

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. Juni 2002 (27.06.2002)

PCT

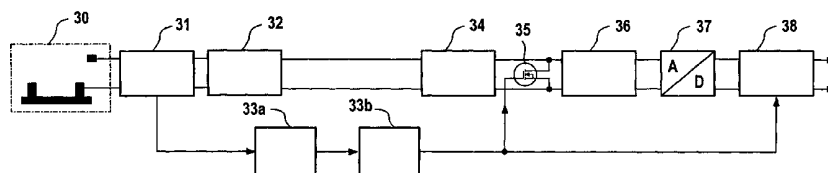
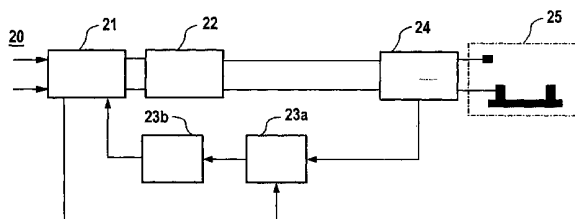
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/51089 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H04L 27/26 (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ELSNER, Norbert [DE/DE]; Kiefernweg 1, 91088 Bubenreuth (DE). GRIEPENTROG, Gerd [DE/DE]; An der Schafleite 11, 91468 Gutenstetten (DE). MAIER, Reinhard [DE/DE]; Anna-Herrmann-Str. 54, 91074 Herzogenaurach (DE). DOSTERT, Klaus [DE/DE]; Bergstr. 13, 67706 Krickenbach (DE). MATTHEE, Wilfried [DE/DE]; Schloenbachstr. 2, 38259 Salzgitter (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/04583
- (22) Internationales Anmeldedatum:
6. Dezember 2001 (06.12.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (30) Angaben zur Priorität:
100 63 675.6 20. Dezember 2000 (20.12.2000) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, NO, US.
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE). (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TRANSMITTING DATA ON AT LEAST ONE ELECTRICAL POWER SUPPLY LINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ÜBERTRAGUNG VON DATEN AUF WENIGSTENS EINER ELEKTRISCHEN ENERGIEVERSORGUNGSLIETUNG



(57) Abstract: The orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) method is well-known for transmitting data on electrical power supply lines. According to this method, the items of information to be transmitted are distributed among numerous carriers, and the composite signal of the modulated carrier signals is transmitted in the form of an OFDM block. Standard OFDM methods are, however, highly sensitive to strong periodic pulse jammers. According to the invention, the method is thus devised such that the OFDM blocks to be transmitted have a length of approximately 85 % of the interval between two periodic disturbing pulses. The carrier interval accordingly results from the reciprocal duration of the OFDM blocks. The transmitted OFDM blocks are synchronized with pulse-shaped periodic jammers in such a manner that one block at a time is located between two disturbing pulses. The pulse-shaped jammers can be gated at the receiver. To this end, the inventive device comprises an appropriately designed transmitter (20) and an associated receiver (30).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/51089 A2

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten CN, JP, NO, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Bei der Datenübertragung auf elektrischen Energieleitungen ist das OFDM-Verfahren bekannt, bei dem die zu übertragende Information auf zahlreiche Träger verteilt und das Summensignal der modulierten Trägersignale in Form eines OFDM-Blocks übertragen wird. Standard-OFDM-Verfahren sind jedoch in hohem Maße empfindlich gegen starke periodische Impulsstörer. Gemäß der Erfindung wird das Verfahren daher so ausgelegt, dass die zu übertragenden OFDM-Blöcke eine Länge von etwa 85 % des Abstandes zwischen zwei periodischen Störimpulsen aufweisen. Der Trägerabstand ergibt sich entsprechend aus der reziproken Dauer der OFDM-Blöcke. Die gesendeten OFDM-Blöcke werden so mit impulsförmigen periodischen Störern synchronisiert, dass jeweils ein Block zwischen zwei Störimpulsen liegt. Beim Empfänger können die impulsförmigen Störer ausgeblendet werden. Dazu weist die Vorrichtung einen entsprechend ausgelegten Sender (20) und zugehörigen Empfänger (30) auf.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Übertragung von Daten auf wenigstens einer elektrischen Energieversorgungsleitung

