

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-64930
(P2002-64930A)

(43) 公開日 平成14年2月28日 (2002.2.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 2 H 3/44		H 0 2 H 3/44	D 5 G 0 5 8
// B 6 0 M 3/00		B 6 0 M 3/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2000-250054(P2000-250054)	(71) 出願人	000173784 財団法人鉄道総合技術研究所 東京都国分寺市光町2丁目8番地38
(22) 出願日	平成12年8月21日(2000.8.21)	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(71) 出願人	000221096 東芝システムテクノロジー株式会社 東京都府中市晴見町2丁目24番地の1
		(74) 代理人	100083806 弁理士 三好 秀和 (外7名)

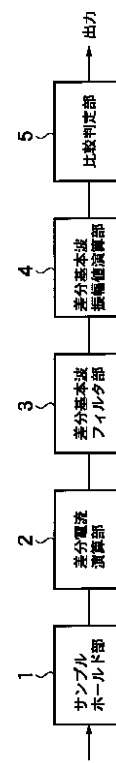
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 交流き電用ベクトル形継電器

(57) 【要約】

【課題】 フーリエ級数展開を用いずに、デジタルフィルタの組み合わせによって系統周波数の基本波電流や第2高調波、第3高調波などを抽出し、演算負担を軽減し、さらに演算誤差を軽減できるき電用ベクトル形継電器を実現する。

【解決手段】 電鉄用交流き電回路のき電線電流をその定格周波数よりも短い時間間隔でサンプリングを行ってそのデータを記憶し、このサンプルホールド手段にて記憶した現時点のき電線電流データから系統周波数のnサイクル前のき電線電流データを減算したデータにてき電線電流の大きさや位相が変化したことが検出可能となるデータを演算して記憶する。デジタルフィルタを組み合わせ、差分電流のデータから基本波電流成分を抽出し、他の低次高調波成分を除去する演算を行う。そしてその差分基本波データをもとに振幅値演算にて振幅値を求め、この振幅値を保護動作として予め定められた値と比較し判定を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電鉄用交流き電回路のき電線電流の値を一定の間隔でサンプリングして記憶するサンプルホールド手段と、

前記サンプルホールド手段のデータから交流き電線電流の定格周波数の n サイクル前 (n : 所定の整数) の前記サンプルホールド手段で記憶したデータを差し引いた差分を演算する差分電流演算手段と、

前記差分電流演算手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 1 の手法と、当該デジタルフィルタ第 1 の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 2 の手法とから構成される差分基本波フィルタ手段と、

前記差分基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する差分基本波振幅値演算手段と、前記差分基本波振幅値演算手段の算出した振幅値を予め定められた値と比較判定する比較判定手段とを備えて成る交流き電用ベクトル形継電器。

【請求項 2】 電鉄用交流き電回路のき電線電流の値を一定の間隔でサンプリングして記憶するサンプルホールド手段と、

前記サンプルホールド手段のデータから交流き電線電流の定格周波数の n サイクル前 (n : 所定の整数) の前記サンプルホールド手段で記憶したデータを差し引いた差分を演算する差分電流演算手段と、

前記差分電流演算手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 1 の手法と、当該デジタルフィルタ第 1 の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 2 の手法とから構成される差分基本波フィルタ手段と、

前記差分基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する差分基本波振幅値演算手段と、

前記サンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 3 の手法と、当該デジタルフィルタ第 3 の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 4 の手法とから構成される基本波フィルタ手段と、

前記基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する基本波振幅値演算手段と、

前記サンプルホールド手段の得たデータをもとに奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 5 の手法と、当該デジタルフィルタ第 5 の手法にて得られたデータをもとに直流成分と第 2 調波成分以外の低次偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 6 の手法とから構成される第 2 高調波フィルタ手段と、

前記第 2 高調波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する第 2 高調波振幅値演算手段と、

前記第 2 高調波振幅値演算手段にて得られたデータを前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータによって除算して基本波に対する第 2 高調波の含有率を演算する第 2 高調波含有率演算手段と、

前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータに対して前記第 2 高調波含有率演算手段にて得られた第 2 高調波の含有率と任意の定数として与えられる第 2 高調波抑制係数とを乗算して求められる抑制量を演算する第 2 高調波抑制演算手段と、

前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから前記第 2 高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較判定する比較判定手段とを備えたことを特徴とする交流き電用ベクトル形継電器。

【請求項 3】 電鉄用交流き電回路のき電線電流の値を一定の間隔でサンプリングして記憶するサンプルホールド手段と、

前記サンプルホールド手段のデータから交流き電線電流の定格周波数の n サイクル前 (n : 所定の整数) の前記サンプルホールド手段で記憶したデータを差し引いた差分を演算する差分電流演算手段と、

前記差分電流演算手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 1 の手法と、当該デジタルフィルタ第 1 の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 2 の手法とから構成される差分基本波フィルタ手段と、

前記差分基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する差分基本波振幅値演算手段と、

前記サンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 3 の手法と、当該デジタルフィルタ第 3 の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 4 の手法とから構成される基本波フィルタ手段と、

前記基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する基本波振幅値演算手段と、

前記サンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 7 の手法と前記デジタルフィルタ第 7 の手法にて得られたデータをもとに第 3 調波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 8 の手法とから構成される第 3 高調波フィルタ手段と、

前記第 3 高調波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する第 3 高調波振幅値演算手段と、

前記第 3 高調波振幅値演算手段にて得られたデータを前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータによって除算して基本波に対する第 3 高調波の含有率を演算する第 3 高調波含有率演算手段と、

前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータに対して

前記第 3 高調波含有率演算手段にて得られた第 3 高調波の含有率と任意の定数として与えられる第 3 高調波抑制係数とを乗算して求められる抑制量を演算する第 3 高調波抑制演算手段と、

前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第 3 高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較判定する比較判定手段とを備えて成る交流き電用ベクトル形継電器。

【請求項 4】 電鉄用交流き電回路のき電線電流の値を一定の間隔でサンプリングして記憶するサンプルホールド手段と、

前記サンプルホールド手段のデータから交流き電線電流の定格周波数の n サイクル前 (n : 所定の整数) の前記サンプルホールド手段で記憶したデータを差し引いた差分を演算する差分電流演算手段と、

前記差分電流演算手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 1 の手法と、当該デジタルフィルタ第 1 の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 2 の手法とから構成される差分基本波フィルタ手段と、

前記差分基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する差分基本波振幅値演算手段と、

前記サンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 3 の手法と、当該デジタルフィルタ第 3 の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 4 の手法とから構成される基本波フィルタ手段と、

前記基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する基本波振幅値演算手段と、

前記サンプルホールド手段の得たデータをもとに奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 5 の手法と、当該デジタルフィルタ第 5 の手法にて得られたデータをもとに直流成分と第 2 調波成分以外の低次偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 6 の手法とから構成される第 2 高調波フィルタ手段と、

前記第 2 高調波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する第 2 高調波振幅値演算手段と、

前記第 2 高調波振幅値演算手段にて得られたデータを前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータによって除算して基本波に対する第 2 高調波の含有率を演算する第 2 高調波含有率演算手段と、

前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータに対して前記第 2 高調波含有率演算手段にて得られた第 2 高調波の含有率と任意の定数として与えられる第 2 高調波抑制係数とを乗算して求められる抑制量を演算する第 2 高調波抑制演算手段と、

前記サンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と偶数倍調波成分を除去するデジタルフィル

タ第 7 の手法と前記デジタルフィルタ第 7 の手法にて得られたデータをもとに第 3 調波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第 8 の手法とから構成される第 3 高調波フィルタ手段と、

前記第 3 高調波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する第 3 高調波振幅値演算手段と、

前記第 3 高調波振幅値演算手段にて得られたデータを前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータによって除算して基本波に対する第 3 高調波の含有率を演算する第 3 高調波含有率演算手段と、

前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータに対して前記第 3 高調波含有率演算手段にて得られた第 3 高調波の含有率と任意の定数として与えられる第 3 高調波抑制係数とを乗算して求められる抑制量を演算する第 3 高調波抑制演算手段と、

前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから前記第 2 高調波抑制演算手段にて得られた第 2 高調波抑制量と第 3 高調波抑制演算手段にて得られた第 3 高調波抑制量とを減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較判定する比較判定手段とを備えて成る交流き電用ベクトル形継電器。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の交流き電用ベクトル形継電器において、前記比較判定手段に代えて、前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータの変化分を検出して判定する変化分検出判定手段を備えたことを特徴とする交流き電用ベクトル形継電器。

