificada. A parte 32 compreende um padrão de sinal na mesma frequência especificada, porém, com uma fase inversa relativamente à fase do padrão de sinal 31. A

descontinuidade da fase entre a primeira parte 31 e a segunda parte 32 constitui o carimbo de tempo TS.

A Fig. 4 mostra uma versão de um sinal de mensagem, que integra um sinal de carimbo de tempo e uma parte de mensagem. Na Fig. 4, as referências numéricas 31 e 32 designam as secções de sinal acima descritas com referência à Fig. 3. TS designa um carimbo de tempo em forma de uma descontinuidade de fase entre as partes do sinal 31 e 32. As duas partes do sinal 31 e 32 constituem um cabeçalho H, que é útil para estabelecer a sincronização de bits. O carácter de referência F na Fig. 4 designa o campo de mensagens. O campo de mensagens F pode compreender uma série de sub-campos de mensagens N1, N2, ..., Ni. As mensagens S1 a S4 apresentadas na Fig. 2 são, vantajosamente, estruturadas de acordo com a versão da Fig. 4. Cada um dos campos de mensagens N1 a Ni compreende informação sobre a relação de fase conforme descrito em relação à Fig. 2, e ainda o endereço do nó, onde esta informação sobre a relação de fase foi obtida conforme descrito acima, combinando informação da relação de fase recebida e um intervalo de tempo medido. Cada nó que recebe informação sobre a relação de fase e combina essa informação com a informação obtida a partir da medição de um intervalo de tempo entre o carimbo de tempo e o ponto de referência na sua fase de cablagem, anexa, vantajosamente, a informação combinada da relação de fase assim obtida juntamente com o seu próprio endereço de nó para a mensagem que encaminha para o próximo nó. Deste modo, a mensagem S4 na Fig. 2 do nó 4 de volta para o nó 1 na Fig. 1 compreende informação sobre a relação de fase que permite ao nó 1 obter a fase de cablagem de todos os nós envolvidos na detecção da fase de cablagem do nó 4.

A Fig. 5 mostra um diagrama em bloco de um nó, formando parte do sistema apresentado na Fig. 1. Na Fig. 5,

os caracteres de referência R, S, T e N designam as três fases e neutro, respectivamente, da linha eléctrica L, como anteriormente explicado. O nó apresentado pode ser ligado a uma ou a todas as três fases. TR designa um circuito emissor-receptor para estabelecer a comunicação da linha eléctrica através da linha eléctrica L. CCT, CCS e CCR designam capacitores de acoplamento, que permitem ao circuito emissor-receptor TR transmitir e receber sinais de comunicação da linha eléctrica dessas fases da linha eléctrica L, à qual o nó está ligado. Naturalmente que podem ser utilizados meios de acoplamento indutivos alternativos com este propósito, como por exemplo os bem conhecidos transformadores de acoplamento. Os sinais de comunicação da linha eléctrica podem ser injectados para e extraídos de um condutor apenas ou para/de vários ou todos os condutores da linha eléctrica, em cada fase com uma extremidade frontal do emissor-receptor separado ou com uma extremidade frontal do emissor-receptor único para todas as linhas em paralelo. ZD designa um detector do ponto de referência, por exemplo um circuito detector de passagem zero ligado para detectar passagens zero numa fase específica das três fases R, S e T, à qual o nó da Fig. 5 está ligado. A fase especificada é a fase do nó, cuja cablagem se pretende detectar. MC designa um micro-circuito de controlo. MEM designa uma secção da memória, e TM designa um circuito temporizador. IF designa um circuito de interface para inter-relacionar o nó apresentado na Fig. 5 com outros circuitos não apresentados na Figura, como por ex. circuitos para contar o consumo de electricidade ou para realizar qualquer outra função não directamente relacionada com os princípios da presente invenção. B designa um bus para trocar dados e dirigir a informação entre a micro-unidade de controlo MC, a secção de memória MEM, o circuito emissor-receptor TR, o detector de

passagens zero ZD, o temporizador TM e o circuito de interface IF. IRQ designa uma linha de pedido de interrupções para notificar a micro-unidade de controlo MC das interrupções criadas pelo circuito emissor-receptor TR e o circuito detector de zero ZD, respectivamente, como vamos passar a explicar.

O nó apresentado na Fig. 5 opera sob o controlo de software de acordo com dados do programa guardados na secção da memória MEM para realizar operações conforme descrito acima com referência à Fig. 2. Se o nó da Fig. 5 for controlado para actuar como o nó 1 no local de referência, essa fase à qual está ligada a entrada EN1 do detector de passagens zero ZD, será a fase de referência para realizar a detecção da fase de cablagem, que é a fase R na Fig. 5. Sempre que o detector de passagens zero ZD detectar uma passagem zero com inclinação positiva, ZD cria um pedido de interrupção na linha IRQ para o micro-controlador MC e disponibiliza a informação no bus B sobre como ocorreu uma passagem zero com uma inclinação específica. Em resposta ao pedido de interrupções, o micro-controlador vai ler a informação do bus B sobre a fonte da interrupção e depois instrui o circuito emissor-receptor TR para disponibilizar um padrão de sinais pré-determinados na linha eléctrica L, que contém um carimbo de tempo, por exemplo como é explicado acima em relação à Fig. 3 ou Fig. 4. O nó no local de referência 1 também transmite, preferencialmente, uma mensagem que contém um endereço do nó remoto 4, cuja cablagem de fase se pretende detectar. Cada mensagem transmitida por um nó contém, vantajosamente, não apenas o endereço do nó remoto, mas também uma lista de endereços de nós de todos os nós envolvidos na detecção da fase de cablagem do nó remoto 4, assim como, um campo indicador de endereços que contém o endereço do respectivo próximo nó, ao qual a mensagem pretende ser endereçada.

