

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4080073号
(P4080073)

(45) 発行日 平成20年4月23日(2008.4.23)

(24) 登録日 平成20年2月15日(2008.2.15)

(51) Int.Cl.		F I	
B60M	3/00	(2006.01)	B60M 3/00 D
B60M	1/12	(2006.01)	B60M 1/12 B F H G
B60M	1/22	(2006.01)	B60M 1/22 Z

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願平10-287405	(73) 特許権者	000173784
(22) 出願日	平成10年10月9日(1998.10.9)		財団法人鉄道総合技術研究所
(65) 公開番号	特開2000-118270(P2000-118270A)		東京都国分寺市光町2丁目8番地38
(43) 公開日	平成12年4月25日(2000.4.25)	(74) 代理人	100089635
審査請求日	平成17年4月28日(2005.4.28)		弁理士 清水 守
		(74) 代理人	100096426
			弁理士 川合 誠
		(72) 発明者	上條 弘貴
			東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財
			団法人 鉄道総合技術研究所内
		(72) 発明者	秦 広
			東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財
			団法人 鉄道総合技術研究所内
		審査官	村上 哲
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鉄道用超電導き電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) 沿線に沿って配置された複数の変電所に接続される、加圧窒素のような低温液体が充填される高温超電導ケーブルからなる電線と、

(b) 該電線とある間隔ごとに接続されるトロリー線と、

(c) レールからなる帰線とを具備することを特徴とする鉄道用超電導き電システム。

【請求項2】

(a) 沿線に沿って配置された複数の変電所に接続される、加圧窒素のような低温液体が充填される高温超電導ケーブルからなる電線と、

(b) 該電線とある間隔ごとに接続されるトロリー線と、

(c) レールと、該レールに並列に接続される、加圧窒素のような低温液体が充填される高温超電導ケーブルからなる帰線とを具備することを特徴とする鉄道用超電導き電システム。

【請求項3】

請求項1又は2記載の鉄道用超電導き電システムにおいて、前記電線は直流電線であることを特徴とする鉄道用超電導き電システム。

【請求項4】

請求項1、2又は3記載の鉄道用超電導き電システムにおいて、前記変電所の間隔延長を行い、1箇所の変電所が分担する領域を拡大することを特徴とする鉄道用超電導き電システム。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、鉄道用超電導き電システムに関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

図9は従来の鉄道用き電システムの模式図、図10は従来の鉄道用き電システムを示す図である。

図9において、101は交流送電線、102は変電所、103はき電線、104はトロリー線、105は区分閉器、106は帰線となるレール、107は電車である。

10

【0003】

この図に示すように、従来のき電線103は、アルミや銅線を使用し、変電所102から沿線に設置され、ある間隔ごとにトロリー線104とつながれるように構成されている。図10において、111はコンクリート柱、119はき電分岐線、112は長幹碍子、113は可動ビーム、116はちょう架線、115はバンド、114は振止金具、125は腕金、120はトロリー線、123は碍子、124は信号高圧配電線、121はハンガ、122はき電線、124は信号高圧配電線である。

【0004】

また、超電導ケーブルを利用した送電についての検討は以前より行われてきたが、その開発は金属系超電導体での冷却や耐圧の問題などにより進まなかった。しかし、高温超電導体を用いた超電導ケーブルが開発され、液体窒素での冷却が可能となり、電力会社、線材メーカーを中心にその開発が進められている。

20

【0005】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、電力用の超電導ケーブルでは、交流送電による交流損や偏流の問題、耐圧の問題、直流通電には交直変換器が必要になる等、その実用化には多くの問題がある。一方、鉄道分野に目を向けると、電化方式として、直流き電方式が採用されている。直流き電方式は、通電電流が直流であり、電圧も1500Vと比較的低圧であることなどから、超電導ケーブルを使用する場合に電力分野では課題となる問題もクリアできる可能性が高い。

