

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-247276

(P2012-247276A)

(43) 公開日 平成24年12月13日(2012. 12. 13)

(51) Int.Cl.

G O 1 R 21/133 (2006.01)

F I

G O 1 R 21/133

D

G O 1 R 21/133

E

G O 1 R 21/133

A

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2011-118511 (P2011-118511)
(22) 出願日 平成23年5月26日 (2011. 5. 26)

(71) 出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(74) 代理人 110001243
特許業務法人 谷・阿部特許事務所
(72) 発明者 上野 雅浩
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
(72) 発明者 豊田 誠治
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
(72) 発明者 八木 生剛
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

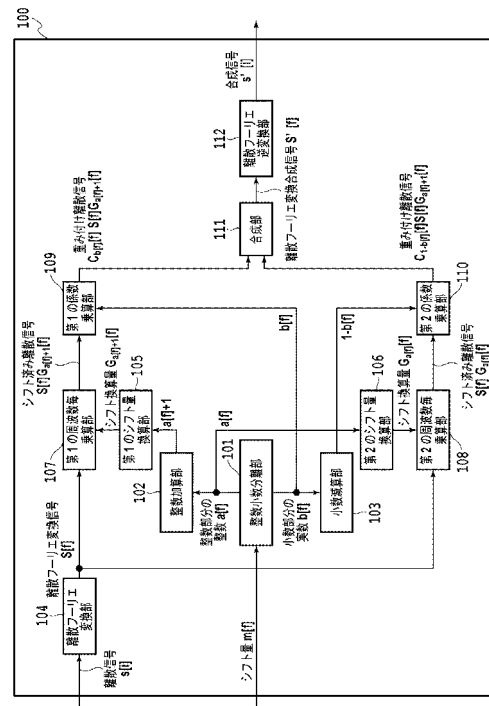
(54) 【発明の名称】 信号シフト装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、離散信号をサンプリング周期の実数倍シフトすることを実現する信号シフト装置及び方法に関する。

【解決手段】 本発明の信号シフト装置は、実数であるシフト量 $m[f]$ の整数部分の $a[f]$ 及び小数部分の $b[f]$ を出力する整数小数分離部と、 $a[f]+1$ を出力する整数加算部と、 $1-b[f]$ を出力する小数減算部と、離散フーリエ変換信号を出力する離散フーリエ変換部と、シフト換算量を出力する第1及び第2のシフト量換算部と、シフト済み離散信号を出力する第1及び第2の周波数毎乗算部と、重み付け離散信号を出力する第1及び第2の係数乗算部と、離散フーリエ変換合成信号を出力する合成部と、合成信号を出力する離散フーリエ逆変換部とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

周波数情報 f 毎に、外部から出力された実数であるシフト量 $m[f]$ を入力し、該入力したシフト量 $m[f]$ の整数部分の整数 $a[f]$ 及びシフト量 $m[f]$ の小数部分の実数 $b[f]$ を出力する整数小数分離部と、

周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力し、入力した数 $a[f]$ に 1 を加算することにより整数 $a[f] + 1$ を出力する整数加算部と、

周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ を入力し、入力した実数 $b[f]$ を 1 から減算することにより実数 $1 - b[f]$ を出力する小数減算部と、

外部から出力された i 番目の離散信号を示す離散信号 $s[i]$ を入力して、該入力した離散信号 $s[i]$ を離散フーリエ変換することにより、離散フーリエ変換信号 $S[f]$ を出力する離散フーリエ変換部と、

周波数情報 f 毎に、前記整数加算部から出力された整数 $a[f] + 1$ を入力して、該入力した整数 $a[f] + 1$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f(a[f] + 1)/N)$ を出力する第 1 のシフト量換算部と、

周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力して、該入力した整数 $a[f]$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f]/N)$ を出力する第 2 のシフト量換算部と、

周波数情報 f 毎に、前記第 1 のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と前記離散フーリエ変換部から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と該入力した離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、シフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ を出力する第 1 の周波数毎乗算部と、

周波数情報 f 毎に、前記第 2 のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と前記離散フーリエ変換部から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と該入力した離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、シフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]}[f]$ を出力する第 2 の周波数毎乗算部と、

周波数情報 f 毎に、前記第 1 の周波数毎乗算部から出力されたシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ と前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ とを入力し、該入力したシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ の周波数情報 f の信号強度 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ に、該入力した実数 $b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{b[f]}[f] = \sin(2\pi f \cdot b[f]/N) / \sin(2\pi f/N)$ を乗算することにより、重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f]S[f]G_{a[f]+1}[f]$ を出力する第 1 の係数乗算部と、

周波数情報 f 毎に、前記第 2 の周波数毎乗算部から出力されたシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]}[f]$ と前記小数減算部から出力された実数 $1 - b[f]$ とを入力し、該入力したシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]}[f]$ の周波数情報 f の信号強度 $S[f]G_{a[f]}[f]$ に、該入力した実数 $1 - b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{1-b[f]}[f] = \sin(2\pi f(1 - b[f])/N) / \sin(2\pi f/N)$ を乗算することにより、重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f]S[f]G_{a[f]}[f]$ を出力する第 2 の係数乗算部と、

周波数情報 f 毎に、前記第 1 の係数乗算部から出力された重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f]S[f]G_{a[f]+1}[f]$ と前記第 2 の係数乗算部から出力された重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f]S[f]G_{a[f]}[f]$ とを入力して、該入力した重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f]S[f]G_{a[f]+1}[f]$ と該入力した重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f]S[f]G_{a[f]}[f]$ とを加算することにより、離散フーリエ変換合成信号 $S'[f] = \{C_{b[f]}[f]G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f]G_{a[f]}[f]\} S[f]$ を出力する合成部と、

前記合成部から出力された離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を周波数情報 f 毎に入力して、周波数情報 f 毎に入力した全ての離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を離散フーリエ逆変換することにより、合成信号 $s'[i]$ を出力する離散フーリエ逆変換部と

を備えることを特徴とする一次元信号シフト装置。

【請求項 2】

周波数情報 f 毎に、外部から出力された実数であるシフト量 $m[f]$ を入力し、該入力したシフト量 $m[f]$ の整数部分の整数 $a[f]$ 及びシフト量 $m[f]$ の小数部分の実数 $b[f]$ を出力する整数小数分離部と、

周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力し、入力した数 $a[f]$ に 1 を加算することにより整数 $a[f] + 1$ を出力する整数加算部と、

周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ を入力し、入力した実数 $b[f]$ を 1 から減算して、実数 $1 - b[f]$ を出力する小数減算部と、

外部から出力された i 番目の離散信号を示す離散信号 $s[i]$ を入力して、該入力した離散信号 $s[i]$ を離散フーリエ変換して、離散フーリエ変換信号 $S[f]$ を出力する離散フーリエ変換部と、

周波数情報 f 毎に、前記整数加算部から出力された整数 $a[f] + 1$ を入力して、該入力した整数 $a[f] + 1$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f(a[f] + 1)/N)$ を出力する第 1 のシフト量換算部と、

周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力して、該入力した整数 $a[f]$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f]/N)$ を出力する第 2 のシフト量換算部と、

周波数情報 f 毎に、前記第 1 のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ とを入力し、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ に、該入力した実数 $b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{b[f]}[f] = \sin(2\pi f \cdot b[f]/N) / \sin(2\pi f/N)$ を乗算することにより、重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f]$ を出力する第 1 の係数乗算部と、

周波数情報 f 毎に、前記第 2 のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と前記小数減算部から出力された実数 $1 - b[f]$ とを入力し、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ に、該入力した実数 $1 - b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{1-b[f]}[f] = \sin(2\pi f(1 - b[f])/N) / \sin(2\pi f/N)$ を乗算することにより、重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ を出力する第 2 の係数乗算部と、

周波数情報 f 毎に、前記第 1 の係数乗算部から出力された重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f]$ と前記第 2 の係数乗算部から出力された重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ とを入力して、該入力した重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f]$ と重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ を加算することにより、合成シフト換算量 $G'[f] = C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ を出力する合成部と、

