



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 148566

(13) U

(51) МПК

H02M 1/08 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2020 07840	(72) Винахідник(и):	Ушкаренко Олександр Олегович (UA)
(22) Дата подання заявки:	08.12.2020	(73) Володілець (володільці):	НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА, просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	26.08.2021		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	25.08.2021, Бюл.№ 34		

(54) СПОСІБ КОРИГУВАННЯ СТРУМУ ЗБУДЖЕННЯ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ПРИ ЗМІНІ ЧАСТОТИ ЙОГО ВИХІДНОЇ НАПРУГИ ЗА ДОПОМОГОЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ**(57) Реферат:**

В способі коригування струму збудження синхронного генератора при зміні частоти його вихідної напруги за допомогою функціональної структури перетворюють вихідну напругу генератора $\pm U_{\text{вих}}$ в аналоговий сигнал $\pm \Delta U_{\text{вих}}$ за допомогою функціональної структури $f(U_{\text{вих}}, \Delta U_{\text{вих}})$ і формують керуючий сигнал. Перетворений аналоговий сигнал вихідної напруги $\Delta U_{\text{вих}}$ перетворюють шляхом його порівняння за допомогою функціональної структури аналого-цифрового перетворювача $f_1(A_{\text{ЦП}})$ з додатною і від'ємною напругами $\pm U_0$, що розташовані біля нульового рівня аналогового сигналу $\pm \Delta U_{\text{вих}}$, в аналогові логічні сигнали знаку $\pm U_{\text{вих}}$ вхідної напруги $\pm U_{\text{вих}}$. Після цього виконують логічне віднімання поточної структури аналогових сигналів $[u_i]f_1(T_i)$ і еталонної структури аналогових сигналів $[U_i]^0_{\text{вих}} f_2(T_{\text{ет}})$, яка відповідає контрольованому періоду T вихідної напруги генератора $\pm U_{\text{вих}}$ за допомогою функціональної структури суматора $f_i(\Sigma)$, і формують як структуру аналогових сигналів $[U_i]f_1(\Delta T)$ величини відхилення поточного періоду напруги генератора. Аналоговий сигнал знаку $\pm U_{f_1}(\Delta T) \uparrow$ відхилення, який коригують з урахуванням аналогового сигналу $\downarrow \pm U_{f_1}(\Delta T)$ вихідного знаку за допомогою логічної функції $f_1(\&)-I$ і формують аналоговий сигнал $\pm U/U$ скоригованого знаку і спільно зі структурою аналогових сигналів $[U_i]f_1(\Delta T)$ величини відхилення поточного періоду напруги генератора і коригують початок формування послідовних керуючих імпульсів $U_{\phi 1.n+1}$, $U_{\phi 2.n+1}$ і $U_{\phi 3.n+1}$ в функціональній структурі демодулятора $f(\text{Demux})$ з випередженням або відставанням відносно початку формування попередньої послідовності керуючих імпульсів $U_{\phi 1.n}$, $U_{\phi 2.n}$ і $U_{\phi 3.n}$. При цьому логіко-динамічний процес коригування струму збудження синхронного генератора виконано у відповідності з математичною моделлю вигляду

UA 148566 U

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} & \pm U_{\text{вих}} \rightarrow f(\pm U_{\text{вих}}, \pm \Delta U_{\text{вих}}) \rightarrow \\ & \pm U_0 \rightarrow \end{aligned} \right\} = \pm U_{\text{вих}} = R_0 \left\{ \begin{aligned} & [U_j]_{\Delta t} = C \\ & f(\text{CT}) \end{aligned} \right\} = \pm U_{\Delta t} f(U_{\text{вих}} \downarrow \uparrow 0) = \left\{ \begin{aligned} & \downarrow \pm U f_1(\Delta T) = \\ & \&_1 \end{aligned} \right\} = (\pm U / \pm U) = \left\{ \begin{aligned} & f(\text{Demux}) \\ & \end{aligned} \right\} = \begin{cases} U_{\phi 1.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ U_{\phi 2.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ U_{\phi 3.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \end{cases} \\
 & \left. \begin{aligned} & [U_j]_{\Delta t}^0 f_2(T_{\text{ет}}) = \\ & f_1(\Sigma) \end{aligned} \right\} = \pm U f_1(\Delta T) \uparrow
 \end{aligned}$$

