(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 300 909 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
22.02.2006 Patentblatt 2006/08

(51) Int Cl.:
H01Q 3/26 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **01123993.6**

(22) Anmeldetag: **08.10.2001**

(54) **Anordnung zum Phasenabgleich von Zuleitungskabeln einer Antennenanordnung mit Hilfe eines Sendepilottons**

Device for phase balancing of the feed lines of an antenna system with transmission of a pilot tone

Appareil pour l'asservissement de phase des lignes d'alimentation d'un système d'antenne avec transmission d'une tonalité pilote

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.04.2003 Patentblatt 2003/15

(73) Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Schumacher, Friedrich, Dr.**
81373 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-99/63619
US-A- 4 532 518

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 300 909 B1

Beschreibung

[0001] Anordnung zum Phasenabgleich von Zuleitungskabeln einer Antennenanordnung mit Hilfe eines Sendepilottons.

[0002] Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Phasenabgleich von N zur Ansteuerung einer Antennenanordnung dienenden Zuleitungskabeln mit Hilfe eines Sendepilottons.

[0003] Bei Funkkommunikationssystemen werden Antennenanordnungen mit Einzelantennen verwendet, die über Zuleitungskabel angesteuert werden. Diese Zuleitungskabel beeinflussen durch vorhandene mechanischen Längenunterschiede bzw. durch Phasenunterschiede untereinander das Strahlungsdiagramm der Antennenanordnung, weshalb diese Phasenunterschiede systembedingt vorgegebene Maximalwerte nicht überschreiten dürfen.

[0004] Bei einer aus N Einzelantennen bestehenden Phased-Array-Antennenanordnung, die bei sogenannten "Switched-Beam"-Funkkommunikationssystemen zur Anwendung kommt, ist zur Ansteuerung der N Einzelantennen beispielsweise eine NxN Butler-Matrix vorgeschaltet. Zwischen der Butler-Matrix und einer Sendeeinrichtung sind insgesamt N Zuleitungskabel angeordnet, die beispielsweise für bestimmte Anwendungsfälle im wesentlichen gleichlang sein sollen. Als typischer Wert wird hier beispielsweise ein maximal zulässiger Phasenunterschied von $\pm 5°$ der einzelnen Zuleitungskabel untereinander gefordert.

[0005] Ein Abgleich der Längen der Zuleitungskabel erfolgt dabei üblicherweise vor Inbetriebnahme einer Antennenanordnung derart, dass zuerst mit Hilfe eines Network-Analysers ein auf ein als Referenzkabel dienendes Zuleitungskabel bezogener Phasenunterschied zwischen den einzelnen Zuleitungskabeln bestimmt wird und anschließend ein Phasenabgleich auf eine einheitliche Phase durch entsprechendes Kürzen der einzelnen Zuleitungskabel erfolgt. Vorteilhafterweise ist auf einer Grundlänge ein Teil des Zuleitungskabels als sogenanntes "Jumperkabel" ausgebildet, dessen Grundlänge bevorzugt zum Phasenabgleich verwendet wird.

[0006] Der Phasenabgleich der Zuleitungskabel erfolgt vor Ort, da sich die elektrischen Längen der Zuleitungskabel während der Standort-Montage durch Biegungen der Zuleitungskabel verändert. Nach erfolgter Inbetriebnahme des Funkkommunikationssystems bzw. deren Antennenanordnungen ist eine Überprüfung des Phasenabgleichs bzw. des Phasenunterschieds im einzelnen nicht mehr vorgesehen bzw. während des Betriebs der Antennenanordnung nicht durchführbar.

[0007] Der zur Bestimmung des Phasenunterschieds von beispielsweise einem Montageteam verwendete Network-Analyser ist üblicherweise als relativ teures Laborgerät ausgebildet und ist durch sein Gewicht, seine mechanische Abmessungen sowie durch seine Empfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen nur begrenzt für Inbetriebnahmen vor Ort geeignet.

[0008] Das Dokument WO-A-9963619 offenbart eine Anordnung zur Kalibrierung eines Phased-Array-Systems, in der ein Sendepilotton der am Eingang des Speisenetzwerkes eingekoppelt ist, über eine der Antennenanordnung vorgeschalteten Auskoppeleinrichtung wieder auskoppelbar ist.

[0009] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei einer Antennenanordnung einen einfacheren Phasenabgleich von Zuleitungskabeln ohne aufwändige Messmittel und ohne Einschränkungen bezüglich Messzeitpunkt, Messdauer und Betriebszustand der Antennenanordnung zu ermöglichen.

[0010] Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Erfindungsgemäß wird ein Sendepilotton zeitlich versetzt, also nacheinander, in jedes einzelne Zuleitungskabel eingekoppelt und nach dem jeweiligen Durchlaufen des entsprechenden Zuleitungskabels wieder als Empfangspilotton ausgekoppelt. Durch den erfindungsgemäßen Vergleich des Sende- und des Empfangspilottons werden zwischen den Zuleitungskabeln Phasenunterschiede ermittelt und diese mit Hilfe einer den Zuleitungskabeln vorgeschalteten Abgleicheinrichtung entsprechend korrigiert.

[0012] Die erfindungsgemäße Anordnung ermöglicht den Phasenabgleich sowohl vor der Inbetriebnahme als auch während des Betriebs der Antennenanordnung und wird vorteilhafterweise mit Hilfe einer von außen durch ein Serviceteam zu bedienenden Abgleicheinrichtung durchgeführt.

In der Abgleicheinrichtung ist dabei für jedes einzelne der insgesamt N Zuleitungskabel jeweils ein Phasenstellglied für den Phasenabgleich vorgesehen. In einer vorteilhaften Weiterbildung sind diese N Phasenstellglieder als extern zu bedienende Differential-Drehkondensatoren ausgeführt, wodurch auf eine aufwändige elektrische Ansteuerung der Phasenstellglieder verzichtet werden kann.

[0013] Vorteilhafterweise erfolgt werksseitig bereits ein Grobabgleich der Zuleitungskabel in der Länge und eine beidseitige wasserfeste Steckermontage, während vor Ort nur noch ein Feinabgleich im Phasenunterschied mit Hilfe der Phasenstellglieder vorgenommen wird. Das bereits beschriebene Problem eindringender Feuchtigkeit wird vermieden und Kosten und Arbeitszeit eingespart.

[0014] Die Ermittlung der Phasenunterschiede erfolgt über eine serielle Schnittstelle mit Hilfe eines handelsüblichen Laptop's, der die Funktion eines "Local-Maintenance-Terminals (LMT)" übernimmt.

[0015] Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Anordnung werden die Phasenunterschiede der Zuleitungskabel vorteilhafterweise bei verschiedenen Frequenzen bestimmt, wodurch eine Erhöhung der Genauigkeit des Phasenabgleichs erreicht wird.