Cada nó contido na lista actualiza o campo indicador de endereços de acordo com as entradas na lista de endereços de nós para garantir que as mensagens de relé sigam uma sequência de nós definida na lista de endereços de nós.

O circuito emissor-receptor TR escuta a comunicação na linha eléctrica L. Sempre que o circuito emissor-receptor TR recebe uma mensagem dirigida ao seu próprio nó, vai realizar os necessários passos de desmodulação e de descodificação, informar o micro-controlador MC sobre a recepção de uma nova mensagem e disponibilizar os dados recebidos no bus B. Se o micro-controlador MC identificar a mensagem como sendo uma mensagem de retorno S4 de um nó remoto, cuja cablagem de fase se pretende detectar, o micro-controlador MC vai avaliar a informação contida na mensagem recebida de acordo com as operações acima descritas para obter a cablagem de fase do nó remoto e guardar o resultado na secção da memória MEM.

Se o nó apresentado na Fig. 5 receber uma mensagem de detecção da fase de cablagem, o circuito emissor-receptor TR recebe essa mensagem, informa o micro-controlador MC através de um pedido de interrupções da mensagem recebida e disponibiliza o seu conteúdo no bus de dados B, como anteriormente. O micro-controlador MC avalia o endereço e o conteúdo da mensagem para determinar se a mensagem tem de ser encaminhada para outro nó. Em caso afirmativo, instrui o temporizador TM para iniciar uma operação de medição do tempo. Se ocorrer um ponto de referência na fase, à qual o circuito detector de zero do nó está ligado, é criado outro pedido de interrupções para o micro-controlador, desta vez pelo detector de passagens zero, e em resposta a este pedido de interrupções, o micro-controlador pára a operação de medição do tempo do circuito do temporizador TM e processa, apropriadamente, os dados sobre o intervalo de tempo medido pelo circuito temporizador TM, de acordo com

os princípios acima descritos. A informação de tempo assim obtida e a informação sobre a relação de fase extraída da mensagem recebida são, de seguida, combinadas sob o controlo do programa pelo micro-controlador MC, e é editada uma nova mensagem pelo micro-controlador MC que contém a resultante informação combinada da relação de fase. Esta mensagem é disponibilizada ao circuito emissor-receptor TR através do bus de dados B. Se ocorrer outro ponto de referência na fase, à qual está ligado o detector de passagens zero ZD, o micro-controlador MC instrui o circuito emissor-receptor TR para criar e transmitir uma mensagem que contém um carimbo de tempo e a informação combinada da relação de fase, assim como, o endereço desse nó, cuja fase de cablagem se pretende detectar, cujo endereço estava incluído na mensagem anteriormente recebida. Como já foi anteriormente explicado, a mensagem também contém, vantajosamente, a referida lista de endereços do referido campo indicador de endereços que foi actualizado pelo nó para indicar o endereço do próximo nó para a mensagem.

Por outro lado, se o micro-controlador determinar, a partir do endereço e do conteúdo de uma mensagem recebida, que contém um pedido de detecção da fase de cablagem sobre o seu próprio nó, o micro-controlador MC extrai a informação da relação de fase contida na mensagem recebida e mede o tempo entre o carimbo de tempo na mensagem recebida e a ocorrência de um ponto de referência na fase à qual está ligado o detector de passagens zero ZD, de acordo com os mesmos princípios como anteriormente descrito, utilizando o circuito temporizador TM. O resultado desta medição do intervalo de tempo é depois combinado pelo micro-controlador MC com a informação da relação de fase na mensagem recebida. A informação combinada da relação de fase assim obtida é depois incluída pelo micro-controlador

numa mensagem de retorno criada pelo circuito emissor-receptor TR para informar o nó de referência sobre a cablagem de fase do presente nó relativamente à fase de referência do nó solicitador.

De acordo com a versão apresentada na Fig. 5, cada um dos nós 1 a 4 possui essencialmente a mesma configuração e opera sob o controlo de software em virtude de um micro-controlador de acordo com o conteúdo da mensagem que recebeu. Pelo menos um nó é adaptado para criar uma mensagem de pedido de detecção da fase de cablagem dirigida a um nó remoto especificado, como descrito. Qualquer nó envolvido no processo de relé, que recebe uma mensagem de pedido de detecção da fase de cablagem não para si mesmo mas para um nó diferente, vai usar a mensagem recebida para realizar uma operação de relé como anteriormente descrito. Um nó que recebe uma mensagem de pedido de detecção da fase de cablagem para si mesmo, realiza as operações conforme descrito para devolver uma mensagem ao nó solicitador, que originou a mensagem de pedido de detecção da fase de cablagem, para informar o nó sobre a sua própria fase de cablagem relativamente à fase de cablagem do nó solicitador.