де $\left. \begin{aligned} & \rightarrow \\ & \rightarrow \end{aligned} \right\} =$ і $\left. \begin{aligned} & = \\ & = \end{aligned} \right\} =$ - система аналогових ($\rightarrow$) і аналого-логічних функціональних зв'язків ($=$) функціональних структур; $\left. \begin{aligned} & \&_1 \\ & = \end{aligned} \right\} =$ - логічний елемент $f_1(\&)-I$; $\left. \begin{aligned} & = C \\ & = R_0 \end{aligned} \right\} f(\text{CT})$ - функціональна структура

логічного лічильника, в якому ($= R_0$) - функціональний вхід скидання і ($= C$) - функціональний вхід приймання лічильних імпульсів; $f_{1-3}(\text{АЦП})$ - функціональні структури аналого-цифрового перетворення; $f_1(\Sigma)$ - функціональна структура суматора; $f(d/dn)$ - функціональна структура логічного диференціювання; $f(\text{Demux})$ - функціональна структура демультиплексора.

Корисна модель належить до галузі електроенергетики, зокрема до способу для стабілізації напруги генератора шляхом коригування його напруги збудження, яка може бути використана для підвищення стабільності роботи системи збудження синхронного генератора та покращення якості електроенергії на шинах генератора.

Відомий спосіб коригування струму збудження синхронного генератора при зміні частоти вихідної напруги (Електромеханічні системи автоматичного управління та електроприводи. За редакцією професорів М.Г. Поповича та О.Ю. Лозинського. - К.: "Либідь", 2005. - С. 247, рис. 4.17), в якому для стабілізації роботи синхронного генератора фіксують момент зміни вихідної напруги генератора, перетворюють вихідну напругу генератора $U_{\text{вих}}$ в аналоговий сигнал $\Delta U_{\text{вих}}$ за допомогою перетворюючої функціональної структури $U_{\text{вих}}, \Delta U_{\text{вих}}$ для подальшого його порівняння з опорною напругою U_j , після чого з нього формують пилоподібну напругу $U_0 \rightarrow U_{\text{max}}$ тривалістю Δt і періодом слідування T_i , де i - кількість періодів, що вимірюється за допомогою функціональної структури $f_1[\Delta t(U_0 \rightarrow U_{\text{max}}, T_i)]$, після чого порівнюють пилоподібну напругу $U_0 \rightarrow U_{\text{max}}$ тривалістю Δt з опорною напругою U_j з використанням функціональної структури $f_i(U_0 \rightarrow U_{\text{max}} > U_j)$ і формують керуючі сигнали з крутим переднім фронтом, який після підсилення подають на кільцевий розподільник імпульсів функціональної структури демодулятора $f(\text{Demux})$, за допомогою якого формують послідовні керуючі імпульси $U_{\phi 1.n}, U_{\phi 2.n}$ і $U_{\phi 3.n}$, де "n" - неперервна послідовність конкретних значень аналогових сигналів керуючих імпульсів, які подають на силові тиристори для формування синхронізованої напруги і струму збудження синхронного генератора, при цьому логіко-динамічний процес стабілізації синхронного генератора виконано у відповідності до математичної моделі виду

$$U_{\text{вих}} \rightarrow f(U_{\text{вих}}, \Delta U_{\text{вих}}) \rightarrow f_1[\Delta t(U_0 \rightarrow U_{\text{max}}, T_i)] \rightarrow \left. \begin{array}{l} \\ U_j \rightarrow \end{array} \right\} f_i(U_0 \rightarrow U_{\text{max}} > U_j) = U_{\Delta t} = f(\text{Demux}) \left\{ \begin{array}{l} = U_{\phi 1.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ = U_{\phi 2.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ = U_{\phi 3.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \end{array} \right.$$

де $U_{\text{вих}}, \Delta U_{\text{вих}}$ - перетворююча функціональна структура; $f_1[\Delta t(U_0 \rightarrow U_{\text{max}}, T_i)]$ - функціональна структура, що формує пилоподібну напругу $U_0 \rightarrow U_{\text{max}}$ тривалістю Δt і періодом слідування T_i ; $f_i(U_0 \rightarrow U_{\text{max}} > U_j)$ - функціональна структура порівняння пилоподібної напруги $U_0 \rightarrow U_{\text{max}}$ з опорним значенням U_j ; $f(\text{Demux})$ - функціональна структура демодулятора.