Erfindungsgemäß erfüllt dabei der in die einzelnen Zuleitungskabel eingekoppelte Sendepilotton die in den ET-

SI-Spezifikationen festgelegten Kriterien einer sogenannten "Spurios Emission" einer Trägerfrequenz, da der Sendepilotton ja ebenfalls zur Abstrahlung an die Antennenanordnung gelangt.

[0016] Erfindungsgemäß werden vorteilhafterweise für den Sendepilotton Trägerfrequenzen verwendet, die sich knapp unterhalb einer systembedingt vorgegebenen unteren Frequenzbandgrenze bzw. knapp oberhalb einer oberen Frequenzbandgrenze befinden. Dies bietet den Vorteil, dass sich in der Nähe dieser Trägerfrequenzen keine für Übertragungen benutzte Trägerfrequenzen sondern höchstens Intermodulationsprodukte befinden. Zusätzlich sperren in diesem Frequenzbereich als Empfangs- bzw. Sendebandpass verwendete Duplexfilter noch nicht.

[0017] Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

FIG 1 eine erfindungsgemäße Anordnung zur Bestimmung und Abgleich eines Phasenunterschieds von Zuleitungskabeln einer Antennenanordnung, und

FIG 2 ein Schaltbeispiel zur Realisierung einer in FIG 1 verwendeten, erfindungsgemäßen Pilottoneinrichtung.

[0018] FIG 1 zeigt eine erfindungsgemäße Anordnung zur Bestimmung und zum Abgleich eines Phasenunterschieds von N=4 Zuleitungskabeln L1, L2, L3, L4, die zur Ansteuerung einer Antennenanordnung ANT dienen. Die Zuleitungskabel L1 bis L4 sind einerseits mit einer Auskoppeleinrichtung AKE verbunden, die der Antenennanordnung ANT vorgeschaltet ist, und andererseits über eine Abgleicheinrichtung AGE und eine Einkoppeleinrichtung EKE mit einer Sendeeinrichtung SE verbunden.

[0019] Ein Sendepilotton SP gelangt an die Einkoppeleinrichtung EKE und mit deren Hilfe über die Abgleicheinrichtung AGE zeitlich versetzt in jedes einzelne der Zuleitungskabel L1 bis L4. Mit Hilfe der Auskoppeleinrichtung AKE wird er als jeweiliger Empfangspilotton EP aus dem entsprechenden Zuleitungskabel L1, L2, L3, L4 wieder ausgekoppelt. Anschließend werden relative Phasenunterschiede zwischen den Zuleitungskabeln L1 bis L4 ermittelt, die mit Hilfe der Abgleicheinrichtung AGE entsprechend systembedingter Vorgaben korrigiert werden.

[0020] Zum Abgleich des Phasenunterschieds weist die Abgleicheinrichtung AGE für jedes einzelne der Zuleitungskabel L1 bis L4 je ein steuerbares Phasenstellglied PSG1, PSG2, PSG3, PSG4 auf, das jeweils als extern zu bedienender Differential-Drehkondensator ausgeführt ist.

[0021] Die Einkoppeleinrichtung EKE weist einen Schalter S mit einem Eingang zur Aufnahme des Sendepilottons SP und erste bis N-te, jeweils dem ersten bis N-ten Zuleitungskabel L1 bis L4 zugeordnete Ausgänge auf. Jedem der N Ausgänge des Schalters S ist jeweils ein Koppler K11, K12, K13, K14 derart nachgeschaltet, dass der Sendepilotton SP durch den Schalter S zeitlich versetzt nacheinander in jeweils eines der Zuleitungskabel L1 bis L4 eingekoppelt wird.

[0022] Die Auskoppeleinrichtung AKE weist zum Auskoppeln des Empfangspilottons EP aus dem jeweiligen Zuleitungskabel L1 bis L4 erste bis N-te, jeweils dem ersten bis N-ten Zuleitungskabel L1 bis L4 zugeordnete Koppler K21, K22, K23, K24 und einen Combiner CB auf, über den der jeweils ausgekoppelte Empfangspilotton EP über einen Pilottoneingang PTI an eine Pilottoneinrichtung PTE zur signaltechnischen Weiterverarbeitung gelangt.

[0023] Mit Hilfe der Pilottoneinrichtung PTE wird der Sendepilotton SP erzeugt. Dieser gelangt über einen Pilottonausgang PTO an die Einkoppeleinrichtung EKE.

[0024] Beispielhaft sei hier ein Einkoppeln des Sendepilottons SP über den Schalter S und den Koppler K11 in das Zuleitungskabel L1 gezeigt. Mit Hilfe des Kopplers K21 wird er als Empfangspilotton EP wieder ausgekoppelt und gelangt über den Combiner CB an die Pilottoneinrichtung PTE.

[0025] Die Pilottoneinrichtung PTE ist über n Datenausgänge mit einer ihr nachgeschalteten Kontrolleinrichtung CTL verbunden, der beispielsweise ein Laptop DV als LMT-Terminal über m Leitungen nachgeschaltet ist. Mit Hilfe des Laptop DV werden die Phasenunterschiede zwischen den Zuleitungskabeln L1 bis L4 ermittelt.

[0026] In diesem Beispiel ist die Antennenanordnung ANT als Phased-Array-Antennenanordnung mit vier Einzelantennen A1, A2, A3, A4 ausgeführt, die über eine der Antennenanordnung ANT vorgeschaltete Butler-Matrix BM angesteuert werden. Die Sendeeinrichtung SE beinhaltet einen Combiner COMB mit vier Ausgängen für eine Einspeisung von Signalen in die vier Zuleitungskabel L1 bis L4 und vier Eingänge für eine Aufnahme von Eingangssignalen PA1, PA2, PA3, PA4.

[0027] FIG 2 zeigt ein Schaltbeispiel zur Realisierung der in FIG 1 geschilderten Pilottoneinrichtung PTE. Die Pilottoneinrichtung PTE weist eine mit dem Pilottoneingang PTI verbundene Empfangsschaltung ES, eine mit dem Pilottonausgang PTO verbundene Sendeschaltung SS, eine erste und eine zweite Signalaufbereitungsschaltung SAS1 bzw. SAS2 und eine Demodulationseinrichtung DEM auf.

[0028] Die Demodulationseinrichtung DEM ist über die Signalaufbereitungsschaltung SAS1 mit der Empfangsschaltung ES und über die Signalaufbereitungsschaltung SAS2 mit der Sendeschaltung SS verbunden. Ein mit einem Clock-Signal CLK1 getakteter Synthesizer SYN dient zur Einspeisung eines Synthesizersignals in die Empfangsschaltung ES und in die Sendeschaltung SS. Ein mit dem Clock-Signal CLK1 getakteter Pseudo-Noise-Generator PNG dient zur Einspeisung eines Pseudo-Noise-Signals in die zweite Signalaufbereitungsschaltung SAS2 und in die Demodulationseinrichtung DEM.