30

【0006】

また、高温超電導ケーブルをき電線に用いることにより、き電線の抵抗が小さくなるため、き電線における電力損失や電圧降下が低減され、変電所の間隔延長や集約の可能性、回生率の向上による省エネルギー、設備投資削減、保守低減等の利点につながると考えられる。

そこで、本発明は、上記状況に鑑みて、高温超電導ケーブルを鉄道用き電線として導入し、き電線の抵抗を極力小さくすることにより、き電線における電力損失や電圧降下が低減され、変電所の間隔延長や集約、回生電力の有効利用を図り得る鉄道用超電導き電システムを提供することを目的とする。

【0007】**【課題を解決するための手段】**

本発明は、上記目的を達成するために、

(1) 鉄道用超電導き電システムにおいて、沿線に沿って配置された複数の変電所に接続される、加圧窒素のような低温液体が充填される高温超電導ケーブルからなるき電線と、このき電線とある間隔ごとに接続されるトロリー線と、レールからなる帰線とを具備するようにしたものである。

40

【0008】

(2) 鉄道用超電導き電システムにおいて、沿線に沿って配置された複数の変電所に接続される、加圧窒素のような低温液体が充填される高温超電導ケーブルからなるき電線と、このき電線とある間隔ごとに接続されるトロリー線と、レールと、このレールに並列に

50

接続される、加圧窒素のような低温液体が充填される高温超電導ケーブルからなる帰線とを具備するようにしたものである。

【0009】

〔4〕上記〔1〕、〔2〕又は〔3〕記載の鉄道用超電導き電システムにおいて、前記変電所の間隔延長を行い、1箇所の変電所が分担する領域を拡大するようにしたものである。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

図1は本発明の第1実施例を示す高温超電導ケーブルを導入した鉄道用直流き電システムの模式図、図2はその高温超電導ケーブルの導体の一例を示す斜視図、図3はその高温超電導ケーブルの構造の一例を示す斜視図、図4はその高温超電導ケーブルの終端端末の構造の一例を示す図である。

10

【0011】

図1において、1は交流送電線、2は変電所、3は超電導ケーブルを用いた直流き電線、4はトロリー線、5は区分開閉器、6はレールからなる帰線、7は電車である。

本発明では、直流き電線を高温超電導ケーブルに置き換えることを基本として、それに基づいた好適な鉄道用直流き電システムを構築する。

【0012】

その高温超電導ケーブルを用いた直流き電線3は、電力用として、主に交流66kV、数千kA程度の高温超電導ケーブルが開発されている。ケーブル用導体としては、図2に示すように、Bi₂2₂3超電導体の銀シースのテープ線（高温超電導線）12をアルミコルゲートパイプなどのフォーマー11に絶縁テープ13を介してスパイラル巻きした構造が主流である。なお、図2において、10はインナー液体窒素通路である。

20

【0013】

高温超電導ケーブルとしては、図3に示すように、液体窒素を含浸した絶縁紙や押し出し高分子により、導体を電気絶縁し、積層真空断熱容器中に収めて、フォーマー及び導体と断熱容器間の空間に液体窒素を流す構造が取られており、フレキシビリティを有している。一例を示すと、図3において、高温超電導ケーブル15は、インナー液体窒素通路10、フォーマー11、Bi₂2₂3超電導体の銀シースのテープ線（高温超電導線）12、誘電体15a、絶縁スクリーン15b、アウター液体窒素通路15c、インナー波形パイプ15d、熱絶縁体15e、アウター波形パイプ15f、PVC層15gから構成されている。また、電力用の接続、分岐装置としては、77kV用200Aや66kV/1.4kArmsの通電容量のものが開発されているが、これらに基づいて、本発明の高温超電導ケーブルを導入した鉄道用直流き電システムの分岐装置を構築することができる。