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Übertragung von Daten auf wenigstens einer elektrischen Energieversorgungsleitung, wobei periodisch impulsförmige Störsignale durch Kommutierungsvorgänge z.B. in Gleichrichtern mit dazwischen liegenden nahezu störungsfreien Zeitabschnitten, auftreten, unter Einsatz des OFDM-Verfahrens, bei dem die zu übertragende Information auf mehrere Träger verteilt und das Summensignal aller modulierten Träger in Form eines Blocks übertragen wird. Daneben bezieht sich die Erfindung auch auf die zugehörige Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Das Verfahren und die Vorrichtung sollen insbesondere, aber nicht ausschließlich, in Gleichspannungs-Bahnstromversorgungen anwendbar sein.

20 Die Übertragung von Daten auf elektrischen Energieleitungen ist bekannt. Speziell in der Verkehrstechnik ist eine derartige Datenübertragung von besonderem Nutzen, um z.B. eine Zugbeeinflussung oder Signalsteuerung zu realisieren.

25 Stand der Technik ist es, zur Datenübertragung auf elektrischen Energieleitungen breitbandige Übertragungsverfahren einzusetzen. Favorisiert wird hierbei i.a. das OFDM-Verfahren (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), welches die zu übertragende Information auf sehr viele zueinander orthogonale Träger verteilt und das Summensignal aller modulierten Träger in Form eines sogenannten OFDM-Blocks überträgt. Filter, die zum Zweck der Störunterdrückung eingesetzt werden, müssen demnach ein Bandpassverhalten aufweisen, wobei die Breite des Bandpasses wenigstens der notwendigen Bandbreite
35 des OFDM-Summensignals entspricht.

Speziell bei Gleichstromversorgungen treten i.a. aufgrund der Gleichspannungsgenerierung mit Gleichrichtern insbesondere periodische Störsignale auf, die nachfolgend kurz als „Störer“ oder allgemein als Störimpulse bezeichnet werden.

5

Die periodischen Störimpulse werden durch die Kommutierung des Stromes im Gleichrichter hervorgerufen. Die Stromrichterbauelemente oder Ventile, üblicherweise Dioden oder Thyristoren, in einem Gleichrichter führen den Gleichstrom abwechselnd. Bei Wechsel des Gleichstromes von einem Ventil auf ein
10 anderes Ventil entsteht durch Induktivitäten zwischen den Ventilen eine Spannungsspitze, die mit Spannungsanstiegen in der Größenordnung von etwa 400 kV/s verbunden ist. Da die Kommutierungszeitpunkte von der Frequenz des Wechselstromnetzes
15 bestimmt werden, treten die Störimpulse in einem bestimmten zeitlichen Raster, also periodisch, auf.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein geeignetes Datenübertragungsverfahren anzugeben, das insbesondere in Gleichspannungs-Energieversorgungen anwendbar ist, und eine zugehörige
20 Vorrichtung zu schaffen.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Maßnahmen gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Weiterbildungen sind in den abhängigen
25 Verfahrensansprüchen angegeben. Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist Gegenstand des Patentanspruches 9. Weiterbildungen der Vorrichtung sind in den abhängigen Sachansprüchen angegeben.

Bei der Erfindung wird das eingangs genannte Problem in einfacher Weise dadurch gelöst, indem das OFDM-Verfahren so ausgelegt wird, dass die zu übertragenden OFDM-Blöcke eine Länge von etwa 85 % des Abstandes zwischen zwei periodischen Störimpulsen aufweisen. Um die Orthogonalität der Träger zu gewährleisten,
35 muss die Frequenzdifferenz von zwei Trägern in einem ganzzahligen Verhältnis zur reziproken Länge des OFDM-Blockes stehen.

