


Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(11)

644 230

(21) Gesuchsnummer: 7412/78

 (73) Inhaber:
 ASEA Aktiebolag, Västerås (SE)

(22) Anmeldungsdatum: 07.07.1978

(30) Priorität(en): 19.08.1977 SE 7709342

 (72) Erfinder:
 Göte Liss, Ludvika (SE)

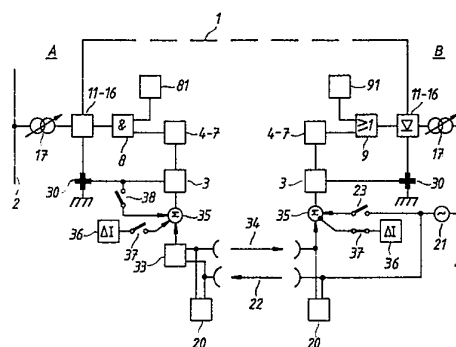
(24) Patent erteilt: 13.07.1984

 (45) Patentschrift
 veröffentlicht: 13.07.1984

 (74) Vertreter:
 Patentanwälte W.F. Schaad, V. Balass, E.E.
 Sandmeier, Zürich

(54) Uebertragungsanlage für hochgespannten Gleichstrom.

(57) Eine an ein erstes Wechselstromnetz (2) angeschlossene Gleichrichterstation (A) liefert über eine Hochspannungs-Übertragungsleitung (1) einen hochgespannten Gleichstrom an eine Wechselrichterstation (B), die mit einem zweiten Wechselstromnetz (2) verbunden ist. Jede der beiden Stromrichterstationen weist einen Stromregler (3) und einen Grenzwertgeber (8, 9) für die Zündwinkelsteuerung auf. Die Sollwerte der Stromregler (3) der beiden Stationen sind auf einen Abstand (ΔI) voneinander eingestellt. Ein solcher Stromsollwert setzt sich aus zwei Teilsollwerten zusammen, von denen einer von einem Schaltungsglied (33) und der andere über einen Fernmeldekanal (22) geliefert wird. Der zweite Teilsollwert ist von einer Betriebsgrösse des zweiten Wechselstromnetzes (2) abhängig. Die zweite Stromrichterstation (B) ist dazu eingerichtet, die strombestimmende Funktion zu übernehmen, wenn das Fernmeldeverbindungsmitglied (22) unterbrochen ist, indem die erste Stromrichterstation (A) durch Herabsetzung ihrer Gleichspannung spannungsbestimmend wird und einen Stromsollwert einstellt, welcher gleich der Summe eines im voraus bestimmten Stromwertes und eines vorbestimmten Abstandes (ΔI) ist. Durch eine solche Schaltungsanordnung ist dafür Vorsorge getroffen, dass beim Ausfall des Fernmeldekanals (22) der Betrieb der beiden Stromrichterstationen aufrecht erhalten werden kann.



PATENTANSPRÜCHE

1. Übertragungsanlage für hochgespannten Gleichstrom, mit mindestens zwei Stromrichterstationen (A, B), darunter mindestens eine Gleichrichterstation und mindestens eine Wechselrichterstation, von welchen Stromrichterstationen jede eine Steueranordnung aufweist, die einen Stromregler (3) und einen Grenzwertgeber (8, 9) für die Zündwinkelsteuerung enthält und die dazu eingerichtet ist, die Stromsollwerte der Stromrichterstationen auf einen Abstand (ΔI) voneinander einzustellen, wobei ein Stromsollwert aus einem Hauptsollwert für die Stromrichterstationen und einem Zusatzsollwert in Abhängigkeit von einer Betriebsgrösse in einem an die eine Stromrichterstation (B) angeschlossenen Wechselstromnetz (2b) besteht, mit einem Fernmeldeverbindungsglied (22, 34) zur Übertragung von Steuersignalen an mindestens eine der Stromrichterstationen, wobei in Abhängigkeit vom Grenzwert der Zündwinkelsteuerung und vom Abstand (ΔI) der Stromsollwerte eine Stromrichterstation für die Übertragung spannungsbestimmend ist, während die andere Stromrichterstation für sich strombestimmend ist, dadurch gekennzeichnet, dass die an das den Zusatzsollwert bestimmende Wechselstromnetz (2b) angeschlossene zweite Stromrichterstation (B) dazu eingerichtet ist, die strombestimmende Funktion zu übernehmen, wenn das Fernmeldeverbindungsglied (22, 34) unterbrochen ist, indem die erste Stromrichterstation (A) dazu eingerichtet ist, durch Herabsetzung ihrer höchsten Gleichspannung (E_L) spannungsbestimmend zu werden und einen Stromsollwert einzustellen, welcher gleich der Summe eines im voraus bestimmten Stromwertes und eines vorbestimmten Wertes des genannten Abstandes (ΔI) ist.

2. Übertragungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der im voraus bestimmte Stromwert der in jedem Moment gemessene Gleichstromwert ist.

3. Übertragungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der im voraus bestimmte Stromwert der beim Unterbruch des Fernmeldeverbindungsgliedes (22, 34) gerade vorhandene Stromwert ist.

4. Übertragungsanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (ΔI) der Stromsollwerte im Verhältnis zu dem Unterbruch des Fernmeldeverbindungsgliedes (22, 34) vorhandenen Abstand erhöht ist.

5. Übertragungsanlage nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Stromrichterstation (B) dazu eingerichtet ist, den Stromsollwert auf einen Wert zu begrenzen, der einem vorbestimmten mindestens zulässigen negativen Abstand (ΔI) entspricht, wenn diese Stromrichterstation die strombestimmende Funktion übernimmt.

6. Übertragungsanlage nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Stromrichterstation (A) dazu eingerichtet ist, die Höchstspannung im wesentlichen durch Erhöhung des Grenzwertes des Zündwinkels um einen vorbestimmten Betrag und gegebenenfalls zusätzlich durch Herabsetzung ihrer Eingangs-Wechselspannung herabzusetzen.

7. Übertragungsanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein asymmetrisches Filter (40) zum Filtern des in der Stromrichterstation zu messenden Gleichstromes (30) vorgesehen ist.

8. Übertragungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine jede Stromrichterstation dazu eingerichtet ist, den gerade vorliegenden Stromsollwert beizubehalten, wenn diese Stromrichterstation von Stromsteuerung auf Grenzwert-Zündwinkelsteuerung oder von Spannungssteuerung auf Stromsteuerung wechselt.

9. Übertragungsanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Stromrichterstation zur Spannungsregelung bestimmte Schaltungselemente (83 bis 86) aufweist, wel-

che aktiviert werden, wenn diese Station zur spannungssteuernden Gleichrichterstation (A) wird.

10. Übertragungsanlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zu regelnde Spannung der Gleichrichterstation (A) von einem Parameter des an diese Station angeschlossenen Wechselstromnetzes bestimmt ist.

Die Erfindung betrifft eine Übertragungsanlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Eine solche Anlage ist im wesentlichen aus der DE-OS 24 05 150 bekannt.

Einer der grossen Vorteile der Verbindung zweier oder mehrerer Stromrichterstationen über eine Gleichspannungs-Übertragungsleitung im Vergleich zu einer Wechselspannungs-Übertragungsleitung ist die bessere Steuer- und Regelungsmöglichkeit. Voraussetzung hierfür ist jedoch ein korrektes Steuerprogramm zur optimalen Ausnutzung der Steuerungsmöglichkeit, was häufig schwer zu verwirklichen ist. Zur Ausführung solcher Steuerprogramme werden normalerweise Fernmelde-Übertragungsanlagen verwendet, über welche Signale und Daten zwischen den Stromrichterstationen sowohl hinsichtlich gemessener Parameter wie berechneter Befehle übertragen werden. Das bedeutet, dass die ordnungsgemässe Funktion der Steuerprogramme durch eventuelle Störungen in den Fernmelde-Übertragungsanlagen beeinträchtigt werden kann.

Die DE-OS 24 05 150 setzt Stromrichterstationen mit mindestens zwei parallelen Stromrichtern voraus und behandelt den Störfall, dass gleichzeitig in einer Station einer der parallelen Stromrichter ausfällt und die Telekommunikation zwischen den Stationen unterbrochen ist. Um hierbei eine Überlastung der Stromrichter in der Wechselrichterstation zu verhindern (Ausfall eines Stromrichters in der Wechselrichterstation) beziehungsweise den Zusammenbruch der Leitungsspannung zu verhindern (Ausfall eines Stromrichters in der Gleichrichterstation), wird als Gegenmassnahme eine Herabsetzung des Strombefehls in der völlig intakt gebliebenen Station vorgeschlagen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Übertragungsanlage der eingangs genannten Art Vorsorge für den Fall zu treffen, dass beim Ausfall der Telekommunikation aber intakt gebliebenen Stromrichterstation der Betrieb in Abhängigkeit einer Betriebsgrösse eines der an die Stromrichterstationen angeschlossenen Wechselstromnetze fortgesetzt werden kann.

Die gestellte Aufgabe lässt sich erfindungsgemäss durch die im gekennzeichneten Teil im Anspruch 1 angegebenen Merkmale lösen.

Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, dass die zentralisierte Steuerung der Übertragung bei einer Unterbrechung im Fernmeldeverbindungsglied aufgelöst werden kann und die Funktionen von Spannungs- und Stromsteuerung auf die einzelnen Stationen verteilt werden. Dabei werden im wesentlichen die Forderungen berücksichtigt, die an die an die Stationen angeschlossenen Wechselstromnetze gestellt werden.