周波数情報 f 毎に、前記合成部から出力された合成シフト換算量 $G'[f]$ と前記離散フーリエ変換部から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、該入力した合成シフト換算量 $G'[f]$ と該入力した離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、離散フーリエ変換合成信号 $S'[f] = G'[f] S[f] = \{C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]\} S[f]$ を出力する周波数毎乗算部と、

前記周波数毎乗算部から出力された離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を周波数毎に入力して、周波数毎に入力した全ての離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を離散フーリエ逆変換することにより、合成信号 $s'[i]$ を出力する離散フーリエ逆変換部と

を備えることを特徴とする一次元信号シフト装置。

【請求項 3】

前記シフト量 $m[f]$ は、周波数情報 f によらず一定であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の一次元信号シフト装置。

【請求項 4】

整数小数分離部が、周波数情報 f 毎に、外部から出力された実数であるシフト量 $m[f]$ を入力し、該入力したシフト量 $m[f]$ の整数部分の整数 $a[f]$ 及びシフト量 $m[f]$ の小数部分の実数 $b[f]$ を出力するステップと、

整数加算部が、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力し、入力した数 $a[f]$ に 1 を加算することにより整数 $a[f] + 1$ を出力するステップと、

、

10

20

30

40

50

小数減算部が、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ を入力し、入力した実数 $b[f]$ を 1 から減算することにより実数 $1 - b[f]$ を出力するステップと、

離散フーリエ変換部が、外部から出力された i 番目の離散信号を示す離散信号 $s[i]$ を入力して、該入力した離散信号 $s[i]$ を離散フーリエ変換することにより、離散フーリエ変換信号 $S[f]$ を出力するステップと、

第 1 のシフト量換算部が、周波数情報 f 毎に、前記整数加算部から出力された整数 $a[f] + 1$ を入力して、該入力した整数 $a[f] + 1$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f (a[f] + 1) / N)$ を出力するステップと、

第 2 のシフト量換算部が、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力して、該入力した整数 $a[f]$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f] / N)$ を出力するステップと、

第 1 の周波数毎乗算部が、周波数情報 f 毎に、前記第 1 のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と前記離散フーリエ変換部から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と該入力した離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、シフト済み離散信号 $S[f] G_{a[f]+1}[f]$ を出力するステップと、

第 2 の周波数毎乗算部が、周波数情報 f 毎に、前記第 2 のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と前記離散フーリエ変換部から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と該入力した離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、シフト済み離散信号 $S[f] G_{a[f]}[f]$ を出力するステップと、

第 1 の係数乗算部が、周波数情報 f 毎に、前記第 1 の周波数毎乗算部から出力されたシフト済み離散信号 $S[f] G_{a[f]+1}[f]$ と前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ とを入力し、該入力したシフト済み離散信号 $S[f] G_{a[f]+1}[f]$ の周波数情報 f の信号強度 $S[f] G_{a[f]+1}[f]$ に、該入力した実数 $b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{b[f]}[f] = \sin(2\pi f \cdot b[f] / N) / \sin(2\pi f / N)$ を乗算して、重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f] S[f] G_{a[f]+1}[f]$ を出力するステップと、

第 2 の係数乗算部が、周波数情報 f 毎に、前記第 2 の周波数毎乗算部から出力されたシフト済み離散信号 $S[f] G_{a[f]}[f]$ と前記小数減算部から出力された実数 $1 - b[f]$ とを入力し、該入力したシフト済み離散信号 $S[f] G_{a[f]}[f]$ の周波数情報 f の信号強度 $S[f] G_{a[f]}[f]$ に、該入力した実数 $1 - b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{1-b[f]}[f] = \sin(2\pi f (1 - b[f]) / N) / \sin(2\pi f / N)$ を乗算して、重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f] S[f] G_{a[f]}[f]$ を出力するステップと、

合成部が、周波数情報 f 毎に、前記第 1 の係数乗算部から出力された重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f] S[f] G_{a[f]+1}[f]$ と前記第 2 の係数乗算部から出力された重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f] S[f] G_{a[f]}[f]$ とを入力して、該入力した重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f] S[f] G_{a[f]+1}[f]$ と該入力した重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f] S[f] G_{a[f]}[f]$ とを加算することにより、離散フーリエ変換合成信号 $S'[f] = \{C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]\} S[f]$ を出力するステップと、

離散フーリエ逆変換部が、前記合成部から出力された離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を周波数情報 f 毎に入力して、周波数情報 f 毎に入力した全ての離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を離散フーリエ逆変換することにより、合成信号 $s'[i]$ を出力するステップと

を備えることを特徴とする方法。

【請求項 5】

整数小数分離部が、周波数情報 f 毎に、外部から出力された実数であるシフト量 $m[f]$ を入力し、該入力したシフト量 $m[f]$ の整数部分の整数 $a[f]$ 及びシフト量 $m[f]$ の小数部分の実数 $b[f]$ を出力するステップと、

整数加算部が、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入

かし、入力した数 $a[f]$ に 1 を加算することにより整数 $a[f] + 1$ を出力するステップと、

小数減算部が、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ を入力し、入力した実数 $b[f]$ を 1 から減算することにより実数 $1 - b[f]$ を出力するステップと、

離散フーリエ変換部が、外部から出力された i 番目の離散信号を示す離散信号 $s[i]$ を入力して、該入力した離散信号 $s[i]$ を離散フーリエ変換することにより、離散フーリエ変換信号 $S[f]$ を出力するステップと、

第 1 のシフト量換算部が、周波数情報 f 毎に、前記整数加算部から出力された整数 $a[f] + 1$ を入力して、該入力した整数 $a[f] + 1$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f(a[f] + 1)/N)$ を出力するステップと、 10

第 2 のシフト量換算部が、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力して、該入力した整数 $a[f]$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f]/N)$ を出力するステップと、

第 1 の係数乗算部が、周波数情報 f 毎に、前記第 1 のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ とを入力し、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ に、該入力した実数 $b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{b[f]}[f] = \sin(2\pi f \cdot b[f]/N) / \sin(2\pi f/N)$ を乗算することにより、重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f]$ を出力するステップと、 20

第 2 の係数乗算部が、周波数情報 f 毎に、前記第 2 のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と前記小数減算部から出力された実数 $1 - b[f]$ とを入力し、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ に、該入力した実数 $1 - b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{1-b[f]}[f] = \sin(2\pi f(1 - b[f])/N) / \sin(2\pi f/N)$ を乗算することにより、重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ を出力するステップと、 20

合成部が、周波数情報 f 毎に、前記第 1 の係数乗算部から出力された重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f]$ と前記第 2 の係数乗算部から出力された重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ とを入力して、該入力した重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f]$ と重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ を加算することにより、合成シフト換算量 $G'[f] = C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ を出力するステップと、 30

周波数毎乗算部が、周波数情報 f 毎に、前記合成部から出力された合成シフト換算量 $G'[f]$ と前記離散フーリエ変換部から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、該入力した合成シフト換算量 $G'[f]$ と該入力した離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、離散フーリエ変換合成信号 $S'[f] = G'[f] S[f] = \{C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]\} S[f]$ を出力するステップと、

離散フーリエ逆変換部が、前記周波数毎乗算部から出力された離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を周波数毎に入力して、周波数毎に入力した全ての離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を離散フーリエ逆変換することにより、合成信号 $s'[i]$ を出力するステップとを備えることを特徴とする方法。

【請求項 6】

前記シフト量 $m[f]$ は、周波数情報 f によらず一定であることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、連続的な信号をサンプリングすることによって得られた離散信号をシフト（移動）する装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