[0029] Die Empfangsschaltung ES weist einen Emp-

fangsmischer ESM auf, dem eingangsseitig einerseits über einen Empfangsbandpass ESBP der Empfangspilotton EP und andererseits das Synthesizersignal des Synthesizers SYN zugeführt ist und dessen Ausgang mit der ersten Signalaufbereitungsschaltung SAS1 verbunden ist.

[0030] Um eine synchrone Detektion des Empfangspilottons EP zu ermöglichen, wird für die Bildung des Sendepilottons SP und für die Analyse des Empfangspilottons EP der gleiche Synthesizer SYN verwendet.

[0031] Die erste Signalaufbereitungsschaltung SAS1 weist eine Serienschaltung aus einem ersten Verstärker V1, einem ersten Bandpass BP1, einem zweiten Verstärker V2, einem Begrenzer BG und einem zweiten Bandpass BP2 auf. Ein von der ersten Signalaufbereitungsschaltung SAS1 gebildetes Ausgangssignal liegt als erstes Eingangssignal am Demodulator DEM an.

[0032] Die zweite Signalaufbereitungsschaltung SAS2 weist eine Serienschaltung aus einem Mischer MI, einem Oszillator OSZ, einem Verdoppler VD und einem Bandpass BP auf. Ein vom Mischer MI aus einem Signal des Oszillators OSZ und dem vom Pseudo-Noise-Generator PNG geliefertem Pseudo-Noise-Signal gebildetes erstes Ausgangssignal liegt an der Sendeschaltung SS an.

[0033] Ein vom Verdoppler VD aus dem Signal des Oszillators OSZ gebildetes Signal liegt nach Durchlaufen des Bandpasses BP als zweites Eingangssignal an der Demodulationseinrichtung DEM an.

[0034] Die Sendeschaltung SS weist einen Sendemischer SSM auf, dem eingangsseitig das erste Ausgangssignal des Mischers MI der zweiten Signalaufbereitungsschaltung SAS2 und das Synthesizersignal zugeführt sind und dessen Ausgang mit einem Sendebandpass SSBP verbunden ist. Dessen Ausgangssignal bildet den Sendepilotton SP.

[0035] Die Demodulationseinrichtung DEM weist einen I/Q-Demodulator I/Q-DEM mit zwei Ausgängen I bzw. Q auf, die über je einen Kondensator C1 bzw. C2 an je einen Ausgangszweig AZ1 bzw. AZ2 angekoppelt sind, für eine weitere Verarbeitung eines vom I/Q-Demodulator gelieferten I-Signals IS bzw. Q-Signals IQ. Als Eingangssignale sind dem I/Q-Demodualtor I/Q-DEM das erste und das zweite Eingangssignal der Demodulationseinrichtung DEM zugeführt.

[0036] Der erste und der zweite Ausgangszweig AZ1 bzw. AZ2 der Demodulationseinrichtung DEM weist jeweils einen Invertierer INV, einen Umschalter US, einen Tiefpass TP und einen Analog-Digital-Wandler ADC auf, wobei über den Umschalter US in Abhängigkeit des ihn steuernden Pseudo-Noise-Signals das I-Signal IS bzw. das Q-Signal QS entweder über den Invertierer INV oder direkt an den Tiefpass TP gelangt. Ein vom jeweiligen Tiefpass TP an den entsprechenden Analog-Digital-Wandler ADC geleitetes Signal gelangt als digitales Datensignal an insgesamt n Datenausgänge der Pilottoneinrichtung PTE.

[0037] Zur Dimensionierung bei einem GSM 900 Funkkommunikationssystem werden beispielhaft nachfolgende Dimensionierungen vorgenommen.

Der Empfangsbandpass ESBP und der Sendebandpass SSBP weisen einen Durchlassbereich von 935 bis 960 MHz auf.

[0038] Die Bandpässe BP1 und BP2 der ersten Signalaufbereitungsschaltung SAS1 weisen eine Bandbreite von 1,6 MHz auf. Der Bandpass BP der zweiten Signalaufbereitungsschaltung SAS2 weist eine Durchlassfrequenz von 221 MHz auf.

Die Tiefpässe TP der beiden Ausgangszweige AZ1 bzw. AZ2 der Demodulationseinrichtung DEM weisen eine Grenzfrequenz von 30 Hz auf.

Der Synthesizer SYN liefert Synthesizersignale mit einer Frequenz von 824 MHz bzw. 850 MHz, die Clockfrequenz CLK1 des Synthesizers SYN und des Pseudo-Noise-Generators PNG weist eine Frequenz von 1 MHz auf, während das Signal des Oszillators OSZ eine Frequenz von 110,6 MHz aufweist.

[0039] Das Ausgangssignal des Empfangsmischers ESM weist vorteilhafterweise eine Frequenz von 110,6 MHz auf, da es in diesem Frequenzbereich geeignete SAW-Filter gibt. Das dort aufbereitete Signal kann durch den Begrenzer BG begrenzt werden, da es nachfolgend nur für eine Phasenmessung benötigt wird und es mittels des Oszillators OSZ bei 110,6 MHz synchron demoduliert wird.

Der hierfür vorgesehene I/Q-Demodulator I/Q-DEM zur Erzeugung des I-Signals IS bzw. des Q-Signals IQ als 90° Vektoren, teilt die Frequenz der ihm zugeführten Signale, weshalb dem Oszillator OSZ ein Verdoppler VD entsprechend nachgeschaltet ist.

[0040] Wegen der für die Auswertung des Phasenunterschieds erforderlichen Synchronisation, wird der Sendepilotton SP aus dem Synthesizersignal und einem Zwischenfrequenz-Oszillatorsignal zusammengesetzt.

[0041] Der Sendepilotton SP bzw. der Empfangspilotton EP wird mit dem Pseudo-Noise-Signal phasenmoduliert bzw. demoduliert. Dies bewirkt eine Spreizung auf ca. 1MHz. Bei der synchronen Demodulation mit Hilfe des I/Q-Demodualtors I/Q-DEM entsteht als Modulationssignal das 1-Signal bzw. das Q-Signal im Basisband. Diese beiden Signale werden jeweils kapazitiv gekoppelt, um einen durch den I/Q-Demodulator bedingten Offset zu eliminieren. Anschließend werden beide Ausgangssignale des I/Q-Demodulators I/Q-DEM mit dem Pseudo-Noise-Signal über den Umschalter US rückgetastet, wobei eine nahezu offsetfreie Gleichspannung entsteht. Gleichzeitig werden eventuell vorhandene Störsignale in ihrer Frequenz "breitgetastet" und diese mit dem einfachen Tiefpass TP des jeweiligen Ausgangszweiges AZ1 bzw. AZ2 wirkungsvoll weggefiltert. Eine derart erzeugte Gleichspannung wird anschließend mit Hilfe des jeweiligen Analog-Digital-Wandlers ADC der beiden Ausgangszweige AZ1 bzw. AZ2 in digitale Datensignale umgewandelt, die an die n Datenausgänge der Pilottoneinrichtung PTE gelangen.