Anhand der in den Zeichnungen gezeigten Ausführungsbeispielen und Kennlinien soll die Erfindung näher erläutert werden. Es zeigt:

Fig. 1 eine Übertragungsanlage für hochgespannten Gleichstrom mit einer Gleichrichter- und einer Wechselrichterstation,

Fig. 2 die Strom-Spannungskennlinien der in der Fig. 1 dargestellten Stromrichterstationen,

Fig. 3a ein Schaltungsteil der Gleichrichterstation A,

Fig. 3b ein Schaltungsdetail der Wechselrichterstation B,

Fig. 4 eine Schaltungsanordnung eines asymmetrischen Filters für einen zu messenden Gleichstrom,

Fig. 5 eine Übertragungsanlage mit einer Gleichrichter- und zwei Wechselrichterstationen,

Fig. 6 Strom-Spannungskennlinien der Übertragungsanlage nach Fig. 5, wobei die Station C spannungsbestimmend ist,

Fig. 7 Strom-Spannungskennlinien wie in Fig. 6, wobei jedoch die Station A spannungsbestimmend ist,

Fig. 8 Strom-Spannungskennlinien wie Fig. 7, wobei jedoch die Gleichrichterstation A auf konstante Spannung gesteuert ist und

Fig. 9 ein Schaltungsdetail der Gleichrichterstation A zur Erzielung der Steuerung auf konstante Spannung gemäss Fig. 8.

Aus Gründen der Einfachheit und der besseren Übersichtlichkeit gehen sowohl die Beschreibung als auch die Patentansprüche von den Grundparametern Spannung und Strom aus. Es ist in der Praxis üblich, diese Grundparameter der Steueranordnung zugrunde zu legen. Unter Berücksichtigung der an eine konkrete Übertragungsanlage gestellten Forderungen werden diese Grundparameter dann von anderen Parametern, wie z.B. der Übertragungsleistung oder der Frequenz, der an die Stationen angeschlossenen Wechselstromnetze abgeleitet. Es ist aber auch ohne weiteres möglich, dass diese anderen Betriebsparameter die Übertragung unmittelbar steuern. Auch auf diese unmittelbare Steuerung durch die eigentlichen Betriebsparameter ist die Erfindung anwendbar.

Für die einzelnen Stromrichterstationen wird ein Regler zur Regelung des Stromes oder einer dem Strom entsprechenden Grösse durch Zündwinkelsteuerung (Phasenwinkel-Anschnittsteuerung) der Ventile des Stromrichters verwendet. Eine solche Regelanordnung kann beispielsweise gemäss der CH-PS 491 533 aufgebaut sein.

Die in der Fig. 1 dargestellte Übertragungsanlage für hochgespannten Gleichstrom enthält einen Stromregler 3, der in Abhängigkeit eines eingestellten Stromsollwertes und des in der Stromrichterstation vorliegenden Gleichstromistwertes Winkelverstellglieder 4 bis 6 mit einem Impulsgeber 7 zur Einstellung der Ventile des Stromrichters 11 bis 16 oder der Stromrichter steuert. Für die Winkelverstellglieder müssen Grenzwertgeber 8, 81 und 9, 91 für einen unteren und oberen Grenzwert des Steuerwinkels in dem Bereich von 0 bis 180° vorhanden sein, um sowohl beim Gleichrichter- wie beim Wechselrichterbetrieb eine richtige Kommutierung sicherzustellen.

Eine nach diesen Prinzipien arbeitende Gleichstromübertragung mit zwei Stromrichterstationen kann gemäss Fig. 1 aufgebaut sein, wobei die Gleichrichterstation mit A und die Wechselrichterstation mit B (gleich wie in der CH-PS 491 533) bezeichnet sind. Nachstehend werden diese Bezugszeichen mit dem Index a bzw. b versehen, um in den Fällen, wo dies erforderlich ist, die Stationen A und B unterscheiden zu können. Die Gleichrichterstation A weist einen Grenzwertgeber 81 für einen bestimmten kleinsten Steuerwinkel auf, während die Wechselrichterstation B mit einem Grenzwertgeber 91 für den kleinstzulässigen Kommutierungsabstand (oberer Grenzwert des Steuerwinkels) ausgerüstet ist.

Diese Grenzwertgeber werden, gleichermassen wie in der genannten CH-PS 491 533, mit den Winkelverstellgliedern 4 bis 7 über ein UND-Glied 8 beziehungsweise ein ODER-Glied 9 verbunden.

Von den Stromrichtertransformatoren 17 wird angenommen, dass sie mit Stufenschaltern versehen sind, wie es durch Pfeile angedeutet ist.

Die Übertragung wird von einem Hauptsteuersystem (33) gesteuert, in welchem für die beiden Stationen ein Stromsollwert eingestellt wird, der beispielsweise einer bestimmten,

gewählten, zu übertragenden Durchschnittsleistung entspricht. Das Hauptsteuersystem 33 kann beispielsweise in der Gleichrichterstation A angeordnet sein, wobei der Stromsollwert über ein Fernmeldeverbindungsglied 34, das durch ein Paar Spiegelantennen mit einem Pfeil angedeutet ist, an die Station B übertragen wird. In einem in der Wechselrichterstation angeordneten Summierungsglied 35b wird von diesem Stromsollwert der Stromabstand ΔI eines Gebers 36b, der über ein Schalterglied 37b an das Summierungsglied 35b angeschlossen ist, abgezogen. Der Stromsollwert kann auch von Hand eingestellt werden.