Beispielsweise müssten die OFDM-Blöcke in einer Gleichspannungs-Energieversorgung, die von einem 12-pulsigen Gleichrichter gespeist wird, eine Länge von $85 \% * 1,67 \text{ ms} = 1,4 \text{ ms}$ aufweisen. Hieraus folgt ein Trägerabstand von etwa 700 Hz, so dass z.B. in einer Bandbreite von 22 kHz 32 Frequenzen zur Verfügung stehen. Bei einer QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)-Modulation können somit je OFDM-Block 64 bit übertragen werden. Dabei wird die Lage der gesendeten OFDM-Blöcke so mit den impulsförmigen, periodischen Störern synchronisiert, dass ein OFDM-Block genau zwischen zwei Störimpulsen liegt und damit in einem nahezu störungsfreien Zeitabschnitt gesendet wird. Die impulsförmigen Störer am Empfänger werden durch eine geeignete Schaltung ausgeblendet, wobei das zwischen den Störern liegende OFDM-Signal jedoch ungehindert passieren kann.

Zweckmäßig ist es, den ersten OFDM-Block zur Synchronisation des Empfängers zu nutzen, indem dieser die sog. Präambel enthält. Nachfolgend werden dann optional sog. Trainingssequenzen mit definiertem Inhalt jeweils in einem OFDM-Block übertragen. Hieran schließen sich die die Nutzinformationen tragenden OFDM-Blöcke an.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die definierte Lage der Störimpulse zu einer Grobsynchronisation von OFDM-Sendern und OFDM-Empfängern genutzt.

Die Erfindung ist vorteilhaft in der Verkehrstechnik, insbesondere bei U-Bahnsystemen, Stadtbahnen oder Straßenbahnen, die mit Gleichspannung betrieben werden, einsetzbar. Grundsätzlich ist der Einsatz des Verfahrens aber nicht beschränkt auf Gleichspannungsnetze von Nahverkehrssystemen. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Reduzierung von Störungen bei der Datenübertragung auf Stromversorgungsnetzen lässt sich immer dann einsetzen, wenn ein Stromversorgungsnetz periodische

Störungen aufweist. Dies gilt generell für Gleichspannungsnetze und häufig auch für Wechselspannungsnetze.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung anhand der Zeichnung in Verbindung mit den Patentansprüchen. Es zeigen

Figur 1 in einer graphischen Darstellung den zeitlichen Verlauf einer Gleichspannung für ein U-Bahnsystem,
Figur 2 den Senderteil und
Figur 3 den Empfängerteil einer geeigneten Vorrichtung zur Datenübertragung bei Gleichspannungsverläufen gemäß Figur 1.

Auf Stromversorgungsleitungen von U-Bahnen sollen zusätzlich zur Energieversorgung Daten übertragen werden. Die auch als Powerline Communication (PLC) bezeichnete Technik moduliert hierbei die zu übertragenden Informationen auf geeignete Träger und überlagert die Modulationsprodukte der Versorgungsspannung des U-Bahnsystems.

U-Bahnen werden beispielsweise mit einer Nenn-Gleichspannung von 750 V betrieben. Allgemein üblich ist es, die Gleichspannung durch 12-pulsige Gleichrichter bereitzustellen, die wiederum von einem Stromrichtertrafo gespeist werden. Hierbei bestehen die 12-pulsigen Gleichrichter aus zwei 6-pulsigen Gleichrichtern, die wiederum von zwei, zueinander 30° elektrisch versetzten Wicklungen des Stromrichtertrafos gespeist werden. Der Stromrichtertrafo ist primärseitig mit der allgemeinen Energieversorgung mit einer Netzfrequenz von 50 Hz verbunden. Das beschriebene Verfahren ist ohne Einschränkung auch bei anderen Frequenzen wie z.B. 60 Hz einsetzbar.

Im allgemeinen enthält ein U-Bahnsystem mehrere Gleichrichter, die in Abständen von ca. 2 km entlang des Streckennetzes installiert sind. Sämtliche Gleichrichter speisen das U-Bahn-

System gemeinsam und sind über die Stromschiene des U-Bahn-Systems elektrisch miteinander verbunden.

Zur weiteren Verdeutlichung der Problemstellung zeigt Figur 1
5 beispielhaft einen gemessenen zeitlichen Verlauf der Bahn-Gleichspannung über einen Zeitraum von 20 ms. Das Spannungssignal ist mit 1 bezeichnet. Es ist ersichtlich, dass die Gleichspannung nicht konstant, sondern vielmehr Schwankungen von bis ca. 80 V unterworfen ist.