[0042] Bei einem vorteilhaft verwendeten 2:1 Combi-

ner CB bei der Auskoppeleinrichtung AKE errechnet sich als maximale Leistung am Eingang der Antennenanordnung ANT ein Pegel von +42dBm. Bei einem erlaubten Intermodulationsabstand von 70 dB ergibt sich somit ein Intermodulationspegel von -28dBm.
Ein erlaubter Pegel einer Störausstrahlung (Spurious Emission) liegt maximal bei -36dBm. Berücksichtigt man noch 6dB als Reserve, so ergibt sich ein realisierbarer Störabstand des Sende- bzw. Empfangspilottons von ca. -14dB.

Patentansprüche

1. Anordnung zum Phasenabgleich von N zur Ansteuerung einer Antennenanordnung (ANT) dienenden Zuleitungskabeln (L1,L2,L3,L4) mit Hilfe eines Sendepilottons (SP),

   - bei der die N Zuleitungskabel (L1,L2,L3,L4) einerseits mit einer der Antennenanordnung (ANT) vorgeschalteten Auskoppeleinrichtung (AKE) und andererseits über eine Abgleicheinrichtung (AGE) und eine Einkoppeleinrichtung (EKE) mit einer Sendeeinrichtung (SE) verbunden sind,
   - bei der über die Einkoppeleinrichtung (EKE) der Sendepilotton (SP) nacheinander in je eines der N Zuleitungskabel (L1,L2,L3,L4) eingekoppelt und als Empfangspilotton (EP) über die Auskoppeleinrichtung (AKE) wieder ausgekoppelt wird, und
   - bei der mit Hilfe des über die Auskoppeleinrichtung (AKE) ausgekoppelten Empfangspilottons (EP) Phasenunterschiede zwischen den N Zuleitungskabeln (L1,L2,L3,L4) festgestellt und mit Hilfe der Abgleicheinrichtung (AGE) korrigiert werden.

2. Anordnung nach Anspruch 1, bei der in der Abgleicheinrichtung (AGE) jedem der N Zuleitungskabel (L1,L2,L3,L4) ein steuerbares Phasenstellglied (PSG1,PSG2,PSG3,PSG4) für den Phasenabgleich zugeordnet ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Einkoppeleinrichtung (EKE) einen Schalter (S) mit einem Eingang zur Aufnahme des Sendepilottons (SP) und einen ersten bis N-ten, jeweils dem ersten bis N-ten Zuleitungskabel (L1,L2,L3,L4) zugeordnete Ausgänge aufweist und jedem der N Ausgänge jeweils ein Koppler (K11,K12,K13,K14) zum Einkoppeln des Sendepilottons (SP) in das entsprechende Zuleitungskabel (L1,L2,L3,L4) nachgeschaltet ist und mit Hilfe des Schalters (S) der Sendepilotton (SP) in jeweils eines der N Zuleitungskabel (L1,L2,L3,L4) einkoppelbar ist.

4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Auskoppeleinrichtung (AKE) einen ersten bis N-ten, jeweils dem ersten bis N-ten Zuleitungskabel (L1,L2,L3,L4) zugeordnete Koppler (K21,K22,K23,K24) zum Auskoppeln des Empfangspilottons (EP) und einen Combiner (CB) aufweist, über den der jeweils ausgekoppelte Empfangspilotton (EP) an eine Pilottoneinrichtung (PTE) zur signaltechnischen Weiterverarbeitung gelangt.

5. Anordnung nach Anspruch 4, bei der die Pilottoneinrichtung (PTE) einerseits über einen Pilottoneingang (PTI) mit dem Combiner (CB) zum Empfang des Empfangspilottons (EP) und andererseits über einen Pilottonausgang (PTO) mit der Einkoppeleinrichtung (EKE) zur Einspeisung des Sendepilottons (SP) in die Einkoppeleinrichtung (EKE) verbunden ist.

6. Anordnung nach Anspruch 5, bei der die Pilottoneinrichtung (PTE) über Datenausgänge mit einer ihr nachgeschalteten Kontrolleinrichtung (CTL) verbunden ist, mit deren Hilfe und mit Hilfe eines mit ihr verbundenen LMT-Terminals (DV) Phasenunterschiede zwischen den Zuleitungskabeln (L1,L2,L3,L4) feststellbar sind.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei der die Pilottoneinrichtung (PTE) eine mit dem Pilottoneingang (PTI) verbundene Empfangsschaltung (ES), eine mit dem Pilottonausgang (PTO) verbundene Sendeschaltung (SS), sowie eine über erste und zweite Signalaufbereitungsschaltung (SAS1,SAS2) mit der Empfangs- und Sendeschaltung (ES,SS) verbundene Demodulationseinrichtung (DEM), einen mit einem Clock-Signal (CLK1) getakteten Synthesizer (SYN) zur Einspeisung eines Synthesizersignals in die Empfangs- und Sendeschaltung (ES,SS) und einen mit dem Clock-Signal (CLK1) getakteten Pseudo-Noise-Generator (PNG) zur Einspeisung eines Pseudo-Noise-Signals in die zweite Signalaufbereitungsschaltung (SAS2) und in die Demodulationseinrichtung (DEM) aufweist.

8. Anordnung nach Anspruch 7, bei der die Empfangsschaltung (ES), die einen Empfangsmischer (ESM) aufweist, dem eingangsseitig einerseits über einen Empfangsbandpass (ESBP) der Empfangspilotton (EP) und andererseits das Synthesizersignal zugeführt ist und dessen Ausgang mit der ersten Signalaufbereitungsschaltung (SAS1) verbunden ist.

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, bei der die erste Signalaufbereitungsschaltung (SAS1) aus einer Serienschaltung eines ersten Verstärkers (V1), eines ersten Bandpasses (BP1), eines zweiten Verstärkers (V2), eines Begrenzers (BG) und eines zweiten Bandpasses (BP2) besteht.

