



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 694 716 A5

51 Int. Cl.⁷: H 02 G 007/20

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 **PATENTSCHRIFT** A5

21 Gesuchsnummer: 02264/99

22 Anmeldungsdatum: 09.12.1999

24 Patent erteilt: 15.06.2005

45 Patentschrift
veröffentlicht: 15.06.2005

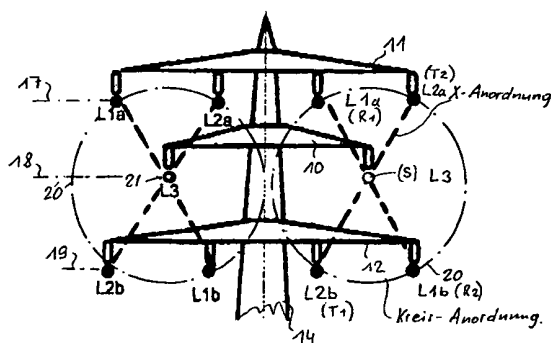
73 Inhaber:
Guido Huwiler, Im Risi
8933 Maschwanden (CH)

72 Erfinder:
Guido Huwiler, Im Risi
8933 Maschwanden (CH)

74 Vertreter:
Ernst Ackermann, Patentanwalt, Egghalde
9231 Egg (Flawil) (CH)

54 **Freileitung für die Wechselstromversorgung.**

57 Die neue Erfindung betrifft eine Freileitung für die Wechselstromversorgung mit wenigstens drei Leitern für ein vorzugsweise phasensynchrones Leitungssystem, welche in drei verschiedenen Ausleger-Ebenen (oben, Mitte, unten) im Abstand zueinander auf Masten (14), an entsprechenden Isolatoren aufgehängt und parallel von Mast (14) zu Mast (14) gespannt sind. Es werden zwei Leiter (R und T) als gespaltene Leiter (R1, R2, T1, T2) ausgebildet, wobei die gespaltenen Leiter (R1, T2) eines Leiters in der oberen Anleger-Ebene (17) und in der unteren Ausleger-Ebene (19), vorzugsweise X-förmig angeordnet sind. Zwei Leiter (R, T) werden als gespaltene Leiter aufgeteilt, je in einer oberen und unteren Anleger-Ebene (17, 19), der dritte Leiter wird in der mittleren Anleger-Ebene 18 angeordnet. Die gespaltenen Leiter (R1, T2, T2, R2) sind kreisförmig angeordnet, deren Mittelpunkt (s) der ungespaltene Leiter bildet. Gespaltene und ungespaltene Leiter bilden mit einer gedachten Diagonalverbindung eine X-Form, wobei die gespaltenen Leiter (R1, R2, T1, T2) aussen und der ungespaltene Leiter in der Schnittstelle der X-Form angeordnet ist.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Freileitung für die Wechselstromversorgung mit wenigstens drei Leitern, für ein vorzugsweise phasensynchrones Leitungssystem (R, S, T), welche in drei verschiedene Ausleger-Ebenen (oben, Mitte, unten), im Abstand zueinander auf Masten an entsprechenden Isolatoren aufgehängt und parallel von Mast zu Mast gespannt sind.

Die Stromleiter von klassischen Hochspannungsleitungen haben im Falle von auf Masten aufgehängten Freileitungen keinerlei Abschirmung. Entsprechend der Stärke von Strom und Spannung ergibt sich eine beachtliche Feldausbreitung. Ohne Stromfluss bildet sich im Prinzip ein reines elektrisches Feld und mit Stromfluss ein elektromagnetisches Feld. In der Folge wird zur Vereinfachung mehrheitlich nur von einem elektromagnetischen Feld, also der gleichzeitigen Wirkung beider Feldarten, gesprochen. Es wird vorausgesetzt, dass die variablen Wirkungen entsprechend den physikalischen Gesetzen bekannt sind. Ein wichtiger Punkt ist die Ausbreitung der Felder. Das Elektromagnetfeld breitet sich ungehindert im freien Raum in Abhängigkeit von der Stromführung sowie der Spannung über Distanzen von bis zu 100 und mehr Metern aus. Je nach Untergrundbeschaffenheit und vor allem wenn Metalleitungen im Boden vorhanden sind, lassen sich entsprechende Feldauswirkungen in einem Vielfachen der Distanz, und in Form von Blindströmen unter Umständen sogar kilometerweit feststellen. Noch bis vor 10 bis 20 Jahren wurden diesem Umstand kaum Beachtung geschenkt. Viele Faktoren wie Besiedlungsdichte, Zunahme des Stromverbrauches, Erhöhung der Spannung, teilweise bereits auf 400 kV und mehr, besonders aber durch das Näherrücken von Siedlungen und Stromtransportleitungen, schufen die Voraussetzung für das heute unter dem Namen Elektromog bekannte Problem in Bezug auf die Umwelt, auf elektronische Geräte, ganz besonders aber auf den Menschen. Wenigstens seit einem Jahrzehnt werden die von Freileitungen erzeugten Felder als Störfelder und damit als Umweltbelastungsfaktor anerkannt. Die Forderung der Reduktion wird immer lauter gestellt.