10

Insbesondere bei der Kommutierung der Ströme in den Gleichrichtern entstehen im Abstand von $20 \text{ ms}/12 = 1,67 \text{ ms}$ (bei 50 Hz - Versorgung) steilflankige Spannungssprünge mit Amplituden von typisch 50 V. Die hieraus resultierenden, breitbandigen Störungen reichen bis zu Frequenzen von einigen 100 kHz und liegen damit im Frequenzbereich von Powerline-Communication-Systemen.
15

Aus Figur 1 ergibt sich, dass die durch die steilflankigen Spannungssprünge der Bahnspannung hervorgerufenen Störungen durch Filter nur teilweise unterdrückt werden können, da immer ein Teil der spektralen Störenergie den Bandpass passieren kann. So werden selbst durch aufwendige Filterschaltungen die Spannungssprünge auf der Bahnspannung lediglich auf 10 %
20 reduziert und betragen damit typisch 5 V. Nach einem Filter sind somit immer noch netzsynchrone, periodische Impulsstörer beträchtlicher Amplitude vorhanden.
25

Das am Empfänger ankommende Nutzsignal eines PLC-Systems ist von den Übertragungseigenschaften der Strecke und der Entfernung des Senders abhängig und beträgt wegen begrenzter zulässiger Sendeleistung nur einige 10 mV bis höchstens etwa 1 V. Damit ist das impulsförmige Störsignal stets höher als das Nutzsignal, wodurch sich ein sehr schlechtes Signal-Rausch-Verhältnis (SNR = Signal-to-Noise Ratio) ergibt.
30
35

Einerseits muss nun der Empfänger auf die Höhe der Störsignale ausgelegt sein, weil eine Übersteuerung des Empfängers Verzerrungen und damit Verfälschungen der empfangenen Informationen hervorruft. Andererseits stellen die unterschiedlichen Pegel von Stör- und Nutzsignal hohe Anforderungen an die Dynamik des Empfängers. So ist allein zur Diskriminierung eines Nutzsignals von 10 mV gegenüber einem Störsignal von 5 V eine Auflösung von 9 Bit notwendig. Soll das Nutzsignal selbst noch mit einer Auflösung von 8 Bit empfangen werden, muss der Empfänger insgesamt eine Auflösung von 17 Bit aufweisen. Dies ist mit handelsüblichen Bauelementen bei der geforderten Geschwindigkeit nicht bzw. nur mit sehr hohem Aufwand möglich.

Des Weiteren wird durch die Störer der Einsatz einer in PLC-Systemen üblichen und auch notwendigen automatischen Verstärkungsregelung (Automatic Gain Control, kurz AGC) erheblich behindert bzw. unmöglich.

In Figur 2 ist ein Sender dargestellt, der aus einer OFDM-Verarbeitungseinheit 21 mit nachfolgendem Verstärker 22 besteht. Mit Hilfe eines Schwellwertschalters werden nach Abtrennung der Gleichspannung die Störimpulse erfasst und als rechteckförmiges Führungssignal einer Phasenregelschleife (PLL = Phase Locked Loop), die analog oder auch vorzugsweise digital aufgebaut werden kann, zugeführt. Aufgabe der Phasenregelschleife ist es, hochfrequenten Jitter zu unterdrücken, so dass die OFDM-Verarbeitungseinheit ein stabiles Synchronisationssignal im Zeitraster der Störimpulse erhält, um die Datenpakete genau zwischen die Impulse zu platzieren. Nach dem Einrasten des PLL auf die Impulsstörerfolge ist es vorteilhaft, den Schwellwertschalter während der Aussendung der Daten zu deaktivieren und nur zu den Zeiten, zu denen ein Störimpuls erwartet wird, ein passendes Zeitfenster zu öffnen, so dass der PLL nicht durch die eigenen Sendesignale, die unmittelbar am Senderausgang große Amplituden erreichen

können, beeinflusst wird, sondern nur auf das Störimpulsraster fixiert wird.