図 5 は、典型的な電力測定装置の構成を示す。図 5 には、電圧 A/D 変換部 501 と、

10

20

30

40

50

電流 A/D 変換部 502 と、信号シフト装置 503 と、積和演算部 504 と、電力量表示部 505 とを備えた電力測定装置 500 が示されている。

【0003】

電圧 A/D 変換部 501 は、アナログ電圧信号 V_a を入力し、入力したアナログ電圧信号 V_a をサンプリングおよび量子化して、ディジタル電圧信号 V_d を出力する。電流 A/D 変換部 502 は、アナログ電流信号 I_a を入力し、入力したアナログ電流信号 I_a をサンプリングおよび量子化して、ディジタル電流信号 I_d を出力する。信号シフト装置 503 は、ディジタル電流信号 I_d とシフト量 m とを入力し、ディジタル電流信号 I_d をシフト量 m だけ時間的にシフトして、シフト済みディジタル電流信号 I_d' を出力する。積和演算部 504 は、ディジタル電圧信号 V_d とシフト済みディジタル電流信号 I_d' を入力し、ディジタル電圧信号 V_d とシフト済みディジタル電流信号 I_d' とを積和演算して電力値 P を算出し、算出した電力値 P を出力する。電力量表示部 505 は、積和演算部 504 から出力された電力値 P を入力し、入力した電力値 P を表示する。積和演算部 504 は、下記の (式 1) に従ってディジタル電圧信号 V_d とシフト済みディジタル電流信号 I_d' とを積和演算して電力値 P を算出する。

10

【0004】

【数 1】

$$P = \sum_{i=0}^{N-1} V_d[i] * I_d'[i] \quad (\text{式 1})$$

20

【0005】

ただし、 $V_d[i]$ 及び $I_d'[i]$ は、それぞれ、 i 番目のディジタル電圧信号 V_d 及び i 番目のシフト済みディジタル電流信号 I_d' を示す。このように、典型的な電力測定装置において、正確に電力量を測定するためには、サンプリング毎のディジタル電圧信号 V_d とディジタル電流信号 I_d との間の位相のずれを小さくする必要がある。

【0006】

従来の信号シフト装置としては、シフトレジスタ等を用いて離散信号をサンプリング周期の整数倍でシフトするものがあった。例えば、特許文献 1 によると、サンプリングされた電流値をサンプリング周期の整数倍 (特許文献 1 の図 2 では 1 倍) だけシフトする構成が記載されている。また、特許文献 2 によると、シフト量は離散値であり、A/D 変調器でサンプリングした周期の整数倍だけシフトする構成が記載されている (特許文献 2 においては、分解能は角度で示されているが、この分解能は A/D 変換器のサンプリング周期を角度に換算したものであり、結局、シフト量はサンプリング周期の整数倍となる)。また、非特許文献 1 には、離散フーリエ変換を用いて、サンプリング周期の整数倍だけ離散信号をシフトする構成が記載されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特許第 2813508 号公報

【特許文献 2】特開 2000-206161 号公報

40

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献 1】E. Oran Bringham 著、宮川洋、今井秀樹訳、「高速フーリエ変換」、科学技術出版社、p. 138、1979.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

従来の信号シフト装置は、離散信号をサンプリング周期の整数倍だけシフトするものであり、サンプリング周期の実数倍のシフトを実行することができなかった。従って、ディジタル電圧信号 V_d とディジタル電流信号 I_d との間の実際の位相差がサンプリング周期

50

の整数倍ではない場合に、当該位相差を正確に補正することができなかった。本発明は、このような従来の構成が有していた問題を解決するものであり、離散信号をサンプリング周期の実数倍シフトすることを実現することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述のような問題を解決するために、本発明の請求項1に係る一次元信号シフト装置は、周波数情報 f 毎に、外部から出力された実数であるシフト量 $m[f]$ を入力し、該入力したシフト量 $m[f]$ の整数部分の整数 $a[f]$ 及びシフト量 $m[f]$ の小数部分の実数 $b[f]$ を出力する整数小数分離部と、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力し、入力した数 $a[f]$ に1を加算することにより整数 $a[f]+1$ を出力する整数加算部と、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ を入力し、入力した実数 $b[f]$ を1から減算することにより実数 $1-b[f]$ を出力する小数減算部と、外部から出力された i 番目の離散信号を示す離散信号 $s[i]$ を入力して、該入力した離散信号 $s[i]$ を離散フーリエ変換することにより、離散フーリエ変換信号 $S[f]$ を出力する離散フーリエ変換部と、周波数情報 f 毎に、前記整数加算部から出力された整数 $a[f]+1$ を入力して、該入力した整数 $a[f]+1$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f(a[f]+1)/N)$ を出力する第1のシフト量換算部と、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力して、該入力した整数 $a[f]$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f]/N)$ を出力する第2のシフト量換算部と、周波数情報 f 毎に、前記第1のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と前記離散フーリエ変換部から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と該入力した離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、シフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ を出力する第1の周波数毎乗算部と、周波数情報 f 毎に、前記第2のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と前記離散フーリエ変換部から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と該入力した離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、シフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]}[f]$ を出力する第2の周波数毎乗算部と、周波数情報 f 毎に、前記第1の周波数毎乗算部から出力されたシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ と前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ とを入力し、該入力したシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ の周波数情報 f の信号強度 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ に、該入力した実数 $b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{b[f]}[f] = \sin(2\pi f \cdot b[f]/N) / \sin(2\pi f/N)$ を乗算することにより、重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f]S[f]G_{a[f]+1}[f]$ を出力する第1の係数乗算部と、周波数情報 f 毎に、前記第2の周波数毎乗算部から出力されたシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]}[f]$ と前記小数減算部から出力された実数 $1-b[f]$ とを入力し、該入力したシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]}[f]$ の周波数情報 f の信号強度 $S[f]G_{a[f]}[f]$ に、該入力した実数 $1-b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{1-b[f]}[f] = \sin(2\pi f(1-b[f])/N) / \sin(2\pi f/N)$ を乗算することにより、重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f]S[f]G_{a[f]}[f]$ を出力する第2の係数乗算部と、周波数情報 f 毎に、前記第1の係数乗算部から出力された重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f]S[f]G_{a[f]+1}[f]$ と前記第2の係数乗算部から出力された重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f]S[f]G_{a[f]}[f]$ とを入力して、該入力した重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f]S[f]G_{a[f]+1}[f]$ と該入力した重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f]S[f]G_{a[f]}[f]$ とを加算することにより、離散フーリエ変換合成信号 $S'[f] = \{C_{b[f]}[f]G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f]G_{a[f]}[f]\} S[f]$ を出力する合成部と、前記合成部から出力された離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を周波数情報 f 毎に入力して、周波数情報 f 毎に入力した全ての離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を離散フーリエ逆変換することにより、合成信号 $s'[i]$ を出力する離散フーリエ逆変換部とを備えることを特徴とする。

【0011】

本発明の請求項2に係る一次元信号シフト装置は、周波数情報 f 毎に、外部から出力さ

10

20

30

40

50

れた実数であるシフト量 $m[f]$ を入力し、該入力したシフト量 $m[f]$ の整数部分の整数 $a[f]$ 及びシフト量 $m[f]$ の小数部分の実数 $b[f]$ を出力する整数小数分離部と、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力し、入力した数 $a[f]$ に 1 を加算することにより整数 $a[f] + 1$ を出力する整数加算部と、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ を入力し、入力した実数 $b[f]$ を 1 から減算して、実数 $1 - b[f]$ を出力する小数減算部と、外部から出力された i 番目の離散信号を示す離散信号 $s[i]$ を入力して、該入力した離散信号 $s[i]$ を離散フーリエ変換して、離散フーリエ変換信号 $S[f]$ を出力する離散フーリエ変換部と、周波数情報 f 毎に、前記整数加算部から出力された整数 $a[f] + 1$ を入力して、該入力した整数 $a[f] + 1$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f(a[f] + 1)/N)$ を出力する第 1 のシフト量換算部と、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力して、該入力した整数 $a[f]$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f]/N)$ を出力する第 2 のシフト量換算部と、周波数情報 f 毎に、前記第 1 のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ とを入力し、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ に、該入力した実数 $b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{b[f]}[f] = \sin(2\pi f \cdot b[f]/N) / \sin(2\pi f/N)$ を乗算することにより、重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f]$ を出力する第 1 の係数乗算部と、周波数情報 f 毎に、前記第 2 のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と前記小数減算部から出力された実数 $1 - b[f]$ とを入力し、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ に、該入力した実数 $1 - b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{1-b[f]}[f] = \sin(2\pi f(1 - b[f])/N) / \sin(2\pi f/N)$ を乗算することにより、重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ を出力する第 2 の係数乗算部と、周波数情報 f 毎に、前記第 1 の係数乗算部から出力された重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f]$ と前記第 2 の係数乗算部から出力された重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ とを入力して、該入力した重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f]$ と重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ を加算することにより、合成シフト換算量 $G'[f] = C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ を出力する合成部と、周波数情報 f 毎に、前記合成部から出力された合成シフト換算量 $G'[f]$ と前記離散フーリエ変換部から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、該入力した合成シフト換算量 $G'[f]$ と該入力した離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、離散フーリエ変換合成信号 $S'[f] = G'[f] S[f] = \{C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]\} S[f]$ を出力する周波数毎乗算部と、前記周波数毎乗算部から出力された離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を周波数毎に入力して、周波数毎に入力した全ての離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を離散フーリエ逆変換することにより、合成信号 $s'[i]$ を出力する離散フーリエ逆変換部とを備えることを特徴とする。