Um die Stärke des elektromagnetischen Feldes in der Nähe von Hochspannungsleitungen zu verringern, stehen verschiedene Möglichkeiten offen. In gewissen Fällen können geerdete Leiter im Nahbereich und/oder unterhalb der Phasenleiter aufgehängt werden. Diese reduzieren durch die in ihnen induzierten Ströme das Elektromagnetfeld im Nahbereich unterhalb der Leiter um bis zu 30%, im Idealfall bis zu 80%. Zu den weiteren, gut bekannten Massnahmen gehört auch die Erhöhung der Tragwerke. Auf Bodenhöhe verringert eine Vergrösserung der Abstände nicht nur die magnetische, sondern auch die elektrische Feldstärke und das witterungsabhängige Knistern der Leitungen, bekannt unter dem Ausdruck Koronalärm. Der Koronalärm lässt sich jedoch effizienter an der Quelle reduzieren, dadurch dass die Stromleiter gespalten werden. Dabei werden anstelle eines Leiters (je für die Phasen R, S und T) zwei parallele im Abstand von z.B. 10 bis 20 cm geführte

Leiter benutzt, welche in relativ kurzen Abständen mittels Haltern elektrisch und mechanisch verbunden sind. Die beiden Seile eines gespaltenen Leiters bilden als elektrische Leiter betrachtet, einen einzigen Leiter.

Bei Freileitungen kommen aus Kostengründen klassische Abschirmtechniken kaum in Frage. Von der 3-phasigen Stromführung im Haushalt, sei es für Herdplatten oder Waschmaschinen, ist die nahezu Aufhebung der Feldausbreitung bekannt. Dies ergibt sich durch die zumindest theoretisch exakte Phasenverschiebung des sinusförmigen Spannungs- und Stromverlaufes. Es lag deshalb nahe, eine Feldkompensation durch eine optimierte Anordnung der Phasen zu erreichen. Bei Freileitungen – vor allem bei mehrsträngigen – können die von ihnen verursachten Elektromagnetfelder durch eine geeignete Anordnung der Leiter stark reduziert werden.

Die WO94/16 484 (König) zeigt eine Lösung mit Feldkompensation durch spezielle Leiteranordnungen. Soweit dem Anmelder bekannt ist, wurde diese nie in die Praxis umgesetzt. Es ist zunächst zu beachten, welchen Positionen am Mast die verschiedenen Phasen zugeordnet werden. Bei zweisträngigen Leitungen gibt es drei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten, die Phasen anzuordnen. Bei der spiegelsymmetrischen Anordnung hängen die Leiter sich entsprechender Phasen jeweils auf gleicher Höhe am Mast gegenüber. Bei der zirkulären Anordnung hängen nur auf der mittleren Höhe und bei der gemischten Anordnung nur auf dem untersten oder obersten Ausleger Leiter zu gleichen Phasen einander gegenüber. Obwohl diese Lösungen nun schon seit einiger Zeit bekannt sind, wurde diesen Kombinationsmöglichkeiten von den Leitungsbauern wenig Beachtung geschenkt. Die einzelnen Kombinationen können allerdings bei gleichem Strom sehr unterschiedliche Magnetfelder hervorrufen. Werden statt der üblichen sechs, zehn Leiter für eine Übertragung in zwei Strängen verwendet, lässt sich das Magnetfeld auf Bodenhöhe sowohl in unmittelbarer Nähe der Leitungssachse, wie auch in grösserer Entfernung davon verringern. In der gemäss WO94/16 484 optimierten Anordnung wird der Strom in zwei von drei Phasen je hälftig geteilt. Die Stromstärken der zwei Teilströme müssen gut ausgewogen sein. Die beiden Hälften der Ströme der aufgeteilten Phasen werden durch getrennte Leiter geführt. Die Leiter mit aufgeteilten Phasen sind um den Leiter mit nicht aufgeteilter Phase angeordnet. Die halbierten Phasen hüllen sozusagen die dritte Phase ein. Dies hat zur Folge, dass sich die Magnetfelder stärker zwischen diesen Leitern konzentrieren und dafür in Richtung auf den Boden abgeschwächt werden. Die Resultate von Modellrechnungen zeigen, dass im Idealfall die Elektromagnetfelder auf Bodenhöhe im Gebiet der Leitungssachse wie auch in seitlichem Abstand dazu um mehr als die Hälfte reduziert werden. Die Rechnungen wurden auch durch Messungen überprüft. An einem realen Modell der 10-Leiter-Freileitung wurde bestätigt, dass mit dem Übergang von einer konventionellen 6-Leiter-Konfiguration zu einer 10-Leiter-Konfiguration das Magnetfeld um bis zu 70% reduziert werden kann. Abgesehen von den grösseren Kosten für eine 10-Leiter-Freileitung in Bezug auf eine 6-Lei-

ter-Freileitung lag der Hauptgrund für die fehlende Akzeptanz wohl darin, dass die vorgeschlagene Lösung nicht konform zu den gültigen Vorschriften für die Ausgestaltung von Freileitungen war.

Der Erfindung wurde nun die Aufgabe zugrunde gelegt, nach Lösungen zu suchen, mit denen die grösstmögliche Störfeldreduktion mit wirtschaftlich tragbarem Aufwand erreichbar ist, welche aber auch in der gängigen Praxis des Freileitungsbaues akzeptierbar ist.