Найближчий аналог має технічні можливості, які полягають в тому, що він реалізує процедуру коригування струму збудження синхронного генератора при зміні частоти вихідної напруги.

Недоліком відомого способу є нестабільність роботи генератора через зміни його частоти вихідної напруги при зміні навантаження.

Поставлена задача удосконалення способу коригування струму збудження синхронного генератора при зміні частоти вихідної напруги, в якому шляхом зміни моменту подачі напруги на обмотку збудження синхронного генератора забезпечують стабілізацію його реактивної потужності.

Вирішується поставлена задача тим, що в способі коригування струму збудження синхронного генератора при зміні частоти вихідної напруги за допомогою функціональної структури, в якому перетворюють вихідну напругу генератора $\pm U_{\text{вих}}$ в аналоговий сигнал $\pm \Delta U_{\text{вих}}$ за допомогою функціональної структури $f(U_{\text{вих}}, \Delta U_{\text{вих}})$ і формують керуючий сигнал, який після підсилення подають на кільцевий розподільник імпульсів за допомогою якого формують послідовні керуючі імпульси $U_{\phi 1.n}, U_{\phi 2.n}$ і $U_{\phi 3.n}$, де "n" - неперервна послідовність конкретних значень аналогових сигналів керуючих імпульсів в функціональній структурі демодулятора $f(\text{Demux})$, які подають на силові тиристори для формування синхронізованої напруги і струму збудження синхронного генератора, згідно з корисною моделлю, перетворений аналоговий сигнал вихідної напруги $\Delta U_{\text{вих}}$ перетворюють шляхом його порівняння за допомогою функціональної структури аналого-цифрового перетворювача $f_1(\text{АЦП})$ з додатною і від'ємною напругами $\pm U_0$, що розташовані у нульового рівня аналогового сигналу $\pm \Delta U_{\text{вих}}$ в аналогові логічні сигнали знаку $\pm \Delta U_{\text{вих}}$ вхідної напруги $\pm U_{\text{вих}}$, якими фіксують за допомогою функціональної структури логічного лічильника $f(\text{СТ})$ початок формування поточної структури аналогових сигналів $[U_j]f_i(T_i)$, де "j" число інформаційних логічних аналогових сигналів і аналогового сигналу $\pm U_{\Delta t}f(U_{\text{вих}} \downarrow \uparrow 0)$ знаку переходу через нульове значення, після чого виконують логічне віднімання поточної структури аналогових сигналів $[U_j]f_1(T_i)$ і еталонної структури аналогових сигналів $[U_j]^0_{\text{вих}} f_2(T_{\text{ет}})$, яка відповідає контрольованому періоду T вихідної напруги генератора $\pm U_{\text{вих}}$ за допомогою функціональної структури суматора $f_1(\Sigma)$ і формують як структуру аналогових сигналів $[U_j]f_1(\Delta T)$ величини відхилення поточного періоду напруги генератора, так і аналоговий

сигнал знаку $\pm U_{f1}(\Delta T) \uparrow$ відхилення, який коригують з урахуванням аналогового сигналу $\downarrow \pm U_{f1}(\Delta T)$ вихідного знаку за допомогою логічної функції $f_1(\&-I$ і формують аналоговий сигнал $\pm U_{f1}$ скоригованого знаку і спільно зі структурою аналогових сигналів $[U_j]f_1(\Delta T)$ величини відхилення поточного періоду напруги генератора і коригують початок формування послідовних керуючих імпульсів $U_{\phi 1.n+1}$, $U_{\phi 2.n+1}$ і $U_{\phi 3.n+1}$ в функціональній структурі демодулятора $f(\text{Demux})$ з випередженням або відставанням відносно початку формування попередньої послідовності керуючих імпульсів $U_{\phi 1.n}$, $U_{\phi 2.n}$ $U_{\phi 3.n}$, при цьому логіко-динамічний процес коригування струму збудження синхронного генератора виконано у відповідності з математичною моделлю виду