Quando uma passagem zero activa a criação de um sinal de carimbo de tempo, pode ocorrer um desvio temporal entre a passagem zero e o carimbo de tempo. Este desvio pode dever-se a um cabeçalho anterior ao actual carimbo de tempo, como se pode ver por exemplo na Fig. 3, e/ou devido a uma velocidade de processamento limitado do micro-controlador MC. O efeito daqui resultante é que o carimbo de tempo e a passagem zero associada não coincidem na perfeição. Se o número de possibilidades de cablagem de fase for baixo (p. ex. $N=3$), este desvio pode ser negligenciado. Uma simples solução para compensar o atraso entre a passagem zero e o carimbo de tempo associado é

adicionar a cada intervalo de tempo medido o desvio conhecido.

A Fig. 6A mostra uma versão de um circuito detector do carimbo de tempo para detectar um sinal de carimbo de tempo apresentado na Fig. 3. O circuito detector do carimbo de tempo da Fig. 6A pode fazer parte do circuito emissor-receptor TR na Fig. 5. Na Fig. 6A, EN2 designa a entrada do circuito detector do carimbo de tempo. Esta entrada está ligada para receber um sinal de entrada do receptor e desmodulador (não ilustrado) do circuito emissor-receptor TR na Fig. 5. R1 e R2 designam dois resistores ligados para constituir um divisor de tensão. A designa um amplificador operacional ou comparador, cuja entrada positiva é ligada à saída do divisor de tensão R1, R2 e cuja entrada negativa é ligada ao chão. C1 e R3 designam um capacitor e um resistor, respectivamente, que estão ligados para diferenciar um sinal de saída na saída negativa do amplificador operacional A. De igual modo, C2 e R4 designam um diferenciador, que está ligado para diferenciar um sinal de saída na saída positiva do amplificador A. D1 designa um diodo ligado em paralelo com o resistor R3, de modo que o cátodo deste diodo seja ligado ao capacitor C1, enquanto o ânodo é ligado ao chão. D3 designa um diodo, que está ligado em paralelo ao resistor R4, de modo que o cátodo do diodo D3 seja ligado ao capacitor C2, enquanto o ânodo do diodo D3 é ligado ao chão. O cátodo do diodo D1 é ligado ao resistor R5 através de outro diodo D2. O cátodo do diodo D3 está ligado ao mesmo nó do resistor R5 através de um diodo D4. Este nó do resistor R5 está ligado à entrada de um multivibrador monoestável refrigerável MF. A outra saída do resistor R5 está ligada ao chão. A saída deste multivibrador monoestável constitui a saída SAÍDA do circuito detector de carimbo de tempo. O multivibrador monoestável refrigerável tem um período de tempo de aprox.

1,5 vezes a duração entre dois cantos regulares consecutivos da secção do sinal 31 apresentado na Fig. 4.

A Fig. 6B ilustra a operação do detector do carimbo de tempo da Fig. 6A. O diagrama superior na Fig. 6B mostra a forma da onda de tensão à entrada EN2 do detector de carimbo de tempo. O amplificador operacional A converte este sinal de entrada em sinais digitais complementares nas suas saídas positivas e negativas. O diferenciador e a posterior rede de díodos ligada às respectivas saídas enfatizam apenas os cantos positivos nos sinais de saída das respectivas saídas. Estes sinais diferenciados e rectificados são combinados no resistor R5, o que leva a um sinal de saída através do resistor R5, como se pode ver no centro da Fig. 6B. O sinal através do resistor R5 activa o multivibrador monoestável refrigerável, que vai manter o seu estado activado desde que os impulsos através de R5 estejam espaçados de forma regular, como é ilustrado. Assim que ocorrer o carimbo de tempo, ou seja, a inversão da fase no sinal à entrada EN2, vai faltar um impulso através de R5, de modo que o multivibrador monoestável MF vai regressar ao estado de reinício e criar, assim, um sinal de detecção à saída SAÍDA. Para evitar impulsos de saída espúrios à saída SAÍDA, é preferível disfarçar o sinal de saída em SAÍDA através de uma porta AND com um sinal de controlo que indica um estado bloqueado, quando detecta o preâmbulo 31 do sinal do carimbo de tempo.

As implementações alternativas de um circuito detector do carimbo de tempo podem basear-se na integração do sinal à entrada EN2 e na comparação do sinal integrado com um limite que será alcançado quando a duração de um segmento de sinal de amplitude constante for superior ao habitual, ou seja, quando ocorre a inversão da fase. Outras alternativas para detectar o sinal do carimbo de tempo de, acordo com a versão da Fig., 3 podem adoptar um detector de

padrões de sinais digitais ou outro qualquer circuito adequado conhecido.

O detector de passagens zero ZD pode ser implementado de várias maneiras conhecidas. Uma implementação adequada do detector de passagem zero ZD compreende um circuito com um comparador, um diferenciador e um rectificador ligado à sua saída; essencialmente idêntico ao capacitor, resistor e rede de díodos ligados a uma das duas saídas do comparador A ilustrado na Fig. 6A.

A presente invenção não está limitada ao mecanismo específico de detecção da relação de fase aqui descrito. Uma pessoa com experiência no ramo aprecia o facto de se poder empregar, na detecção da fase de cablagem, qualquer mecanismo de detecção da relação de fase, que providencie uma informação da relação de base entre dois locais consecutivos de acordo com a presente invenção. A invenção não se limita ao sinal de carimbo de tempo aqui descrito ou a um circuito específico de detecção do carimbo de tempo. É necessário enfatizar que os circuitos e sinais apresentados apenas servem para ilustrar versões específicas da presente invenção. Os sinais de referência nas reivindicações destinam-se a aumentar a sua inteligibilidade. Não devem ser entendidos como limitativos das reivindicações.