【0012】

本発明の請求項 3 に係る一次元信号シフト装置は、請求項 1 又は 2 に記載の一次元信号シフト装置において、前記シフト量 $m[f]$ は、周波数情報 f によらず一定であることを特徴とする。

【0013】

本発明の請求項 4 に係る方法は、整数小数分離部が、周波数情報 f 毎に、外部から出力された実数であるシフト量 $m[f]$ を入力し、該入力したシフト量 $m[f]$ の整数部分の整数 $a[f]$ 及びシフト量 $m[f]$ の小数部分の実数 $b[f]$ を出力するステップと、整数加算部が、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力し、入力した数 $a[f]$ に 1 を加算することにより整数 $a[f] + 1$ を出力するステップと、小数減算部が、周波数情報 f 毎に、前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ を入力し、入力した実数 $b[f]$ を 1 から減算することにより実数 $1 - b[f]$ を出力するステップと、離散フーリエ変換部が、外部から出力された i 番目の離散信号を示す離散信号 $s[i]$ を入力して、該入力した離散信号 $s[i]$ を離散フーリエ変換することにより、離散フーリエ変換信号 S

[f]を出力するステップと、第1のシフト量換算部が、周波数情報f毎に、前記整数加算部から出力された整数 $a[f]+1$ を入力して、該入力した整数 $a[f]+1$ に基づいて周波数情報fに対するシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f(a[f]+1)/N)$ を出力するステップと、第2のシフト量換算部が、周波数情報f毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力して、該入力した整数 $a[f]$ に基づいて周波数情報fに対するシフト換算量 $G_{a[f]}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f]/N)$ を出力するステップと、第1の周波数毎乗算部が、周波数情報f毎に、前記第1のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と前記離散フーリエ変換部から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と該入力した離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、シフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ を出力するステップと、第2の周波数毎乗算部が、周波数情報f毎に、前記第2のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と前記離散フーリエ変換部から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と該入力した離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、シフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]}[f]$ を出力するステップと、第1の係数乗算部が、周波数情報f毎に、前記第1の周波数毎乗算部から出力されたシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ と前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ とを入力し、該入力したシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ の周波数情報fの信号強度 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ に、該入力した実数 $b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{b[f]}[f] = \sin(2\pi f \cdot b[f]/N) / \sin(2\pi f/N)$ を乗算して、重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f]S[f]G_{a[f]+1}[f]$ を出力するステップと、第2の係数乗算部が、周波数情報f毎に、前記第2の周波数毎乗算部から出力されたシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]}[f]$ と前記小数減算部から出力された実数 $1-b[f]$ とを入力し、該入力したシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]}[f]$ の周波数情報fの信号強度 $S[f]G_{a[f]}[f]$ に、該入力した実数 $1-b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{1-b[f]}[f] = \sin(2\pi f(1-b[f])/N) / \sin(2\pi f/N)$ を乗算して、重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f]S[f]G_{a[f]}[f]$ を出力するステップと、合成部が、周波数情報f毎に、前記第1の係数乗算部から出力された重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f]S[f]G_{a[f]+1}[f]$ と前記第2の係数乗算部から出力された重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f]S[f]G_{a[f]}[f]$ とを入力して、該入力した重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f]S[f]G_{a[f]+1}[f]$ と該入力した重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f]S[f]G_{a[f]}[f]$ とを加算することにより、離散フーリエ変換合成信号 $S'[f] = \{C_{b[f]}[f]G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f]G_{a[f]}[f]\}S[f]$ を出力するステップと、離散フーリエ逆変換部が、前記合成部から出力された離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を周波数情報f毎に入力して、周波数情報f毎に入力した全ての離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を離散フーリエ逆変換することにより、合成信号 $s'[i]$ を出力するステップとを備えることを特徴とする。

【0014】

本発明の請求項5に係る方法は、整数小数分離部が、周波数情報f毎に、外部から出力された実数であるシフト量 $m[f]$ を入力し、該入力したシフト量 $m[f]$ の整数部分の整数 $a[f]$ 及びシフト量 $m[f]$ の小数部分の実数 $b[f]$ を出力するステップと、整数加算部が、周波数情報f毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力し、入力した数 $a[f]$ に1を加算することにより整数 $a[f]+1$ を出力するステップと、小数減算部が、周波数情報f毎に、前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ を入力し、入力した実数 $b[f]$ を1から減算することにより実数 $1-b[f]$ を出力するステップと、離散フーリエ変換部が、外部から出力されたi番目の離散信号を示す離散信号 $s[i]$ を入力して、該入力した離散信号 $s[i]$ を離散フーリエ変換することにより、離散フーリエ変換信号 $S[f]$ を出力するステップと、第1のシフト量換算部が、周波数情報f毎に、前記整数加算部から出力された整数 $a[f]+1$ を入力して、該入力した整数 $a[f]+1$ に基づいて周波数情報fに対するシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f(a[f]+1)/N)$ を出力するステップと、第2のシフト量換算部が、周波数情報f毎に、前記整数小数分離部から出力された整数 $a[f]$ を入力して、該入力した整数 $a[f]$ に基づいて周波数情報fに対

するシフト換算量 $G_{a[f]}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f] / N)$ を出力するステップと、第 1 の係数乗算部が、周波数情報 f 毎に、前記第 1 のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と前記整数小数分離部から出力された実数 $b[f]$ とを入力し、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ に、該入力した実数 $b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{b[f]}[f] = \sin(2\pi f \cdot b[f] / N) / \sin(2\pi f / N)$ を乗算することにより、重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f]$ を出力するステップと、第 2 の係数乗算部が、周波数情報 f 毎に、前記第 2 のシフト量換算部から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と前記小数減算部から出力された実数 $1 - b[f]$ とを入力し、該入力したシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ に、該入力した実数 $1 - b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{1-b[f]}[f] = \sin(2\pi f(1 - b[f]) / N) / \sin(2\pi f / N)$ を乗算することにより、重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ を出力するステップと、合成部が、周波数情報 f 毎に、前記第 1 の係数乗算部から出力された重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f]$ と前記第 2 の係数乗算部から出力された重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ とを入力して、該入力した重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f]$ と重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ を加算することにより、合成シフト換算量 $G'[f] = C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]$ を出力するステップと、周波数毎乗算部が、周波数情報 f 毎に、前記合成部から出力された合成シフト換算量 $G'[f]$ と前記離散フーリエ変換部から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、該入力した合成シフト換算量 $G'[f]$ と該入力した離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、離散フーリエ変換合成信号 $S'[f] = G'[f] S[f] = \{C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]\} S[f]$ を出力するステップと、離散フーリエ逆変換部が、前記周波数毎乗算部から出力された離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を周波数毎に入力して、周波数毎に入力した全ての離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を離散フーリエ逆変換することにより、合成信号 $s'[i]$ を出力するステップとを備えることを特徴とする。

【0015】

本発明の請求項 6 に係る方法は、請求項 4 又は 5 に記載の方法において、前記シフト量 $m[f]$ は、周波数情報 f によらず一定であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明に係る一次元信号シフト装置を使用することにより、シフト量がサンプリング周期の整数倍でなくても、離散信号を、当該シフト量だけシフトした信号を高精度に生成することができる。また、シフト量が周波数毎に異なっている場合、離散信号を周波数毎にシフトする構成となっているので、周波数毎に異なるシフトを実行することができる。