【請求項 6】 請求項 2 に記載の交流き電用ベクトル形継電器において、前記比較判定手段に代えて、前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第 2 高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値の変化分を検出して判定する変化分検出判定手段を備えたことを特徴とする交流き電用ベクトル形継電器。

【請求項 7】 請求項 3 に記載の交流き電用ベクトル形継電器において、前記比較判定手段に代えて、前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第 3 高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値の変化分を検出して判定する変化分検出判定手段を備えたことを特徴とする交流き電用ベクトル形継電器。

【請求項 8】 請求項 4 に記載の交流き電用ベクトル形継電器において、前記比較判定手段に代えて、前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから前記第 2 高調波抑制演算手段にて得られた第 2 高調波抑制量と第 3 高調波抑制演算手段にて得られた第 3 高調波抑制量とを減算して得られる振幅値の変化分を検出して判定する変化分検出判定手段を備えたことを特徴とする交流き電用ベクトル形継電器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電鉄用の交流き電回路の地絡事故や短絡事故を検出する交流き電用ベクトル形継電器に関する。

【0002】

【従来の技術】電鉄用の交流き電回路保護装置として、従来よりき電線に流れる電流の変化分に応動する電流変化分検出継電器が用いられている。この種の継電器の検出原理は次に述べる通りである。図9は電流変化分検出方法の原理を説明する概念図であり、コンデンサCと抵抗Rとによってき電線電流Iの変化分 ΔI を検出するものである。図9に示されるように、この回路はCとRの微分回路であり、次の数1式の関数により変化分電流Iが得られる。

【0003】

【数1】

$$\Delta I = \frac{S \cdot td}{1 + S \cdot td} \cdot I$$

ここで、tdは時定数(=C・R)である。

【0004】なお、図9は電流変化分検出方法の原理を説明するためにアナログ回路の例を示したが、マイクロコンピュータによるデジタル演算によっても同一原理のものが実現できる。これについては後述する。

【0005】図10は、図9の応動を説明する図であり、き電線電流が負荷により変化する場合を示している。図10(a)は、き電線電流Iのタイムチャート、(b)は変化分電流 ΔI のタイムチャートである。(a)の実線部において、時刻t1で短絡事故が発生してき電線電流Iが上昇し、その変化分に応じた ΔI が(b)の実線に示すように得られる。この得られた変化分 ΔI が予め定められた整定値Kを超えれば、継電器は動作出力を生じることになる。

【0006】通常の電流変化では、 ΔI がこの整定値Kを超えることはないが、き電線に短絡事故が発生した場合にはき電線電流の変化分が極めて大となるので、それに応じて ΔI も大となり、整定値Kを超えて継電器が動作する。この様にして、 ΔI の大きさを判定することにより、き電線に流れる電流が負荷電流なのか事故電流なのかを選択できる。

【0007】しかし、鉄道の電気車両は力行、惰行、制動の3つの動作交差を繰り返して運転される。き電線保護継電器の場合、この電気車両が主な負荷となるので、電気車両の負荷状態を速やかに検出することが保護を確実なものにする。

【0008】近年、電気車両の3つの動作の中で制動の方法が変わりつつあり、中でも回生ブレーキと呼ばれる駆動用モータを制動時のエネルギーで逆回転させて電気を発電し、その電流をき電線へ戻す方法が主流となり、新形車両に積極的に導入されている。

【0009】このような車両が回生制御中にき電線に系

統事故が発生した場合、回生車両からも事故点に電流が供給されるため、き電線電流の絶対値の変化がわずかとなることが考えられ、従来よりき電線に流れる電流の絶対値の変化分に応動する電流変化分検出継電器では事故検出が困難となり、場合によっては事故検出できない可能性もある。

【0010】また、従来より車両に力行あるいは制動を行う際には系統周波数に対する第3高調波が多く発生し、第3高調波の発生を確認して系統事故か電気車両による負荷の接近かを判別していた。しかし、近年の新形車両では、第3高調波の発生を低減させるものが開発されてきており、第3高調波による電気車両の接近を判別するのが難しく、従来よりき電線用の保護継電器では電気車両による負荷の接近での誤動作の可能性がある。

【0011】そこで最近では、前述のように車両が回生制御中にき電線に系統事故が発生したときに、回生車両からも事故点に電流が供給されるためにき電線電流の絶対値の変化がわずかとなる場合でも事故検出が可能なき電線保護継電器として、電流の大きさでなく位相変化でも応動が行えるようなき電線保護継電器が検討されており、ある時点のき電線電流とその数サイクル前のき電線電流のデータとの差分を求めて差分電流の変化で位相変化を捉えて応動するき電線保護継電器が提案されている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような提案されているき電線保護継電器でも、次のような問題点があった。上記で示したある時点のき電線電流とその数サイクル前のき電線電流データとの差分を求めて差分電流の変化で位相変化を捉えて応動するき電線保護継電器では、数2式～数7式で示すようなフーリエ級数展開を応用して系統周波数の基本波電流や第2高調波、第3高調波などを抽出しているが、フーリエ級数展開を用いると乗算が多くなり、演算負担が大きくなる問題がある。

【0013】

【数2】

$$I_{1at} = \sum_{i=0}^{11} \left\{ I_i \times \sin \left(i \times 1 \times \frac{\pi}{6} \right) \right\}$$

【数3】

$$I_{1bt} = \sum_{i=0}^{11} \left\{ I_i \times \cos \left(i \times 1 \times \frac{\pi}{6} \right) \right\}$$

【数4】

$$I_{2at} = \sum_{i=0}^{11} \left\{ I_i \times \sin \left(i \times 2 \times \frac{\pi}{6} \right) \right\}$$

【数5】

$$I_{2bt} = \sum_{i=0}^{11} \left\{ I_i \times \cos \left(i \times 2 \times \frac{\pi}{6} \right) \right\}$$

【数6】

$$I_{3at} = \sum_{i=0}^{11} \left\{ I_i \times \sin \left(i \times 3 \times \frac{\pi}{6} \right) \right\}$$

【数7】

$$I_{3bt} = \sum_{i=0}^{11} \left\{ I_i \times \cos \left(i \times 3 \times \frac{\pi}{6} \right) \right\}$$

また、フーリエ級数展開の場合にはサンプリングデータに定数を掛け合わせるが、多くの定数を掛け合わせることは、定数に含まれる演算誤差を含んでしまうことも懸念される。

【0014】本発明はこのような従来の技術的課題を解決するためになされたものであって、フーリエ級数展開を用いずに、任意のデジタルフィルタを組み合わせることによって系統周波数の基本波電流や第2高調波、第3高調波などを抽出し、演算負担の軽減を図り、さらに演算誤差の軽減も行うことができる交流き電用ベクトル形継電器を提供することを目的とする。

【0015】本発明はまた、ある時点のき電線電流と数サイクル前のき電線電流データとの差分を求めて差分電流の変化で位相変化を捉えたデータを用いて従来の変化分電流 I の演算を行うことにより、系統で発生した電流変化が事故であるか否かの選択性を高めた交流き電用ベクトル形継電器を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明の交流き電用ベクトル形継電器は、電鉄用交流き電回路のき電線電流の値を一定の間隔でサンプリングして記憶するサンプルホールド手段と、前記サンプルホールド手段のデータから交流き電線電流の定格周波数の n サイクル前 (n : 所定の整数) の前記サンプルホールド手段で記憶したデータを差し引いた差分を演算する差分電流演算手段と、前記差分電流演算手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第1の手法と、当該デジタルフィルタ第1の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第2の手法とから構成される差分基本波フィルタ手段と、前記差分基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する差分基本波振幅値演算手段と、前記差分基本波振幅値演算手段の算出した振幅値を予め定められた値と比較判定する比較判定手段とを備えたものである。

【0017】請求項1の発明の交流き電用ベクトル形継電器では、回生制御中にき電線に系統事故が発生した場合に、き電線電流の位相が変化することに着目して事故検出が可能となるようにするため、サンプルホールド手

段が電鉄用交流き電回路のき電線電流をその定格周波数よりも短い時間間隔でサンプリングを行い、そのデータを記憶し、差分電流演算手段がこのサンプルホールド手段にて記憶したき電線電流データから系統周波数の n サイクル前の同じくサンプルホールド手段にて記憶したき電線電流データを減算したデータにてき電線電流の大きさや位相が変化したことが検出可能となるデータを演算して記憶する。

【0018】そして差分基本波フィルタ手段が任意のデジタルフィルタ [例えば、「保護継電工学」、オーム社発行の109ページに記載のデジタルフィルタ] を組み合わせて、差分電流演算手段にて得られたデータから基本波電流成分を抽出し、他の低次高調波成分を除去する演算を行い、この差分基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに、差分基本波振幅値演算手段が振幅値演算 [例えば、上記の「保護継電工学」の112ページに記載の演算原理] にて振幅値を演算し、比較判定手段が差分基本波振幅値演算手段にて得られた振幅値を保護動作値として予め定められた値と比較し判定を行う。