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei der die zweite Signalaufbereitungsschaltung (SAS2) aus einer Serienschaltung mit einem Mischer (MI), einem Oszillator (OSZ), einem Verdoppler (VD) und einem Bandpass (BP) besteht, wobei ein vom Mischer (MI) aus dem Signal des Oszillators und dem Pseudo-Noise-Signal gebildetes erstes Ausgangssignal an der Sendeschaltung (SS) und ein vom Bandpass (BP) gebildetes zweites Ausgangssignal an der Demodulationseinrichtung (DEM) anliegt.

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, bei der die Sendeschaltung (SS) einen Sendemischer (SSM) aufweist, dem eingangsseitig das erste Ausgangssignal des Mischers (MI) der zweiten Signalaufbereitungsschaltung (SAS2) und das Synthesizersignal zugeführt sind und dessen Ausgang mit einem Sendebandpass (SSBP) verbunden ist, wobei das Ausgangssignal des Sendebandpasses (SSBP) den Sendepilotton (SP) darstellt.

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, bei der die Demodulationseinrichtung (DEM) einen I/Q-Demodulator (I/Q-DEM) mit zwei über je einen Kondensator (C1,C2) angekoppelte Ausgangszweige (AZ1,AZ2) für ein I-Signal (IS) und ein Q-Signal (QS) aufweist.

13. Anordnung nach Anspruch 12, bei der der erste und der zweite Ausgangszweig (AZ1,AZ2) der Demodulationseinrichtung (DEM) jeweils einen Invertierer (INV), einen Umschalter (US), einen Tiefpass (TP) und einen Analog-Digital-Wandler (ADC) aufweisen, wobei über den Umschalter (US) in Abhängigkeit des ihn steuernden Pseudo-Noise-Signals das 1-Signal (IS) bzw. das Q-Signal (QS) entweder über den Invertierer (INV) oder direkt an den Tiefpass (TP) gelangt.

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 13, bei der

- der Empfangsbandpass (ESBP) und der Sendebandpass (SSBP) einen Durchlassbereich von 935 bis 960 MHz aufweisen,
- die Bandpässe (BP1,BP2) der ersten Signalaufbereitungsschaltung (SAS1) eine Bandbreite von 1,6 MHz aufweisen,
- bei der die Tiefpässe (TP) der Ausgangszweige (AZ1,AZ2) der Demodulationseinrichtung (DEM) eine Grenzfrequenz von 30 Hz aufweisen,
- bei der der Synthesizer (SYN) Synthesizersignale mit einer Frequenz von 824 MHz bzw. 850 MHz aufweist,
- bei der die Clockfrequenz (CLK1) des Synthesizers (SYN) und des Pseudo-Noise-Generators (PNG) eine Frequenz von 1 MHz aufweist,
- bei der das Ausgangssignal des Empfangsmischers (ESM) eine Frequenz von 110,6 MHz aufweist,
- bei der der Bandpass (BP) der zweiten Signalaufbereitungsschaltung (SAS2) eine Durchlassfrequenz von 221 MHz und das Signal des Oszillators (OSZ) eine Frequenz von 110,6 MHz aufweist.

15. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Antennenanordnung (ANT) als Phased-Array-Antennenanordnung mit vorgeschalteter Butler-Matrix (BM) ausgebildet ist und die zur Ansteuerung von N Einzelantennen (A1,A2,A3,A4) dienende Butler-Matrix (BM) mit den N Zuleitungskabel (L1,L2,L3,L4) verbunden ist.

Revendications

1. Dispositif d'ajustement de phase de N câbles d'alimentation (L1, L2, L3, L4) servant à la commande d'un dispositif d'antennes (ANT), à l'aide d'une tonalité pilote d'émission (SP),

- dans lequel les N câbles d'alimentation (L1, L2, L3, L4) sont raccordés, d'une part, à un dispositif de découplage (AKE) installé en amont du dispositif d'antennes (ANT) et, d'autre part, à un dispositif d'émission (SE) par l'intermédiaire d'un dispositif d'ajustement (AGE) et un dispositif de couplage (EKE),
- dans lequel la tonalité pilote d'émission (SP) est successivement couplée dans respectivement l'un des N câbles d'alimentation (L1, L2, L3, L4) par l'intermédiaire du dispositif de couplage (EKE) et est à nouveau découplée comme tonalité pilote de réception (EP) par l'intermédiaire du dispositif de découplage (AKE), et
- dans lequel des différences de phase entre les N câbles d'alimentation (L1, L2, L3, L4) sont constatées à l'aide de la tonalité pilote de réception (EP) découplée par l'intermédiaire du dispositif de découplage (AKE) et sont rectifiées à l'aide du dispositif d'ajustement (AGE).

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel un organe de commande de phase réglable (PSG1, PSG2, PSG3, PSG4) est affecté à chacun des N câbles d'alimentation (L1, L2, L3, L4) dans le dispositif d'ajustement (AGE) pour l'ajustement de phase.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le dispositif de couplage (EKE) présente un commutateur (S), ayant une entrée pour l'enregistrement de la tonalité pilote d'émission (SP), et une première à des N-ièmes sorties respectivement affectées au premier jusqu'aux N-ièmes câbles d'alimentation, et

dans lequel un coupleur (K11, K12, K13, K14) est respectivement installé en amont de chacune des N sorties pour le couplage de la tonalité pilote d'émission (SP) dans le câble d'alimentation correspondant (L1, L2, L3, L4), et dans lequel la tonalité pilote d'émission (SP) peut être couplée dans respectivement l'un des N câbles d'alimentation (L1, L2, L3, L4) à l'aide du commutateur (S).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de découplage (AKE) présente un premier jusqu'à des N-ièmes coupleurs (K21, K22, K23, K24), affectés respectivement au premier jusqu'aux N-ièmes câbles d'alimentation (L1, L2, L3, L4) pour découpler la tonalité pilote de réception (EP), ainsi qu'un combineur (CB), par l'intermédiaire duquel la tonalité pilote de réception (EP) respectivement découplée arrive à un dispositif de tonalité pilote (PTE) pour le traitement technique des signaux.

5. Dispositif selon la revendication 4, dans lequel le dispositif de tonalité pilote (PTE) est raccordé, d'une part par l'intermédiaire d'une entrée de tonalité pilote (PTI), au combineur (CB) pour la réception de la tonalité pilote de réception (EP) et, d'autre part par l'intermédiaire d'une sortie de tonalité pilote (PTO), au dispositif de couplage (EKE) pour alimenter la tonalité pilote d'émission (SP) dans le dispositif de couplage (EKE).

6. Dispositif selon la revendication 5, dans lequel le dispositif de tonalité pilote (PTE) est raccordé à un dispositif de contrôle (CTL), qui est installé en aval du dispositif de tonalité pilote, via des sorties de données, à l'aide duquel dispositif de contrôle et à l'aide d'un terminal LMT (DV) raccordé à ce dispositif de contrôle, des différences de phase sont constatables entre les câbles d'alimentation (L1, L2, L3, L4).