DOCUMENTOS APRESENTADOS NA DESCRIÇÃO

Esta lista dos documentos apresentados pelo requerente foi exclusivamente recolhida para informação do leitor e não faz parte do documento europeu da patente. Apesar de ter sido elaborado com o máximo cuidado, o IEP não assume, porém, qualquer responsabilidade por eventuais erros ou omissões.

Documentos de patente apresentados na descrição

- US 4626622 A [0006] • US 5617329 A [0010]

Lisboa, 9/06/2010

REIVINDICAÇÕES

1. Um método para detectar a fase de cablagem (R; S; T) num local remoto relativamente a uma fase de cablagem de referência (R) num local de referência num sistema de distribuição de energia eléctrica com uma linha eléctrica com uma cablagem monofásica ou polifásica (R, S, T, N), em que o método compreende os passos de:

- ligar, pelo menos, um local de relé para uma fase de cablagem da referida linha eléctrica polifásica num local entre o referido local de referência e o referido local remoto,
- detectar uma primeira relação de fase entre a tensão da fase de cablagem de referência no local de referência (1) e a tensão da fase de cablagem no referido local de relé (2).
- transmitir desse local de relé a referida primeira relação de fase detectada em direcção ao referido local remoto;
- detectar uma segunda relação de fase entre uma tensão de fase de cablagem num referido local de relé e uma tensão de fase de cablagem no referido local remoto; e
- determinar a fase de cablagem do referido local remoto relativamente à fase de cablagem no referido local de referência com base na referida primeira relação de fase e a referida segunda fase.

2. O método de acordo com a reivindicação 1, em que o referido passo de detectar uma primeira relação de fase compreende

- transmitir desse local de referência (1) um primeiro sinal de carimbo do tempo (S1, TS) quando ocorre um primeiro ponto de referência (R+) na referida tensão de fase da cablagem de referência (R);
- receber no referido local de relé (2) o referido primeiro sinal de carimbo de tempo (S1, TS);
- medir um primeiro intervalo de tempo (T1) entre a ocorrência do referido primeiro sinal de carimbo de tempo (S1, TS) e a ocorrência de um ponto de referência (T+) numa tensão de fase de cablagem (T) no referido local de relé para obter a referida primeira relação de fase (M1) entre a referida tensão de fase de cablagem de referência (R) e a referida tensão de fase de cablagem (T).

3. O método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que o referido passo de detectar uma segunda relação de fase compreende

- transmitir desse local de relé um sinal de carimbo de tempo de relé (S2, TS) quando ocorre um ponto de referência (T+) na referida tensão de fase de cablagem (T) do referido local de relé (2);
- receber no referido local remoto o referido sinal de carimbo de tempo de relé (S2, TS); e
- medir no referido local remoto o intervalo de tempo entre a ocorrência do referido sinal de carimbo de tempo de relé e a ocorrência de um ponto de referência na tensão de fase de cablagem do referido local remoto.

4. O método de acordo com qualquer reivindicação anterior, que compreende o referido local remoto, criando

uma mensagem de retorno (S4) para comunicar a sua fase de cablagem ao local de referência (1).

5. O método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 2 a 4, em que os referidos pontos de referência são passagens zero das respectivas tensões de fase (R; S; T).

6. O método de acordo com a reivindicação 5, em que os referidos pontos de referência são passagens zero das referidas e respectivas tensões de fase (R; S; T) com uma inclinação (R+; S+; T+) do sinal especificado.

7. O método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 2 a 6, em que o referido sinal de carimbo de tempo (TS) é curto quando comparado com o período da tensão de fase dividido pelo número das possibilidades da fase de cablagem por distinguir.

8. O método de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores de 2 a 7, em que o referido sinal de carimbo de tempo é um padrão de sinais repetitivo (A, B) que inclui uma descontinuidade de fase (TS) e/ou uma descontinuidade de amplitude e/ou uma descontinuidade de frequência.

9. O método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 2 a 8, em que os referidos sinais de carimbo de tempo (TS) são transmitidos através da referida linha eléctrica (R, S, T, N), injectando num ou mais condutores da referida linha eléctrica (L) através do acoplamento capacitivo (CCR, CCS, CCT) ou indutivo.

10. O método de acordo com a reivindicação 9, em que os referidos sinais de carimbo de tempo (TS) são injectados nessa tensão de fase (R; S, T) da linha eléctrica (L), para a qual o sinal de carimbo de tempo injectado (TS) indica a ocorrência do ponto de referência (R+; S+; T+).

11. O método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 9, em que a referida informação sobre a relação de fase é transmitida pelos canais de comunicação de rádio ou cabo óptico entre os referidas locais.