【0019】これにより、フーリエ級数展開を用いずに、デジタルフィルタの組み合わせることで基本波電流成分を抽出し、他の低次高調波成分を除去する演算を行い、演算負担を軽くしながらも、き電線電流の絶対値の変化がわずかである場合でも位相変化に反応して事故検出してき電線を保護する。

【0020】請求項2の発明の交流き電用ベクトル形継電器は、電鉄用交流き電回路のき電線電流の値を一定の間隔でサンプリングして記憶するサンプルホールド手段と、前記サンプルホールド手段のデータから交流き電線電流の定格周波数の n サイクル前 (n : 所定の整数) の前記サンプルホールド手段で記憶したデータを差し引いた差分を演算する差分電流演算手段と、前記差分電流演算手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第1の手法と、当該デジタルフィルタ第1の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第2の手法とから構成される差分基本波フィルタ手段と、前記差分基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する差分基本波振幅値演算手段と、前記サンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第3の手法と、当該デジタルフィルタ第3の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第4の手法とから構成される基本波フィルタ手段と、前記基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する基本波振幅値演算手段と、前記サンプルホールド手段の得たデータをもとに奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第5の手法と、当該デジタルフィルタ第5の手法にて得られたデータをもとに

直流成分と第2調波成分以外の低次偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第6の手法とから構成される第2高調波フィルタ手段と、前記第2高調波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する第2高調波振幅値演算手段と、前記第2高調波振幅値演算手段にて得られたデータを前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータによって除算して基本波に対する第2高調波の含有率を演算する第2高調波含有率演算手段と、前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータに対して前記第2高調波含有率演算手段にて得られた第2高調波の含有率と任意の定数として与えられる第2高調波抑制係数とを乗算して求められる抑制量を演算する第2高調波抑制演算手段と、前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから前記第2高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較判定する比較判定手段とを備えたものである。

【0021】請求項2の発明の交流き電用ベクトル形継電器では、サンプルホールド手段が電鉄用交流き電回路のき電線電流の値を一定の間隔でサンプリングして記憶し、差分電流演算手段がサンプルホールド手段のデータから交流き電線電流の定格周波数の n サイクル前の同じくサンプルホールド手段が記憶しているデータを差し引いた差分を演算する。

【0022】そして差分基本波フィルタ手段においてデジタルフィルタ第1の手法で差分電流演算手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去し、デジタルフィルタ第2の手法で当該デジタルフィルタ第1の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去し、さらに、差分基本波振幅値演算手段が差分基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する。

【0023】これと並行して、基本波フィルタ手段においてデジタルフィルタ第3の手法でサンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去し、デジタルフィルタ第4の手法で当該デジタルフィルタ第3の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去し、さらに、基本波振幅値演算手段が基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する。

【0024】さらにこれらと並行して、第2高調波フィルタ手段においてデジタルフィルタ第5の手法でサンプルホールド手段の得たデータをもとに奇数倍調波成分を除去し、デジタルフィルタ第6の手法で当該デジタルフィルタ第5の手法にて得られたデータをもとに直流成分と第2高調波成分以外の低次偶数倍調波成分を除去し、さらに、第2高調波振幅値演算手段が第2高調波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する。

【0025】そして第2高調波含有率演算手段が、第2高調波振幅値演算手段にて得られたデータを基本波振幅

値演算手段にて得られたデータによって除算して基本波に対する第2高調波の含有率を演算し、第2高調波抑制演算手段が基本波振幅値演算手段にて得られたデータに対して第2高調波含有率演算手段にて得られた第2高調波の含有率と任意の定数として与えられる第2高調波抑制係数とを乗算して抑制量を求め、比較判定手段が前述の差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから当該第2高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較して判定する。

【0026】これにより、き電線に励磁突入電流が通電された時に発生する第2高調波に応じて判定量に抑制をかけて励磁突入電流に対して不要動作することのない交流き電用ベクトル形継電器を得る。

【0027】請求項3の発明の交流き電用ベクトル形継電器は、電鉄用交流き電回路のき電線電流の値を一定の間隔でサンプリングして記憶するサンプルホールド手段と、前記サンプルホールド手段のデータから交流き電線電流の定格周波数の n サイクル前(n :所定の整数)の前記サンプルホールド手段で記憶したデータを差し引いた差分を演算する差分電流演算手段と、前記差分電流演算手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第1の手法と、当該デジタルフィルタ第1の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第2の手法とから構成される差分基本波フィルタ手段と、前記差分基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する差分基本波振幅値演算手段と、前記サンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第3の手法と、当該デジタルフィルタ第3の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第4の手法とから構成される基本波フィルタ手段と、前記基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する基本波振幅値演算手段と、前記サンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第7の手法と前記デジタルフィルタ第7の手法にて得られたデータをもとに第3調波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第8の手法とから構成される第3高調波フィルタ手段と、前記第3高調波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する第3高調波振幅値演算手段と、前記第3高調波振幅値演算手段にて得られたデータを前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータによって除算して基本波に対する第3高調波の含有率を演算する第3高調波含有率演算手段と、前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータに対して前記第3高調波含有率演算手段にて得られた第3高調波の含有率と任意の定数として与えられる第3高調波

抑制係数とを乗算して求められる抑制量を演算する第3高調波抑制演算手段と、前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第3高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較判定する比較判定手段とを備えたものである。

【0028】請求項3の発明の交流き電用ベクトル形継電器では、サンプルホールド手段が電鉄用交流き電回路のき電線電流の値を一定の間隔でサンプリングして記憶し、差分電流演算手段がサンプルホールド手段のデータから交流き電線電流の定格周波数のnサイクル前の同じくサンプルホールド手段が記憶しているデータを差し引いた差分を演算する。

【0029】そして差分基本波フィルタ手段においてデジタルフィルタ第1の手法で差分電流演算手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去し、デジタルフィルタ第2の手法で当該デジタルフィルタ第1の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去し、さらに、差分基本波振幅値演算手段が差分基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する。

【0030】これと並行して、基本波フィルタ手段においてデジタルフィルタ第3の手法でサンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去し、デジタルフィルタ第4の手法で当該デジタルフィルタ第3の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去し、さらに、基本波振幅値演算手段が基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する。

【0031】さらにこれらと並行して、第3高調波フィルタ手段においてデジタルフィルタ第7の手法でサンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と偶数倍調波成分を除去し、デジタルフィルタ第8の手法でこのデジタルフィルタ第7の手法にて得られたデータをもとに第3高調波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去し、第3高調波振幅値演算手段が第3高調波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する。

【0032】そして第3高調波含有率演算手段が第3高調波振幅値演算手段にて得られたデータを基本波振幅値演算手段にて得られたデータによって除算して基本波に対する第3高調波の含有率を演算し、第3高調波抑制演算手段が基本波振幅値演算手段にて得られたデータに対して第3高調波含有率演算手段にて得られた第3高調波の含有率と任意の定数として与えられる第3高調波抑制係数とを乗算して抑制量を求め、さらに比較判定手段が前述の差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第3高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較して判定する。

【0033】これにより、き電線に電気車両が進入した時に発生する第3高調波に応じて判定量に抑制をかけて電気車両の力行、制動が行われた時に不要動作することのない交流き電用ベクトル形継電器を得る。

【0034】請求項4の発明の交流き電用ベクトル形継電器は、電鉄用交流き電回路のき電線電流の値を一定の間隔でサンプリングして記憶するサンプルホールド手段と、前記サンプルホールド手段のデータから交流き電線電流の定格周波数のnサイクル前(n:所定の整数)の前記サンプルホールド手段で記憶したデータを差し引いた差分を演算する差分電流演算手段と、前記差分電流演算手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第1の手法と、当該デジタルフィルタ第1の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第2の手法とから構成される差分基本波フィルタ手段と、前記差分基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する差分基本波振幅値演算手段と、前記サンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第3の手法と、当該デジタルフィルタ第3の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第4の手法とから構成される基本波フィルタ手段と、前記基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する基本波振幅値演算手段と、前記サンプルホールド手段の得たデータをもとに奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第5の手法と、当該デジタルフィルタ第5の手法にて得られたデータをもとに直流成分と第2調波成分以外の低次偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第6の手法とから構成される第2高調波フィルタ手段と、前記第2高調波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する第2高調波振幅値演算手段と、前記第2高調波振幅値演算手段にて得られたデータを前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータによって除算して基本波に対する第2高調波の含有率を演算する第2高調波含有率演算手段と、前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータに対して前記第2高調波含有率演算手段にて得られた第2高調波の含有率と任意の定数として与えられる第2高調波抑制係数とを乗算して求められる抑制量を演算する第2高調波抑制演算手段と、前記サンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と偶数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第7の手法と前記デジタルフィルタ第7の手法にて得られたデータをもとに第3調波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去するデジタルフィルタ第8の手法とから構成される第3高調波フィルタ手段と、前記第3高調波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する第3高調波振幅値演算手段と、前記第3高調波振幅値演算手段にて得られたデータを前

