



(10) **DE 10 2013 004 673 A1** 2014.09.25

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 004 673.4**

(22) Anmeldetag: **19.03.2013**

(43) Offenlegungstag: **25.09.2014**

(51) Int Cl.: **H03F 1/52 (2006.01)**
H04B 7/185 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Tesat-Spacecom GmbH & Co.KG, 71522
Backnang, DE**

(72) Erfinder:
**Katz, Hanspeter, 70374 Stuttgart, DE; Reinwald,
Gerhard, 71546 Aspach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 6 400 925 B1
US 2011 / 0 012 675 A1
JP H09- 289 423 A

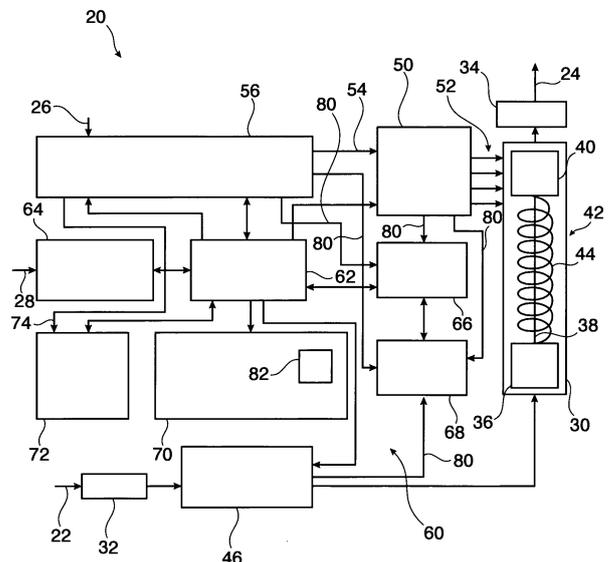
**Tanaka, M. ; Egami, S: Reconfigurable
multiport amplifiers for in-orbit use. In:
Aerospace and Electronic Systems, IEEE
Transactions on; Volume: 42 , Issue: 1, 2006, 228
– 236. <http://ieeexplore.ieee.org> [abgerufen am
12.05.2014]**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines Verstärkermoduls eines Satelliten**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Betreiben eines Verstärkermoduls (20) eines Kommunikationssatelliten (10) umfasst die Schritte von: Feststellen eines ungewünschten Zustandes des Verstärkermoduls (20); Abspeichern von Zustandsdaten (82), die auf den ungewünschten Zustand hinweisen, in einem nicht-flüchtigen Speicher (70) des Verstärkermoduls (20), nachdem der ungewünschte Zustand festgestellt wurde; und Deaktivieren des Verstärkermoduls (20) nach dem Abspeichern der Zustandsdaten (82).



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Verstärkermoduls eines Kommunikationssatelliten sowie ein Verstärkermodul.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Als Leistungsverstärker werden in Satelliten vornehmlich Wanderfeldröhrenverstärker (TWTA, Travelling Wave Tube Amplifier) eingesetzt, die in der Regel als Wanderfeldröhrenmodule ausgeführt sind. Diese umfassen eine Wanderfeldröhre, die vornehmlich die Hochfrequenz-Eigenschaften bestimmt, und eine Stromversorgung, die die Versorgungsspannungen für die Wanderfeldröhre erzeugt, eine Telemetrie- und/oder Telekommando-Schnittstelle zum Satelliten, sowie eine Steuerung. Ergänzt werden kann das Wanderfeldröhrenmodul durch einen Vorverstärker (auch Kanalverstärker genannt), der auch einen Linearisierer beinhalten kann. Der Vorverstärker kann mit den anderen Komponenten in einem Gehäuse integriert sein. In dieser Kombination spricht man dann von einem Hochfrequenz-Leistungsmodul.

[0003] Wanderfeldröhrenmodule und im Allgemeinen Verstärkermodule können auch einen Schutzfunktionsbaustein umfassen, in dem eine oder mehrere Schutzfunktionen ausgeführt werden, um den Verstärker vor Beschädigung zu schützen, beispielsweise gegen eine zu niedrige Versorgungsspannung, eine Überlast an den Ausgängen der Stromversorgung, einem zu hohen Strom auf der Verzögerungsstruktur usw. Wird eine dieser Schutzfunktionen aktiviert, schaltet sich das Verstärkermodul automatisch ab.

[0004] In der Regel wird eine Bodenstation über Telemetriedaten, die vom Satelliten an die Bodenstation gesendet werden, über das Abschalten bzw. auch über ein erfolgreiches Wiedereinschalten des Verstärkermoduls informiert. Aus den Telemetriedaten kann allerdings nicht erkannt werden, warum das Gerät die Fehlfunktion gezeigt hat bzw. welche Schutzfunktion aktiv war.

[0005] Im Allgemeinen werden Telemetriedaten entweder als analoger Wert bei analogen Daten bzw. digitale Information bei Statusdaten oder bereits digitalisiert als digitales Wort vom Verstärkermodul dem Satelliten zur Verfügung gestellt. Ein System des Satelliten liest die Daten in regelmäßigen Intervallen aus, wobei die Zeit zwischen zwei Lesevorgängen in der Regel mehrere Sekunden (z. B. 60 s) beträgt. War eine automatische Wiedereinschaltung des Verstärkermoduls erfolgreich, so wird dies durch eine entsprechende Statustelemetrie angezeigt. Aus diesen

Daten kann in der Regel aber nicht festgestellt werden, welcher Parameter die Schutzfunktion ausgelöst hat. Auch sind die Telemetriedaten aufgrund der langen Leseintervalle nicht zeitnah vorhanden.