12. O método de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que o referido passo de transmitir a referida primeira relação de fase em direcção ao referido local remoto compreende

- criar uma mensagem de relé (S2), que compreende a referida primeira informação da relação de fase (M1) e transmitir desse local de relé a referida mensagem de relé, (S2) através da referida linha eléctrica (R, S, T, N) ou via cabo óptico ou canais de comunicação de rádio

13. O método de acordo com a reivindicação 12, compreendendo os passos de

- receber a referida mensagem de relé (S2, M1) noutra local de relé (3) disposto no referido local de relé (2) e no referido local remoto;
- detectar outra relação de fase entre a tensão de fase de cablagem (T) no referido local de relé (2) e a tensão de fase de cablagem (R) no referido local de relé (3); e

- combinar (M2) a outra informação da relação de fase e a informação da relação de fase compreendida na referida mensagem de relé.

14. O método de acordo com a reivindicação 13, compreendendo a operação de

- criar outra mensagem de relé (S3), que compreende uma combinação (M2) de todas as informações da relação de fase previamente obtidas, e transmitir a referida outra mensagem de relé (S3) em direcção ao referido local remoto.

15. O método de acordo com a reivindicação 13 ou 14, em que cada informação da relação de fase compreende um respectivo valor do ângulo da fase, e em que a referida informação da relação de fase e a referida outra informação da relação de fase são combinadas pela adição de um módulo dos respectivos valores do ângulo da fase.

16. O método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 12 a 15, em que a referida mensagem (S2 a S4) compreende um campo de carimbo de tempo (A, B) com um sinal de carimbo de tempo (TS) e um campo de informação (F) com a referida informação da relação de fase (M1, M2, M3).

17. O método de acordo com a reivindicação 16, em que o referido campo de carimbo de tempo (A) actua como um cabeçalho (H) para o campo de informação (F) para estabelecer a sincronização de bits.

18. O método de acordo com a reivindicação 16, em que o referido campo de informação (F) suporta um sinal de

função múltipla de som dual (DTMF) com a referida informação da relação de fase (M1, M2, M3).

19. O método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 12 a 18, em que cada mensagem (S1 to S4) compreende informação que identifica o seu remetente (1; 2; 3; 4).

20. O método de acordo com a reivindicação 19, em que cada sinal de carimbo de tempo (TS) e/ou cada mensagem (S1 a S4) compreende uma lista de nós (N1, ..., Ni) que anteriormente encaminhou o sinal de carimbo de tempo.

21. Um aparelho de relé (1, 2, 3) para detectar a fase de cablagem (R; S; T) num local remoto relativamente à tensão da fase de cablagem de referência (R) de um local de referência (1) num sistema de distribuição de energia eléctrica com uma linha eléctrica (L) que tem uma cablagem monofásica ou polifásica, compreendendo

- um circuito (TM) para detectar uma primeira relação de fase entre a fase de cablagem no local de referência (1) e a fase de cablagem num local de relé (2); e
- um circuito adaptado para comunicar com o referido local remoto na detecção de uma segunda relação de fase entre uma tensão da fase de cablagem no referido local de relé e uma tensão da fase de cablagem no referido local remoto;

caracterizado por

- um circuito para transmitir a referida primeira relação de fase detectada em direcção ao referido local remoto.

22. O aparelho de acordo com a reivindicação 21, em que o referido circuito (TM) para detectar uma primeira relação de fase entre a fase de cablagem no local de referência (1) e a fase de cablagem num local de relé (2) compreende

- um circuito (TM) para receber um primeiro sinal de carimbo de tempo (TS); e
- um circuito (TM) para medir um intervalo de tempo (T1; T2; T3) entre a ocorrência do referido sinal de carimbo de tempo (TS) e a ocorrência de um ponto de referência (T+; R+; S+) na tensão da fase de cablagem (T; R; S) no referido local de relé (2) para obter uma relação de fase entre a referida fase de cablagem no local de referência (1) e a referida fase de cablagem (T) no referido local de relé (2).

23. O aparelho de acordo com a reivindicação 22, em que o referido circuito para transmitir a referida primeira relação de fase detectada em direcção ao referido local remoto compreende

- um circuito (MC, TR) para criar e transmitir uma mensagem de relé (S2; S3), que compreende a referida primeira informação da relação de fase (M1; M2).

24. O aparelho de acordo com a reivindicação 23, em que o referido circuito adaptado para comunicar com o referido local remoto na detecção de uma segunda relação de fase compreende

- um circuito (MC, TR) para criar e transmitir um sinal de carimbo de tempo de relé (S2, TS; S3, TS) quando ocorre um segundo ponto de referência (T+; R+)

na referida tensão da fase de cablagem (T) no local de relé.

25. O aparelho (2, 3) de acordo com qualquer uma das reivindicações de 22 a 24, compreendendo

- um circuito (TR) para receber uma informação sobre a relação de base (M1) ;
- o referido circuito para transmitir a referida primeira relação de fase detectada, que está adaptado para combinar a referida primeira relação de fase e a referida segunda relação de fase e transmitir a referida fase combinada em direcção ao referido local remoto.

26. O aparelho de acordo com a reivindicação 25, em que o referido circuito (MC) para criar uma mensagem de relé (S3) está adaptado para combinar a referida informação da relação de fase recebida (M1) e a referida informação da relação de fase (T2) indicativa de uma relação de fase entre o referido sinal de carimbo de tempo (TS) e a referida tensão da fase arbitrária (T), e para criar a referida mensagem de relé (S3), de modo a compreender a referida informação combinada da relação de fase.