【0017】

図 5 に示される電力測定装置の信号シフト装置として本発明に係る一次元信号シフト装置を使用して、サンプリング周期の実数倍で信号をシフトすることにより、特許文献 1 で示されるようなサンプリング周期の時間精度でシフトする従来の構成よりも、電圧及び電流を入力するプローブの時間遅れを高精度で補正できるため（時間遅れを信号のシフトによって相殺できるため）、高い精度の電力測定値を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図 1】本発明の実施例 1 に係る一次元信号シフト装置の構成を示す図である。

【図 2】本発明の実施例 1 に係る一次元信号シフト装置の動作フロー図である。

【図 3】本発明の実施例 2 に係る一次元信号シフト装置の構成を示す図である。

【図 4】本発明の実施例 2 に係る一次元信号シフト装置の動作フロー図である。

【図 5】典型的な電力測定装置の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

（実施例 1）

図 1 は、本発明の実施例 1 に係る一次元信号シフト装置 100 の構成を示す。図 1 には

10

20

30

40

50

、整数小数分離部 101 と、整数加算部 102 と、小数減算部 103 と、離散フーリエ変換部 104 と、第 1 のシフト量換算部 105 と、第 2 のシフト量換算部 106 と、第 1 の周波数毎乗算部 107 と、第 2 の周波数毎乗算部 108 と、第 1 の係数乗算部 109 と、第 2 の係数乗算部 110 と、合成部 111 と、離散フーリエ逆変換部 112 とを備えた一次元信号シフト装置 100 が示されている。図 2 は、本発明の実施例 1 に係る一次元信号シフト装置 100 の動作フロー図であり、以下、図 1 及び図 2 を用いて本発明の実施例 1 に係る一次元信号シフト装置 100 の動作を説明する。

【0020】

周波数情報を f とすると、図 2 の s101 で示されるように、周波数情報 f 毎に、整数小数分離部 101 が、外部から出力された実数であるシフト量 $m[f]$ を入力し、入力したシフト量 $m[f]$ を用いて、下記の (式 2) 及び (式 3) に従って、シフト量 $m[f]$ の整数部分の整数 $a[f]$ 及びシフト量 $m[f]$ の小数部分の実数 $b[f]$ を算出して出力する。

$$a[f] = \text{floor}(m[f]) \quad (\text{式 2})$$

$$b[f] = m[f] - a[f] \quad (\text{式 3})$$

ここで、(式 2) において、 $y = \text{floor}(x)$ とすると、 $\text{floor}(x)$ は $0 \leq x - y < 1$ を満たす整数 y を返す関数である。したがって、(式 2) の $a[f] = \text{floor}(m[f])$ においては、 $0 \leq m[f] - a[f] < 1$ となる整数 a が算出される。また、(式 2) 及び (式 3) より、 $0 \leq b[f] < 1$ となる。以下、シフト量 $m[f]$ を周波数情報 f 毎のシフト量 (実数) とし、 $a[f]$ を周波数情報 f 毎のシフト量 $m[f]$ の整数部分の値とし、 $b[f]$ を周波数情報 f 毎のシフト量 $m[f]$ の小数部分の値とする。

【0021】

図 2 の s102 で示されるように、整数加算部 102 は、周波数情報 f 毎に、整数小数分離部 101 から出力された整数 $a[f]$ を入力し、入力した数 $a[f]$ に 1 を加算することにより整数 $a[f] + 1$ を出力する。図 2 の s103 で示されるように、小数減算部 103 は、周波数情報 f 毎に、整数小数分離部 101 から出力された実数 $b[f]$ を入力し、入力した実数 $b[f]$ を 1 から減算することにより実数 $1 - b[f]$ を出力する。

【0022】

i を整数とし、 $s[i]$ は i 番目の離散信号を示すと共にその信号強度も示すものとする。図 2 の s104 で示されるように、離散フーリエ変換部 104 は、外部から出力された離散信号 $s[i]$ を入力して、入力した離散信号 $s[i]$ を下記の (式 4) に従って離散フーリエ変換することにより離散フーリエ変換信号 $S[f]$ を出力する。

【0023】

【数 2】

$$S[f] = \sum_{k=0}^{N-1} s[k] \exp(-j \cdot 2\pi f k / N) \quad (\text{式 4})$$

【0024】

ただし、 N は離散信号の値の数 (サンプル数) であり、周波数情報 f は $0 \sim N-1$ の整数であり、 $\exp(x)$ はネイピア数 e の x 乗を表す関数であり、 j は虚数単位である。

【0025】

図 2 の s105 で示されるように、第 1 のシフト量換算部 105 は、周波数情報 f 毎に、整数加算部 102 から出力された整数 $a[f] + 1$ を入力して、入力した整数 $a[f] + 1$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f (a[f] + 1) / N)$ を算出して出力する。図 2 の s106 で示されるように、第 2 のシフト量換算部 106 は、周波数情報 f 毎に、整数小数分離部 101 から出力された整数 $a[f]$ を入力して、入力した整数 $a[f]$ に基づいて周波数情報 f に対するシフト換算量 $G_{a[f]}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f] / N)$ を算出して出力する。

【0026】

図 2 の s107 に示されるように、第 1 の周波数毎乗算部 107 は、周波数情報 f 毎に、第 1 のシフト量換算部 105 から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と離散フーリエ

10

20

30

40

50

変換部 104 から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、入力したシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、シフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ を算出して出力する。図 2 の s 108 に示されるように、第 2 の周波数毎乗算部 108 は、周波数情報 f 毎に、第 2 のシフト量換算部 106 から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と離散フーリエ変換部 104 から出力された離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを入力して、入力したシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と離散フーリエ変換信号 $S[f]$ とを乗算することにより、シフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]}[f]$ を算出して出力する。

【0027】

図 2 の s 109 で示されるように、第 1 の係数乗算部 109 は、周波数情報 f 毎に、第 1 の周波数毎乗算部 107 から出力されたシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ と整数小数分離部 101 から出力された実数 $b[f]$ とを入力し、入力したシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ の周波数情報 f の信号強度 $S[f]G_{a[f]+1}[f]$ に、入力した実数 $b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{b[f]}[f]$ を乗算することにより、重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f]S[f]G_{a[f]+1}[f]$ を算出して出力する。ここで、 $C_{p[f]}[f]$ は、周波数情報 f における $p[f]$ の関数であり、例えば、以下で説明するように、 $C_{p[f]}[f] = \sin(2\pi f \cdot p[f]/N) / \sin(2\pi f/N)$ とすることができる。また、 $2\pi f/N$ 及び $p[f]$ が小さい場合、 $\sin(2\pi f \cdot p[f]/N) / \sin(2\pi f/N) \approx (2\pi f \cdot p[f]/N) / (2\pi f/N) = p[f]$ となるので、 $C_{p[f]}[f] = p[f]$ としてもよい。図 2 の s 110 で示されるように、第 2 の係数乗算部 110 は、周波数情報 f 毎に、第 2 の周波数毎乗算部 108 から出力されたシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]}[f]$ と小数減算部 103 から出力された実数 $1-b[f]$ とを入力し、入力したシフト済み離散信号 $S[f]G_{a[f]}[f]$ の周波数情報 f の信号強度 $S[f]G_{a[f]}[f]$ に、入力した実数 $1-b[f]$ に基づいて生成された係数 $C_{1-b[f]}[f]$ を乗算することにより、重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f]S[f]G_{a[f]}[f]$ を算出して出力する。

【0028】

図 2 の s 111 に示されるように、合成部 111 は、周波数情報 f 毎に、第 1 の係数乗算部 109 から出力された重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f]S[f]G_{a[f]+1}[f]$ と第 2 の係数乗算部 110 から出力された重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f]S[f]G_{a[f]}[f]$ とを入力して、入力した重み付け離散信号 $C_{b[f]}[f]S[f]G_{a[f]+1}[f]$ と重み付け離散信号 $C_{1-b[f]}[f]S[f]G_{a[f]}[f]$ とを同一サンプル位置毎に（すなわち周波数情報 f 毎に）加算することにより、離散フーリエ変換合成信号 $S'[f] = \{C_{b[f]}[f]G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f]G_{a[f]}[f]\}S[f]$ を生成して出力する。