30

【0014】

例えば、図4に示すように、高温超電導ケーブル15の回りには加圧液体窒素20が充填されている。21はケーブル部液体窒素出口、22はFRP套管、23は常電導-超電導接続部、24は液体窒素、25は窒素ガス、26はケーブル部液体窒素入口、27は真空槽、28は中間フランジ、29は導体引出棒、30はSF₆ガス、31は碍子である。

40

【0015】

図5は本発明の第1実施例を示す高温超電導き電システムを示す図である。

この図において、40は沿線に配置されたトラフ、41は分岐装置、42はコンクリート柱、43はき電分岐線、44は長幹碍子、45は可動ビーム、46はちょう架線、47はバンド、48は振止金具、49はトロリー線、52は腕金、51はハンガ、53は信号高圧配電線である。

【0016】

なお、高温超電導ケーブルを用いたき電線3（図1参照）は、沿線に設けたトラフ40などに設置し、液体窒素冷却として適当な間隔（変電所や駅毎など）に冷却ステーションを設置する。

50

図6はき電線における電力損失、電圧降下を示す図である。

この図に示すように、従来のシングルカテナリ式(a)およびツインシングルカテナリ式(b)のき電線の場合や、ツインシングルカテナリ方式においてき電線の断面積を4倍(c)、5倍(d)、10倍(e)、100倍(f)にした場合と、き電線および帰線に高温超電導ケーブルを導入した場合(h)、及びき電線および帰線に高温超電導ケーブルを導入し、かつ低温配管上下線共用の場合(j)について、き電線の電流の平均値を500、1000、2000(A)として、電力損失、電圧降下、変電所間隔を算出してまとめた。

【0017】

なお、図6において、(g)き電線への超電導ケーブル適用、(i)はき電線への超電導ケーブル適用、低温配管上下線共用の場合を示している。

上記に開発現状を示したような超電導ケーブルや端末装置を基にしたき電線用の超電導ケーブルと接続、分岐装置を沿線に配置して、一定間隔ごとに接続、分岐装置を介してトロリー線4と並列に接続することにより、変電所2から電車7に供給される電力は、変電所2から超電導直流き電線3を通り、電車7の居る区間に隣接した接続、分岐装置においてトロリー線4に必要な電力を送り、電車7に供給される。

【0018】

したがって、変電所2からトロリー線4に送られるまでの間は抵抗が0の超電導ケーブルによって電力が送られるため、電力損失の発生や、電圧降下が生じない。き電線に超電導ケーブルを導入した場合、上記した図6における(g)と従来のツインシングルカテナリ式のき電方式(b)と比べると、(b)の場合、き電線での電力損失(1000A通電時、帰線での電力損失を含む)が32.2kW/kmであったものが、(g)においては、11.9kW/km(冷却損失を除く)に低減され、(b)において、電圧降下(1000A通電時、帰線での電力損失を含む)が32.2V/kmであったものが、(g)においては、11.9V/kmに低減することができる。

【0019】

図7は本発明の第2実施例を示す高温超電導ケーブルを導入した鉄道用直流き電システム模式図である。以下、第1実施例と同じ部分には同じ符号を付してそれらの説明は省略する。

上記したように、直流き電線に高温超電導ケーブルを用い、超電導化することにより、そのき電線の抵抗が0となり、電圧降下を抑えることができるので、この実施例では、図7に示すように、従来配置されていた変電所2を適宜間引いて、変電所2の間隔を広げ、単一の変電所がカバーする領域を拡大するようにしたものである。

【0020】

図8は本発明の第3実施例を示す高温超電導ケーブルを導入した鉄道用直流き電システム模式図である。

さらに、従来の直流き電方式では、図8に示したように、レールを負き電線として使用しているが、図8に示すように、レール6と、このレール6に並列に接続される高温超電導ケーブル8からなる帰線9を構成することにより、超電導ケーブルの導入効果を上げることができる。