27. Um aparelho (4) para detectar num local remoto a cablagem de fase de uma desconhecida tensão de fase arbitrária (R; S, T) relativamente a uma tensão de fase de referência (R) num sistema de distribuição de energia eléctrica com uma linha eléctrica monofásica ou polifásica (L), em que o aparelho se encontra no local remoto e compreende:

- um circuito (TR) para receber um sinal de carimbo de tempo (S3, TS);

- um circuito (TM) para medir um intervalo de tempo (T3) entre a ocorrência do referido sinal do carimbo de tempo (S3, TS) e a ocorrência de um ponto de referência (S+) na referida tensão desconhecida da fase de cablagem arbitrária (S) da referida linha eléctrica (2), para obter informação sobre a relação de fase indicativa de uma relação de fase entre o referido sinal de carimbo de tempo (S3, TS) e a referida tensão desconhecida de fase arbitrária (S);

caracterizado por

- um circuito para receber uma mensagem de relé (M2), compreendendo uma informação sobre a relação de fase indicativa de uma relação de fase entre a referida fase de referência (R) e o referido sinal de carimbo de tempo (S3, TS) ;
- um circuito para combinar a referida informação sobre a relação de fase indicativa de uma relação de fase entre o referido sinal de carimbo de tempo (S3, TS) e a referida tensão desconhecida de fase arbitrária (S) e a referida informação sobre a relação de fase recebida; e
- um circuito para determinar a cablagem de fase da referida tensão desconhecida da fase arbitrária (S) da referida informação combinada da relação de fase (M2, T3).

28. Um contador remoto para a contagem remota do consumo de serviços públicos como a electricidade, água ou gás num sistema de distribuição de serviço público, compreendendo um aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações de 21 a 27.