Die Gleichstromübertragung kann ausser zur Übertragung einer vorgegebenen durchschnittlichen Leistung, beispielsweise nach einem programmierten Hauptsollwert, gleichzeitig zur Stabilisierung des an die Station B angeschlossenen Wechselstromnetzes 2b verwendet werden. Zu diesem Zweck ist ein Zusatzsollwert erforderlich, der beispielsweise von einem an das Netz 2b angeschlossenen Frequenzgeber 21 geliefert wird und der über einen anderen Fernmeldekanal 22 an das Hauptsteuersystem 33 in der Station übertragen wird. Der resultierende Stromsollwert vom Hauptsteuersystem 33 an die Stationen A und B besteht dann aus der Summe von Haupt- und Zusatzsollwert.

Die Kennlinien für Strom und Spannung in den beiden Stationen ergeben sich dann aus der bekannten Diagrammdarstellung gemäss Fig. 2, in der auf der Ordinate die Gleichspannung und auf der Abszisse der Gleichstrom aufgetragen ist. Die Kennlinie für die Gleichrichterstation ist mit A und diejenige für die Wechselrichterstation mit B bezeichnet. Die senkrechten Äste der Kennlinien kennzeichnen die eingestellten Stromwerte I_L und I_V in der Gleichrichter- und Wechselrichterstation, während die oberen, annähernd horizontalen Äste die höchsten Gleichspannungen E_L bzw. E_V der Stationen bezeichnen. Mit «höchsten Gleichspannungen» sind die sich – unter Beachtung der vorstehend erläuterten Grenzwerte für die Steuerwinkel – bei voller Aussteuerung ergebenden Gleichspannungswerte gemeint. Der leichte Abfall der horizontalen Kennlinienäste ist die Folge des mit zunehmendem Strom länger andauernden Kommutierungsvorganges.

Die genannten höchsten Gleichspannungen können gemäss der DE-PS 18 11 199 oder mit Hilfe eines Stufenschalters am Stromrichtertransformator 17 verändert werden.

Aus Fig. 2 geht hervor, dass der Stromabstand ΔI zwischen den Stromsollwerten der Stationen positiv ist. Bei diesen Verhältnissen stellt sich der Arbeitspunkt D für die Übertragung ein. Dies bedeutet, dass die Gleichrichterstation stromsteuernd ist, während die Wechselrichterstation spannungssteuernd ist. Wenn die höchste Spannung der Gleichrichterstation, beispielsweise aufgrund eines Spannungsabfalles im Wechselstromnetz der Station auf einen Wert absinken sollte, welcher der gestrichelten Linie in Fig. 2 entspricht, so würde der Arbeitspunkt der Übertragung nach D' wandern, wobei die Steuerfunktionen der Station vertauscht würden, was bedeuten würde, dass der Übertragungsstrom sich von I_L auf I_V vermindern würde. Dem kann gemäss Fig. 1 jedoch dadurch vorgebeugt werden, dass man in diesem Falle das Schalterglied 37b in Station B öffnet und das Schalterglied 37a in Station A schliesst. Hierdurch wird der Stromabstand ΔI zum Stromsollwert in der Gleichrichterstation addiert, statt vom Stromsollwert in der Wechselrichterstation subtrahiert zu werden, und man erhält den Arbeitspunkt D'.

Es ist ersichtlich, dass die Anlage nach Fig. 1 darauf basiert, dass Signale mittels der Fernmeldeverbindungsglieder 22 und 34 zwischen den Stationen übertragbar sind. Sollte eines oder gar beide dieser Glieder unterbrochen werden, so kann die Steuerung nicht nach dem vorstehend beschriebenen Programm durchgeführt werden. Gemäss der Erfindung ste-

hen jedoch mehrere mögliche Reserveprogramme zur Verfügung.

Als Beispiel kann von dem in Fig. 2 durch die ausgezogenen Kennlinien A und B beschriebenen Betriebszustand ausgegangen werden. Die Gleichrichterstation A ist dabei stromsteuernd, während die Wechselrichterstation B spannungssteuernd ist.

Die Fernmeldeverbindungsglieder 22 und 34 sind in den beiden Stationen in der Regel mit Fehlanzeigegegeräten 20 bekannter Art versehen, so dass ein Fehler in der Signalübertragung unmittelbar in beiden Stationen bemerkt wird und Anlass zu erforderlichen Eingriffen gemäss der Erfindung gibt.