記基本波振幅値演算手段にて得られたデータによって除算して基本波に対する第3高調波の含有率を演算する第3高調波含有率演算手段と、前記基本波振幅値演算手段にて得られたデータに対して前記第3高調波含有率演算手段にて得られた第3高調波の含有率と任意の定数として与えられる第3高調波抑制係数とを乗算して求められる抑制量を演算する第3高調波抑制演算手段と、前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから前記第2高調波抑制演算手段にて得られた第2高調波抑制量と第3高調波抑制演算手段にて得られた第3高調波抑制量とを減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較判定する比較判定手段とを備えたものである。

【0035】請求項4の発明の交流き電用ベクトル形継電器では、サンプルホールド手段が電鉄用交流き電回路のき電線電流の値を一定の間隔でサンプリングして記憶し、差分電流演算手段がサンプルホールド手段のデータから交流き電線電流の定格周波数の n サイクル前の同じくサンプルホールド手段が記憶しているデータを差し引いた差分を演算する。

【0036】そして差分基本波フィルタ手段においてデジタルフィルタ第1の手法で差分電流演算手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去し、デジタルフィルタ第2の手法で当該デジタルフィルタ第1の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去し、さらに、差分基本波振幅値演算手段が差分基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する。

【0037】これと並行して、基本波フィルタ手段においてデジタルフィルタ第3の手法でサンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と基本波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去し、デジタルフィルタ第4の手法で当該デジタルフィルタ第3の手法にて得られたデータをもとに偶数倍調波成分を除去し、さらに、基本波振幅値演算手段が基本波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する。

【0038】またこれらと並行して、第2高調波フィルタ手段においてデジタルフィルタ第5の手法でサンプルホールド手段の得たデータをもとに奇数倍調波成分を除去し、デジタルフィルタ第6の手法で当該デジタルフィルタ第5の手法にて得られたデータをもとに直流成分と第2高調波成分以外の低次偶数倍調波成分を除去し、さらに、第2高調波振幅値演算手段が第2高調波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する。そして第2高調波含有率演算手段が、第2高調波振幅値演算手段にて得られたデータを基本波振幅値演算手段にて得られたデータによって除算して基本波に対する第2高調波の含有率を演算し、第2高調波抑制演算手段が基本波振幅値演算手段にて得られたデータに対して第2高調波含有率演算手段にて得られた第2高調波の含有率と任意の定数として与えられる第2高調波抑制係数と

を乗算して抑制量を求める。

【0039】さらにこれらと並行して、第3高調波フィルタ手段においてデジタルフィルタ第7の手法でサンプルホールド手段にて得られたデータをもとに直流成分と偶数倍調波成分を除去し、デジタルフィルタ第8の手法でこのデジタルフィルタ第7の手法にて得られたデータをもとに第3高調波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去し、第3高調波振幅値演算手段が第3高調波フィルタ手段にて得られたデータをもとに振幅値を演算する。そして第3高調波含有率演算手段が第3高調波振幅値演算手段にて得られたデータを基本波振幅値演算手段にて得られたデータによって除算して基本波に対する第3高調波の含有率を演算し、第3高調波抑制演算手段が基本波振幅値演算手段にて得られたデータに対して第3高調波含有率演算手段にて得られた第3高調波の含有率と任意の定数として与えられる第3高調波抑制係数とを乗算して抑制量を求める。

【0040】そして最終的に、比較判定手段が前述の差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第2高調波抑制演算手段にて得られた第2高調波抑制量と第3高調波抑制演算手段にて得られた第3高調波抑制量とを減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較して判定する。

【0041】こうして請求項4の発明によれば、請求項2の発明と請求項3の発明とを組み合わせることにより、差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第2高調波抑制演算手段にて得られた第2高調波抑制量を減算し、さらに第3高調波抑制演算手段にて得られた第3高調波抑制量をも減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較して判定を行うことにより、き電線に励磁突入電流が通電された時に不要動作することがなく、さらにき電線に電気車両が進入した時にも不要動作することのない交流き電用ベクトル形継電器を得ることができる。

【0042】請求項5の発明は、請求項1の交流き電用ベクトル形継電器において、前記比較判定手段に代えて、前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータの変化分を検出して判定する変化分検出判定手段を備えたものである。

【0043】請求項5の発明の交流き電用ベクトル形継電器では、請求項1の交流き電用ベクトル形継電器に対して、前述の従来技術に記載の電流の絶対値の変化で判定を行う変化分検出継電器の機能も兼ね備えたものとなり、差分基本波振幅値演算手段にて得られた振幅値データより変化分 I を演算し、この I を予め定められた値と比較して判定することができる。

【0044】請求項6の発明は、請求項2の交流き電用ベクトル形継電器において、前記比較判定手段に代えて、前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第2高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算

して得られる振幅値の変化分を検出して判定する変化分検出判定手段を備えたものである。

【0045】請求項6の発明の交流き電用ベクトル形継電器では、請求項2の交流き電用ベクトル形継電器に対して、前述の従来技術に記載の電流の絶対値の変化で判定を行う変化分検出継電器の機能も兼ね備えたものとなり、差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第2高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値データにて変化分 I を演算し、この I を予め定められた値と比較して判定することができる。

【0046】請求項7の発明は、請求項3の交流き電用ベクトル形継電器において、前記比較判定手段に代えて、前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第3高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値の変化分を検出して判定する変化分検出判定手段を備えたものである。

【0047】請求項7の発明の交流き電用ベクトル形継電器では、請求項3の交流き電用ベクトル形継電器に対して、前述の従来技術に記載の電流の絶対値の変化で判定を行う変化分検出継電器の機能も兼ね備えたものとなり、差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第3高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値データにて変化分 I を演算し、この I を予め定められた値と比較して判定することができる。

【0048】請求項8の発明は、請求項4の交流き電用ベクトル形継電器において、前記比較判定手段に代えて、前記差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第2高調波抑制演算手段にて得られた第2高調波抑制量と第3高調波抑制演算手段にて得られた第3高調波抑制量とを減算して得られる振幅値の変化分を検出して判定する変化分検出判定手段を備えたものである。

【0049】請求項8の発明の交流き電用ベクトル形継電器では、請求項4の交流き電用ベクトル形継電器に対して、前述の従来技術に記載の電流の絶対値の変化で判定を行う変化分検出継電器の機能も兼ね備えたものとなり、差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第2高調波抑制演算手段にて得られた抑制量と第3高調波抑制演算手段にて得られた抑制量とを減算して得られる振幅値データにて変化分 I を演算し、この I を予め定められた値と比較して判定することができる。

【0050】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図に基づいて詳説する。図1は本発明の第1の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器の回路構成を示している。図1において、き電線電流信号 I は電鉄用変電所の母線から保護対象のき電線の遮断器の後に配置されたき電線電流変成器を介して得られる。

【0051】このき電線電流 I が入力されるサンプルホ

ールド部1はき電線電流 I の出力をアナログフィルタに通過させた上で予め定められた一定の時間間隔でサンプリングを行い、その時の電流データを記憶する。差分電流演算部2は、サンプルホールド部1にて記憶されたき電線電流 I のサンプリングデータを用いて予め定められた系統周波数の n サイクル前 (n : 予め定めた整数) の同じくサンプルホールド部1にて記憶されているき電線電流のサンプリングデータを減算した差分電流データを記憶する。

【0052】差分基本波フィルタ部3は、差分電流演算部2にて得られた差分電流データに対して既知のデジタルフィルタを1つあるいは既知のデジタルフィルタを複数組み合わせ構成し、系統周波数の基本波電流成分を抽出して他の低次高調波成分を除去したデータを記憶する。差分基本波振幅値演算部4は、差分基本波フィルタ部3にて得られた基本波電流成分を抽出したデータより振幅値演算を行い、系統周波数の n サイクル前との差分電流の振幅値を記憶する。

【0053】比較判定部5は、差分基本波振幅値演算部4にて得られたき電線の差分電流の振幅値と予め定められた値とを比較して判定を行い、その結果を後段の出力処理側(図示せず)へ渡す。