Lisboa, 9/06/2010

FIG. 1

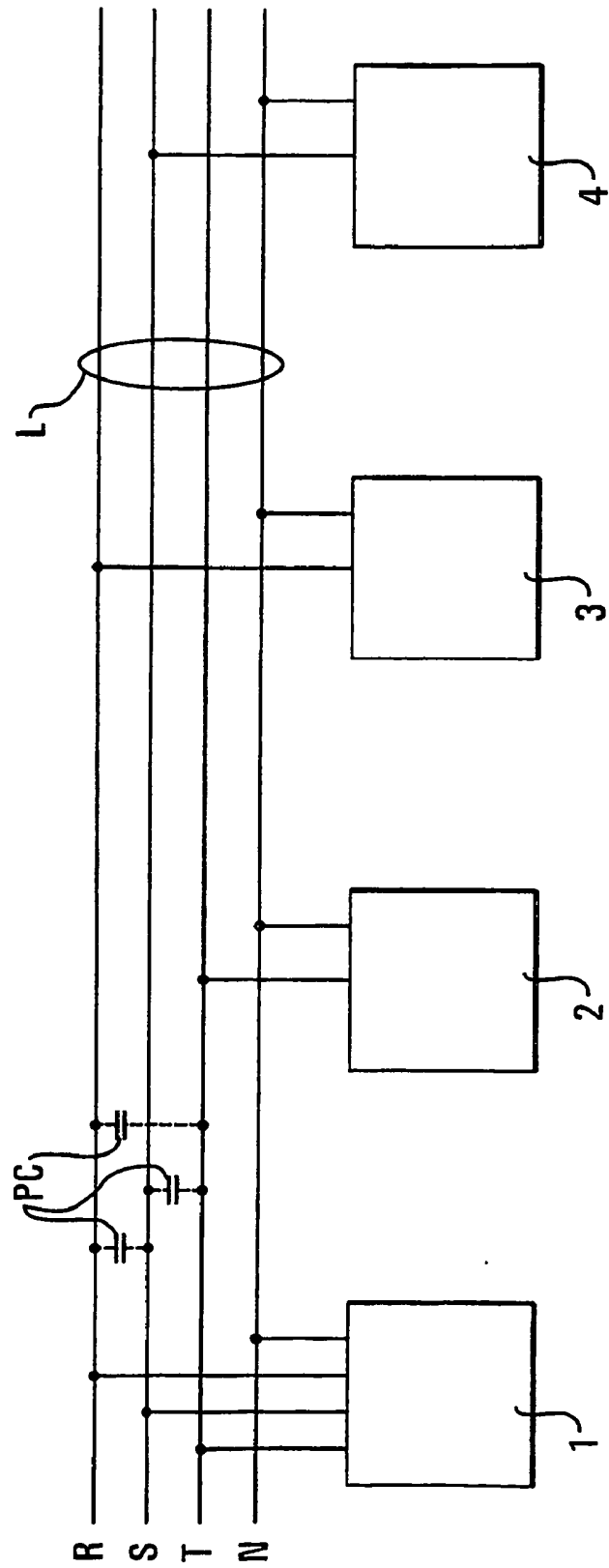


FIG. 2

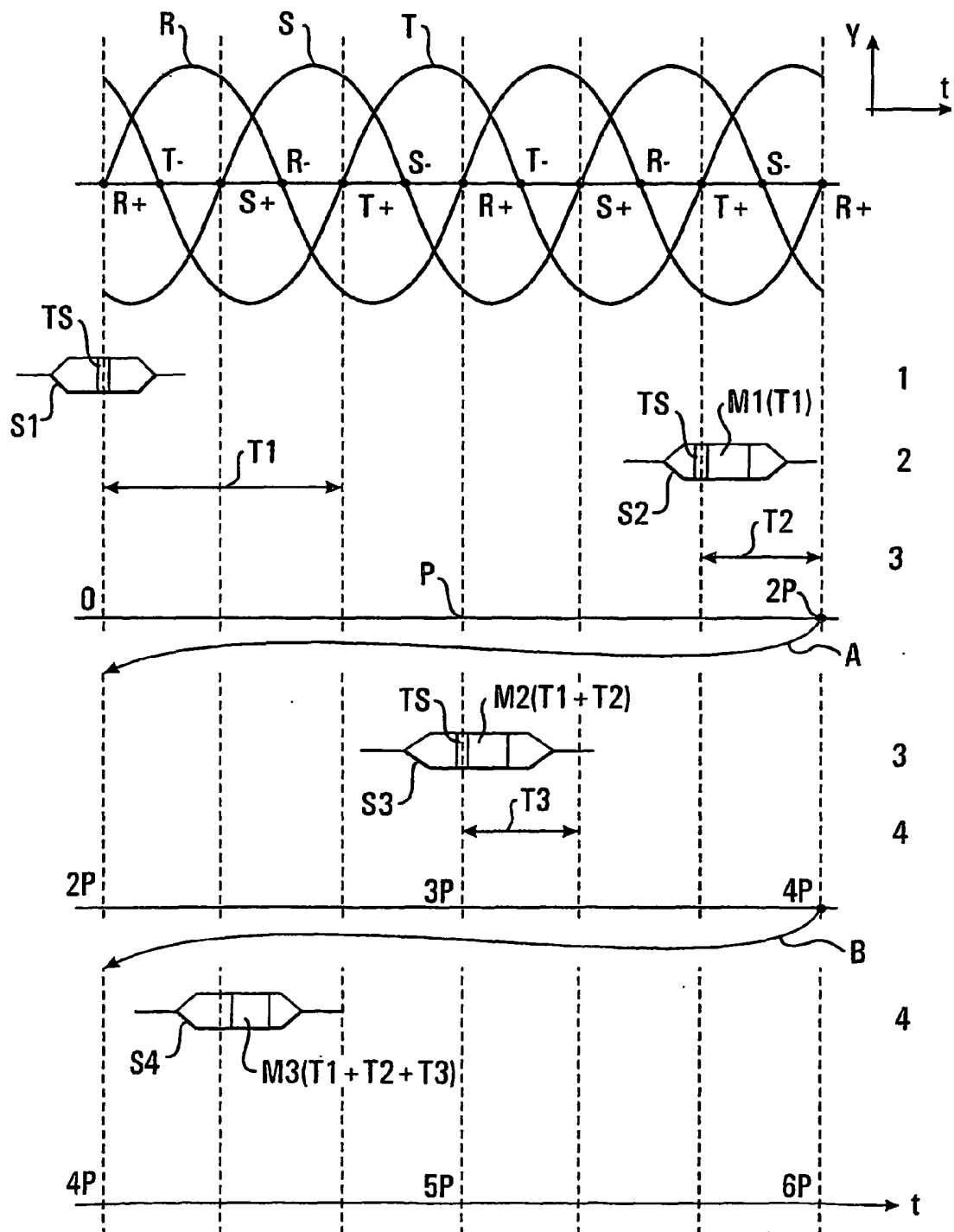


FIG. 3

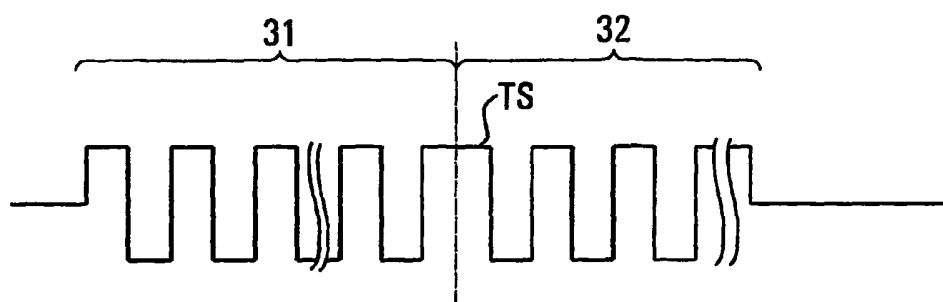