[0006] Für Deep-Space-Missionen wurden Geräte entwickelt, die im Falle einer Fehlfunktion zusätzlich anzeigen, welcher Parameter die Schutzfunktion ausgelöst hat. Wird das Gerät allerdings durch die Schutzfunktion komplett abgeschaltet, geht diese Information verloren. Des Weiteren werden keine zeitnahen Daten der Telemetrien bereitgestellt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein leicht zu wartendes Verstärkermodul für einen Satelliten bereitzustellen.

[0008] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und aus der folgenden Beschreibung.

[0009] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Verstärkermoduls eines Kommunikationssatelliten.

[0010] Das Verstärkermodul kann eine Verstärkereinheit und eine Steuerung zum Ansteuern der Verstärkereinheit umfassen. Es ist zu verstehen, dass der Kommunikationssatellit eine Mehrzahl von Verstärkermodulen aufweisen kann, die jeweils einem Kanal des Satelliten zugeordnet sein können.

[0011] Das Verstärkermodul kann ein Wanderfeldröhrenmodul sein, bei dem die Verstärkung durch eine Wanderfeldröhre stattfindet. Es ist aber auch möglich, dass das Verstärkermodul ein Halbleiterverstärkermodul mit einem Halbleiterverstärker ist.

[0012] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verfahren die Schritte von: Feststellen eines ungewünschten Zustandes des Verstärkermoduls; Abspeichern von Zustandsdaten, die auf den ungewünschten Zustand hinweisen, in einem nicht-flüchtigen Speicher des Verstärkermoduls, nachdem der ungewünschte Zustand festgestellt wurde; und Deaktivieren des Verstärkermoduls nach dem Abspeichern der Zustandsdaten.

[0013] Es kann als Kern der Erfindung aufgefasst werden, dass (kurz) vor dem Deaktivieren des Verstärkermoduls aufgrund einer Fehlfunktion, d. h. eines ungewünschten Zustands, Information über die Fehlfunktion, d. h. zeitnahe Zustandsdaten, in einem nicht-flüchtigen Speicher abgespeichert werden, so dass diese auch dann noch zur Verfügung stehen, wenn das Verstärkermodul aufgrund der Deaktivie-

zung eine Zeit von der Stromversorgung des Satelliten getrennt war.

[0014] Beim Auftreten von Fehlfunktionen kann der Betreiber des Satelliten auf diese Weise erfahren, welcher Fehler vorlag, insbesondere wenn der Betrieb des Verstärkermoduls auf Dauer beeinträchtigt ist. Außerdem liegen auch Informationen für schnell ablaufende Vorgänge (wie etwa das Erkennen einer Fehlfunktion, eines ungewünschten Zustands) im Verstärkermodul vor, die von einer langsamen, regelmäßigen Datenabfrage (die etwa alle 60 s stattfinden kann) nicht erfasst werden.

[0015] Ein ungewünschter Zustand kann beispielsweise ein bestehender Fehler, eine Fehlfunktion oder ein in Kürze eintretender Fehler sein. Ein ungewünschter Zustand kann sein, dass ein bestimmter Betriebsparameter bzw. Messwert einen vorgegebenen Schwellwert über- oder unterschreitet.

[0016] Der nicht-flüchtige Speicher ist in der Regel dazu ausgeführt, den Umweltbedingungen im Weltraum standzuhalten, d. h., der nicht-flüchtige Speicher kann resistent gegenüber Temperaturschwankungen in einem großen Bereich und/oder resistent gegenüber Strahlung sein. Die Umweltbedingungen, denen ein Satellit im Betrieb ausgesetzt ist, halten den Fachmann normalerweise davon ab, eine Vielzahl von elektronischen Komponenten zu verbauen, die nicht oder nur schwer auszutauschen sind, wenn sich der Satellit im Orbit befindet.

[0017] Unter dem Deaktivieren des Verstärkermoduls kann dabei ein Ausschalten des Verstärkermoduls verstanden werden, bei dem das Verstärkermodul beispielsweise von einer Stromversorgung des Satelliten getrennt wird. Analog kann unter dem Aktivieren des Verstärkermoduls ein Einschalten bzw. Verbinden des Verstärkermoduls mit der Stromversorgung des Satelliten verstanden werden.

[0018] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird der ungewünschte Zustand durch Ausführen einer Schutzfunktion festgestellt, die auf erfasste Parameter des Verstärkermoduls angewendet wird, und die aus den erfassten Parametern den ungewünschten Zustand ermittelt. Die erfassten Parameter können beispielsweise Messwerte und/oder Betriebsparameter umfassen, wie etwa einen Eingangsstrom oder eine Eingangsleistung des Verstärkermoduls bzw. eine Reglerspannung, eine Versorgungsspannung bzw. ein Strom einer Wanderfeldröhre. Die erfassten Parameter können aber auch einstellbare Parameter wie etwa Konfigurationsparameter sein.