【0054】上述した差分基本波フィルタ部3のデジタルフィルタについて、例を示して説明する。サンプルホールド部1のサンプリング間隔を系統周波数の電気角 15 度とした場合に得られるき電線電流 I の瞬時値を I_q としたとき (q : 電気角 15 度毎のデータの順番を示し(ここで、「 $q-1$ 」としたときは、 q に対して電気角 15 度前のデータのことにする)、差分電流演算部2で得られる差分き電線電流の瞬時値 I_q を用いて数8式の演算を実行して $I f 1 q$ を算出し、算出した $I f 1 q$ を用いて、さらに数9式の演算を実施して $I f 2 q$ を得ることができる。

【0055】こうして得られた $I f 2 q$ のデータは、 I_q のデータに対して直流成分と基本波電流成分以外の低次奇数倍調波成分を除去したデータである(デジタルフィルタ第1の手法)。

【0056】さらに数9式にて得られた $I f 2 q$ を用いて数10式の演算を実施して $I f 3 q$ を得ることができる。算出して得られた $I f 3 q$ のデータは、 $I f 2 q$ のデータに対して偶数倍調波成分を除去したデータである(デジタルフィルタ第2の手法)。

【0057】

【数8】

$$\Delta I f 1_q = \Delta I_q - \Delta I_{q-8}$$

【数9】

$$\Delta I f 2_q = \Delta I f 1_q + 1.75 \times \Delta I f 1_{q-2} + \Delta I f 1_{q-4}$$

【数10】

$$\Delta I f 3_q = \sum_{k=0}^{11} (\Delta I f 2_{q-k})$$

この第1の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器の動作を説明する。回生制御中にき電線に系統事故が発生した場合に、き電線電流の位相が変化することに着目して事故検出が可能となるようにするため、サンプルホールド部1が電鉄用交流き電回路のき電線電流Iをその定格周波数よりも短い時間間隔でサンプリングを行い、そのデータを記憶し、差分電流演算部2がこのサンプルホールド部1にて記憶したき電線電流Iのデータから系統周波数のnサイクル前の同じくサンプルホールド部1にて記憶したき電線電流データを減算したデータにてき電線電流の大きさや位相が変化したことが検出可能となるデータを演算して記憶する。

【0058】そして差分基本波フィルタ部3がデジタルフィルタを組み合わせ、差分電流演算部2にて得られたデータから基本波電流成分を抽出し、また他の低次高調波成分を除去する演算を行う。そしてこの差分基本波フィルタ部3にて得られたデータをもとに、差分基本波振幅値演算部4が振幅値を演算し、比較判定部5が差分基本波振幅値演算部4にて得られた振幅値を保護動作として予め定められた値と比較し判定を行う。

【0059】これにより、フーリエ級数展開を用いずに、デジタルフィルタの組み合わせることでき電線電流Iの基本波電流成分を抽出し、他の低次高調波成分を除去する演算を行い、演算負担を軽くしながらも、き電線電流の絶対値の変化がわずかである場合でも位相変化に反応して事故検出してき電線を保護することができる。

【0060】図2は本発明の第2の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器の構成を示し定いる。図2に示した第2の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器において、図1に示した第1の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器と異なる構成は、基本波フィルタ部6と基本波振幅値演算部7、第2高調波フィルタ部8と第2高調波振幅値演算部9と第2高調波含有率演算部10と第2高調波抑制演算部11と比較判定部12である。

【0061】基本波フィルタ部6は、サンプルホールド部1にて記憶されたき電線電流のサンプリングデータに対して既知のデジタルフィルタを1つあるいは既知のデジタルフィルタを複数組み合わせ構成し、系統周波数の基本波電流成分を抽出し、他の低次高調波成分を除去したデータを記憶する。基本波振幅値演算部7は、基本波フィルタ部6にて得られた基本波電流成分を抽出したデータより振幅値演算を行い、き電線電流Iの基本波電流成分の振幅値を記憶する。

【0062】第2高調波フィルタ部8は、サンプルホールド部1にて記憶されたき電線電流のサンプリングデータに対して既知のデジタルフィルタを1つあるいは既

知のデジタルフィルタを複数組み合わせ構成し、系統周波数の第2高調波電流成分を抽出し、基本波電流成分や他の低次高調波成分を除去したデータを記憶する。第2高調波振幅値演算部9は、第2高調波フィルタ部8にて得られた第2高調波電流成分を抽出したデータより振幅値演算を行い、き電線電流の第2高調波電流成分の振幅値を記憶する。

【0063】第2高調波含有率演算部10は、第2高調波振幅値演算部9より得られたき電線電流の第2高調波電流成分の振幅値を、基本波振幅値演算部7より得られたき電線の基本波電流成分にて除算を行い、き電線電流の基本波に対する第2高調波の含有率を記憶する。そして第2高調波抑制演算部11は、第2高調波含有率演算部10にて得られたき電線電流Iの基本波に対する第2高調波の含有率に、任意の定数として与えられる第2高調波抑制係数を乗算して得られる第2高調波による抑制量を記憶する。

【0064】比較判定部12は、前述の差分基本波振幅値演算部4にて得られたき電線の差分電流の振幅値より、第2高調波抑制演算部11にて得られた第2高調波による抑制量を減算し、得られた振幅値と予め定められた値と比較して判定を行い、その結果を後段の出力処理側へ渡す。

【0065】ここで、基本波フィルタ部6のデジタルフィルタについて説明する。例えば、サンプルホールド部1のサンプリング間隔を系統周波数の電気角15度とした場合に得られるき電線電流の瞬時値をI_qとしたとき、き電線電流の瞬時値I_qを用いて、前述の数8式~数10式と同様の数11式~数13式の演算を実施してI_f3_qを得る。こうして得られたI_f3_qのデータは、差分基本波フィルタ部6と同様にき電線電流の瞬時値I_qのデータに対して直流電流成分と基本波電流成分以外の低次高調波成分が除去されたデータである。

【0066】

【数11】

$$I f 1_q = I_q - I_{q-8}$$

【数12】

$$I f 2_q = I f 1_q + 1.75 \times I f 1_{q-2} + I f 1_{q-4}$$

【数13】

$$I f 3_q = \sum_{k=0}^{11} (I f 2_{q-k})$$

また第2高調波フィルタ部8のデジタルフィルタについて説明する。例えば、き電線電流の瞬時値I_qを用いて数14式の演算を実施してI_f4_qを得ることができる。得られたI_f4_qのデータは、き電線電流の瞬時値I_qのデータに対して奇数倍調波成分を除去したデータである(デジタルフィルタ第3の手法)。さらに数1

4式にて得られた $I f 4 q$ を用いて数 15 式の演算を実行して $I f 5 q$ を算出し、算出した $I f 5 q$ を用いてさらに数 16 式の演算を実施して $I f 6 q$ を得る。得られた $I f 6 q$ のデータは、 $I f 4 q$ のデータに対して直流電流成分と第 2 高調波電流成分以外の低次偶数倍調波成分を除去したデータである（デジタルフィルタ第 4 の手法）。

【0067】

【数 14】

$$I f 4_q = I_q + I_{q-12}$$

【数 15】

$$I f 5_q = I f 4_q - I f 4_{q-6}$$

【数 16】

$$I f 6_q = I f 5_q + I f 5_{q-1} + I f 5_{q-2} + I f 5_{q-3}$$

次に、上記の構成の第 2 の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器の動作を説明する。サンプルホールド部 1、差分電流演算部 2、差分基本波フィルタ部 3、そして差分基本波振幅値演算部 4 の演算処理動作は図 1 に示した第 1 の実施の形態と同様である。また基本波フィルタ部 6、基本波振幅値演算部 7 の演算処理動作も同様である。

【0068】そして第 2 の実施の形態の特徴である第 2 高調波フィルタ部 8 は、そのデジタルフィルタ第 5 の手法でサンプルホールド部 1 の得たデータをもとに奇数倍調波成分を除去し、デジタルフィルタ第 6 の手法で当該デジタルフィルタ第 5 の手法にて得られたデータをもとに直流成分と第 2 高調波成分以外の低次偶数倍調波成分を除去する。そして第 2 高調波振幅値演算部 9 が第 2 高調波フィルタ部 8 にて得られたデータをもとに振幅値を演算する。

【0069】そして第 2 高調波含有率演算部 10 が、第 2 高調波振幅値演算部 9 にて得られたデータを基本波振幅値演算部 7 にて得られたデータによって除算して基本波に対する第 2 高調波の含有率を演算し、第 2 高調波抑制演算部 11 が基本波振幅値演算部 7 にて得られたデータに対して第 2 高調波含有率演算部 10 にて得られた第 2 高調波の含有率と任意の定数として与えられる第 2 高調波抑制係数とを乗算して抑制量を求める。