【0021】

図1では、帰線としてレールをそのまま使用しており、帰線での抵抗があるため電力損失の発生や電圧降下を生じる懸念がある。この点、図8では、帰線にも高温超電導ケーブルを導入するようにした。従って、き電線と同様に、帰線9においてレール6と並列に高温超電導ケーブル8が接続されるので、帰線9における抵抗を0にすることができ、き電線全体としての抵抗を0にすることができる。

【0022】

したがって、この実施例の場合、前述した図6における(h)と従来のツインシングルカテナリ式のき電方式(b)と比べると、この(b)においては、き電線での電力損失(1000A通電時、帰線での電力損失を含む)が32.2kW/kmであったものが、(h

10

20

30

40

50

)では0となり(冷却損失を含まず)、(b)においては、電圧降下(1000A通電時、帰線での電圧降下を含む)が32.2V/kmであったものが、(h)では0となるため、変電所を設置する場合に、その間隔に制限がなくなる。

【0023】

このように、この実施例によれば、高温超電導ケーブルをき電線3および帰線9に導入することにより、き電線3および帰線9の抵抗が0になることから、き電線又は帰線における電力損失および電圧降下がなくなる。

なお、上記実施例においては、き電線として、主に直流き電線について述べたが、交流き電線に適用することも可能である。

【0024】

き電線および帰線に高温超電導ケーブルを導入した場合の効果をまとめると、以下の通りである。

(1) 変電所数の削減

高温超電導ケーブルの導入により、電圧降下が抑制できるので、図6に示すように、変電所の間隔を広げることが可能となり、変電所数の削減ができる。き電線のみ高温超電導ケーブルを導入した場合でも、従来のき電線の断面積を100倍にした場合よりも変電所間隔は広くとることができる。更に、帰線にも高温超電導ケーブルを導入すれば、変電所と変電所の間隔に制限がなくなる。変電所数の削減により、変電所用地の削減、変電設備の集約による信頼性向上、機器の大型化による高効率化などにつながる。特に、都心部では用地の有効利用に、地方の閑散線区では設備の有効利用に効果的である。

【0025】

(2) 回生率の向上

現在、電力回生車両の導入が進められているが、早朝深夜の時間帯や閑散線区では回生された電力を使用する力行車両がなく回生失効となる場合があり、回生可能な電力に対して実際に利用される回生電力の割合は、一例として、60~70%程度である。このため回生車両では、回生可能電力が余剰になる場合には、抵抗で消費しなければならず、回生電力消費用の抵抗器を搭載している車両もある。

【0026】

そこで、き電線に高温超電導ケーブルを導入することにより電圧降下が抑制できるため、より広範囲の車両に対して回生電力を供給することが可能となり、回生失効の割合を抑え、回生率が向上する。また、回生電力供給時における送電ロスがなくなるため、回生電力が100%利用可能となり、回生率の向上と合わせて、省エネルギーになる。

【0027】

(3) 電圧降下の抑制

き電線における電圧降下がなくなり、長距離にわたってき電電圧を一定に維持することができる。き電線のみ高温超電導ケーブルを用いた場合でも、電圧降下は従来のき電方式に比べて1/4~1/3に抑えられる。従来のき電線では、図6に示したように、いくらき電線の断面積を大きくしても、電圧降下は高温超電導ケーブルを用いた場合より大きく、断面積を100倍程度にしてき電線のみ高温超電導ケーブルを導入した場合とほぼ同等な大きさになる。

【0028】

き電線における電圧降下の抑制により架線電圧の変動が小さくなることは、車両側から見ると、車載機器の設計が容易になり、簡素化、耐久性の向上などにつながる。現状の車載機器は、車両の位置、き電線電流の大きさにより、架線電圧が1600Vから900V(通勤線区では1100V目標)程度変動するため、その電圧変動を考慮した設計が行われている。