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, dans lequel le dispositif de tonalité pilote (PTE) présente un circuit de réception (ES) raccordé à l'entrée de tonalité pilote (PTI), un circuit d'émission (SS) raccordé à la sortie de tonalité pilote (PTO), ainsi qu'un dispositif de démodulation (DEM) raccordé au circuit de réception et au circuit d'émission (ES, SS) par l'intermédiaire d'un premier et d'un deuxième circuits de traitement de signaux (SAS1, SAS2), un synthétiseur (SYN) cadencé au moyen d'un signal d'horloge (CLK1) pour alimenter un signal du synthétiseur dans le circuit de réception et dans le circuit d'émission (ES, SS), et un générateur de bruit pseudoaléatoire (PNG) cadencé au moyen du signal d'horloge (CLK1) pour alimenter un signal de bruit pseudoaléatoire dans le deuxième circuit de traitement de signaux (SAS2) et dans le dispositif de démodulation (DEM).

8. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel le circuit de réception (ES) présentant un mélangeur de réception (ESM), auquel sont amenés, d'une part, côté entrée, la tonalité pilote de réception (EP), par l'intermédiaire d'un filtre de bande de réception (ES-BP) et, d'autre part, le signal du synthétiseur, et dont la sortie est raccordée au premier circuit de traitement de signaux (SAS1).

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, dans lequel le premier circuit de traitement de signaux (SAS1) est constitué d'un circuit en série d'un premier amplificateur (V1), d'un premier filtre de bande (BP1), d'un deuxième amplificateur (V2), d'un limiteur (BG) et d'un deuxième filtre de bande (BP2).

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel le deuxième circuit de traitement de signaux (SAS2) est constitué d'un circuit en série doté d'un mélangeur (MI), d'un oscillateur (OSZ), d'un doubleur (VD) et d'un filtre de bande (BP), un premier signal de sortie formé par le mélangeur (MI) à partir du signal de l'oscillateur et du signal de bruit pseudoaléatoire étant présent sur le circuit d'émission (SS) et un deuxième signal de sortie formé par le filtre de bande (BP) étant présent sur le dispositif de démodulation (DEM).

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, dans lequel le circuit d'émission (SS) présente un mélangeur d'émission (SSM), auquel sont amenés, côté entrée, le premier signal de sortie du mélangeur (MI) du deuxième circuit de traitement de signaux (SAS2) et le signal du synthétiseur, et dont la sortie est raccordée à un filtre de bande d'émission (SSBP), le signal de sortie du filtre de bande d'émission (SSBP) représentant la tonalité pilote d'émission (SP).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, dans lequel le dispositif de démodulation (DEM) présente un démodulateur I/Q (I/Q-DEM) pourvu de deux branchements de sortie (AZ1, AZ2) couplés respectivement par l'intermédiaire d'un condensateur (C1, C2) pour un signal I (IS) et un signal Q (QS) .

13. Dispositif selon la revendication 12, dans lequel le premier et le deuxième branchements de sortie (AZ1, AZ2) du dispositif de démodulation (DEM) présentent chacun un inverseur (INV), un commutateur (US), un passe-bas (TP) et un convertisseur analogique-numérique (ADC), le signal I (IS) resp. le signal Q (QS) arrivant au passe-bas (TP), par l'intermédiaire du commutateur (US) en fonction du signal de bruit pseudoaléatoire commandant le commutateur, soit via l'inverseur (INV) soit directement.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 13, dans lequel

- le filtre de bande de réception (ESBP) et le filtre de bande d'émission (SSBP) présentent une bande passante de 935 à 960 MHz,
- les passe-bas (BP1, BP2) du premier circuit de traitement de signaux (SAS1) présentent une largeur de bande de 1,6 MHz,
- les passe-bas (TP) des branchements de sortie (AZ1, AZ2) du dispositif de démodulation (DEM) présentent une fréquence limite de 30 Hz,
- le synthétiseur (SYN) présente des signaux de synthétiseur ayant une fréquence de 824 MHz resp. 850 MHz,
- la fréquence d'horloge (CLK1) du synthétiseur (SYN) et du générateur de bruit pseudoaléatoire (PNG) présente une fréquence de 1 MHz,
- le signal de sortie du mélangeur de réception (ESM) présente une fréquence de 110,6 MHz,
- le filtre de bande (BP) du deuxième circuit de traitement de signaux (SAS2) présente une fréquence de bande passante de 221 MHz et le signal de l'oscillateur (OSZ) présente une fréquence de 110,6 MHZ.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif d'antennes (ANT) est exécuté comme dispositif d'antennes en réseau piloté en phase avec matrice butler (BM) installée en amont et dans lequel la matrice butler (BM) servant à la commande de N antennes individuelles (Al, A2, A3, A4) est raccordée aux N câbles d'alimentation (L1, L2, L3, L4).

Claims

1. Arrangement for phase trimming of N feeder cables (L1, L2, L3, L4), which are used for driving an antenna arrangement (ANT), by means of a transmission pilot tone (SP),

- in which the N feeder cables (L1, L2, L3, L4) are connected firstly to an output device (AKE), which is connected upstream of the antenna arrangement (ANT), and secondly via a trimming device (AGE) and an input device (EKE) to a transmission device (SE),
- in which the transmission pilot tone (SP) is input successively into each of the N feeder cables (L1, L2, L3, L4) via the input device (EKE) and is output again as a received pilot tone (EP) via the output device (AKE), and
- in which phase differences between the N feeder cables (L1, L2, L3, L4) are detected by means of the received pilot tone (EP) which is output via the output device (AKE), and are corrected by means of the trimming device (AGE).

2. Arrangement according to Claim 1, in which a controllable phase control element (PSG1, PSG2, PSG3, PSG4) for phase trimming is associated with each of the respective N feeder cables (L1, L2, L3, L4) in the trimming device (AGE).

3. Arrangement according to Claim 1 or 2, in which the input device (EKE) has a switch (S) with an input for receiving the transmission pilot tone (SP) and has a first to N-th outputs, which are respectively allocated to the first to N-th feeder cables (L1, L2, L3, L4) and a coupler (K11, K12, K13, K14) for inputting the transmission pilot tone (SP) into the appropriate feeder cable (L1, L2, L3, L4) is connected downstream from each of the N outputs in order to input the transmission pilot tone (SP), and the transmission pilot tone (SP) can be input into a respective one of the N feeder cables (L1, L2, L3, L4) by means of the switch (S) .

4. Arrangement according to one of the preceding claims, in which the output device (AKE) has a first to N-th couplers (K21, K22, K23, K24), which are respectively associated with the first to N-th feeder cables (L1, L2, L3, L4) for outputting the received pilot tone (EP), and has a combiner (CB) via which the respectively output received pilot tone (EP) is passed to a pilot tone device (PTE) for further signal processing.