[0019] Die Schutzfunktion kann beispielsweise vergleichen, ob sich der Parameter oberhalb oder unterhalb eines Schwellwerts befindet oder sich innerhalb oder außerhalb eines vordefinierten Intervalls befin-

det. Beispielsweise kann die Schutzfunktion feststellen, dass die Eingangsleistung des Verstärkermoduls unterhalb eines bestimmten Werts gesunken ist, was dann als ungewünschter Zustand erkannt wird.

[0020] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfassen die abgespeicherten Zustandsdaten die Art der Schutzfunktion. Beispielsweise kann in einem digitalen Wort kodiert abgespeichert werden, welche Schutzfunktion angesprochen hat.

[0021] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfassen die abgespeicherten Zustandsdaten Werte von Parametern, die durch die Schutzfunktion verarbeitet wurden. Diese Werte können beispielsweise ein Betriebsparameter (wie etwa die Eingangsleistung) und optional der zugehörige Schwellwert sein.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfassen die abgespeicherten Zustandsdaten Werte von Parametern des Verstärkermoduls, die (kurz) vor dem Feststellen des ungewünschten Zustands erfasst (beispielsweise gemessen und/oder aus Messwerten berechnet) wurden und/oder die (kurz) vor dem Deaktivieren des Verstärkermoduls erfasst wurden. Beispielsweise kann ein vordefinierter Satz von Betriebsparametern und/oder einstellbaren Parametern als Zustandsdaten gespeichert werden. In diesem Zusammenhang kann „kurz“ beispielsweise weniger als 10 ms oder weniger als 1 ms bedeuten.

[0023] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verfahren weiter die Schritte von: Feststellen eines weiteren ungewünschten Zustandes und Abspeichern von weiteren Zustandsdaten, die den weiteren ungewünschten Zustand betreffen, so dass die Zustandsdaten und die weiteren Zustandsdaten zusammen in dem nicht-flüchtigen Speicher gespeichert sind. Es ist nicht nur möglich, dass die Zustandsdaten zu lediglich einem (d. h. dem jüngsten) ungewünschten Zustand in dem nicht-flüchtigen Speicher gespeichert werden, sondern zu einer Mehrzahl von ungewünschten Zuständen, beispielsweise einer festen Anzahl von zuvor aufgetretenen ungewünschten Zuständen.

[0024] Wenn beispielsweise aus betriebstechnischen Gründen die Daten zu einem ungewünschten Zustand von der Bodenstation nicht ausgelesen werden konnten, steht die Information noch zur Verfügung, auch wenn zwischenzeitlich weitere ungewünschte Zustände aufgetreten sind.

[0025] Es ist auch möglich, dass die abgespeicherten Zustandsdaten einen Zeitwert umfassen, der auf einen Zeitpunkt hinweist, zu dem der ungewünschte Zustand festgestellt wurde. Werden mehrere Sätze Zustandsdaten gespeichert, kann auch die Zeit zwischen zwei ungewünschten Zuständen ebenfalls ab-

gespeichert werden, um diese zeitlich zuordnen zu können.

[0026] Um die Unterbrechung der Verstärkerfunktion des Verstärkermoduls möglichst kurz zu halten, weisen manche Verstärkermodule einen Automatismus auf, der versucht, das Verstärkermodul nach einer kurzen Wartezeit (beispielsweise einige Millisekunden) wieder einzuschalten. Ist danach die Fehlfunktion behoben, bleibt das Verstärkermodul eingeschaltet, ist die Fehlfunktion nach wie vor vorhanden, schaltet das Verstärkermodul endgültig ab. Das Gleiche kann auch gelten, wenn innerhalb kurzer Zeit wieder eine Fehlfunktion eintritt. Auch in diesen Fällen können mehrere Sätze von Zustandsdaten in dem nicht-flüchtigen Speicher gespeichert werden.

[0027] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verfahren weiter den Schritt von: Senden der abgespeicherten Zustandsdaten an eine Bodenstation. Beispielsweise, nachdem das Verstärkermodul wieder aktiviert bzw. eingeschaltet wurde, kann die Information über den ungewünschten Zustand über einen Telemetrikkanal ausgelesen werden. Wurde das Verstärkermodul automatisch wieder aktiviert, kann die Information ebenfalls zum Auslesen bereitstehen.

[0028] Zusätzlich ist möglich, dass die Betriebsparameter und/oder im Moment eingestellte Parameter des Verstärkermoduls in Intervallen von mehreren Sekunden (beispielsweise alle 30 s oder alle 60 s) ausgelesen und an die Bodenstation gesendet werden, auch wenn kein ungewünschter Zustand bzw. keine Fehlfunktion eingetreten ist.

[0029] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung werden die abgespeicherten Zustandsdaten versendet, wenn das Verstärkermodul ein entsprechendes Telekommando von der Bodenstation erhält. Beispielsweise kann die Bodenstation eine entsprechende Anfrage (Telekommando) an das Verstärkermodul schicken und dieses stellt dann die entsprechenden Zustandsdaten zum Auslesen bereit bzw. sendet sie über einen oder mehrere Telemetrikkanäle zur Bodenstation.

[0030] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung werden die abgespeicherten Zustandsdaten automatisch versendet, nachdem das Verstärkermodul reaktiviert wurde. Beispielsweise, nachdem das Verstärkermodul über ein Telekommando oder automatisch wieder eingeschaltet wurde, können die Zustandsdaten in Reaktion auf die Reaktivierung automatisch an die Bodenstation versendet werden.