Die erfindungsgemässe Lösung ist dadurch gekennzeichnet, dass zwei Leiter als gespaltene Leiter ausgebildet, und die gespaltene Leiter eines Leiters in der oberen Ausleger-Ebene und in der unteren Ausleger-Ebene, vorzugsweise «X»-förmig angeordnet sind.

Vom Erfinder ist erkannt worden, dass das Auffinden einer theoretischen Lösung sehr wertvoll ist, dass aber das Entscheidende die Umsetzung in die Praxis ist (reduced to practice). Für die Praxisumsetzung geben die geltenden Vorschriften einerseits und die Zweckmässigkeit andererseits in der Mehrzahl der Fälle den Ausschlag dafür, ob eine Lösung in der Fachwelt akzeptiert wird. Es ist eine generelle Erfahrung, dass eine noch so gute, neue Lösung aufgrund von ökologischen Kriterien allein vom Fachmann sehr selten übernommen wird, nicht zuletzt deshalb, weil er die bisherige Lösung kennt und von einer neuen befürchtet, dass doch auch wieder neue, noch nicht erkennbare Nachteile auftreten werden. Bei der Lösung nach der WO94/16 484 (König) werden konkret folgende Nachteile genannt:

- Grosser mittlerer Ausleger / Arme
- Beansprucht mehr Land / Gefährdung erhöht
- Höherer Grenzabstand zu den Häusern
- Landschaftsschutz / Ästhetik beeinträchtigt
- Entspricht z.B. nicht den schweizerischen Vorschriften.

Als entscheidender Nachteil jedoch ergaben Abklärungen mit den Netzbetreibern, dass es nicht möglich ist, drei mal drei Leitungen auf den mittleren Mast-Auslegern so nahe beieinander zu platzieren. Arbeiten auf Masten werden häufig durchgeführt, wenn ein Teil der Leitungen noch unter Spannung ist. Hier ist ein genügender Abstand von Leiter zu Leiter Voraussetzung. Auf den kürzesten Nenner gebracht kann der Unterschied der Lösung König zu der neuen Lösung wie folgt dargestellt werden:

- neu: 2 mal «X»
- König: 2 mal + (Kreuz)

Es ergeben sich von der neuen Lösung folgende Vorteile:

- Es gibt keine weiten, mittleren Ausleger für je zwei mal drei Leitungen (Isolatoren!)
- Der oberste und unterste Leiter wird neu mit zwei mal zwei Leitungen / Isolatoren ausgerüstet. Dies entspricht der gängigen Praxis (ohne Berücksichtigung des Phasensplittings) und einer 10-Leiter Freileitung.
- Das Mastbild wird kompakter und ausgeglichener im Vergleich zum Modell König
- Die Grenz-/Sicherheitsabstände zu Gebäuden werden kleiner
- Entspricht den schweizerischen Vorschriften
- Die Koronageräusche sind reduziert

- Die Magnetfelder werden im Vergleich zu den Standard-Masten um ca. 70% reduziert.

Ein nicht unwichtiger Punkt liegt darin, dass die neue Lösung mit den bestehenden Lösungen z.B. auf demselben Mast kombinierbar ist.

Die neue Lösung erfordert unstrittig durch die Spaltung von zwei Leitern gegenüber der bisherigen Praxislösung einen Mehraufwand für die Erstellung des Leitungsnetzes. Sie erfordert eine Mehrinvestition, was an sich nicht verwunderlich ist, wenn davon ausgegangen werden muss, dass für die bestehenden Lösungen seit deren Einführung die Feldproblematik nie ein zentrales Kriterium war. Die neue Lösung hat nun aber als wichtigsten Vorteil für die Praxis, dass erstens sensible Abschnitte in einer ersten Stufe umgerüstet werden und die Feldbelastung damit nun bis 70% reduzierbar sind. Zweitens steht bei Leistungserhöhung mit der neuen Lösung eine technische Reduktionsmöglichkeit zur Verfügung, derart, dass nach der Leistungserhöhung die Belastung sogar tiefer ist, gegenüber dem Ursprungszustand. Ein weiterer wichtiger Aspekt ergibt sich aus der Abwägung, sollen die Masten höher gebaut oder die neue Lösung vorgesehen werden. Hier bestehen gute Aussichten, dass die neue Lösung sogar preisgünstiger sein kann.

Schon seit längerer Zeit wird eine starke Absenkung der Grenzwerte für elektromagnetische Immissionen diskutiert, dies aufgrund von Verdachtsmomenten, wonach wesentlich schwächere Felder als die bisher angenommenen Wirkungen auf die Gesundheit haben können. In diesem Zusammenhang sprechen Fachleute von elektrosensiblen Menschen, deren Anteil bis 20% der Bevölkerung ausmachen könne. Die Frage, wie sich elektromagnetische Felder reduzieren lassen, ist daher äusserst aktuell. Diese Diskussion wird nicht nur in der Schweiz, sondern auch in anderen Staaten wie etwa Deutschland und den Vereinigten Staaten intensiv geführt. Auch wenn die offiziellen Grenzwerte eingehalten werden, sind Rechtsstreite im Gange, weil Bewohnerschaft und Besitzer nicht mehr bereit sind, weitere Hochspannungsleitungen zu dulden, unter anderem auch weil die Grundstücke in der Nähe von Hochspannungsleitungen an Wert verlieren können. Nicht zuletzt besteht hierzu ein realer Planungskonflikt zwischen Zonen, die für eine spätere Überbauung ausgeschieden werden, und der Erstellung einer Hochspannungsleitung in dem Bereich dieser Zonen. In sehr vielen Fällen kann mit der neuen Lösung ein Konflikt vermieden werden.