【0070】そして比較判定部 12 が、差分基本波振幅値演算部 4 にて得られたデータから第 2 高調波抑制演算部 11 にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較して判定する。

【0071】これにより、第 2 の実施の形態によれば、き電線に励磁突入電流が通電された時に発生する第 2 高調波に応じて判定量に抑制をかけて励磁突入電流に対して不要動作することのない交流き電用ベクトル形継電器を得ることができる。

【0072】図 3 は本発明の第 3 の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器の構成を示している。図 3 に示す交流き電用ベクトル形継電器において、図 1 に示した第 1 の実施の形態と異なる構成は、基本波フィルタ部 6 と基本波振幅値演算部 7、そして第 3 高調波フィルタ部 13 と第 3 高調波振幅値演算部 14 と第 3 高調波含有率演算部 15 と第 3 高調波抑制演算部 16 と比較判定部 17 である。なお、これらのうち、基本波フィルタ部 6 と基本波振幅値演算部 7 とは、図 2 に示した第 2 の実施の形態のものと同様である。

【0073】第 3 高調波フィルタ部 13 は、サンプルホールド部 1 にて記憶されたき電線電流 I のサンプリングデータに対して既知のデジタルフィルタを 1 つあるいは既知のデジタルフィルタを複数組み合わせ構成し、系統周波数の第 3 高調波電流成分を抽出して基本波電流成分や他の低次高調波成分を除去したデータを記憶する。第 3 高調波振幅値演算部 14 は、第 3 高調波フィルタ部 13 にて得られた第 3 高調波電流成分を抽出したデータより振幅値演算を行い、き電線電流の第 3 高調波電流成分の振幅値を記憶する。

【0074】第 3 高調波含有率演算部 15 は、第 3 高調波振幅値演算部 14 より得られたき電線電流の第 3 高調波電流成分の振幅値を基本波振幅値演算部 7 より得られたき電線の基本波電流成分にて除算を行い、き電線電流の基本波に対する第 3 高調波の含有率を記憶する。第 3 高調波抑制演算部 16 は、第 3 高調波含有率演算部 15 にて得られたき電線電流の基本波に対する第 3 高調波の含有率に、任意の定数として与えられる第 3 高調波抑制係数を乗算して得られる第 3 高調波による抑制量を記憶する。

【0075】比較判定部 17 は、差分基本波振幅値演算部 4 にて得られたき電線の差分電流の振幅値より、第 3 高調波抑制演算部 16 にて得られた第 3 高調波による抑制量を減算して得られた振幅値と予め定められた値と比較して判定を行い、その結果を後段の出力処理側へ渡す。

【0076】第 3 高調波フィルタ部 13 のデジタルフィルタについて説明する。例えば、サンプルホールド部 1 のサンプリング間隔を系統周波数の電気角 15 度とした場合に得られるき電線電流の瞬時値を $I q$ としたとき、き電線電流の瞬時値 $I q$ を用いて数 17 式の演算を実施して $I f 7 q$ を得る。算出して得られた $I f 7 q$ のデータはき電線電流の瞬時値 $I q$ のデータに対して直流電流成分と偶数倍調波成分を除去したデータである（デジタルフィルタ第 5 の手法）。

【0077】さらに数 17 式にて得られた $I f 7 q$ を用いて数 18 式の演算を実行して $I f 8 q$ を得る。得られた $I f 8 q$ のデータは、 $I f 7 q$ のデータに対して第 3 高調波電流成分以外の低次奇数倍調波成分を除去したデータである（デジタルフィルタ第 6 の手法）。

【0078】

【数17】

$$If7_q = I_q - I_{q-12}$$

【数18】

$$If8_q = If7_q - If7_{q-4} + If7_{q-8}$$

次に、上記の第3の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器の動作を説明する。サンプルホールド部1、差分電流演算部2、差分基本波フィルタ部3、そして差分基本波振幅値演算部4の演算処理動作は図1に示した第1の実施の形態と同様である。また基本波フィルタ部6、基本波振幅値演算部7の演算処理動作も同様である。

【0079】そして第3の実施の形態の特徴である第3高調波フィルタ部13は、そのデジタルフィルタ第7の手法でサンプルホールド部1にて得られたデータをもとに直流成分と偶数倍調波成分を除去し、デジタルフィルタ第8の手法でこのデジタルフィルタ第7の手法にて得られたデータをもとに第3高調波成分以外の低次奇数倍調波成分を除去する。そして第3高調波振幅値演算部14が第3高調波フィルタ部13にて得られたデータをもとに振幅値を演算する。

【0080】さらに第3高調波含有率演算部15が第3高調波振幅値演算部14にて得られたデータを基本波振幅値演算部7にて得られたデータによって除算して基本波に対する第3高調波の含有率を演算し、第3高調波抑制演算部16が基本波振幅値演算部7にて得られたデータに対して第3高調波含有率演算部15にて得られた第3高調波の含有率と任意の定数として与えられる第3高調波抑制係数とを乗算して抑制量を求める。

【0081】そして比較判定部17が差分基本波振幅値演算部4にて得られたデータから第3高調波抑制演算部16にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較して判定する。

【0082】これにより、第3の実施の形態によれば、き電線に電気車両が進入した時に発生する第3高調波に応じて判定量に抑制をかけて電気車両の力行、制動が行われた時に不要動作することのない交流き電用ベクトル形継電器を得ることができる。

【0083】次に、本発明の第4の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器について説明する。図4は第4の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器の構成を示している。第4の実施の形態の特徴は、図2に示した第2の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器に対して、第3の実施の形態と同様の第3高調波フィルタ部13と第3高調波振幅値演算部14と第3高調波含有率演算部15と第3高調波抑制演算部16とを追加し、また比較判定部12に代えて比較判定部18を備えた点である。

【0084】比較判定部18は、差分基本波振幅値演算部4にて得られたき電線の差分電流の振幅値より、第2

高調波抑制演算部11にて得られた第2高調波による抑制量を減算し、さらに第3高調波抑制演算部16にて得られた第3高調波による抑制量をも減算して得られた振幅値を予め定められた値と比較して判定を行い、その結果を後段の出力処理側へ渡す。

【0085】次に、この第4の実施の形態の動作について説明する。差分基本波振幅値演算部4、基本波振幅値演算部7、第2高調波抑制演算部11は図2に示した第2の実施の形態と同様の演算処理を行う。そして第3高調波抑制演算部16は図3に示した第3の実施の形態と同様の演算処理を行う。

【0086】そして比較判定部18は、差分基本波振幅値演算部4にて得られたデータから第2高調波抑制演算部11にて得られた第2高調波抑制量と第3高調波抑制演算部16にて得られた第3高調波抑制量とを減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較して判定する。

【0087】こうして第4の実施の形態によれば、第2の実施の形態と第3の実施の形態とを組み合わせた構成にしたことにより、差分基本波振幅値演算部4にて得られたデータから第2高調波抑制演算部11にて得られた第2高調波抑制量を減算し、さらに第3高調波抑制演算部16にて得られた第3高調波抑制量をも減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較して判定するので、き電線に励磁突入電流が通電された時に不要動作することがなく、さらにき電線に電気車両が進入した時にも不要動作することのない交流き電用ベクトル形継電器を得ることができる。

【0088】次に、本発明の第5の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器を図5に基づいて説明する。図5は第5の実施の形態の構成を示している。この図5に示した第5の実施の形態において、図1に示した第1の実施の形態と異なる構成要素は変化分検出判定部21である。その他の構成は、図1に示した第1の実施の形態のものと同様である。

【0089】この変化分検出判定部21は、差分基本波振幅値演算部4より得られたき電線の差分電流の振幅値より変化分 I を演算し、 I と予め定められた値とを比較して判定を行い、その結果を後段の出力処理側へ渡す。

【0090】この第5の実施の形態によれば、図1に示した第1の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器に対して、従来技術に記載の電流の絶対値の変化で判定を行う変化分検出継電器の機能も兼ね備えたものとなり、差分基本波振幅値演算部4にて得られた振幅値データより変化分 I を演算し、この I を予め定められた値と比較して判定することができる。

【0091】次に、本発明の第6の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器を図6に基づいて説明する。図6に示す第6の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器

において、図 2 に示した第 2 の実施の形態のものとなる構成要素は、変化分検出判定部 2 2 である。その他の構成は、図 2 に示した第 2 の実施の形態のものと同通である。

【0092】この変化分検出判定部 2 2 は、差分基本波振幅値演算部 4 より得られたき電線の差分電流の振幅値から第 2 高調波抑制演算部 1 1 にて得られた第 2 高調波による抑制量を減算して得られた振幅値より変化分 I を演算し、 I と予め定められた値とを比較し判定を行い、その結果を後段の出力処理側へ渡す。