【0029】

図 2 の s 112 に示されるように、離散フーリエ逆変換部 112 は、合成部 111 から出力された離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を周波数情報 f 毎に入力して、周波数情報 f 毎に入力した全ての離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を下記の（式 5）に従って離散フーリエ逆変換することにより、合成信号 $s'[i]$ を生成して出力する。

【0030】

【数 3】

$$s'[i] = 1/N \sum_{K=0}^{N-1} S[k] \exp(j \cdot 2\pi ki/N) \quad (\text{式 5})$$

【0031】

係数 $C_{p[f]}[f]$ は、例えば、 $C_{b[f]}[f] = \sin(2\pi f \cdot b[f]/N) / \sin(2\pi f/N)$ 、及び $C_{1-b[f]}[f] = \sin(2\pi f(1-b[f])/N) / \sin(2\pi f/N)$ とすることができるが、以下、この係数の導出方法を説明する。

【0032】

連続信号 $s(t)$ （ただし、 t は時間であり、 $s(t)$ は t をパラメータとした関数）を $m[f]$ サンプル分だけシフトした信号をフーリエ変換したものは、 $S(k) \exp(j 2\pi$

10

20

30

40

50

$k \cdot m[f] T_s$)となる(ただし、 k は周波数、 T_s はサンプリング周期、 $S(k)$ は $s(t)$ をフーリエ変換した連続信号とする)。すなわち、元の信号をフーリエ変換したものに、 $\exp(j \cdot 2\pi k \cdot m[f] T_s)$ をかけると、 $m[f]$ サンプル分だけシフトした信号をフーリエ変換したものとなる。

【0033】

連続信号 $s(t)$ をサンプリング周期 T_s で離散化した離散信号 $s[i]$ を $m[f]$ サンプル分シフトすることは、単純にシフトレジスタや離散フーリエ変換を使ってもできないので、 $a[f]$ サンプル分及び $a[f]+1$ サンプル分だけシフトした信号を加算することにより線形結合して、 $m[f]$ だけシフトした信号を合成することを考える。 $a[f]$ サンプル分だけシフトさせた離散信号 $s[i]$ をフーリエ変換したものは、 $S[f] \exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f] / N)$ であり、 $a+1$ サンプル分だけシフトさせた離散信号 $s[i]$ をフーリエ変換したものは、 $S[f] \exp(j \cdot 2\pi f (a[f]+1) / N)$ であるので、

【0034】

【数4】

$$\exp\left(j \frac{2\pi f}{N} (a[f] + b[f])\right) = A \exp\left(j \frac{2\pi f}{N} a[f]\right) + B \exp\left(j \frac{2\pi f}{N} (a[f] + 1)\right) \quad (\text{式6})$$

【0035】

となる係数 A 、 B を求めることができれば、 $a[f]$ サンプルと $a[f]+1$ サンプルそれぞれシフトさせた信号にそれぞれ A と B をかけて足せば、 $m[f]$ サンプルシフトした信号を生成できる。(式6)の両辺を $\exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f])$ で整理すると、

【0036】

【数5】

$$\exp\left(j \frac{2\pi f}{N} b[f]\right) \exp\left(j \frac{2\pi f}{N} a[f]\right) = \left\{ A + B \exp\left(j \frac{2\pi f}{N}\right) \right\} \exp\left(j \frac{2\pi f}{N} a[f]\right) \quad (\text{式7})$$

【0037】

となるので、(式7)の両辺から $\exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f])$ を除くと、

【0038】

【数6】

$$\exp\left(j \frac{2\pi f}{N} b[f]\right) = A + B \exp\left(j \frac{2\pi f}{N}\right) \quad (\text{式8})$$

【0039】

となる。さらに(式8)を三角関数で表現すると、

【0040】

【数7】

$$\cos\left(\frac{2\pi f}{N} b[f]\right) + j \sin\left(\frac{2\pi f}{N} b[f]\right) = \left\{ A + B \cos\left(\frac{2\pi f}{N}\right) \right\} + j B \sin\left(\frac{2\pi f}{N}\right) \quad (\text{式9})$$

【0041】

となる。(式9)の実数部及び虚数部についてそれぞれ示すと、

【0042】

【数8】

$$\cos\left(\frac{2\pi f}{N} b[f]\right) = A + B \cos\left(\frac{2\pi f}{N}\right) \quad (\text{式10})$$

$$\sin\left(\frac{2\pi f}{N} b[f]\right) = B \sin\left(\frac{2\pi f}{N}\right) \quad (\text{式11})$$

【0043】

10

20

30

40

50

となる。(式 1 1) より、

【 0 0 4 4 】

【 数 9 】

$$B = \frac{\sin\left(\frac{2\pi f}{N} b[f]\right)}{\sin\left(\frac{2\pi f}{N}\right)} \quad (\text{式 1 2})$$

【 0 0 4 5 】

となる。また、(式 1 2) を (式 1 0) に代入して A について解くと、A は、

【 0 0 4 6 】

【 数 1 0 】

$$\begin{aligned} & \cos\left(\frac{2\pi f}{N} b[f]\right) - \frac{\sin\left(\frac{2\pi f}{N} b[f]\right)}{\sin\left(\frac{2\pi f}{N}\right)} \cos\left(\frac{2\pi f}{N}\right) \\ &= \frac{\sin\left(\frac{2\pi f}{N}\right) \cos\left(\frac{2\pi f}{N} b[f]\right) - \cos\left(\frac{2\pi f}{N}\right) \sin\left(\frac{2\pi f}{N} b[f]\right)}{\sin\left(\frac{2\pi f}{N}\right)} \end{aligned}$$

$$= \sin\left(\frac{\frac{2\pi f}{N} (1-b[f])}{\sin\left(\frac{2\pi f}{N}\right)}\right) \quad (\text{式 1 3})$$

【 0 0 4 7 】

となる。従って、A、B が求まる。ここで、

【 0 0 4 8 】

【 数 1 1 】

$$C_p[f] = \frac{\sin\left(\frac{2\pi f}{N} p\right)}{\sin\left(\frac{2\pi f}{N}\right)} \quad (\text{式 1 4})$$

【 0 0 4 9 】

とすると、(式 1 2)、(式 1 3)、(式 1 4) から、

【 0 0 5 0 】

【 数 1 2 】

$$C_{b[f]}[f] = \frac{\sin\left(\frac{2\pi f}{N} b[f]\right)}{\sin\left(\frac{2\pi f}{N}\right)} = B \quad (\text{式 1 5})$$

$$C_{1-b[f]}[f] = \frac{\sin\left(\frac{2\pi f}{N} (1-b[f])\right)}{\sin\left(\frac{2\pi f}{N}\right)} = A \quad (\text{式 1 6})$$

【 0 0 5 1 】

となる。

【 0 0 5 2 】

上述のような方法によって離散フーリエ変換合成信号 $S'[f] = \{C_{b[f]}[f] G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f] G_{a[f]}[f]\}$ $S[f]$ を離散フーリエ逆変換した合成信号 $s'[i]$ を真のシフト信号の予測値として用いることにより、シフト量 m がサンプリング周期の整数倍でなくサンプリング周期の実数倍であっても、実数であるシフト量 m の整数部分の整数 a

10

20

30

40

50

だけでなく、シフト量 m の小数部分の実数 b も真のシフト信号の予測値に反映させることが可能となる。これにより、真のシフト信号をより精細に予測することが可能となり、予測値の真のシフト信号からの誤差をより小さくすることができ、離散信号を当該シフト量だけシフトした信号を高精度に生成することができる。さらに、計算が簡単であるため、計算を早くすることができる、プログラム規模を小さくすることができる、低コストの一次元信号シフト装置を実現することができる、等の効果を奏することができる。