Die neue Lösung gestattet eine ganze Anzahl von besonders vorteilhaften Ausgestaltungen.

Vorteilhafterweise wird der Mast als 10-Leiter-Freileitung mit drei übereinander angeordneten Auslegern ausgebildet, wobei die Verankerungsstellen für die entsprechenden Isolatoren bzw. Leitungen bilden, und Ausleger vorzugsweise symmetrisch ausgebildete Doppelausleger sind, für zwei getrennte Stromtransporte, beidseits des Mastes.

In der weit überwiegenden Zahl werden die Masten auf beiden Seiten mit einer identischen Leiterkonfiguration ausgebildet. Dies hat vor allem den Vorteil einer symmetrischen Belastung für die statische Festigkeit des Mastes. Die neue Lösung hat

hier den Vorteil, dass auch eine Feldreduktion zwischen den beiden Seiten möglich ist durch eine identische oder z.B. spiegelbildliche «X»-Anordnung auf beiden Mastseiten auch in Abhängigkeit der Stromflussrichtung.

Bevorzugt werden die drei Leiter eines Leitungssystems kreisförmig auf einer Seite des Mastes angeordnet, mit den beiden gespaltenen Leitern am Kreisumfang und dem dritten als Zentrumsleiter, etwa als Mittelpunkt des Kreises. Die neue Lösung erlaubt die bisherige Praxis in Bezug auf die bauliche Ausgestaltung anzuwenden, wonach der Ausleger in der mittleren Ebene kurz und die beiden anderen Ausleger länger auskragend ausgebildet sind. Bei sehr hohen Spannungen kann auch der Zentrumsleiter als Doppelleiter mit kurzen Verbindungs-laschen ausgebildet und damit der weiter vorne beschriebene Koronaeffekt reduziert werden.

Die neue Lösung bietet ferner grosse Vorteile vor allem als Überlandleitung im Hochspannungsnetz, wobei der Mast als Hochspannungsmast für den Bereich von zehn bis zu hunderten von kiloVolt (kV) ausgebildet ist. Sehr oft sieht man jedoch die Leitungen in dem Bereich der sogenannten Mittelspannung z.B. mit drei oder sechs Leitern beinahe an Häuserfronten vorbeigeführt. Hier bringt die neue Lösung eine drastische Senkung der Feldbelastung in den betreffenden Häusern, nicht nur für den Menschen, sondern auch für elektrisch/elektronische Einrichtungen.

Gemäss einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird der kürzeste Abstand zwischen zwei Leitern auf einer Mastseite etwa gleich gross wie der kürzeste Abstand der zwei nächstgelegenen Leiter von beiden Mastseiten gewählt. Dies hat nicht zuletzt für die Arbeiten der Berufsleute auf den Masten grosse Vorteile, weil sie mit ihren gewohnten technischen Hilfsmitteln einsetzen können. Die gespaltenen Leiter haben etwa einen gleichen Querschnitt und zwei gespaltene Leiter zusammen und entsprechen etwa dem Leitungsquerschnitt eines ungespaltenen Leiters.

In der Folge wird die neue Lösung anhand einiger Beispiel kurz beschrieben. Es zeigen:

die Fig. 1 eine idealisierte Darstellung des sinusförmigen Verlaufes von Strom und Spannung einer Phase des Wechselstromes über der Zeit;

die Fig. 2 die typische Phasenverschiebung bei Drehstrom mit drei Phasen;

die Fig. 3 Beispiel einer Reduktion der Felddausbreitung mit geerdeten Kompensationsleitern;

die Fig. 4, 5a und 5b die bekannte Felddausbreitung bei Hochspannungsleitungen ohne Reduktionsmassnahmen;

die Fig. 6a, 6b und 7a Lösungen des Standes der Technik, wobei die Fig. 7b bereits die neue Lösung zeigt;

die Fig. 8 ein Hochspannungsmast mit der neuen Lösung;

die Fig. 9 Darstellung der Leiteranordnung mit zwei je gespaltenen Leitern.

Die Fig. 1 zeigt idealisiert den zeitlichen Verlauf eines Wechselstromes gemäss Lehrbuchdarstellung. Es wird auf das gängige Schulwissen verwiesen.

Die Fig. 2 zeigt, dass im Falle von drei Leitern die

Summe von Strömen bzw. Spannungen bei gleicher Belastung aller drei Leiter stets Null ist. Es findet eine nahezu Aufhebung des an die Umgebung abgestrahlten Wechselfeldes statt. Messen wir das elektrische Feld in der Nähe eines Kochherdes, oder der Waschmaschine, die nicht 230 V sondern 400 Volt Spannung angeschlossen sind, stellen wir überraschend tiefe Werte fest. Der Grund: es hat drei Leiter und die Summe von Strömen und Spannungen sind bei gleicher Belastung aller Leiter Null. Es bildet sich in der Umgebung ein relativ kleines elektromagnetisches Wechselfeld oder Störfeld.