Es folgt eine Ankoppeleinheit 24 zur Ankopplung an ein Schienensystem 25 einer U-Bahn. Auch ein anderes Stromversorgungsnetz für verkehrstechnische Einrichtungen kann genutzt werden.

Im Sender 20 wird das Datensignal so partitioniert, dass ein einzelner Datenblock mit einem gewissen Sicherheitsabstand jeweils zwischen zwei Störimpulse passt. Somit wird das Datensignal stets in einem störungsfreien Zeitabschnitt ausgesandt, wobei die präzise zeitliche Korrelation zum Störimpulsraster mit der oben beschriebenen Kombination aus Schwellwertschalter 33a und nachfolgender Phasenregelschleife 33b hergestellt wird.

In Figur 3 ist ein Empfänger 30 aus einer Ankoppeleinheit 31 für das Schienensystem aus Figur 2 gebildet, dem ein Filter 32, eine Impedanz 34 und ein Kurzschließer 35 folgt.

Dem Kurzschließer 35 erfolgt eine Einheit zur automatischen Verstärkungsregelung (AGC = Automatic Gain Control) entsprechend dem Stand der Technik. Über einen A/D-Wandler 37 werden die Daten auf eine Verarbeitungseinheit 38 für OFDM-Signale gegeben.

Auch hier werden mit Hilfe eines Schwellwertschalters auf Netzseite die Störimpulse erfasst und als rechteckförmiges Führungssignal einer Phasenregelschleife (PLL) zwecks Jitterunterdrückung zugeführt.

Das stabile Synchronisationssignal aus der Phasenregelschleife im Zeitraster der Störimpulse wird nun zum einen dem Kurzschließer 35 und zum anderen der Verarbeitungseinheit 38 für OFDM-Signale zugeführt. Der Kurzschließer unterdrückt somit das Empfangssignal genau so lange wie ein Störimpuls dauert

und gibt den Empfängereingang frei, sobald der störungsfreie Zeitabschnitt zwischen den Störimpulsen beginnt. Durch das stabile Synchronisationssignal ist der Verarbeitungseinheit 38 für OFDM-Signale die genaue zeitliche Lage der zu verarbeitenden Datenpakete bekannt, so dass eine einwandfreie Datenrückgewinnung erfolgen kann.

Statt des Kurzschließers 35 in der Ausgangsleitung des Filters 32 mit vorgeschalteter Impedanz 34 kann auch ein Schalter im Parallelzweig verwendet werden. Die Impedanz 34 wird in diesem Fall nicht benötigt.

Nach der Entkopplung über die Impedanz 34 wird der Störimpuls z.B. dadurch von der OFDM-Verarbeitungseinheit ferngehalten, dass die Signalleitung über einen Anlogschalter, z.B. in Form eines Transistors, kurzgeschlossen wird. Wie erwähnt ist es auch möglich, einen elektronischen Schalter seriell anzubringen und während der Impulsstörung die nachgeordnete Signalverarbeitung vom Filterausgang zu trennen.

Das Signal wird dem Verstärker 36 mit automatischer Verstärkungsregelung (AGC) zugeführt, die es auf einen optimal für die A/D-Wandlung festgelegten Pegel verstärkt. In den nachfolgenden Verarbeitungseinheiten werden dann die partitionierten Signale zusammengefügt und dem Stand der Technik entsprechend dekodiert.

Wesentlich ist bei dem vorstehend beschriebenen Verfahren und der zugehörigen Vorrichtung, dass das an sich bekannte OFDM-Verfahren durch eine Aufteilung, d.h. eine sog. Partitionierung der Daten, modifiziert wird, und zwar so, dass eine Übertragung nur in nahezu störungsfreien Zeitabschnitten erfolgt.. Dazu erfolgt eine Synchronisation des Sendevorgangs mit dem periodischen Impulsstörer und es wird jeweils genau zwischen den Störimpulsen gesendet. Entsprechend erfolgt im Empfänger die Detektion und ein Ausblenden der Störimpulse.

Nach der OFDM-Signalverarbeitung ist eine Zusammensetzung der partitionierten Daten möglich.