[0031] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung bleiben die abgespeicherten Zustandsdaten nach dem Versenden an die Bodenstation im nicht-flüchtigen Speicher gespeichert. Die Zustandsdaten kön-

nen über einen gewissen Zeitraum automatisch zum Auslesen bereitstehen, bevor sie gelöscht werden oder mit neuen Zustandsdaten überschrieben werden.

[0032] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verstärkermodul für einen Kommunikationssatelliten. Ein Modul kann beispielsweise eine Baugruppe mit einem gemeinsamen Gehäuse oder einem gemeinsamen Trägerelement sein, an dem die Komponenten des Verstärkermoduls befestigt sind und/oder mit dem die Komponenten des Verstärkermoduls, wie etwa eine Steuerung, ein Schutzbauelement, ein Telemetriebauelement, die Verstärkereinheit, wie etwa eine Wanderfeldröhre oder ein Halbleiterverstärker usw., gemeinsam im Satelliten verbaut werden können.

[0033] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verstärkermodul eine Verstärkereinheit und eine Steuerung zum Ansteuern der Verstärkereinheit. Die Verstärkereinheit kann eine Wanderfeldröhre sein. Die Wanderfeldröhre kann beispielsweise umfassen: einen Emitter, der dazu ausgeführt ist, bei Anlegen einer Spannung einen Elektronenstrahl zu erzeugen; einen Verstärkerabschnitt, der von dem Elektronenstrahl durchlaufen wird, in dem ein Leiter angeordnet ist, und in dem ein den Leiter durchlaufendes Hochfrequenzsignal durch den Elektronenstrahl verstärkbar ist; und einen Kollektor, der dazu ausgeführt ist, den Elektronenstrahl aufzunehmen und an den Emitter zurückzuführen.

[0034] Das Verstärkermodul kann zusätzlich einen Vorverstärker und/oder einen Linearisierer umfassen, der beispielsweise in einer gemeinsamen Baugruppe mit den anderen Komponenten des Verstärkermoduls verbaut ist.

[0035] Es ist möglich, dass bei einem Wanderfeldröhrenmodul zwei Wanderfeldröhren von einer Stromversorgung versorgt werden und eventuell einen gemeinsamen Vorverstärker oder jede Wanderfeldröhre individuell einen Vorverstärker aufweist.

[0036] Weiter umfasst die Steuerung einen nicht-flüchtigen, beschreibbaren Speicher, der dazu ausgeführt ist, Zustandsdaten des Verstärkermoduls zu speichern, wenn das Verstärkermodul nicht von einer externen Stromversorgung des Satelliten bestromt ist. Der nicht-flüchtige Speicher kann beispielsweise in einem besonderen Chip vorgesehen sein, der separat von der Elektronik der Steuerung im Verstärkermodul verbaut sein kann.

[0037] Der nicht-flüchtige Speicher und/oder die Steuerung können in der Stromversorgung (bzw. im Gehäuse der Stromversorgung) des Verstärkermoduls untergebracht sein. Der nicht-flüchtige Speicher und/oder die Steuerung können auch in einem Vor-

verstärker und/oder Linearisierer, oder aber auch ein Teil in der Stromversorgung und der andere im Vorverstärker und/oder Linearisierer untergebracht sein.

[0038] Um Informationen über einen ungewünschten Zustand des Verstärkermoduls auch dann bereitstellen zu können, wenn es abgeschaltet bzw. deaktiviert wurde, ist die Steuerung dazu ausgeführt, das Betriebsverfahren auszuführen, so wie es obenstehend und untenstehend beschrieben ist. Es ist zu verstehen, dass Merkmale des Verstärkermoduls auch Merkmale des Verfahrens sein können und umgekehrt.

[0039] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst die Steuerung einen Telemetriebaustein, der dazu ausgeführt ist, Betriebsparameter und/oder einstellbare Parameter des Verstärkermoduls als Zustandsdaten zu erfassen. Der Telemetriebaustein kann beispielsweise Messsensoren ansteuern und die erhaltenen Messwerte in digitaler Form bereitstellen.

[0040] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst die Steuerung einen Schutzfunktionsbaustein, der dazu ausgeführt ist, Betriebsparameter und/oder einstellbare Parameter des Verstärkermoduls als Zustandsdaten auszuwerten, um einen ungewünschten Zustand des Verstärkermoduls zu bestimmen. Beispielsweise kann der Telemetriebaustein dem Schutzfunktionsbaustein diese Parameter zur Verfügung stellen.

[0041] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verstärkermodul weiter eine Telekommandoschnittstelle, die dazu ausgeführt ist, ein Telekommando von einer Bodenstation zu empfangen, das ein Versenden von im nicht-flüchtigen Speicher gespeicherten Zustandsdaten auslöst. Beispielsweise kann diese Telekommandoschnittstelle eine externe Schnittstelle des Verstärkermoduls sein, mit dem das Verstärkermodul mit einer weiteren Steuerung des Satelliten kommunizieren kann.

[0042] Zusammenfassend können ein derartiges Betriebsverfahren und ein derartiges Verstärkermodul die folgenden Vorteile aufweisen: Bei einer Fehlfunktion des Verstärkermoduls steht eine Information zur Verfügung, welche Schutzschaltung bzw. Schutzfunktion angesprochen hat. Bei wiederholten Fehlfunktionen kann festgestellt werden, ob immer die gleiche Ursache vorliegt. Zeitnah zum Auftreten der Fehlfunktion erfasste Telemetriedaten können Anschluss über den Betriebszustand des Verstärkermoduls zum Zeitpunkt des Fehlers geben. Diese Information kann zur Fehlersuche verwendet werden, um die Fehlerursache zu lokalisieren.