Die Fig. 3 zeigt eine bekannte Möglichkeit der Feldverminderung durch Kompensationsleiter, welche mit Erde verbunden sind. Durch den induzierten Strom in die Kompensationsleiter besteht zumindest die Gefahr, dass durch Ableitung in das Erdreich zusätzliche sogenannte Kriechströme verursacht werden, die an sich wieder ein Problem darstellen können.

Die Fig. 4, 5a und 5b sind dem Fachbuch Elektromagnetische Verträglichkeit, Verlag Technik, Berlin, entnommen. Es wird auf die entsprechende Literatur verwiesen.

Die Fig. 6a zeigt eine der am meisten verbreiteten 6-Leiteranordnungen für Hochspannungsleitungen. L1, L2 und L3 bedeuten dabei je einen Leiter, entsprechend R, S und T in schulmässiger Bezeichnung. Die Fig. 6b ist die Lösung gemäss WO94/16 484 und ist entsprechend dem Erfinder mit König bezeichnet. Für weitere Informationen wird auf diese Veröffentlichung verwiesen. Soweit es die physikalischen Grundlagen betrifft, wird der Inhalt der Druckschrift zum integrierenden Bestandteil des vorliegenden Gesuches erklärt. Die Figuren dienen als Erklärungsmodell, welche einige Anordnungen der Phasen ausführten. Die Leiterpositionen sind ähnlich zu denen einer 230-kV-Leitung, sind aber zum Vergleich mit der nachfolgend beschriebenen 10-Leiteranordnung verkleinert und symmetrisiert.

Bei zweisträngigen Leitungen gibt es drei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten, die Phasen anzuordnen. Bei der spiegelsymmetrischen Anordnung hängen die Leiter sich entsprechender Phasen jeweils auf gleicher Höhe am Mast gegenüber. Bei der zirkulären Anordnung hängen nur auf der mittleren Höhe und bei der gemischten Anordnung nur auf dem untersten oder obersten Ausleger Leiter zu gleicher Phasen einander gegenüber und starke Magnetfelder erzeugen können wie bei einer spiegelsymmetrischen Anordnung. Die Situation ist verschieden, wenn die elektrische Leistung des einen Stranges in die Gegenrichtung zu jener im zweiten Strang fliesst. Da in Hochspannungsleitungen die Übertragungsrichtung in einzelnen Strängen gelegentlich wechseln kann, sind die Vorteile von so optimierten Anschlusskonfigurationen im Allgemeinen zeitlich beschränkt wirksam. Werden statt der üblichen sechs zehn Leiter für eine Übertragung in zwei Strängen verwendet, lässt sich das Elektromagnetfeld kompensieren.

Die Fig. 7a entspricht der Fig. 6a und zeigt eine Gegenüberstellung mit der neuen erfindungsgemässen Lösung (Fig. 7b). Die Fig. 8 zeigt ein typisches Bild in Bezug auf die Auslegeranordnung für die neue Lösung. Die mittleren Ausleger 10 sind verkürzt, sowohl

gegenüber dem oberen Ausleger 11 wie auch dem unteren Ausleger 12. Die Leiter hängen an Isolatoren 13. Alle drei Ausleger 10, 11 und 12 sind starr an einem Hochspannungsmasten 14 fixiert, so dass jedwelche Kräfte über den Masten 14 und Sockel 15 im Erdboden 16 abgefangen werden. Bei der neuen Lösung sind verschiedene Kriterien wichtig.

1. Die Leiter sind in unterschiedlichen Ebenen, einer oberen Ebene 17, einer mittleren Ebene 18 sowie einer unteren Ebene 19 angeordnet. Der Leiter L3 (S) ist als ungespaltener Leiter in der Ebene 19 (Mitte). Die Leiter L1a, L2a (R1, T2) sind als gespaltene Leiter in der Ebene 17 (oben). Die Leiter L2b, L1b (T1, R2) sind als gespaltene Leiter in der Ebene 19 (unten). Mit dem Distanzmass A wird angedeutet, dass die minimalen Abstände zwischen den verschiedenen Leitern überall etwa gleich gross sind. Die etwa gleiche Grösse betrifft jedoch in erster Linie die bautechnische Frage. Für die Feldkompensation können die Abstände je nach besonderen Situationen z.B. zwischen 10 und 20% variieren.

2. Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt ergibt sich aus der Fig. 9, nämlich die «X»- sowie die Kreisordnung. Der strichpunktierte Kreis 20 gibt einen ungefährten Anordnungsbereich für die gespaltene Leiter L1a, L2a, L2b, L1b. Im Zentrum 21 des Kreises 20 ist der ungespaltene Leiter L3 (S).

3. Die «X»-Anordnung.

Aus der Fig. 9 erkennt man die zusätzliche Forderung der X-Anordnung. Die «X»-Anordnung ergibt sich aus der diagonalen Verbindung aller Leiter durch das Zentrum 21 (strichlierte Linie). Gemäss der neuen Erfindung ergeben sich folgende Regeln:

- Zwei Leiter werden als gespaltene Leiter aufgeteilt, je in einer oberen und unteren Ebene (17, 19), der dritte Leiter wird in der mittleren Ebene 18 angeordnet.

- Die gespaltene Leiter sind kreisförmig angeordnet, deren Mittelpunkt der ungespaltene Leiter bildet.

- Gespaltene und ungespaltene Leiter bilden mit einer gedachten Diagonalverbindung eine X-Form, wobei die gespaltene Leiter aussen und der ungespaltene Leiter in der Schnittstelle der X-Form angeordnet ist.