【0029】

(4) 負荷の平滑化

広範囲のき電区間を一つの大きな負荷と見なせるので、各電車ごとの力行、回生、だ行等の負荷変動があっても、全体的な負荷変動は小さくなる。変電所における負荷変動が平滑

10

20

30

40

50

化され、変電所間の負荷変動やピークの立ち上がりを抑えることができる。

【0030】

(5) 延長き電の可能性

事故や故障などにより一つの変電所が使用できなくなった場合でも、き電線に高温超電導ケーブルを使用することにより、電圧降下が抑制できるので、正常で電力供給に余裕のある周囲の変電所から、き電区間を延長させることにより使用不能の変電所の受持ち区間にも電力の供給ができるといった可能性があり、変電所事故時のバックアップとすることができる。

【0031】

(6) 接地検出が容易

き電回路が低インピーダンスであるため、接地時の検出が容易になる。

(7) 送電ロスの低減

き電線の通電電流が1000A程度以上の線区では、送電ロスが小さくなる。き電線の通電電流が平均1000A以上の場合、送電ロスが従来のか電方式に比べて小さくなる。特に、電流が大きくなるほど送電ロスは小さくなることから、都心部の通勤路線への導入は効果的である。高温超電導ケーブルでは、超電導体を液体窒素温度に保つために、低温容器に納めて常時冷却しなければならない。

【0032】

そこで、上下線のか電線を一つの低温容器に納めることにより、図6の(i)、(j)冷却による損失を減らして効率を向上させる方法等が考えられる。

なお、本発明に用いる超電導ケーブルや接続・分岐装置も上記開発例に限定されるものではなく、種々の超電導ケーブルや接続・分岐装置を用いることができる。

【0033】

また、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0034】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

(A) 高温超電導ケーブルをか電線に用いることにより、き電線の抵抗が小さくなるため、き電線における電力損失や電圧降下が低減され、変電所の間隔延長や集約、回生電力の有効利用ができ、省エネルギー、設備投資削減、保守低減を図ることができる。

【0035】

(B) 電圧降下が低減されるため、従来のものに比して、変電所の間隔を広げることが可能となり、変電所数の削減ができる。変電所数の削減により、変電所用地の削減、変電設備の集約による信頼性向上、機器の大型化による高効率化などにつながる。

(C) より遠くの車両に対しても回生電力の供給が可能となり、回生失効がなくなるため、回生率が向上する。回生電力消費用の抵抗器を搭載していた車両では、その必要がなくなる。

【0036】

また、回生電力供給時における送電ロスがなくなり回生電力が100%利用可能となり、回生率が向上すること等の理由により、省エネルギー化を図ることができる。

(D) き電線における電圧降下がなくなり、き電電圧を一定に維持することができる。車両側から見ると、架線電圧の変動が小さくなるため、車載機器の設計が容易になり、簡素化、耐久性の向上などにつながる。

【0037】

(E) 広範囲のか電区間を一つの大きな負荷と見なせるので、各電車毎の力行、回生、だ行等の負荷変動があっても、全体的な負荷変動は小さくなる。変電所における負荷変動が平滑化され、変電所間の負荷変動やピーク差を抑えることができる。

(F) 一つの変電所が故障しても、正常で電力供給に余裕のある周囲の変電所からき電す

10

20

30

40

50

ることが可能になる。

【0038】

(G)き電回路が低インピーダンスになるため、接地時の検出が容易になる。

(H)き電線の通電電流が1000A程度以上の線区では、送電ロスが小さくなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示す高温超電導ケーブルを導入した鉄道用直流き電システムの模式図である。

【図2】本発明の第1実施例を示す高温超電導ケーブルの導体を示す斜視図である。

【図3】本発明の第1実施例を示す高温超電導ケーブルの構造を示す斜視図である。

【図4】本発明の第1実施例を示す高温超電導ケーブルの終端端末の構造を示す図である

10

【図5】本発明の第1実施例を示す高温超電導き電システムを示す図である。

【図6】き電線における電力損失、電圧降下を示す図である。

【図7】本発明の第2実施例を示す高温超電導ケーブルを導入した鉄道用直流き電システム模式図である。

【図8】本発明の第3実施例を示す高温超電導ケーブルを導入した鉄道用直流き電システム模式図である。

【図9】従来の鉄道用き電システムの模式図である。

【図10】従来の鉄道用き電システムを示す図である。

【符号の説明】

20

1 交流送電線

2 変電所

3 高温超電導ケーブルからなる直流き電線

4, 49 トロリー線

5 区分開閉器

6 レール(帰線)