[0043] Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung mit Bezug auf die beiliegenden Figuren detailliert beschrieben.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0044] Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht eines Kommunikationssatelliten gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0045] Fig. 2 zeigt eine schematische Ansicht eines Verstärkermoduls gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0046] Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm für ein Verfahren zum Betreiben eines Verstärkermoduls gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0047] Grundsätzlich sind identische oder ähnliche Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

[0048] Fig. 1 zeigt einen Kommunikationssatelliten **10** mit einer Antenne **12**, einer Hauptsteuereinheit bzw. Hauptsteuerung **14** und einer Stromversorgung **16**, die beispielsweise von einem Sonnenpanel **18** mit Energie versorgt wird.

[0049] Weiter weist der Kommunikationssatellit **10** ein Verstärkermodul **20** in der Form eines Wanderfeldröhrenmoduls **20** auf. In der Fig. 1 ist lediglich ein Kanal des Kommunikationssatelliten **10** dargestellt, in der Regel kann ein Kommunikationssatellit **10** mehrere Kanäle aufweisen, die jeweils ein Wanderfeldröhrenmodul **20** umfassen können.

[0050] Über die Antenne **12** kann der Kommunikationssatellit **10** ein Hochfrequenzsignal **22** empfangen und an das Wanderfeldröhrenmodul **20** weiterleiten. Dort wird das Hochfrequenzsignal **22** zu einem verstärkten Hochfrequenzsignal **24** verstärkt und kann wieder über die Antenne **12** (oder eine weitere Antenne) abgestrahlt werden. Über die Stromversorgung **16** wird das Wanderfeldröhrenmodul **20** dabei mit Spannung **26** versorgt. Weiter kann das Wanderfeldröhrenmodul **20** von der Steuereinheit **14** angesteuert werden und beispielsweise Telekommandos **28** empfangen, die beispielsweise über die Antenne **12** empfangen und von der Steuereinheit **14** ausgewertet wurden.

[0051] Die Fig. 2 zeigt ein Wanderfeldröhrenmodul **20** detaillierter als Blockschaltbild. Das Wanderfeldröhrenmodul **20** umfasst eine Wanderfeldröhre **30**, die über einen Hochfrequenzeingang **32** das Hochfrequenzsignal **22** empfängt und das verstärkte Hochfrequenzsignal **24** über einen Hochfrequenzausgang **34** ausgibt.

[0052] Die Wanderfeldröhre **30** umfasst einen Emitter **36**, mit dem ein Elektronenstrahl **38** erzeugt werden kann und einen Kollektor **40**, der den Elektronenstrahl **38** wieder aufnimmt. Auf diese Weise kann der elektrische Strom aus dem Elektronenstrahl **38** wieder zum Emitter **36** zurückgeführt werden. Zwischen dem Emitter und dem Kollektor **38** liegt ein Verstärkerbereich **42**, in dem das Hochfrequenzsignal **22** durch den Elektronenstrahl **38** verstärkt wird. Das Hochfrequenzsignal **22** wird dabei durch einen wendelförmigen Leiter **44** durch die Wanderfeldröhre **30** geschickt.

[0053] Zwischen dem Hochfrequenzeingang **32** und der Wanderfeldröhre **30** kann das Wanderfeldröhrenmodul **20** einen Kanalverstärker und/oder Linearisierer **46** aufweisen, mit dem das unverstärkte Hochfrequenzsignal **22** vorverstärkt und/oder linearisiert werden kann, bevor es der Wanderfeldröhre **30** zugeführt wird.

[0054] Die restlichen Komponenten des Wanderfeldröhrenmoduls **20** stellen die Stromversorgung für die Wanderfeldröhre **30** dar.

[0055] Die Wanderfeldröhre **30** wird von Hochspannungserzeugung **50** mit einer Mehrzahl von Versorgungsspannungen **52** versorgt, beispielsweise einer Anodenspannung, einer oder mehreren Kollektorspannungen, einer Kathodenspannung des Emitters, usw.

[0056] Eine Versorgungsspannung **54** für die Hochspannungserzeugung **50** wird von einem Vorregler und Filter **56** bereitgestellt, der die Spannung **26** aus der Stromversorgung **16** des Satelliten **10** zu einer konstanten und gleichmäßigen Gleichspannung umwandelt.

[0057] Das Wanderfeldröhrenmodul **20** umfasst weiter eine Steuerung **60**, die einen zentralen Baustein **62**, eine Telemetrie- und Telekommando-Schnittstelle **64**, einen Schutzfunktionsbaustein **66**, einen Telemetriebaustein **68** und einen nichtflüchtigen Datenspeicher **70** umfasst. Die Steuerung **60** bzw. ihre Komponenten **62**, **64**, **66**, **68**, **70** werden von einer Hilfsspannungsversorgung **72**, die von dem Vorregler und Filter **56** mit einer Spannung **74** versorgt wird, mit Spannung versorgt.