- Der ungespaltene Leiter kann im Hinblick auf die Koronaproblematik ebenfalls zwei oder 4-fach gespalten sein, ist jedoch wie im Stand der Technik durch kurze Verbindungsstücke verbunden.

- Die gespaltene Leiter können über kurze Verbindungen gehalten nochmals gespalten sein, wenn dies von der Spannung erforderlich ist.

Patentansprüche

1. Freileitung für die Wechselstromversorgung mit wenigstens drei Leitern (R, S, T) für ein vorzugsweise phasensynchrones Leitungssystem, welche in drei verschiedenen Ausleger-Ebenen (oben, Mitte, unten) im Abstand zueinander auf Masten, an entsprechenden Isolatoren aufgehängt und parallel von Mast zu Mast gespannt sind, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Leiter als gespaltene Leiter ausgebildet und die gespaltene Leiter eines Leiters in der oberen Ausleger-Ebene und in der unteren Ausleger-Ebene, vorzugsweise X-förmig angeordnet sind.

2. Freileitung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Masten mit drei übereinander angeordneten Auslegern ausgebildet sind, und die Verankerungsstellen für die entsprechenden Isolatoren bzw. Leitungen bilden, wobei die Ausleger vorzugsweise symmetrisch ausgebildete Doppelausleger sind, für zwei getrennte Stromtransporte, beidseits des Mastes.

3. Freileitung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die drei Leiter eines Leitungssystems kreisförmig auf einer Seite des Mastes angeordnet sind, mit den beiden gespaltene Leitern am Kreisumfang und dem dritten als Zentrumsleiter, etwa als Mittelpunkt des Kreises.

4. Freileitungen nach einem der Ansprüche 2 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausleger in der mittleren Ebene kurz, und die beiden anderen Ausleger länger auskragend ausgebildet sind.

5. Freileitung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Zentrumsleiter als Doppelleiter mit kurzen Verbindungslaschen ausgebildet ist.

6. Freileitung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass diese als Überlandleitung im Hochspannungsnetz und der Mast als Hochspannungsmast ausgebildet ist.

7. Freileitung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zu den wenigstens drei Leitern wenigstens ein Erdleiter zur Feldreduktion parallel geführt ist.

8. Freileitung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der kürzeste Abstand zwischen zwei Leitern auf einer Mastseite etwa gleich gross ist wie der kürzeste Abstand der zwei nächstgelegenen Leiter von beiden Mastseiten.

9. Freileitung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die gespaltene Leiter etwa einen gleichen Querschnitt und zwei gespaltene Leiter zusammen etwa dem Leitungsquerschnitt eines ungespaltene Leiters entsprechen.

10. Freileitung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um Stromtransportleitungen von zehn bis hundertern von KV-Leitungen handelt.

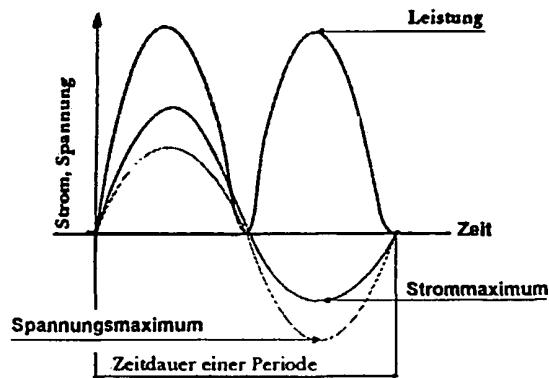


Fig. 1 Zeitlicher Verlauf eines Wechselstromes

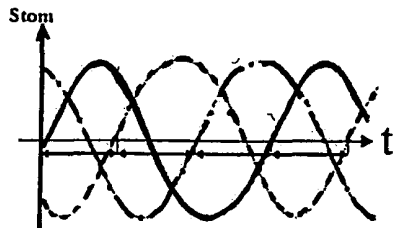


Fig. 2

Die Anordnung eines geerdeten Kompensations- oder Begleitleiters, wie aus nebenstehender Figur ersichtlich, bringt eine Feldverminderung um 80%