7 電車

8 高温超電導ケーブル

9 帰線(レール+高温超電導ケーブル)

10 インナー液体窒素通路

30

11 アルミコルゲートパイプ(フォーマー)

12 高温超電導線

13 絶縁テープ

15 高温超電導ケーブル

15a 誘電体

15b 絶縁スクリーン

15c アウター液体窒素通路

15d インナー波形パイプ

15e 熱絶縁体

15f アウター波形パイプ

40

15g PVC層

20 加圧液体窒素

21 ケーブル部液体窒素出口

22 FRP套管

23 常電導-超電導接続部

24 液体窒素

25 窒素ガス

26 ケーブル部液体窒素入口

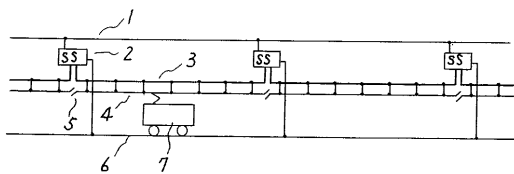
27 真空槽

28 中間フランジ

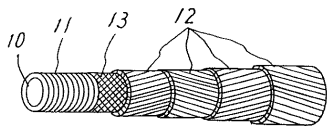
50

- 2 9 導体引出棒
- 3 0 S F₆ ガス
- 3 1 碍子
- 4 0 沿線に配置されたトラフ
- 4 1 分岐装置
- 4 2 コンクリート柱
- 4 3 き電分岐線
- 4 4 長幹碍子
- 4 5 可動ビーム
- 4 6 ちょう架線
- 4 7 バンド
- 4 8 振止金具
- 5 1 ハンガ
- 5 2 腕金
- 5 3 信号高压配電線