Die Erfindung wurde vorstehend speziell für die Datenübertragung bei einer Gleichspannungsversorgung für U-Bahnen beschrieben. Auch bei anderen mit Gleichspannung betriebenen Netzen, beispielsweise bei Gleichspannungsnetzen zur Eigenversorgung von Schaltanlagen, ist die Erfindung einsetzbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von Daten auf wenigstens einer elektrischen Energieversorgungsleitung, wobei periodisch impulsförmige Störsignale mit dazwischen liegenden nahezu störungsfreien Zeitabschnitten auftreten, unter Einsatz des OFDM-Verfahrens (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), wobei die zu übertragende Information auf mehrere Träger verteilt und das Summensignal aller modulierten Träger in Form eines OFDM-Blocks übertragen wird, mit folgenden Merkmalen:
- das OFDM-Verfahren wird so ausgelegt, dass die zu übertragenden OFDM-Blöcke den Großteil der Periodendauer der impulsförmigen Störsignale ausfüllen und
 - zwischen zwei aufeinander folgenden OFDM-Blöcken eine Pause von etwa der Dauer eines Störimpulses eingehalten wird,
 - die Lage der gesendeten OFDM-Blöcke wird so mit den impulsförmigen, periodischen Störimpulsen synchronisiert,
 - dass ein OFDM-Block zwischen zwei periodischen Störimpulsen liegt, und
 - die impulsförmigen Störsignale am Empfänger durch eine geeignete Schaltung ausgeblendet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die OFDM-Blöcke eine Länge von etwa 85 % der Periodendauer der impulsförmigen Störsignale ausfüllen und zwischen zwei aufeinander folgenden OFDM-Blöcken eine Pause von ca. 15 % der Periodendauer der Störsignale einhalten.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Synchronisation zwischen den periodisch wiederkehrenden Störimpulsen und den Sendern und Empfängern über Schwellwertschalter zur Impulsdetektion vorgenommen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Sender nach dem Einrasten der

Phasenregelschleife auf die Impulsstörerfolge der Schwellwertschalter während der Aussendung der Daten deaktiviert wird und nur zu den Zeiten, zu denen ein Störimpuls erwartet wird, ein passendes Zeitfenster geöffnet wird.

5

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Unterdrückung von Jitter bei der Synchronisation eine analoge oder digitale Phasenregelschleife eingesetzt wird.

10

6. Verfahren nach Anspruch 1 und Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das OFDM-Signal die Schaltung zum Ausblenden von Störimpulsen ungehindert passieren kann.

15

7. Verfahren nach Anspruch 1 und Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Ankoppeleinheit und Empfänger eine Impedanz angebracht wird, und die Störer durch Kurzschließen der Empfangsleitung hinter der Impedanz ausgeblendet werden.

20

8. Verfahren nach Anspruch 1 und Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Störimpulse durch Trennen der Ankoppeleinheit vom Empfänger ausgeblendet werden.

25

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die periodisch wiederkehrenden Störimpulse zu einer Grobsynchronisation von OFDM-Sendern und OFDM-Empfängern genutzt werden.

30

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste OFDM-Block zur Feinsynchronisation des Empfängers genutzt wird, und dass im Anschluss an die Feinsynchronisation Trainingssequenzen übertragen werden und dass sich daran die die Nutzinformation tragenden OFDM-Blöcke anschließen.

35

11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 10, mit einem Sender und mit einem Empfänger, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -
5 n e t , dass der Sender (20) und der Empfänger (30) Verarbeitungseinheiten (21, 38) für das OFDM-Signal mit zugehörigen Ankoppeleinheiten (24, 31) aufweisen, wobei Mittel (23, 33) zur Synchronisation der Sendesignale mit den periodischen Störimpulsen vorhanden sind.