【0053】

また、 $2\pi f/N$ が小さく、 p の絶対値が小さい場合は、 $\sin(2\pi fp/N)/\sin(2\pi f/N) = (2\pi fp/N)/(2\pi f/N) = p$ となるので、 $C_{p[f]} = p$ としてもよい。例えば、サンプリング周波数が1GHzであって、離散信号の周波数情報 f の最大値が1MHz程度であれば、 $2\pi f/N < 2\pi 10^6/10^9 = 0.006$ であるので、その場合は $C_{p[f]} = p$ としてもよい。つまり、 $C_{b[f]}[f] = b[f]$ 、 $C_{1-b[f]}[f] = 1 - b[f]$ としてもよい。 $C_{b[f]}[f] = b[f]$ 、 $C_{1-b[f]}[f] = 1 - b[f]$ とする場合は、三角関数を計算する必要が無いので、計算速度を速くことができ、回路規模も簡単にすることができる。

10

【0054】

特に、実施例1に係る一次元信号シフト装置100において、シフト量 $m[f]$ が周波数情報 f によらず一定の場合、すなわち、離散信号 $s[i]$ が全体的に m サンプル分だけシフトする場合、 $m[f] = m$ 、 $a[f] = a$ 、 $b[f] = b$ とすることができる。この場合、整数小数分離部101、整数加算部102、及び小数減算部103で算出する a 、 b 、 $a+1$ 、及び $1-b$ が f によらず一定となるため、整数小数分離部101、整数加算部102、及び小数減算部103において1回の計算でそれぞれ a 、 b 、 $a+1$ 、及び $1-b$ を得ることができる。さらに、第1の係数乗算部109及び第2の係数乗算部110で算出する係数 $C_{b[f]}[f]$ 、係数 $C_{1-b[f]}[f]$ は f によらず一定となるため、1回の計算で係数 $C_{b[f]}[f]$ 及び $C_{1-b[f]}[f]$ を算出することができる。このように、シフト量 $m[f]$ が周波数情報 f によらず一定の場合、1回の計算でそれぞれ a 、 b 、 $a+1$ 、 $1-b$ 、係数 $C_{b[f]}[f]$ 、及び $C_{1-b[f]}[f]$ を算出することができるので、計算速度をより速くすることができる。

20

【0055】

典型的な電力測定装置では、一般的に、電圧及び電流を入力するプローブの遅れ量が周波数毎に異なる場合があるが、本発明に係る一次元信号シフト装置を利用することにより、周波数毎に信号をシフトして周波数毎に時間遅れを補正できるため、電圧及び電流を入力するプローブの遅れ量が周波数毎に異なる場合であっても、高い精度の電力測定値を得ることができる。

30

【0056】

(実施例2)

図3は、本発明の実施例2に係る一次元信号シフト装置200の構成を示す。図3には、整数小数分離部201と、整数加算部202と、小数減算部203と、離散フーリエ変換部204と、第1のシフト量換算部205と、第2のシフト量換算部206と、第1の係数乗算部207と、第2の係数乗算部208と、合成部209と、周波数毎乗算部210と、離散フーリエ逆変換部211とを備えた一次元信号シフト装置200が示されている。図4は、本発明の実施例2に係る一次元信号シフト装置200の動作フロー図であり、以下、図3及び図4を用いて本発明の実施例2に係る一次元信号シフト装置200の動作を説明する。

40

【0057】

図4のS201で示されるように、整数小数分離部201が、周波数情報 f 毎に、外部から出力された実数であるシフト量 $m[f]$ を入力し、入力したシフト量 $m[f]$ を用いて、前述の(式2)及び(式3)に従ってシフト量 $m[f]$ の整数部分の整数 $a[f]$ 及びシフト量 $m[f]$ の小数部分の実数 $b[f]$ を算出する。

【0058】

50

図4のs202で示されるように、整数加算部202は、周波数情報f毎に、整数小数分離部201から整数a[f]を入力し、入力した数a[f]に1を加算することにより整数a[f]+1を出力する。図4のs203で示されるように、小数減算部203は、周波数情報f毎に、整数小数分離部201から実数b[f]を入力し、入力した実数b[f]を1から減算することにより実数1-b[f]を出力する。

【0059】

図4のs204で示されるように、離散フーリエ変換部204は、周波数情報f毎に、離散信号s[i]を入力して、入力した離散信号s[i]を前述の(式4)に従って離散フーリエ変換することによって算出された離散フーリエ変換信号S[f]を出力する。

【0060】

図4のs205で示されるように、第1のシフト量換算部205は、周波数情報f毎に、整数加算部202から出力された整数a[f]+1を入力して、入力した整数a[f]+1から周波数情報fに対するシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f(a[f]+1)/N)$ を算出して出力する。図4のs206で示されるように、第2のシフト量換算部206は、周波数情報f毎に、整数小数分離部201から出力された整数aを入力して、入力した整数a[f]から周波数情報fに対するシフト換算量 $G_{a[f]}[f] = \exp(j \cdot 2\pi f \cdot a[f]/N)$ を算出して出力する。

【0061】

図4のs207で示されるように、第1の係数乗算部207は、周波数情報f毎に、第1のシフト量換算部205から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ と整数小数分離部101から出力された実数b[f]とを入力し、入力したシフト換算量 $G_{a[f]+1}[f]$ に、入力した実数b[f]に基づいて生成された係数 $C_{b[f]}[f]$ を乗算することにより、重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f]G_{a[f]+1}[f]$ を算出して出力する。図4のs208で示されるように、第2の係数乗算部208は、周波数情報f毎に、第2のシフト量換算部206から出力されたシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ と小数減算部203から出力された実数1-b[f]とを入力し、入力したシフト換算量 $G_{a[f]}[f]$ に、入力した実数1-b[f]に基づいて生成された係数 $C_{1-b[f]}[f]$ を乗算することにより、重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f]G_{a[f]}[f]$ を算出して出力する。

【0062】

図4のs209に示されるように、合成部209は、第1の係数乗算部207から出力された重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f]G_{a[f]+1}[f]$ と第2の係数乗算部208から出力された重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f]G_{a[f]}[f]$ とを入力して、入力した重み付けシフト換算量 $C_{b[f]}[f]G_{a[f]+1}[f]$ と重み付けシフト換算量 $C_{1-b[f]}[f]G_{a[f]}[f]$ を同一サンプル位置毎に(すなわち周波数情報f毎に)加算することにより、合成シフト換算量 $G'[f] = C_{b[f]}[f]G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f]G_{a[f]}[f]$ を生成して出力する。

【0063】

図4のs210に示されるように、周波数毎乗算部210は、周波数情報f毎に、合成部209から出力された合成シフト換算量 $G'[f]$ と離散フーリエ変換部204から出力された離散フーリエ変換信号S[f]とを入力して、入力した合成シフト換算量 $G'[f]$ と離散フーリエ変換信号S[f]とを乗算することにより、離散フーリエ変換合成信号 $S'[f] = G'[f]S[f] = \{C_{b[f]}[f]G_{a[f]+1}[f] + C_{1-b[f]}[f]G_{a[f]}[f]\} S[f]$ を算出して出力する。

【0064】

図4のs211に示されるように、離散フーリエ逆変換部211は、周波数毎乗算部210から出力された離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を周波数毎に入力して、周波数毎に入力した全ての離散フーリエ変換合成信号 $S'[f]$ を前述の(式5)に従って離散フーリエ逆変換することにより、合成信号s'[i]を算出して出力する。

【0065】

実施例2に係る一次元信号シフト装置200の構成とすることにより、実施例1に係る一次元信号シフト装置100よりも周波数毎乗算部が1つ少なくてもよい、装置規模が

10

20

30

40

50

小さくすることができる。さらに、周波数毎乗算部での計算が1つ分少ないため、実施例1に係る一次元信号シフト装置100よりもより高速に動作することができる。

【0066】

特に、実施例2に係る一次元信号シフト装置200において、シフト量 $m[f]$ が周波数情報 f によらず一定の場合、すなわち、離散信号 $s[i]$ が全体的に m サンプル分だけシフトする場合、 $m[f]=m$ 、 $a[f]=a$ 、 $b[f]=b$ とすることができる。この場合、整数小数分離部201、整数加算部202、及び小数減算部203で算出する a 、 b 、 $a+1$ 、及び $1-b$ が f によらず一定となるため、整数小数分離部201、整数加算部202、及び小数減算部203において1回の計算でそれぞれ a 、 b 、 $a+1$ 、及び $1-b$ を得ることができる。さらに、第1の係数乗算部207及び第2の係数乗算部208で算出する係数 $C_{b[f]}[f]$ 、係数 $C_{1-b[f]}[f]$ は f によらず一定となるため、1回の計算で係数 $C_{b[f]}[f]$ 及び $C_{1-b[f]}[f]$ を算出することができる。このように、シフト量 $m[f]$ が周波数情報 f によらず一定の場合、1回の計算でそれぞれ a 、 b 、 $a+1$ 、 $1-b$ 、係数 $C_{b[f]}[f]$ 、及び $C_{1-b[f]}[f]$ を算出することができるので、計算速度をより速くすることができる。