Wenn die Frequenzregelung in dem an Station B angeschlossenen Wechselstromnetz 2b, die sich durch den Zusatzsollwert von 21 ergibt, aufrechterhalten werden soll, so muss dieses durch Stromsteuerung der Station B erfolgen, da die Signalübertragung über das Fernmeldeverbindungsglied 22 unterbrochen ist. Die Station B kann zur Stromsteuerung gezwungen werden, indem man die Höchstspannung E_L in Station A auf die gestrichelte Linie gemäss Fig. 2 senkt. Dies kann entweder durch Verstellung des Stufenschalters des Transformators 17 oder – und zwar schneller – durch Erhöhung des am Grenzwertgeber 81 eingestellten Mindestwertes für den Steuerwinkel erfolgen. Zweckmässigerweise wird mit der letzteren Methode begonnen, wonach der Stufenschalter, eventuell mit einer bestimmten Verzögerung, umgestellt wird.

Die höchste Spannung E_L in der Station A muss auf einen Wert gesenkt werden, der niedriger ist als die höchste Spannung E_V in der Station B, so dass die Station A spannungssteuernd wird. Dies bedeutet, dass der Signalimpuls vom Grenzwertgeber bis zu einem Zeitpunkt verzögert wird, der hinter dem Impuls der Winkelverstellglieder 4 bis 7 liegt, was durch eine Messvorrichtung angezeigt werden kann. Ähnliche Anzeigen ergeben sich auch in der Wechselrichterstation. Zur Erzielung solcher Funktionen dienen Schaltungsanordnungen nach den Figuren 3a und 3b.

Wenn eines der Fernmeldeverbindungsglieder 22 oder 34 ausfällt, beeinflusst das Fehleranzeigegerät 20a in der Gleichrichterstation den Grenzwertgeber 81, so dass der Mindestwert des Steuerwinkels erhöht wird, d.h. das Signal vom Geber 81 wird verzögert. Wenn dieses Signal später als der Impuls von den Winkelverstellgliedern 4 bis 7 eintrifft, wird der Gleichrichter spannungssteuernd, und sein Stromregler 3 wird wirkungslos, wie es beispielsweise auch in der DE-PS 18 11 199 beschrieben ist. Gemäss Fig. 3a kann das Zeitverhältnis dadurch erzielt werden, dass der Grenzwertgeber 81 und die Winkelverstellglieder 4 bis 7 über ein UND-Glied 82, dessen einer Eingang negiert ist, verbunden werden. Wenn das UND-Glied ein Signal liefert, ist die gewünschte Spannungsreduktion erreicht, und der Grenzwert im Grenzwertgeber 81 kann mittels eines Schaltergliedes 87 gegen den Einfluss vom Fehleranzeigegerät 20 blockiert werden. Gleichzeitig kann es, wie bereits erwähnt, zweckmässig sein, den Stromabstand von der Wechselrichterstation auf die Gleichrichterstation zu schalten, indem in der Gleichrichterstation der Schalter 37 geschlossen wird. In der Wechselrichterstation schaltet dann das Fehleranzeigegerät 20 den Schalter 37 ab, wofür die Schaltungsanordnung in der Fig. 3b dargestellt ist. Gleichzeitig wird der Schalter 23 eingeschaltet, so dass das Signal vom Frequenzgeber 21 dem Stromregler 3b in der Station B zur Steuerung dieser Station zugeführt wird.

In der Gleichrichterstation muss gleichzeitig ein geeigneter Stromsollwert eingestellt werden, was auf verschiedene Weise möglich ist.

Eine Möglichkeit besteht darin, den im Hauptsteuersystem 33 eingestellten Stromsollwert auf seinem augenblicklichen Wert zu halten. Um die Stabilität der Übertragung

sicherzustellen, kann gleichzeitig der im Glied 36 eingestellte Stromabstand erhöht werden, um das Risiko auszuschliessen, dass der Stromsollwert der Wechselrichterstation zufällig den Stromsollwert der Gleichrichterstation übersteigt, was zur Folge haben würde, dass die Übertragungsanlage vorübergehend spannungs- und stromlos wird. Gegebenenfalls kann der Eingriff vom Frequenzregler eingeschränkt werden. Wie bereits erwähnt, wird der Strom in der Wechselrichterstation einerseits durch das Signal des Frequenzgebers 21 und andererseits durch den Hauptsollwert gesteuert, wobei der Hauptsollwert zweckmässigerweise auf demjenigen Wert gehalten wird, der zuletzt über das Fernmeldeverbindungsglied 34 übertragen wurde, bevor dieses unterbrochen wurde. Hierdurch wird die aufgenommene Leistung der Wechselrichterstation auch in diesem Fall von der Summe des Haupt- und Zusatzsollwertes bestimmt.

Bei grossen Pendelungen des Zusatzsollwertes ist es möglich, dass der Summensollwert in der Wechselrichterstation zufällig den Stromsollwert der Gleichrichterstation übersteigt, so dass der Stromabstand negativ wird, wodurch, wie vorstehend beschrieben, die Übertragungsspannung aufgrund des Eingriffes des Stromreglers in beiden Stationen auf Null sinkt. Dies lässt sich vermeiden, wenn der Stromsollwert der Wechselrichterstation in diesem Fall nach oben auf einen Wert begrenzt wird, der stets einen positiven Stromabstand zum Stromsollwert gewährleistet, von dem bekannt ist, dass er bei der Unterbrechung des Fernmeldeverbindungsgliedes in der Gleichrichterstation eingestellt worden ist.