[0058] Im Telemetriebaustein **68** werden die Telemetriedaten bzw. Betriebsparameter und einstellbare Parameter **80** des Wanderfeldröhrenmoduls **20** erfasst und gesammelt. Beispielsweise kann der Telemetriebaustein **68** Sensordaten von der Hochspannungserzeugung **50**, dem Vorregler und Filter **56** und dem Kanalverstärker und/oder Linearisierer **46** erfassen und diese in digitale Form umwandeln.

[0059] Im Schutzfunktionsbaustein **66** werden Schutzfunktionen und/oder Alarmfunktionen ausgeführt, die überprüfen, ob sich erfasste Parameter **80** im gewünschten Rahmen bewegen. Dazu kann der Schutzfunktionsbaustein **66** diese Parameter direkt erfassen und/oder sie von dem Telemetriebaustein **68** zur Verfügung gestellt bekommen. Beispiele für Schutzfunktionen sind Unterspannungsschutz, Überlastschutz, usw.

[0060] Im nicht-flüchtigen Datenspeicher **70** bzw. Speicherbaustein **70** können fest definierte Daten abgespeichert bzw. können aktuelle Daten, wie beispielsweise Betriebsparameter und einstellbare Parameter **80**, als Zustandsdaten **82** abgespeichert werden. Wird eine Schutzfunktion aktiviert, kann die Steuerung **60** den auslösenden Parameter **70** bestimmen, optional alle Telemetriedaten aufnehmen und diese Information im Datenspeicher **70** abspeichern. Da es sich um einen nichtflüchtigen Speicher **70** handelt, stehen die Zustandsdaten **82** auch zur Verfügung, nachdem das Verstärkermodul **20** wieder eingeschaltet wurde bzw. automatisch wieder eingeschaltet hat und einige Zeit unbestromt war.

[0061] Die Telemetrie- und Telekommandoschnittstelle **64** steht mit den anderen Komponenten **14** des Satelliten **10** in Verbindung und stellt somit eine Verbindung zur Kontrollstation am Boden dar. Über die Schnittstelle kann das Verstärkermodul **20** bzw. die Steuerung **60** Telekommandos, wie etwa Steuerungskommandos, erhalten bzw. das Verstärkermodul **20** bzw. die Steuerung **64** Daten über den Betriebszustand liefern.

[0062] Der zentrale Baustein **62** der Steuerung **64** kann dabei alle Vorgänge, wie etwa das Auslösen der Schutzfunktion, das Abspeichern und Auslesen der Zustandsdaten, usw., regeln und kontrollieren.

[0063] Die Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm, mit dem das Verstärkermodul **20** betrieben werden kann.

[0064] Im Schritt **90** wird ein ungewünschter Zustand des Verstärkermoduls **20** festgestellt. Dazu kann das Schutzfunktionsmodul erfasste Parameter **70**, die beispielsweise von dem Telemetriebaustein **68** stammen, jeweils mit einem Schwellwert vergleichen und einen Alarm auslösen, wenn der Schwellwert über- oder unterschritten wurde.

[0065] Beispielsweise kann ein Alarm für eine Spannungsunterversorgung ausgelöst werden, wenn die Eingangsleistung des Vorreglers und Filters **56** unter einen bestimmten Wert fällt. Auch kann ein Alarm für eine Überspannung ausgelöst werden, wenn beispielsweise die Kollektorspannung der Wanderfeldröhre einen bestimmten Wert überschreitet.

[0066] Nachdem der ungewünschte Zustand festgestellt wurde, werden im Schritt **92** Zustandsdaten **82**, die auf den ungewünschten Zustand hinweisen, in dem nichtflüchtigen Speicher **70** abgespeichert. Dies kann beispielsweise durch den zentralen Baustein **62** der Steuerung **64** erfolgen, der den Alarm der Schutzfunktion empfängt und die abzuspeichernden Zustandsdaten **82** bzw. die zugehörigen Parameter ausliest.

[0067] Die abgespeicherten Zustandsdaten **82** können dabei die Art der Schutzfunktion und/oder den Zeitpunkt, zu dem die Schutzfunktion ausgelöst wurde, umfassen. Beispielsweise können die Schutzfunktionen nummeriert sein und die entsprechende Nummer in den Zustandsdaten **82** gespeichert werden.

[0068] Die abgespeicherten Zustandsdaten **82** können Werte von Parametern **70** des Verstärkermoduls **20** umfassen, die durch die Schutzfunktion verarbeitet wurden, wie etwa die Eingangsleistung oder die Kathodenspannung.

[0069] Weiter können die abgespeicherten Zustandsdaten **82** Werte von weiteren, anderen Parametern **70** des Verstärkermoduls **20** umfassen, die vor dem Feststellen des ungewünschten Zustands erfasst wurden und/oder die vor dem Deaktivieren des Verstärkermoduls **20** erfasst wurden. Beispielsweise können jedes Mal, wenn Zustandsdaten **82** gespeichert werden, alle Spannungs- und Stromwerte, die für die Wanderfeldröhre **30** erfasst wurden, mitgespeichert werden.

[0070] Nach dem Abspeichern der Zustandsdaten **82** wird im Schritt **94** das Verstärkermodul **20** deaktiviert. Beispielsweise kann der zentrale Baustein **62** der Steuerung **60** den Vorregler und Filter **56** anweisen, das Verstärkermodul **20** von seiner Versorgungsspannung zu trennen.

[0071] Im Schritt **96** wird das Verstärkermodul **20** wieder aktiviert, beispielsweise über eine externe Steuerung **14** des Satelliten **10**, die den Startvorgang beispielsweise automatisch nach einer gewissen Zeit ausführt oder von einem entsprechenden Telekommando der Bodenstation dazu veranlasst wird.