10

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass die Mittel zur Synchronisation Schwellwertschalter (23a, 33a) mit nachgeschalteter Phasenregelschleife (23b, 33b) im Sender (20) und im Empfänger
15 (30) sind, wobei der Schwellwertschalter im Sender nach Einrasten der Phasenregelschleife nur noch in den Zeitabschnitten, in denen ein Störimpuls erwartet wird, aktiv ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, d a d u r c h g e -
20 k e n n z e i c h n e t , dass im Sender (20) der Verarbeitungseinheit (21) für das OFDM-Signal ein Verstärker (22) nachgeschaltet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 11, d a d u r c h g e -
25 k e n n z e i c h n e t , dass der Empfänger (30) eine Verarbeitungseinheit (38) für das OFDM-Signal und eine Ankoppeleinheit (31) aufweist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, d a d u r c h g e -
30 k e n n z e i c h n e t , dass der Ankoppeleinheit (31) ein Filter (32), eine Impedanz (34) und ein Kurzschließer (35) nachgeschaltet sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, d a d u r c h g e -
35 k e n n z e i c h n e t , dass der Ankoppeleinheit (31) ein Filter (32) und ein Schalter im Längszweig ohne Impedanz nachgeschaltet sind.

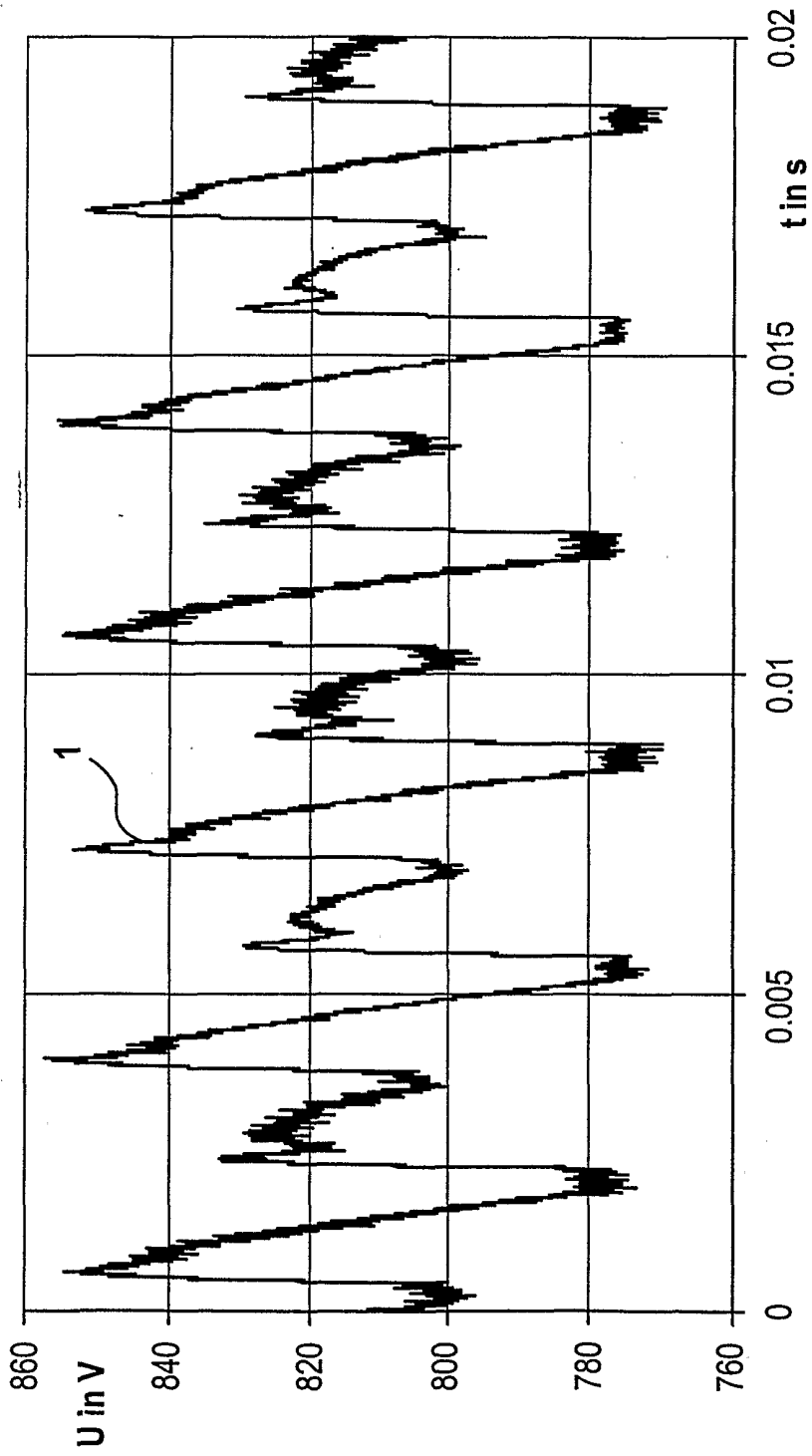


FIG 1

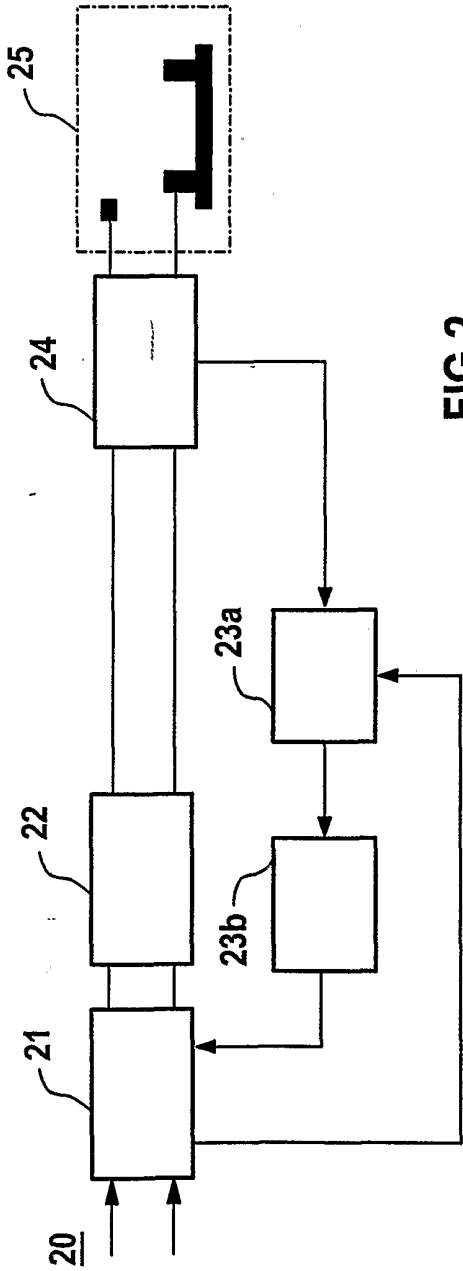


FIG 2

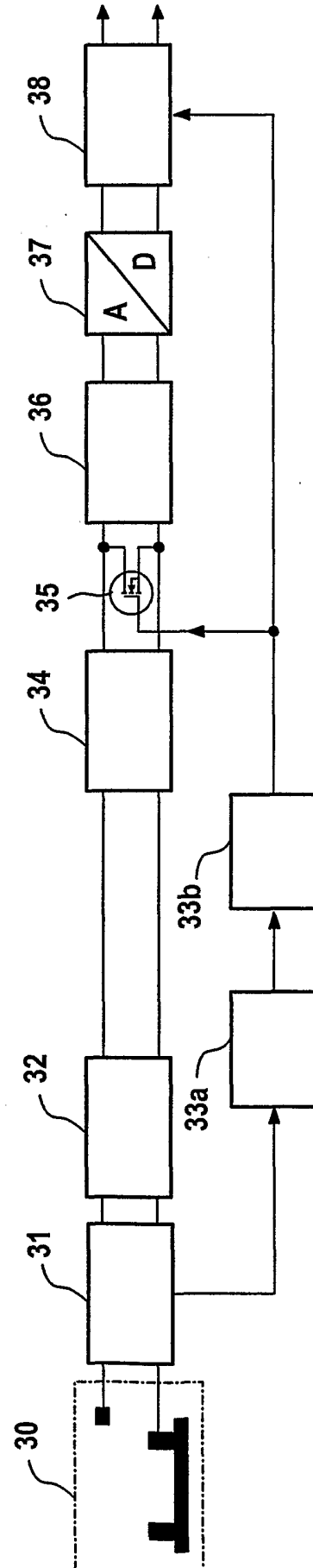


FIG 3