$$\begin{aligned} \pm U_{\text{вих}} \rightarrow f(\pm U_{\text{вих}}, \pm \Delta U_{\text{вих}}) \rightarrow \left. \begin{aligned} f_1(\text{АЦП}) \\ \pm U_0 \rightarrow \end{aligned} \right\} = \pm U_{\text{вих}} = R_0 \left. \begin{aligned} f(\text{CT}) \\ [U_j]_{\Delta t} = C \end{aligned} \right\} = \pm U_{\Delta t} f(U_{\text{вих}} \downarrow 0) = \left. \begin{aligned} \downarrow \pm U_{f1}(\Delta T) = \\ \&_1 \end{aligned} \right\} = (\pm U / U) = \left. \begin{aligned} f(\text{Demux}) \\ [U_j]f_1(\Delta T) = \end{aligned} \right\} = \begin{cases} = U_{\phi 1.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ = U_{\phi 2.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ = U_{\phi 3.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \end{cases} \\ [U_j]_{\text{вих}}^0 f_2(T_{\text{ет}}) = \left. \begin{aligned} f_1(\Sigma) \\ \&_1 \end{aligned} \right\} = \pm U_{f1}(\Delta T) \uparrow \end{aligned}$$

10

де $\rightarrow$ і $=$ - система аналогових ($\rightarrow$) і аналого-логічних функціональних зв'язків ($=$) функціональних структур;

$$\begin{aligned} &= \left. \begin{aligned} \&_1 \\ = \end{aligned} \right\} - \text{логічний елемент } f_1(\&-I); \\ &= C \left. \begin{aligned} f(\text{CT}) \\ = R_0 \end{aligned} \right\} - \text{функціональна структура логічного лічильника, в якому} \\ &= R_0 \end{aligned}$$

15

($= R_0$) - функціональний вхід скидання і ($= C$) - функціональний вхід приймання лічильних імпульсів; $f_{1-3}(\text{АЦП})$ - функціональні структури аналого-цифрового перетворення; $f_1(\Sigma)$ - функціональна структура суматора; $f(d/dn)$ - функціональна структура логічного диференціювання; $f(\text{Demux})$ - функціональна структура демультиплексора.

20

Реалізується запропонований спосіб коригування збудження синхронного генератора при зміні частоти його вихідної напруги за допомогою функціональної структури наступним чином. Якщо в найближчому аналогу виконати перенесення функціональної структури $f_1(U_0 \rightarrow U_{\text{max}} > U_j)$ порівняння пилоподібної напруги $U_0 \rightarrow U_{\text{max}}$ з опорним значенням U_j , відповідно до графоаналітичного виразу (1),

$$\begin{aligned} U_{\text{вих}} \rightarrow U_{\text{вих}}, \Delta U_{\text{вих}} \rightarrow f_1[\Delta t(U_0 \rightarrow U_{\text{max}}, T_i)] \rightarrow \left. \begin{aligned} f(\text{CT}) \\ f_1(U_0 \rightarrow U_{\text{max}} > U_k) = U_{\Delta t} = f(\text{Demux}) \end{aligned} \right\} = \begin{cases} = U_{\phi 1.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ = U_{\phi 2.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ = U_{\phi 3.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

25

то аналогова функціональна структура $f_1(U_0 \rightarrow U_{\text{max}} > U_k)$, яка формує пилоподібну напругу $U_0 \rightarrow U_{\text{max}}$ тривалістю Δt і періодом слідування T_i , може бути замінена на функціональну структуру логічного лічильника $f(\text{CT})$, що дозволить записати вхідну функціональну структуру процесу коригування струму збудження синхронного генератора у вигляді логіко-динамічного процесу перетворення аналогових сигналів (2).

$$\begin{aligned} \pm U_{\text{вих}} \rightarrow f(\pm U_{\text{вих}}, \pm \Delta U_{\text{вих}}) \rightarrow \left. \begin{aligned} f_1(\text{АЦП}) \\ \pm U_0 \rightarrow \end{aligned} \right\} = \pm U_{\text{вих}} = R_0 \left. \begin{aligned} f(\text{CT}) \\ [U_j]_{\Delta t} = C \end{aligned} \right\} = \pm U_{\Delta t} f(U_{\text{вих}} \downarrow 0) = \left. \begin{aligned} \&_1 \\ [U_j]f_1(T_i) = \end{aligned} \right\} = \pm U_{f1}(\Delta T) \uparrow \end{aligned} \quad (2)$$