【0093】この第 6 の実施の形態によれば、図 2 に示した第 2 の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器に対して、従来技術に記載の電流の絶対値の変化で判定を行う変化分検出継電器の機能も兼ね備えたものとなり、差分基本波振幅値演算部 4 にて得られたデータから第 2 高調波抑制演算部 1 1 にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値データにて変化分 I を演算し、この I を予め定められた値と比較して判定することができる。

【0094】次に、本発明の第 7 の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器を図 7 に基づいて説明する。図 7 に示す第 7 の実施の交流き電用ベクトル形継電器において、図 3 に示した第 3 の実施の形態のものとなる構成要素は、変化分検出判定部 2 3 である。その他の構成は、図 3 に示した第 3 の実施の形態のものと同通である。

【0095】この変化分検出判定部 2 3 は、差分基本波振幅値演算部 4 より得られたき電線の差分電流の振幅値から第 3 高調波抑制演算部 1 6 にて得られた第 3 高調波による抑制量を減算して得られた振幅値より変化分 I を演算し、この I と予め定められた値とを比較して判定を行い、その結果を後段の出力処理側へ渡す。

【0096】この第 7 の実施の形態によれば、第 3 の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器に対して、従来技術に記載の電流の絶対値の変化で判定を行う変化分検出継電器の機能も兼ね備えたものとなり、差分基本波振幅値演算部 4 にて得られたデータから第 3 高調波抑制演算部 1 6 にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値データにて変化分 I を演算し、この I を予め定められた値と比較して判定することができる。

【0097】次に、本発明の第 8 の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器を、図 8 に基づいて説明する。図 8 に示す第 8 の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器において、図 4 に示した第 4 の実施の形態のものとなる構成要素は変化分検出判定部 2 4 である。その他の構成は、図 4 に示した第 4 の実施の形態のものと同通である。

【0098】この変化分検出判定部 2 4 は、差分基本波振幅値演算部 4 より得られたき電線の差分電流の振幅値から第 2 高調波抑制演算部 1 1 にて得られた第 2 高調波による抑制量を減算し、さらに第 3 高調波抑制演算部 1

6 にて得られた第 3 高調波による抑制量をも減算して得られた振幅値より変化分 I を演算し、この I と予め定められた値とを比較して判定を行い、その結果を後段の出力処理側へ渡す。

【0099】この第 8 の実施の形態によれば、図 4 に示した第 4 の実施の形態の交流き電用ベクトル形継電器に対して、従来技術に記載の電流の絶対値の変化で判定を行う変化分検出継電器の機能も兼ね備えたものとなり、差分基本波振幅値演算部 4 にて得られたデータから第 2 高調波抑制演算部 1 1 にて得られた抑制量と第 3 高調波抑制演算部 1 6 にて得られた抑制量とを減算して得られる振幅値データにて変化分 I を演算し、この I を予め定められた値と比較して判定することができる。

【0100】

【発明の効果】以上のように請求項 1 の発明によれば、フーリエ級数展開を用いずに、デジタルフィルタの組み合わせることで基本波電流成分を抽出し、他の低次高調波成分を除去する演算を行い、演算負担を軽くしながら、き電線電流の絶対値の変化がわずかである場合でも位相変化に反応して事故検出してき電線を保護することができる。

【0101】請求項 2 の発明によれば、き電線に励磁突入電流が通電された時に発生する第 2 高調波に応じて判定量に抑制をかけて励磁突入電流に対して不要動作することのない交流き電用ベクトル形継電器を得ることができる。

【0102】請求項 3 の発明によれば、き電線に電気車両が進入した時に発生する第 3 高調波に応じて判定量に抑制をかけて電気車両の力行、制動が行われた時に不要動作することのない交流き電用ベクトル形継電器を得ることができる。

【0103】請求項 4 の発明によれば、請求項 2 の発明と請求項 3 の発明とを組み合わせることにより、差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第 2 高調波抑制演算手段にて得られた第 2 高調波抑制量を減算し、さらに第 3 高調波抑制演算手段にて得られた第 3 高調波抑制量をも減算して得られる振幅値を予め定められた値と比較して判定を行うので、き電線に励磁突入電流が通電された時に不要動作することがなく、さらにき電線に電気車両が進入した時にも不要動作することのない交流き電用ベクトル形継電器を得ることができる。

【0104】請求項 5 の発明によれば、請求項 1 の発明の交流き電用ベクトル形継電器に対して、前述の従来技術に記載の電流の絶対値の変化で判定を行う変化分検出継電器の機能も兼ね備えたものとなり、差分基本波振幅値演算手段にて得られた振幅値データより変化分 I を演算し、この I を予め定められた値と比較して判定することができる。

【0105】請求項 6 の発明によれば、請求項 2 の発明の交流き電用ベクトル形継電器に対して、前述の従来技

術に記載の電流の絶対値の変化で判定を行う変化分検出継電器の機能も兼ね備えたものとなり、差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第2高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値データにて変化分 I を演算し、この I を予め定められた値と比較して判定することができる。

【0106】請求項7の発明によれば、請求項3の発明の交流き電用ベクトル形継電器に対して、前述の従来技術に記載の電流の絶対値の変化で判定を行う変化分検出継電器の機能も兼ね備えたものとなり、差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第3高調波抑制演算手段にて得られた抑制量を減算して得られる振幅値データにて変化分 I を演算し、この I を予め定められた値と比較して判定することができる。

【0107】請求項8の発明によれば、請求項4の発明の交流き電用ベクトル形継電器に対して、前述の従来技術に記載の電流の絶対値の変化で判定を行う変化分検出継電器の機能も兼ね備えたものとなり、差分基本波振幅値演算手段にて得られたデータから第2高調波抑制演算手段にて得られた抑制量と第3高調波抑制演算手段にて得られた抑制量とを減算して得られる振幅値データにて変化分 I を演算し、この I を予め定められた値と比較して判定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の構成を示すブロック図。

【図2】本発明の第2の実施の形態の構成を示すブロック図。

【図3】本発明の第3の実施の形態の構成を示すブロック図。

【図4】本発明の第4の実施の形態の構成を示すブロック図。

【図5】本発明の第5の実施の形態の構成を示すブロック図。

【図6】本発明の第6の実施の形態の構成を示すブロック図。

【図7】本発明の第7の実施の形態の構成を示すブロック図。

【図8】本発明の第8の実施の形態の構成を示すブロック図。

【図9】従来の電流変化分検出方法の原理を説明する回路図。

【図10】図9の等価回路におけるき電線電流とその変化分電流の応動を示すグラフ。

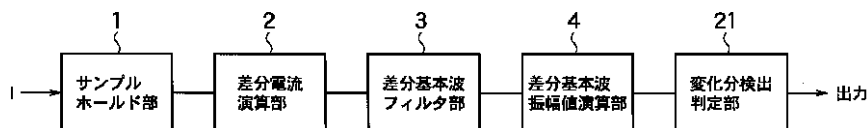
【符号の説明】

- 1 サンプルホールド部
- 2 差分電流演算部
- 3 差分基本波フィルタ部
- 4 差分基本波振幅値演算部
- 5 比較判定部
- 6 基本波フィルタ部
- 7 基本波振幅値演算部
- 8 第2高調波フィルタ部
- 9 第2高調波振幅値演算部
- 10 第2高調波含有率演算部
- 11 第2高調波抑制演算部
- 12 比較判定部
- 13 第3高調波フィルタ部
- 14 第3高調波振幅値演算部
- 15 第3高調波含有率演算部
- 16 第3高調波抑制演算部
- 17 比較判定部
- 18 比較判定部
- 21 変化分検出判定部
- 22 変化分検出判定部
- 23 変化分検出判定部
- 24 変化分検出判定部