[0072] Im Schritt **98** werden die abgespeicherten Zustandsdaten **82** an die Bodenstation versendet. Dies kann beispielsweise dadurch veranlasst werden, dass die Steuerung **64** ein entsprechendes Telekommando **28** von der Bodenstation erhält und/oder dass die Steuerung **64** die abgespeicherten Zustandsdaten **82** automatisch versendet, nachdem das Verstärkermodul **20** reaktiviert wurde. Dazu kann die Steuerung **64** beispielsweise nach dem Starten des Verstärkermoduls **20** im nicht-flüchtigen Speicher **70** nachsehen, ob nicht-gesendete Zustandsda-

ten **82** vorhanden sind und diese dann anschließend an die Bodenstation versenden.

[0073] Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass „umfassend“ keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und „eine“ oder „ein“ keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Verstärkermoduls (**20**) eines Kommunikationssatelliten (**10**), das Verfahren umfassend die Schritte:

Feststellen eines ungewünschten Zustandes des Verstärkermoduls (**20**);

Abspeichern von Zustandsdaten (**82**), die auf den ungewünschten Zustand hinweisen, in einem nichtflüchtigen Speicher (**70**) des Verstärkermoduls (**20**), nachdem der ungewünschte Zustand festgestellt wurde;

Deaktivieren des Verstärkermoduls (**20**) nach dem Abspeichern der Zustandsdaten (**82**).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der ungewünschte Zustand durch Ausführen einer Schutzfunktion festgestellt wird, die auf erfasste Parameter (**80**) des Verstärkermoduls (**20**) angewendet wird und die aus den erfassten Parametern (**80**) den ungewünschten Zustand ermittelt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die abgespeicherten Zustandsdaten (**82**) die Art der Schutzfunktion umfassen.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei die abgespeicherten Zustandsdaten (**82**) Werte von Parametern (**70**) des Verstärkermoduls (**20**) umfassen, die durch die Schutzfunktion verarbeitet wurden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die abgespeicherten Zustandsdaten (**82**) Werte von Parametern (**70**) des Verstärkermoduls (**20**) umfassen, die vor dem Feststellen des ungewünschten Zustands erfasst wurden und/oder die vor dem Deaktivieren des Verstärkermoduls (**20**) erfasst wurden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter umfassend die Schritte:

Feststellen eines weiteren ungewünschten Zustandes und Abspeichern von weiteren Zustandsdaten (**82**), die den weiteren ungewünschten Zustand betreffen, so dass die Zustandsdaten und die weite-

ren Zustandsdaten zusammen in dem nicht-flüchtigen Speicher (70) gespeichert sind.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter umfassend den Schritt:
Senden der abgespeicherten Zustandsdaten (82) an eine Bodenstation.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die abgespeicherten Zustandsdaten (82) versendet werden, wenn das Verstärkermodul (20) ein entsprechendes Telekommando (28) von der Bodenstation erhält.

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die abgespeicherten Zustandsdaten (82) automatisch versendet werden, nachdem das Verstärkermodul (20) reaktiviert wurde.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei die abgespeicherten Zustandsdaten (82) nach dem Versenden an die Bodenstation im nicht-flüchtigen Speicher (70) gespeichert bleiben.

11. Verstärkermodul (20) für einen Kommunikationssatelliten (10), umfassend:
eine Verstärkereinheit (30); und
eine Steuerung (60) zum Ansteuern der Verstärkereinheit (30);
wobei die Steuerung (60) einen nicht-flüchtigen, beschreibbaren Speicher (70) umfasst, der dazu ausgeführt ist, Zustandsdaten (82) des Verstärkermoduls (20) zu speichern, wenn das Verstärkermodul (20) nicht von einer externen Stromversorgung (16) bestrahlt ist;
wobei die Steuerung (60) dazu ausgeführt ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 auszuführen.

12. Verstärkermodul (20) nach Anspruch 11, wobei die Steuerung (60) einen Telemetriebaustein (68) umfasst, der dazu ausgeführt ist, Betriebsparameter und/oder einstellbare Parameter (80) des Verstärkermoduls (20) als Zustandsdaten (82) zu erfassen.

13. Verstärkermodul (20) nach Anspruch 11 oder 12, wobei die Steuerung (60) einen Schutzfunktionsbaustein (66) umfasst, der dazu ausgeführt ist, Betriebsparameter und/oder einstellbare Parameter (80) des Verstärkermoduls (20) auszuwerten, um einen ungewünschten Zustand des Verstärkermoduls (20) zu bestimmen.

14. Verstärkermodul (20) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, weiter umfassend:
eine Telekommandoschnittstelle (66), die dazu ausgeführt ist, ein Telekommando (28) zu empfangen, das ein Versenden von im nicht-flüchtigen Speicher (70) gespeicherten Zustandsdaten (82) auslöst.

15. Verstärkermodul (20) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, weiter umfassend:
eine Wanderfeld röhre als Verstärkereinheit (30).