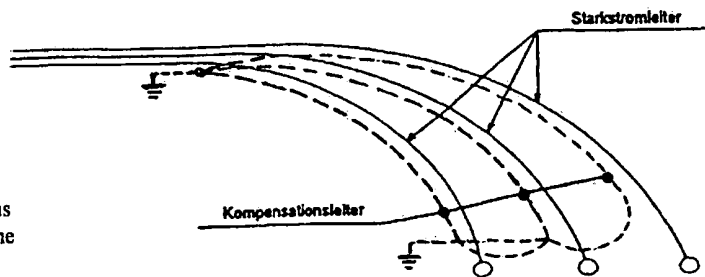


Fig. 3

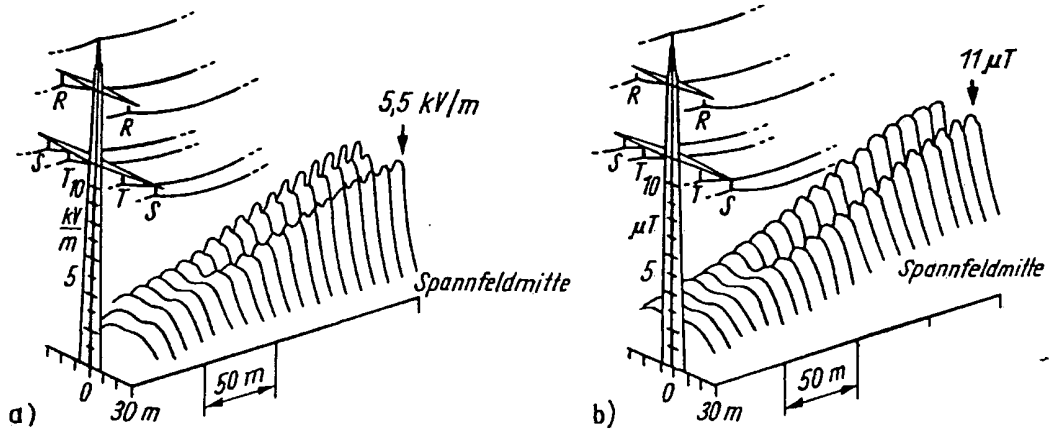


Bild 7.2. Feldstärkeverlauf am Erdboden unterhalb einer 380-kV-Freileitung [7.8]
 a) elektrisches Feld; b) magnetisches Feld (bei 1 kA je Stromkreis)

Fig. 4

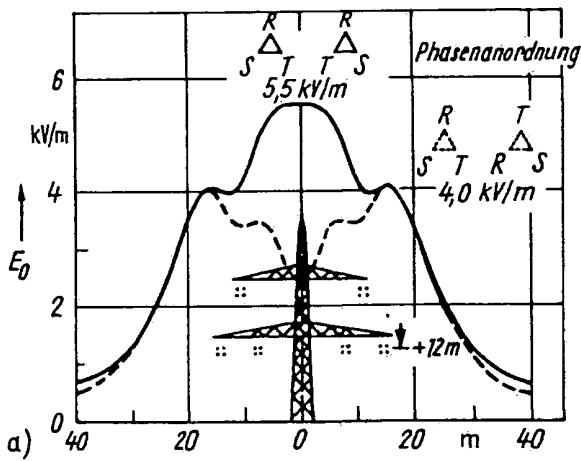


Fig. 5a

Bild 7.3. Querprofil des 50-Hz-Feldes am Erdboden in Spannfeldmitte [7.8]
 a) elektrisches Feld; b) magnetisches Feld (bei 1 kA je Stromkreis)