Andererseits ist eine kurzzeitige Unterbrechung in der Übertragung aufgrund eines negativen Stromabstandes oftmals im Hinblick darauf zulässig, dass hierbei die grösstmögliche Ausnutzung der Übertragung erzielt wird. Es kann daher zweckmässig sein, die obere Grenze für den Stromsollwert der Wechselrichterstation auf einen derart hohen Wert festzulegen, dass dieser einem bestimmten kleinen, negativen Stromabstand zwischen den Stromrichtern entspricht. Dies ist um so wesentlicher, je mehr die Trägheit in der Anlage derart gross ist, dass die genannten Pendelungen im Zusatzsollwert es oft nicht ermöglichen, auf die Strom- und Spannungsregelung einzuwirken.

Statt den Stromsollwert der Gleichrichterstation auf dem bei der Unterbrechung der Fernmeldeübertragung vorhandenen Wert zu halten, kann in dieser Station als Stromsollwert der in der Station gemessene, tatsächliche Gleichstromwert dienen, d.h. derjenige Wert des zu jeder Zeit von der Wechselrichterstation bestimmten Übertragungsstromes. Dies kann dadurch erfolgen, dass der Messtransduktor 30a in der Station A an das Summierungsglied 35a in dieser Station über ein Schalterglied 38 angeschlossen wird. Dieses Schalterglied wird dann zusammen mit dem Schalterglied 37 betätigt, wie es aus der Fig. 3a hervorgeht. Auf diese Weise wird der Stromabstand stets auf dem im Glied 36a eingestellten Wert ΔI liegen, und zwar unabhängig von allen Pendelungen in dem von der Wechselrichterstation bestimmten Übertragungsstrom. Gleichzeitig wird dann der Sollwert des Hauptsteuersystems 33 unwirksam. Gegebenenfalls kann zwischen den Gliedern 30a und 35a eine Filterung erfolgen, um die Wirkung transientser Störungen, wie beispielsweise Leitungsfehler oder Kommutierungsfehler, zu eliminieren.

Falls ein noch grösserer, ausreichender Stromabstand gewährleistet sein soll, ohne den Anfangswert ΔI übermässig hoch einzustellen, kann der Messwert des Transduktors 30 über ein asymmetrisches Filter 40 an das Summierungsglied 35 angeschlossen werden, wie es in der Fig. 4 dargestellt ist. Bei steigendem Übertragungsstrom steigt der Stromsollwert der Gleichrichterstation nahezu in gleicher Geschwindigkeit wie der Strom an, während der Stromsollwert bei fallendem Strom langsamer abnimmt.

Anstelle der vorstehend beschriebenen Betriebsart, bei der das Netz 2b an das die Wechselrichterstation B angeschlossen ist, stabilisiert werden soll, ist es denkbar, dass das Netz 2a der Gleichrichterstation A stabilisiert wird.

Wenn dabei die Station A von Anfang an stromsteuernd ist, so muss sie auch nach der Unterbrechung des Fernmeldeverbindungsgliedes 34 stromsteuernd bleiben. Dabei wird der Stromsollwert in der Station B auf dem momentanen Wert gehalten, und in der Station A wird der Stromsollwert nach unten begrenzt, um einen bestimmten Stromabstand zu gewährleisten, welcher gegebenenfalls negativ sein kann.

Wenn hingegen von Anfang an die Station B stromsteuernd war, so müssen die Rollen in Übereinstimmung mit dem ersten Beispiel vertauscht werden.

Bei Übertragungsanlagen mit mehr als zwei Stromrichterstationen können die vorstehend beschriebenen, erfindungswesentlichen Merkmale ebenfalls angewandt werden, auch wenn die Verhältnisse dabei schwieriger überschaubar sind.

In der Fig. 5 ist als Ausführungsbeispiel eine Übertragungsanlage für hochgespannten Gleichstrom mit drei Stromrichterstationen dargestellt, von denen die Stromrichterstation A eine Gleichrichterstation ist, während die beiden Stromrichterstationen B und C Wechselrichterstationen sind. Die einzelnen Stromrichterstationen sind in der gleichen Weise angeordnet wie die in der Fig. 1 dargestellten Stromrichterstationen. Die entsprechenden Strom-Spannungskennlinien können den in der Fig. 6 dargestellten Verlauf aufweisen.

Gemäss Fig. 6 ist die Spannung in der Wechselrichterstation C am niedrigsten und daher spannungsbestimmend, während die Stationen A und B jeweils für sich ihren eigenen Strom bestimmen. Die Stromsollwerte für die drei Stationen folgen der Gleichung:

$$I_A = I_B + I_C + \Delta I,$$

wobei der Stromabstand ΔI in der Station C aufgenommen wird. Beispielsweise ist es ferner denkbar, dass das Hauptsteuersystem 33 mit einem Hauptsollwert von der Station B und einem Zusatzsollwert von der Station C gespeist wird, wodurch der Sollwert für die Station A festgelegt wird.