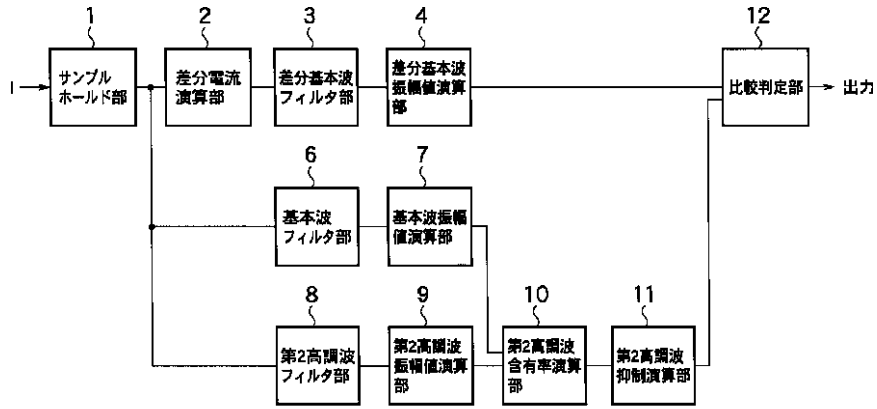
【図1】



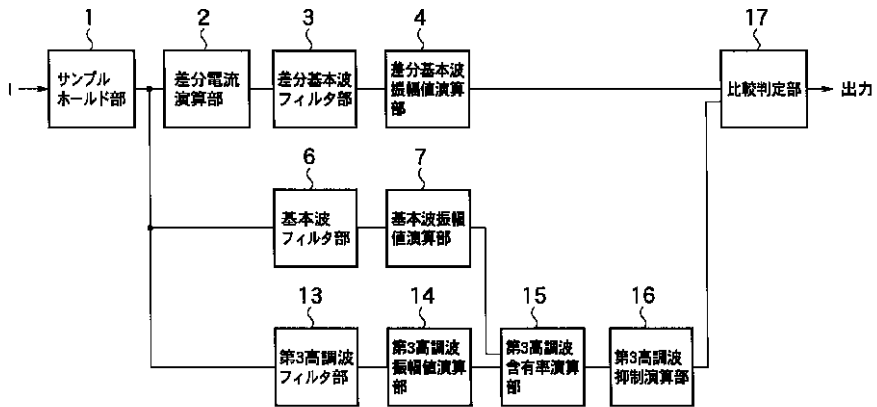
【図5】



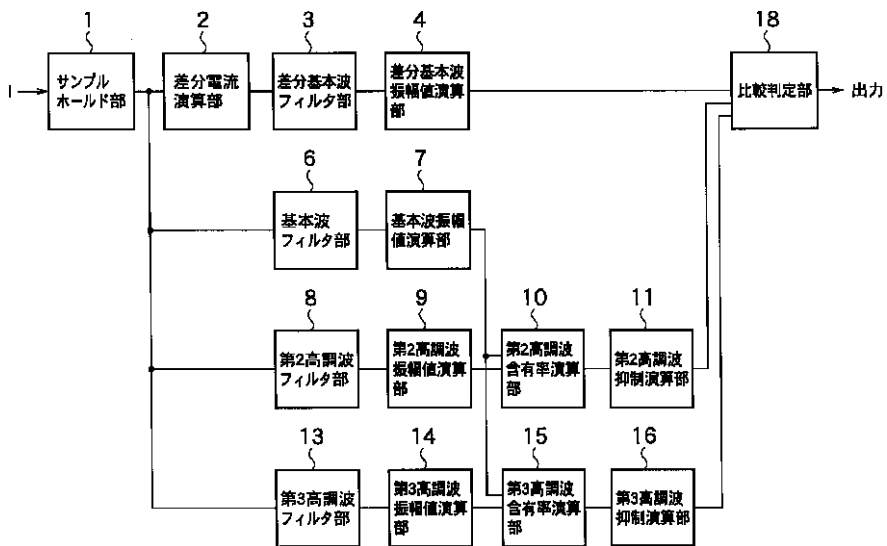
【図2】



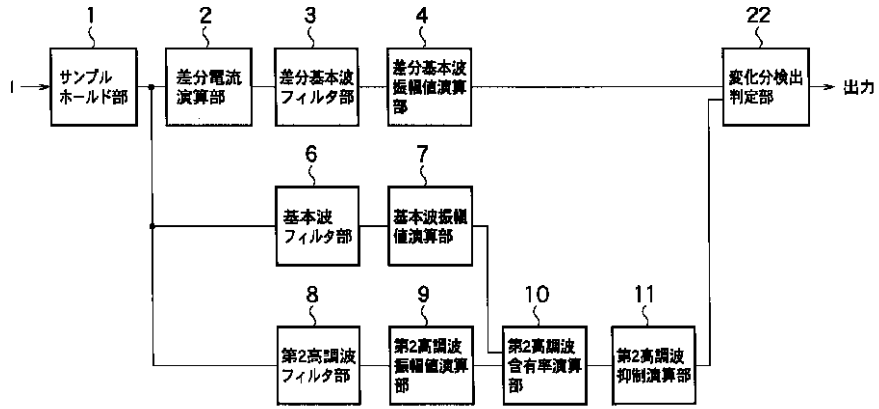
【図3】



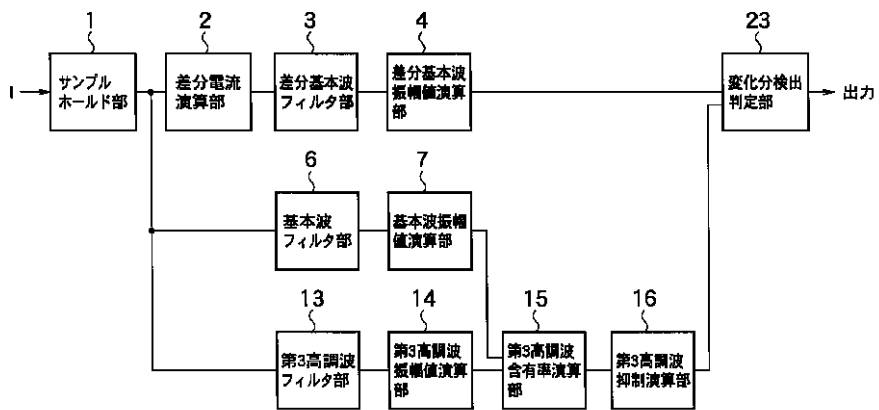
【図4】



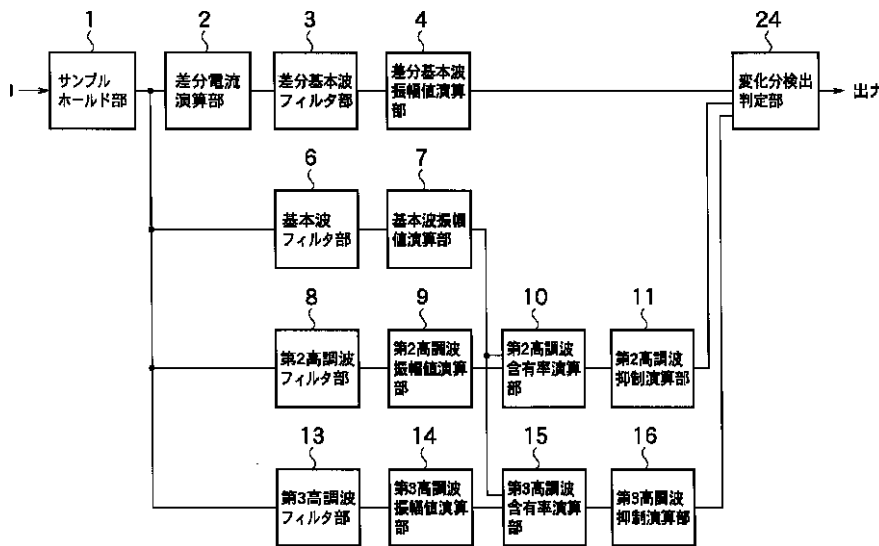
【図6】



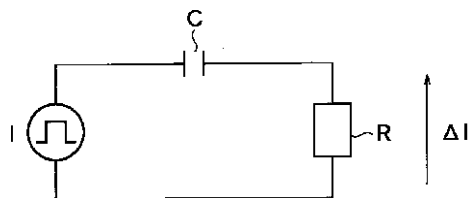
【図7】



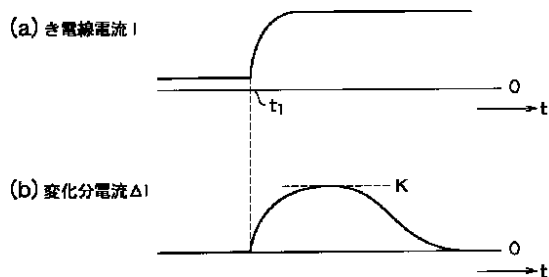
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (72)発明者 持永 芳文
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 戸田 弘康
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 久水 泰司
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 長崎 寛美
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝
府中事業所内

- (72)発明者 平松 博
東京都府中市晴見町2丁目24番地の1 東
芝システムテクノロジー株式会社内
- (72)発明者 上村 修
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝
府中事業所内
- (72)発明者 吉舗 幸信
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
東芝本社事務所内
- (72)発明者 増山 隆雄
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
東芝本社事務所内

Fターム(参考) 5G058 GG02 GG03 GG06 GG09