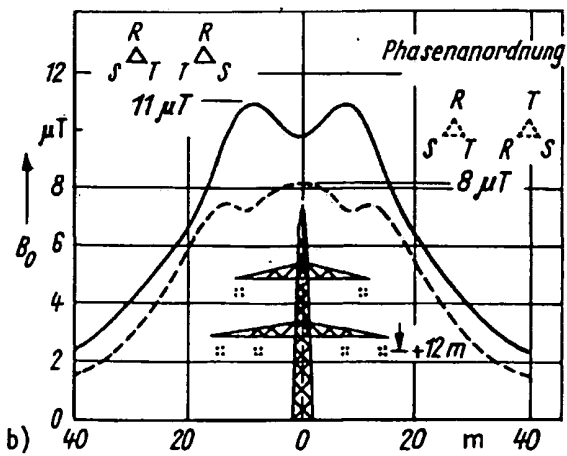


Fig. 5b

Alt

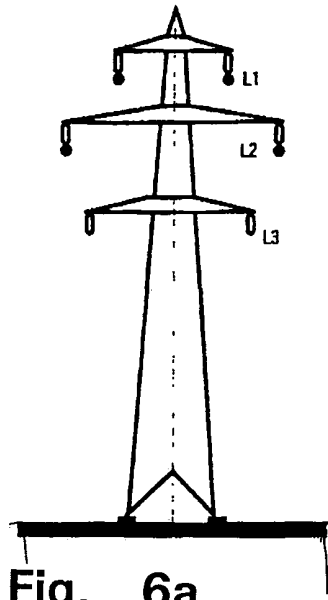


Fig. 6a

nach König

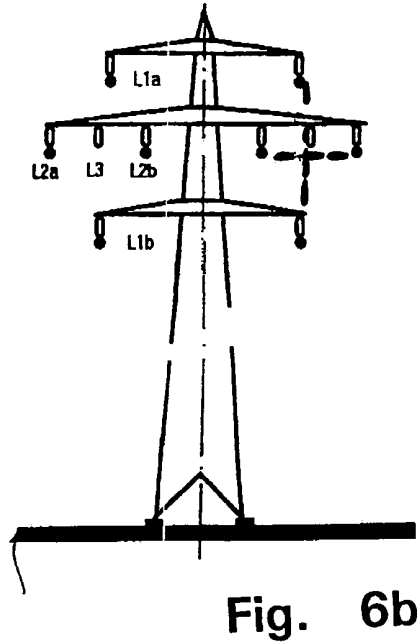


Fig. 6b

Alt

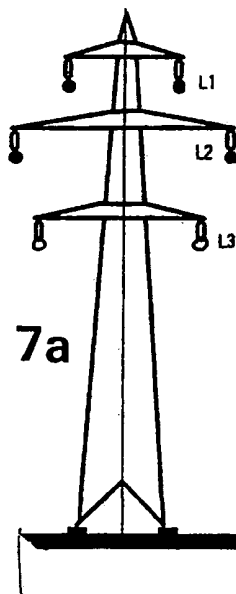


Fig. 7a

Neu

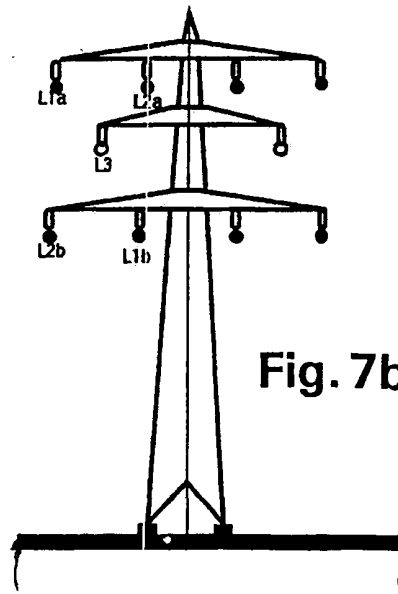


Fig. 7b

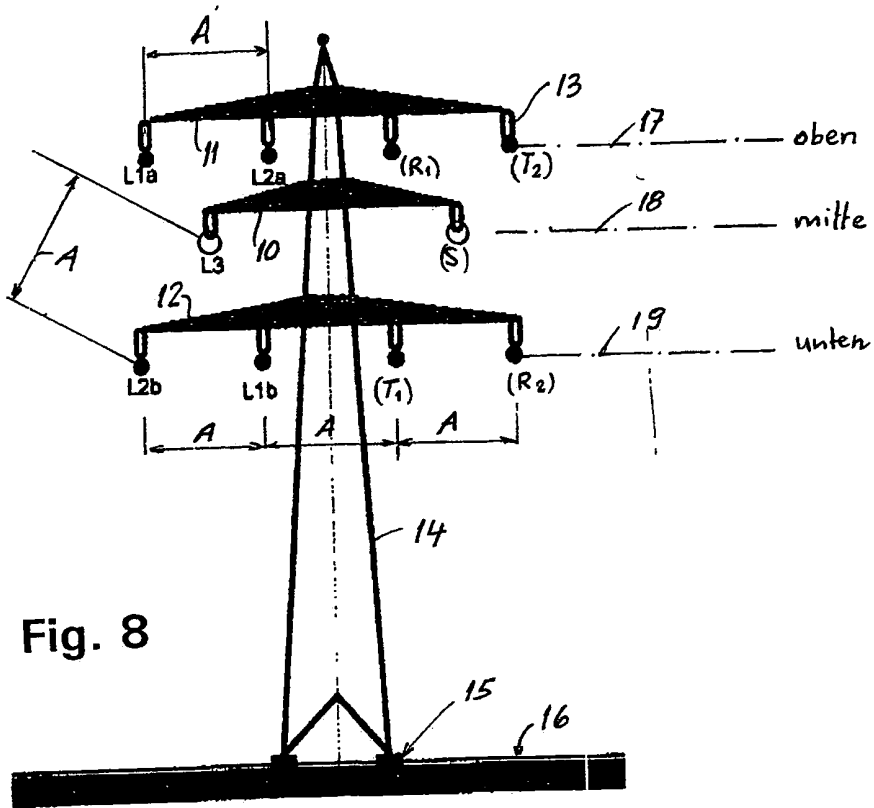


Fig. 8

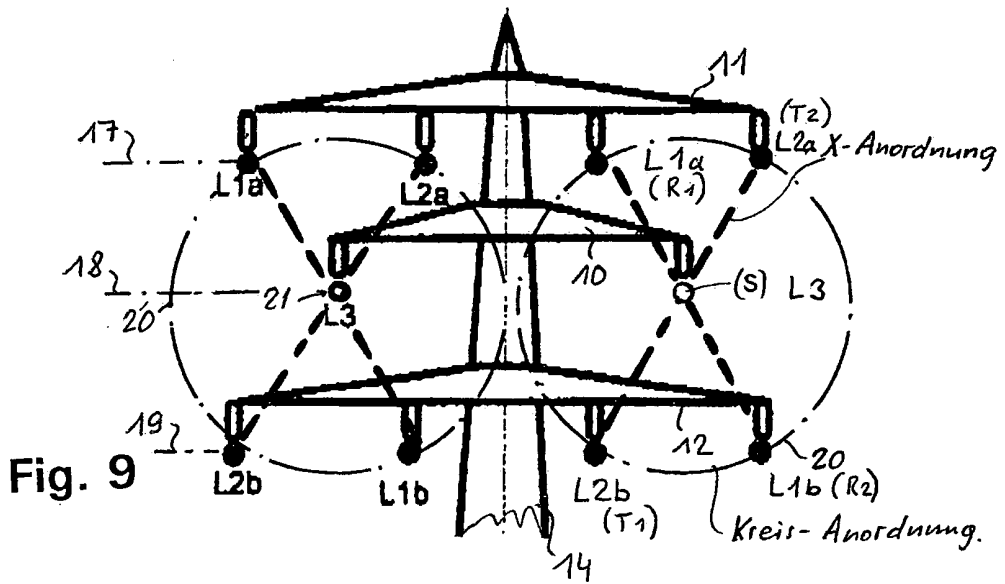


Fig. 9