Wenn nun die Fernmeldeverbindungsglieder zwischen den Stationen unterbrochen werden, so muss die Station C Gelegenheit haben, ihre Stromsteuerung selbst zu übernehmen, was durch eine Senkung der Höchstspannung in der spannungssteuernden Station A erfolgt. Die dazu erforderliche Schaltungsanordnung ist in der Fig. 3a dargestellt. Der entsprechende Vorgang kann gegebenenfalls dadurch beschleunigt werden, dass beispielsweise mittels des Stufenschalters am Transformator 17 die Station C gleichzeitig die Höchstspannung in dieser Station erhöht. Dadurch ist die Station C schneller in der Lage, ihre eigene Stromsteuerung zu übernehmen. Die entsprechende Funktion nach der Übernahme der Stromsteuerung durch die Station C ist aus den in der Fig. 7 dargestellten Kennlinien ersichtlich.

In einem solchen Fall ist es zweckmässig, dass der Stromsollwert der Gleichrichterstation A dem Messtransduktor 30 entnommen wird, also stets gleich dem tatsächlichen Gleichstrom zuzüglich dem Stromabstand, welcher zweckmässiger-

weise von der Station C auf Station A übertragen wird.

Die Tatsache, dass die Gleichrichterstation in diesem Fall spannungssteuernd ist, ist beispielsweise dann von grossem Vorteil, wenn eine der Wechselrichterstationen B oder C plötzlich abgeschaltet wird, während die Fernmeldeverbindungsglieder abgeschaltet sind. Wäre die Gleichrichterstation dabei mit einem fixierten Stromsollwert stromsteuernd, so würde dies zur Folge haben, dass die verbleibende Wechselrichterstation überbelastet werden könnte. Da jedoch die Gleichrichterstation spannungssteuernd ist, wird die verbleibende Wechselrichterstation nur den in dieser Station eingestellten Strom führen.

Eine bestimmte kurzzeitige Belastungszunahme in der verbleibenden Wechselrichterstation kann jedoch einerseits aufgrund der Induktivität der Übertragungsleitung und andererseits aufgrund der Neigung des oberen Astes der Gleichrichterkennlinie auftreten.

Wie in der Fig. 8 dargestellt, ist es jedoch möglich, den oberen Ast der Gleichrichterkennlinie horizontal zu legen, um gegen den vorstehend genannten Nachteil vorzubeugen. Eine solche Massnahme erfolgt dadurch, dass die Gleichrichterstation A auf konstante Spannung gesteuert wird, wozu eine Schaltungsanordnung nach der Fig. 9 geeignet ist, welche die in die Gleichrichterstation A nach der Fig. 1 einzuordnen ist.

Aus der Fig. 9 ist ersichtlich, dass an die Übertragungsleitung 1 ein Messspannungsteiler 83 angeschlossen ist, der zusammen mit einem Sollwertgeber 84 an einen Spannungsregler 85 angeschlossen ist. Dieser steuert den Grenzwertgeber 81 über ein Schalterglied 86, das von dem Fehleranzeigergerät 20a für das Fernmeldeverbindungsglied gesteuert wird. In diesem Fall wird der Grenzwertgeber 81 also nicht direkt vom Messwert des Gerätes 20a gesteuert, sondern der Grenzwert für den Gleichrichter wird entsprechend einer bestimmten, gewünschten, konstanten Leitungsspannung eingestellt. Der Sollwertgeber 84 wird zweckmässigerweise abhängig von der Leitungsspannung eingestellt, die unmittelbar vor der Unterbrechung im Fernmeldeverbindungsglied herrschte. Er kann jedoch auch in Abhängigkeit von einem anderen geeigneten Parameter der Anlage eingestellt werden.

Aus dem vorstehenden geht hervor, dass bei der Anwendung der Erfindung in einer Anlage in jedem einzelnen Fall die Prinzipien gemäss der Erfindung gewählt werden müssen, die sich am besten für den betreffenden Betriebsfall eignen. Dabei ist auch zu berücksichtigen, welche Forderungen an den weiteren Betrieb bei verschiedenen Arten von Störungen und Fehlern zu stellen sind.

Aus dem vorstehenden geht ebenfalls hervor, dass die Erfindung einen solchen Fall betrifft, bei dem der Stromsollwert aus einer ersten und einer zweiten Komponente besteht, wobei die zweite Komponente einem Parameter eines Wechselstromnetzes entspricht, welches an eine der Stromrichterstationen angeschlossen ist. Die erste Sollwertkomponente kann, wie bereits erwähnt, ein programmierter Befehl sein, der normalerweise stabiler ist als der zweite. Er kann zufälligerweise auch Null sein. Bei mehr als zwei Stromrichterstationen beziehen sich die beiden (oder mehrere) Sollwertkomponenten normalerweise auf ihre jeweilige Stromrichterstation.