FIG. 4

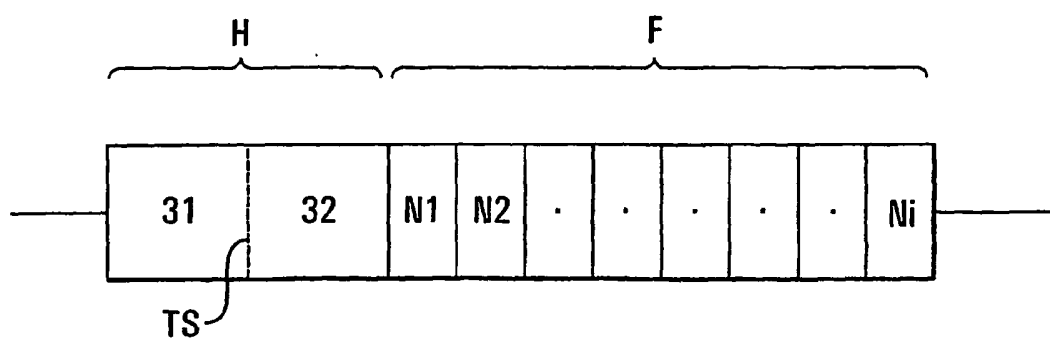


FIG. 5

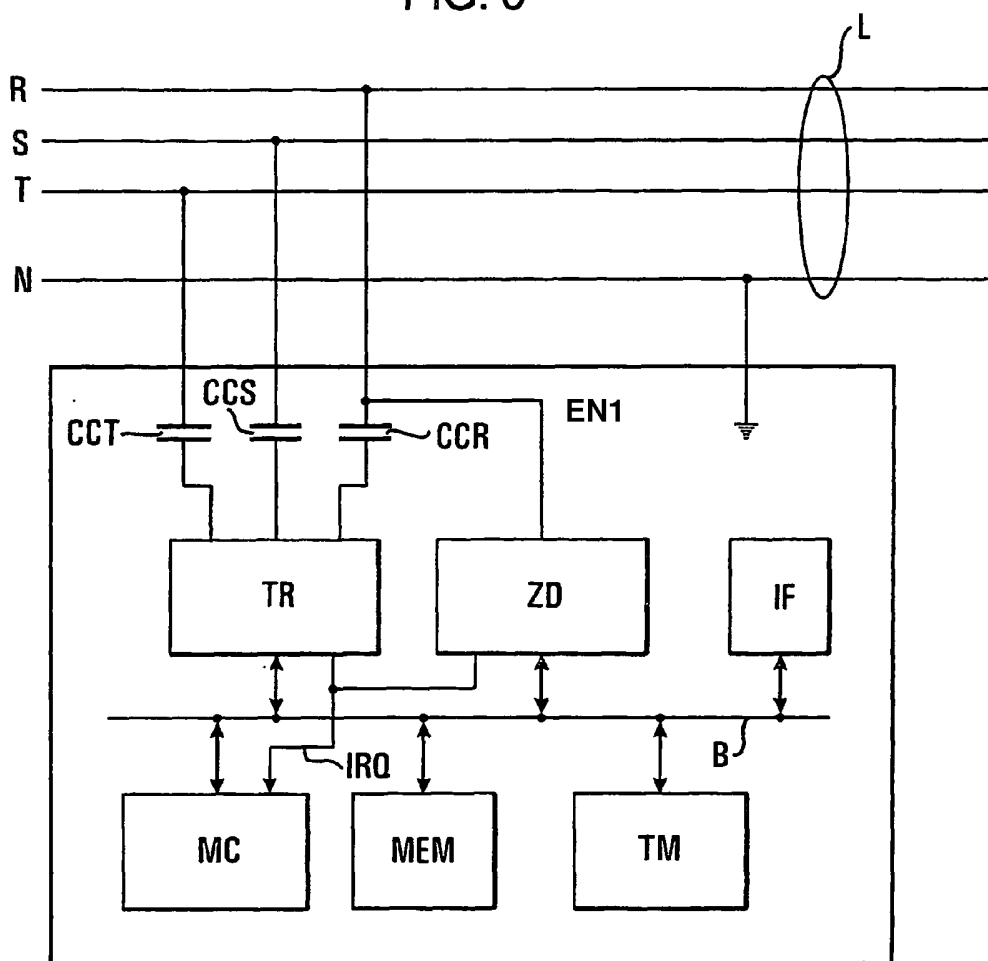


FIG. 6A

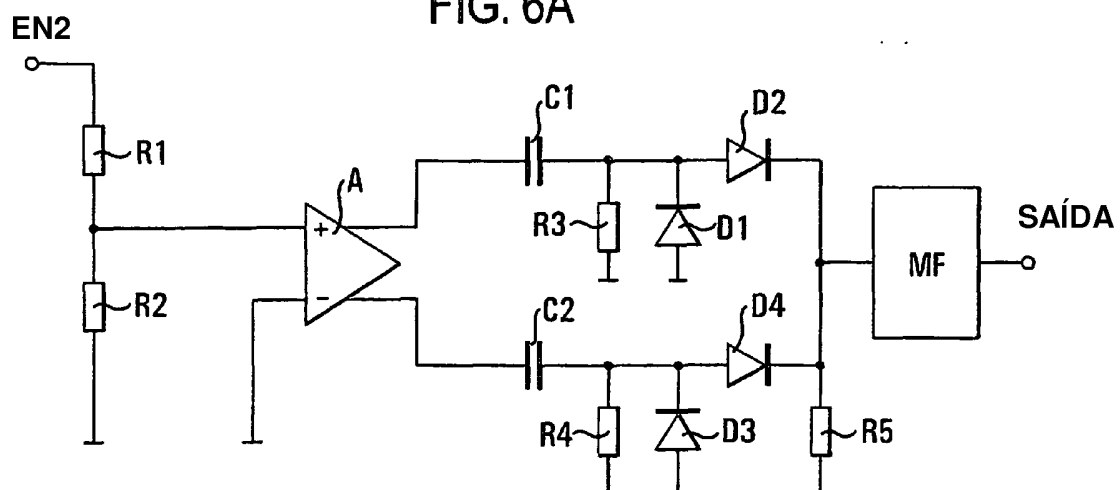


FIG. 6B