5. Arrangement according to Claim 4, in which the pilot tone device (PTE) is connected firstly via a pilot tone input (PTI) to the combiner (CB) in order to receive the received pilot tone (EP), and secondly via a pilot tone output (PTO) to the input device (EKE) for feeding the transmission pilot tone (SP) into the input device (EKE).

6. Arrangement according to Claim 5, in which the pilot tone device (PTE) is connected via data outputs to a monitoring device (CTL), which is connected downstream from it and by means of which and by means of an LMT terminal (DV) which is connected to it, it is possible to detect phase differences between the feeder cables (L1, L2, L3, L4).

7. Arrangement according to one of Claims 4 to 6, in which the pilot tone device (PTE) has a receiving circuit (ES) which is connected to the pilot tone input (PTI), a transmission circuit (SS) which is connected to the pilot tone output (PTO), as well as a demodulation device (DEM) which is connected via a first and a second signal preprocessing circuit (SAS1, SAS2) to the receiving and transmission circuit (ES, SS), a synthesizer (SYN) (which is clocked by a clock signal (CLK1)) for feeding a synthesizer signal into

the receiving and transmission circuit (ES, SS), and a pseudo noise generator (PNG) (which is clocked by the clock signal (CLK1)) for feeding a pseudo noise signal into the second signal preprocessing circuit (SAS2) and into the demodulation device (DEM).

8. Arrangement according to Claim 7, in which the receiving circuit (ES), which has a receiving mixer (ESM), to which, on the input side, the received pilot tone (EP) is firstly connected via a reception bandpass filter (ESBP) and to which, secondly, the synthesizer signal is supplied, and whose output is connected to the first signal preprocessing circuit (SAS1).

9. Arrangement according to one of Claims 7 or 8, in which the first signal preprocessing circuit (SAS1) comprises a series circuit formed by a first amplifier (V1), a first bandpass filter (BP1), a second amplifier (V2), a limiter (BG) and a second bandpass filter (BP2).

10. Arrangement according to one of Claims 7 to 9, in which the second signal preprocessing circuit (SAS2) comprises a series circuit formed by a mixer (MI), an oscillator (OSZ), a doubler (VD) and a bandpass filter (BP), with a first output signal, which is formed by the mixer (MI) from the signal of the oscillator and from the pseudo noise signal, being applied to the transmission circuit (SS), and a second output signal, which is formed by the bandpass filter (BP), being applied to the demodulation device (DEM).

11. Arrangement according to one of Claims 7 to 10, in which the transmission circuit (SS) has a transmission mixer (SSM) to which, on the input side, the first output signal of the mixer (MI) in the second signal preprocessing circuit (SAS2) and the synthesizer signal are supplied, and whose output is connected to a transmission bandpass filter (SSBP), with the output signal from the transmission bandpass filter (SSBP) representing the transmission pilot tone (SP).

12. Arrangement according to one of Claims 7 to 11, in which the demodulation device (DEM) has an I/Q demodulator (I/Q-DEM) with two output paths (AZ1, AZ2), which are connected via a respective capacitor (C1, C2), for an I signal (IS) and a Q signal (QS).

13. Arrangement according to Claim 12, in which the first and the second output paths (AZ1, AZ2) of the demodulation device (DEM) each have an inverter (INV), a changeover switch (US), a low-pass filter (TP) and an analogue-digital converter (ADC), with the I signal (IS) and the Q signal (QS), respectively, being passed either via the inverter (INV) or directly to the low-pass filter (TP) via the changeover switch (US) as a function of the pseudo noise signal which controls it.

14. Arrangement according to one of Claims 7 to 13, in which

- the reception bandpass filter (ESBP) and the transmission bandpass filter (SSBP) have a pass band from 935 to 960 MHz,
- the bandpass filters (BP1, BP2) in the first signal preprocessing circuit (SAS1) have a bandwidth of 1.6 MHz,
- in which the low-pass filters (TP) in the output paths (AZ1, AZ2) of the demodulation device (DEM) have a cut-off frequency of 30 Hz,
- in which the synthesizer (SYN) has synthesizer signals at a frequency of 824 MHz or 850 MHz,
- in which the clock frequency (CLK1) of the synthesizer (SYN) and of the pseudo noise generator (PNG) is at a frequency of 1 MHz,
- in which the output signal from the receiving mixer (ESM) is at a frequency of 110.6 MHz,
- in which the bandpass filter (BP) in the second signal preprocessing circuit (SAS2) has a pass frequency of 221 MHz, and the signal from the oscillator (OSZ) is at a frequency of 110.6 MHz.

15. Arrangement according to one of the preceding claims, in which the antenna arrangement (ANT) is in the form of a phased array antenna arrangement with an upstream Butler matrix (BM), and the Butler matrix (BM) which is used for driving N individual antennas (A1, A2, A3, A4) is connected to the N