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

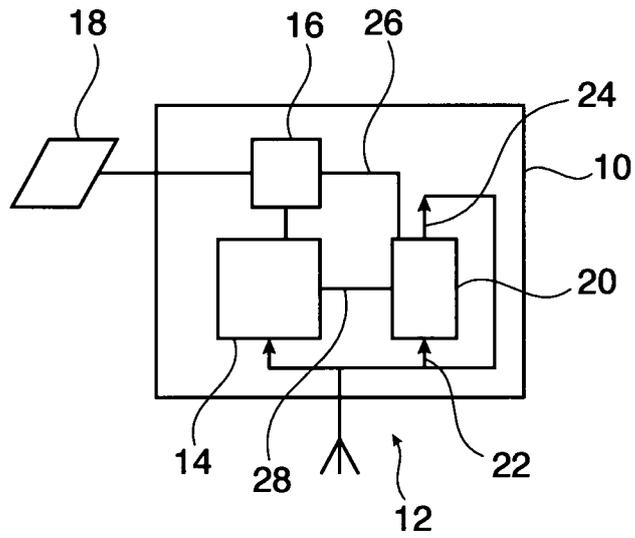


Fig. 1

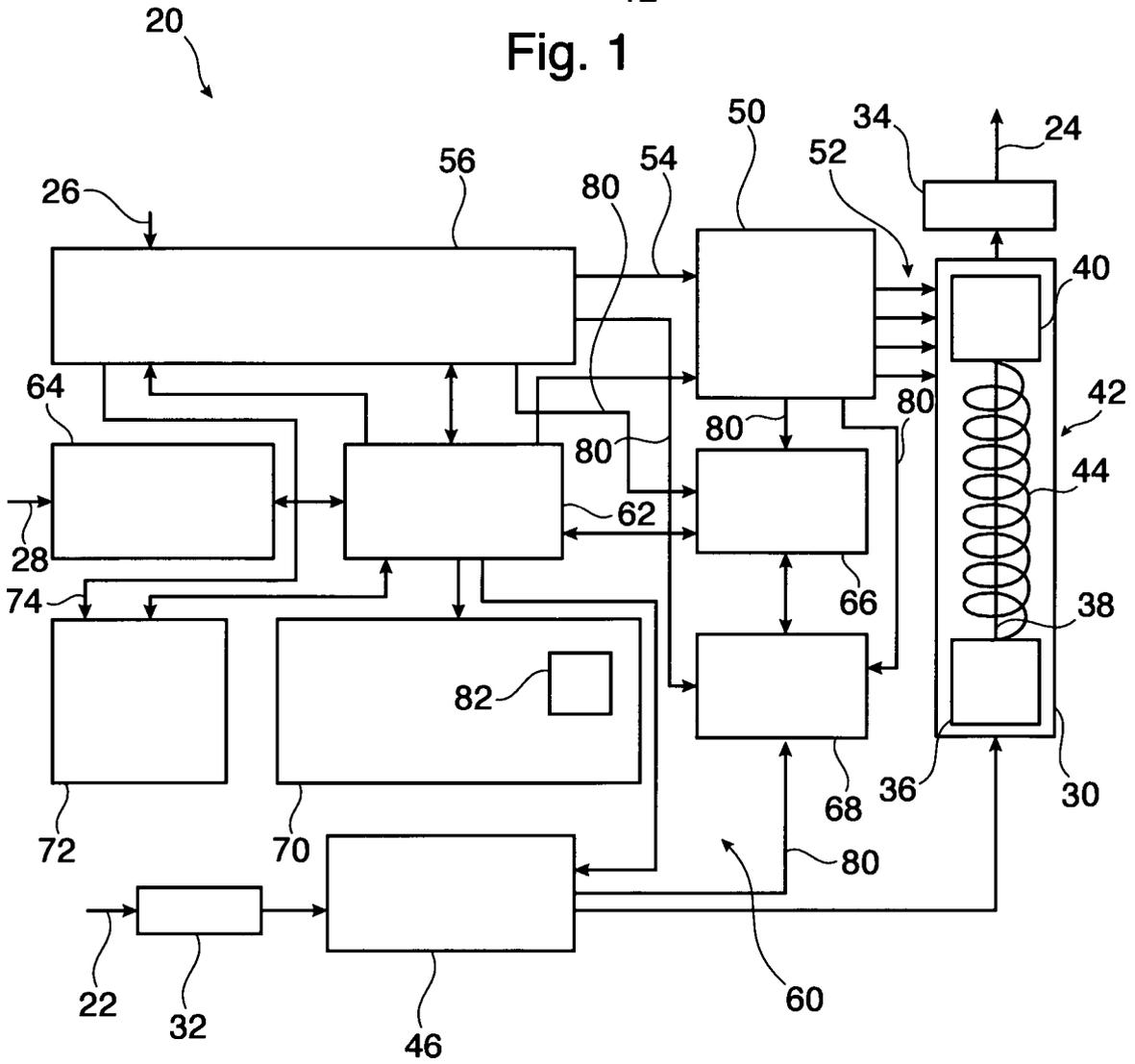


Fig. 2

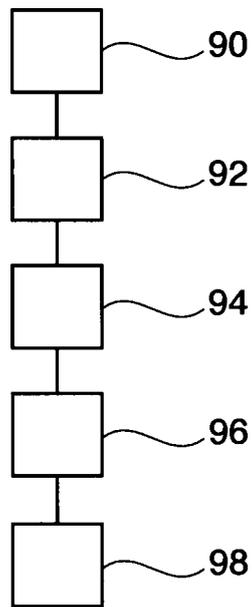


Fig. 3