10

【符号の説明】

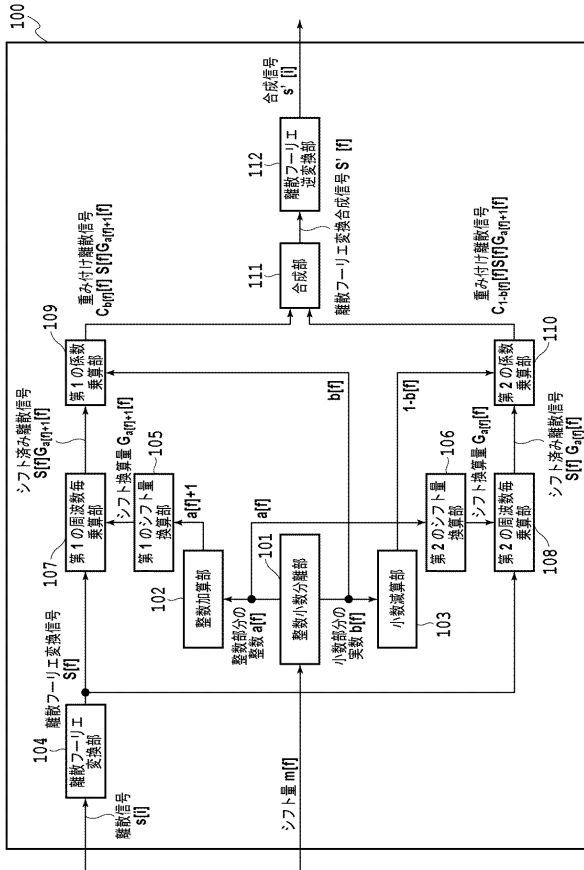
【0067】

- 100、200 一次元信号シフト装置
- 101、201 整数小数分離部
- 102、202 整数加算部
- 103、203 小数減算部
- 104、204 離散フーリエ変換部
- 105、205 第1のシフト量換算部
- 106、206 第2のシフト量換算部
- 210 周波数毎乗算部
- 107 第1の周波数毎乗算部
- 108 第2の周波数毎乗算部
- 109、207 第1の係数乗算部
- 110、208 第2の係数乗算部
- 111、209 合成部
- 112、211 離散フーリエ逆変換部
- 500 電力測定装置
- 501 電圧A/D変換部
- 502 電流A/D変換部
- 503 シフト装置
- 504 積和演算部
- 505 電力量表示部

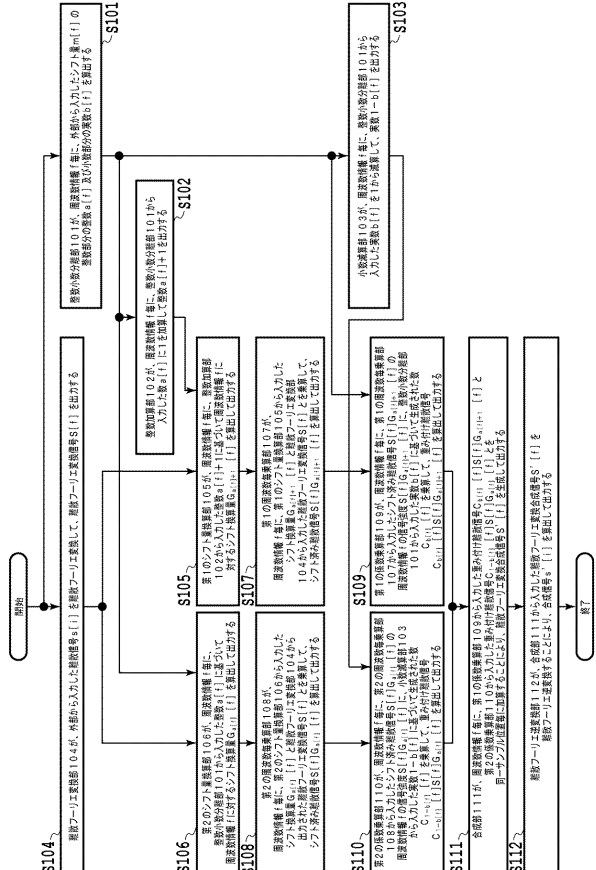
20

30

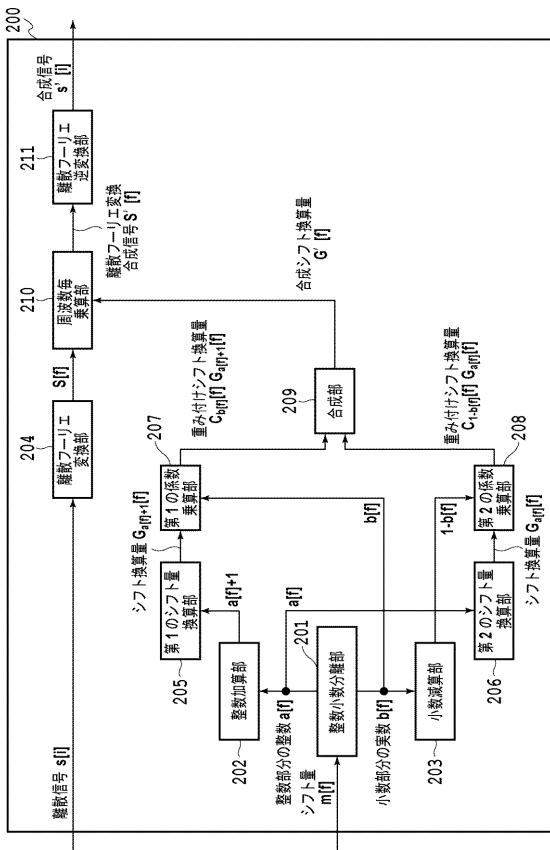
【図 1】



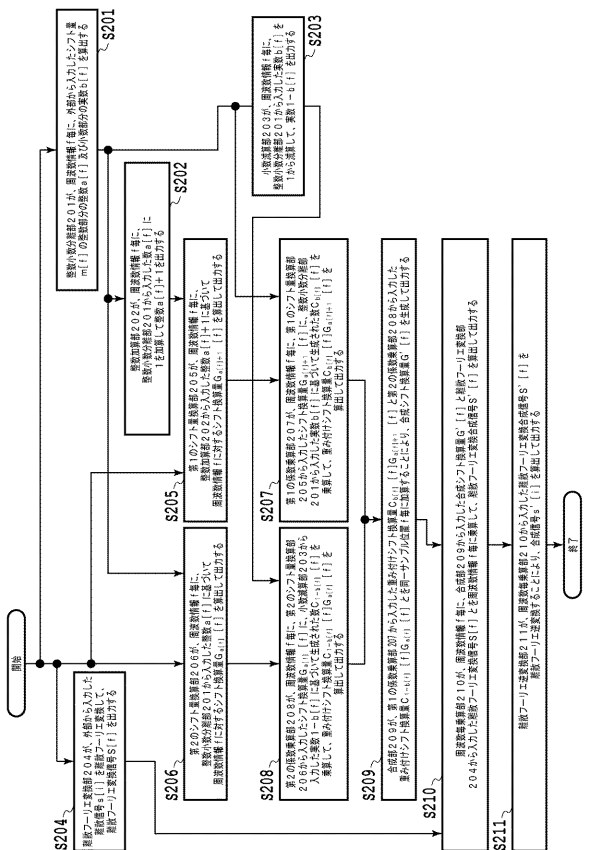
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