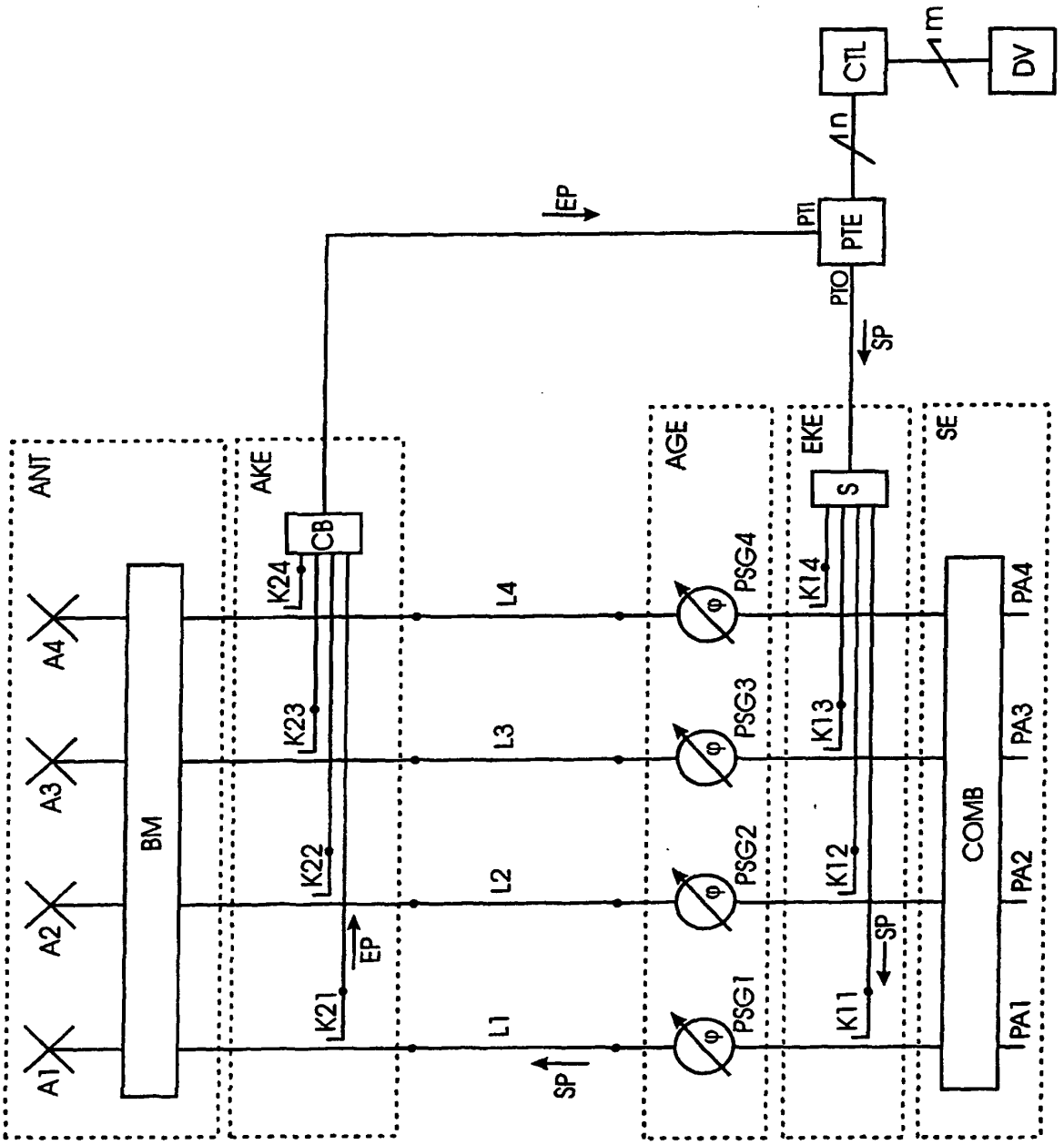

ANT
AKE
AGE
EKE
SE
A1
A2
A3
A4
BM
CB
K24
K23
K22
K21
EP
L1
L2
L3
L4
SP
PSG1
PSG2
PSG3
PSG4
K11
K12
K13
K14
S
COMB
PA1
PA2
PA3
PA4
PTI
PTE
PTO
n
CTL
m
DV

FIG 1

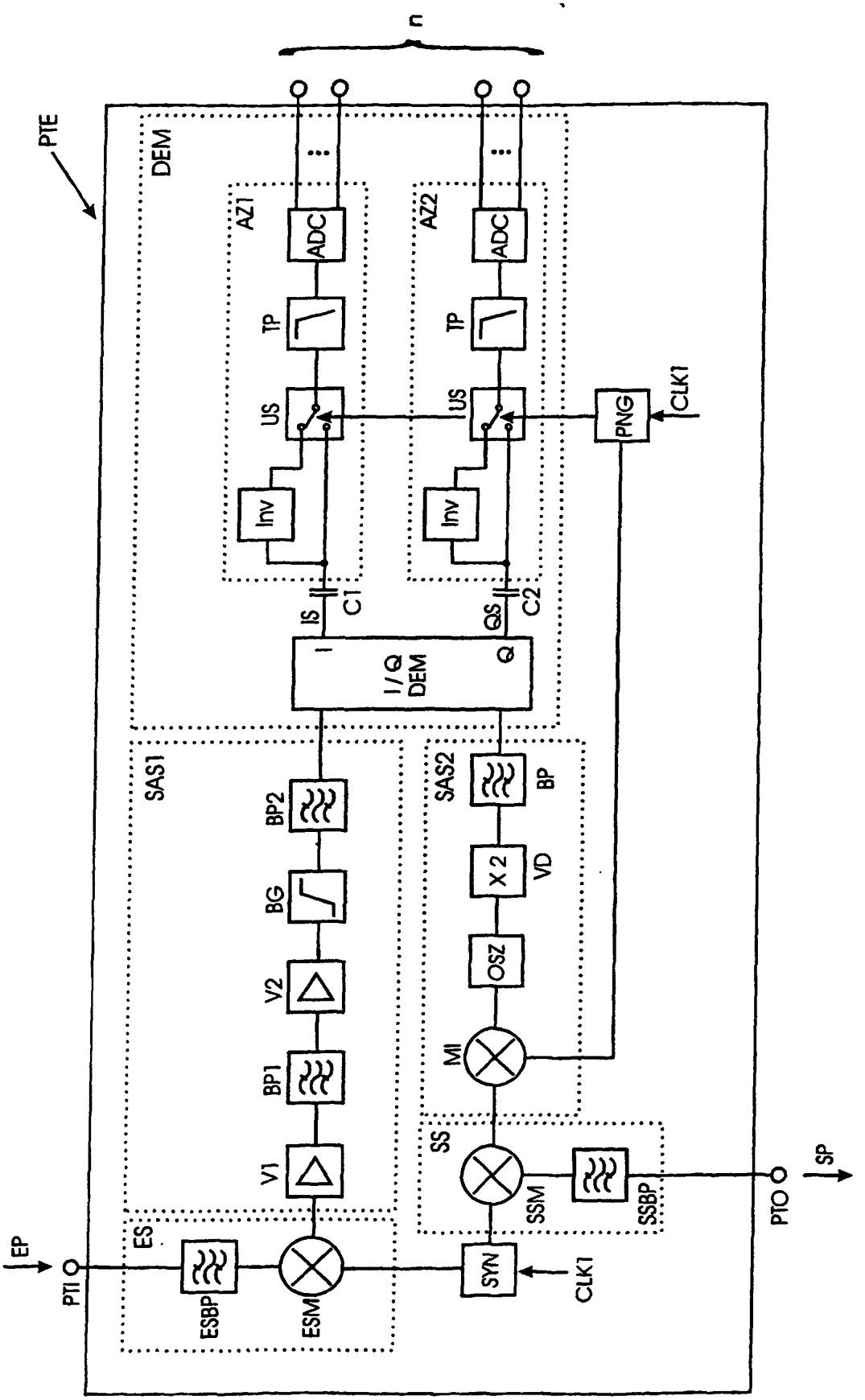

n
PTE
DEM
AZ1
AZ2
ADC
TP
US
Inv
PNG
CLK1
IS
QS
C1
C2
I
Q
I/Q DEM
SAS1
SAS2
BP2
BG
V2
BP1
V1
BP
X 2
VD
OSZ
MI
SS
SSM
SSBP
SP
PTO
EP
PTI
ES
ESBP
ESM
SYN
CLK1

FIG 2