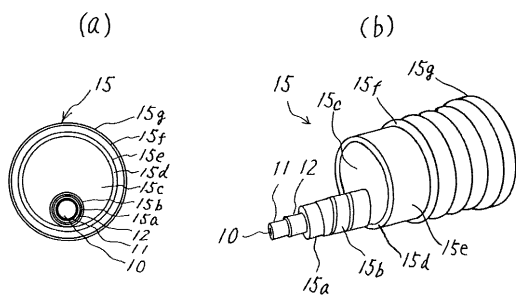
【図 1】



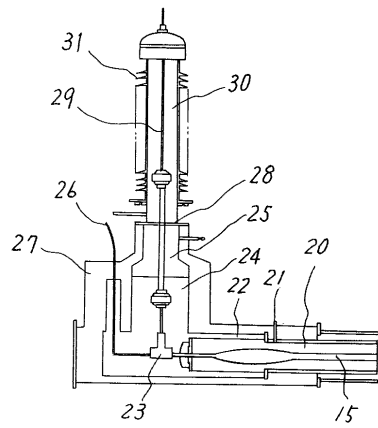
【図 2】



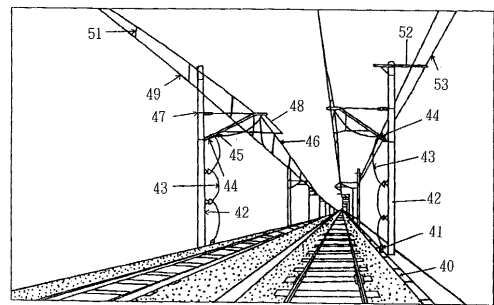
【図 3】



【図 4】



【図 5】

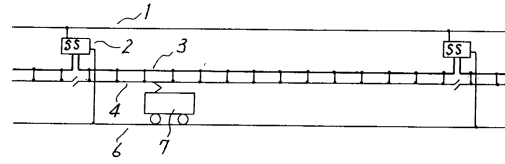


【図 6】

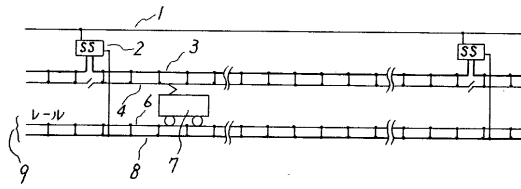
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)
電線抵抗: R _F	0.0563	0.0282	0.007	0.0056	0.0028	0.0003	0	0	0	0
ちょう線抵抗: R _M	1.653	0.8265	0.2065	0.8265	0.4132	0.2065	1.653	1.653	1.653	1.653
トローリ線抵抗: R _T	0.1592	0.0796	0.0196	0.0796	0.0398	0.0199	0.1592	0.1592	0.1592	0.1592
レール抵抗: R _R	0.0119	0.0119	0.0119	0.0119	0.0119	0.0119	0.0119	0	0.0119	0
合成抵抗 (Ω/km)	0.0525	0.0322	0.0183	0.0171	0.0146	0.0122	0.0119	0	0.0119	0
電流 (A)	500	13.1	8.0	4.6	4.3	3.7	3.0	3.0	3.0	3.0
電線損失 (kW/km)	1000	52.5	32.2	18.3	17.1	14.6	12.2	11.9	11.9	11.9
	2000	210.0	128.7	73.3	68.5	58.4	48.7	47.6	47.6	47.6
冷却損失 (kW/km) **		0	0	0	0	0	0	20	20	10
損失 (kW/km)	500	13.1	8.0	4.6	4.3	3.7	3.0	23.0	23.0	13.0
	1000	52.5	32.2	18.3	17.1	14.6	12.2	31.9	31.9	21.9
	2000	210.0	128.7	73.3	68.5	58.4	48.7	67.6	67.6	57.6
電圧降下 (V/km)	500	26.3	16.1	9.2	8.6	7.3	6.1	6.0	6.0	6.0
	1000	52.5	32.2	18.3	17.1	14.6	12.2	11.9	11.9	11.9
	2000	105.0	64.4	36.6	34.2	29.2	24.4	23.8	23.8	23.8
変電所間隔 (km) **	500	19.0	31.1	54.6	58.4	68.4	82.1	84.0	制限なし	84.0
	1000	9.5	15.5	27.3	29.2	34.2	41.0	42.0	制限なし	42.0
	2000	4.8	7.8	13.6	14.6	17.1	20.5	21.0	制限なし	21.0

* 1 冷却損失: 配電線損失 (W/m) × 20 (冷却線効率)
* 2 変電所間隔: 電圧降下 1600 (V) - 1100 (V) = 500 (V)

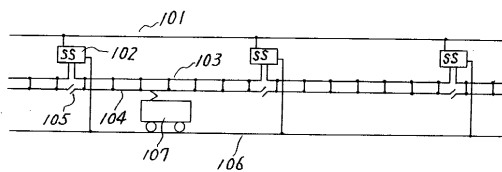
【図 7】



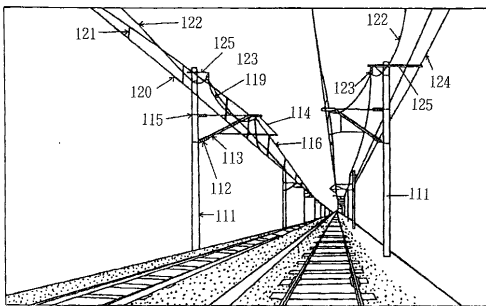
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平01-276510(JP,A)
特開平01-097135(JP,A)
特開平01-283710(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60M 3/00
B60M 1/12
B60M 1/22