Fig. 1

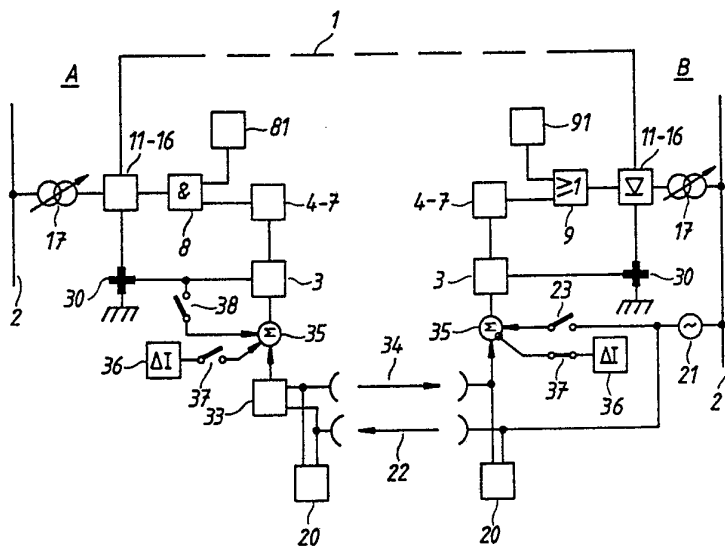


Fig. 2

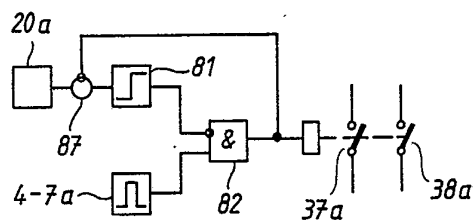
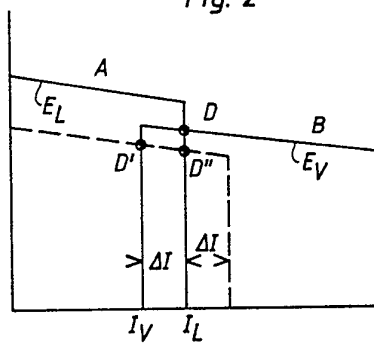


Fig. 3a

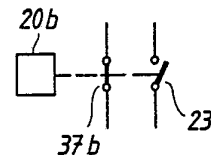


Fig. 3b

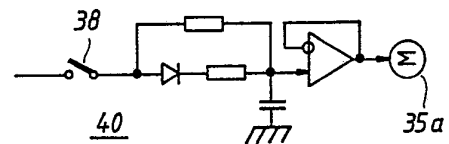


Fig. 4

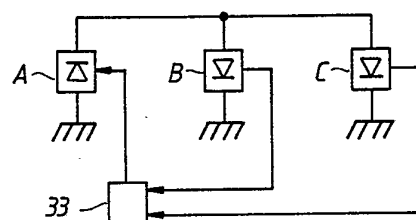


Fig. 5

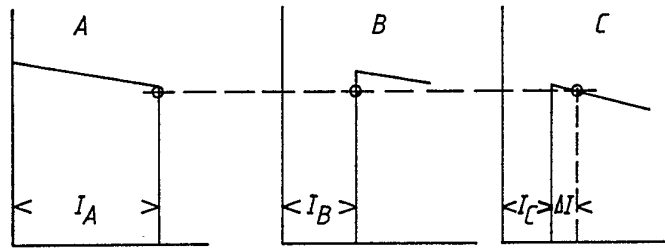


Fig. 6

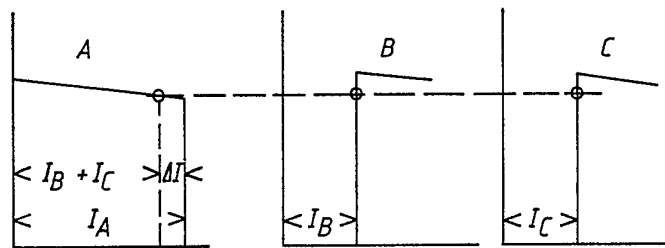


Fig. 7

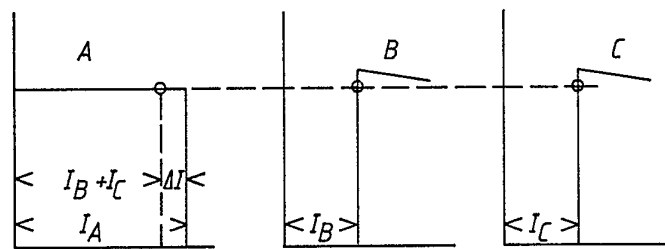


Fig. 8

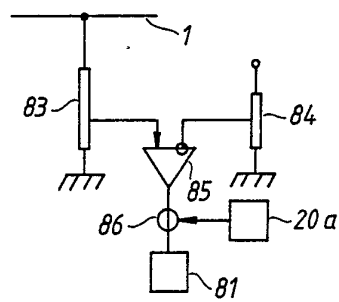


Fig. 9