30

3 аналізу аналітичного виразу (2) впливає, що вихідна напруга генератора $\pm U_{\text{вих}}$ за допомогою функціональної структури $f(U_{\text{вих}}, \Delta U_{\text{вих}})$ перетворюють в аналоговий сигнал $\pm \Delta U_{\text{вих}}$, який потім перетворюють шляхом порівняння його за допомогою функціональної структури аналого-цифрового перетворювача $f_1(\text{АЦП})$ з додатнім і від'ємним зворотніми напругами $\pm U_0$, які розташовані у нульового рівня аналогового сигналу $\pm \Delta U_{\text{вих}}$ в аналогові логічні сигнали знаку $\pm U_{\text{вих}}$ вхідної напруги $\pm U_{\text{вих}}$. Потім, за допомогою безперервної послідовності аналогових сигналів $[U_j]\Delta t$, які подають на лічильний вхід функціональної структури логічного лічильника $f(\text{СТ})$. При цьому аналогові логічні сигнали знаку $\pm U_{\text{вих}}$ фіксують за допомогою функціональної структури логічного лічильника $f(\text{СТ})$ початок формування поточної структури аналогових сигналів $[U_j]f_1(T_i)$, де "j" - кількість інформаційних логічних аналогових сигналів і аналогового сигналу $\pm U_{\Delta t}f(\text{увих} \downarrow \uparrow 0)$ знаку переходу через нульове значення. Потім, відповідно до функціональної структури (3)

$$\left. \begin{aligned} [U_j]f_1(T_i) &= \\ f_1(\Sigma) & \end{aligned} \right\} = [U_j]f_1(\Delta T) \quad (3)$$

$$[U_j]^0_{\text{вих}} f_2(T_{\text{ет}}) = \pm U f_1(\Delta T) \uparrow$$

Виконують логічне віднімання поточної структури аналогових сигналів $[U_j]f_1(T_i)$ і еталонної структури аналогових сигналів $[U_j]^0_{\text{вих}} f_2(T_{\text{ет}})$, яка відповідає контрольованому періоду T вихідної напруги генератора $\pm U_{\text{вих}}$ за допомогою функціональної структури суматора $f_1(E)$ і формують як структуру аналогових сигналів $[u_j]f_1(\Delta T)$ величини відхилення поточного періоду напруги генератора, так і аналоговий сигнал знаку $\pm u f_1(\Delta T) \uparrow$. Після цього, в функціональній структурі (4)

$$\left. \begin{aligned} \downarrow \pm U f_1(\Delta T) &= \\ \&_1 &= (\pm U / \pm U) \uparrow \\ \downarrow \pm U_{\Delta t} f(U_{\text{вих}} \downarrow \uparrow 0) &= \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

поточний аналоговий сигнал $\downarrow \pm U_{\Delta t} f(U_{\text{вих}} \downarrow \uparrow 0)$ коригують з урахуванням аналогового сигналу $\downarrow \pm U f_1(\Delta T)$ вихідного знаку за допомогою логічної функції $f_1(\&)-I$ і формують аналоговий сигнал $\pm U / \pm U$ скоригованого знаку. В результаті, якщо записати аналітичний вираз (5)

$$\left. \begin{aligned} (\pm U / \pm U) &= \\ f(\text{Demux}) &= \\ [U_j]f_1(\Delta T) &= \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &= U_{\phi 1.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ &= U_{\phi 2.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ &= U_{\phi 3.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \end{aligned} \quad (5)$$

тоді сформований аналоговий сигнал $\pm U / \pm U$ скоригованого знаку і структура аналогових сигналів $[U_j]f_1(\Delta T)$ величини відхилення поточного періоду напруги генератора дозволяє скоригувати початок формування послідовних керуючих імпульсів $U_{\phi 2.n+1}$ $U_{\phi 2.n+1}$ в функціональній структурі демодулятора $f(\text{Demux})$ з випередженням або відставанням відносно початку формування попередньої послідовності керуючих імпульсів $U_{\phi 1.n}(\pm \Delta t_{n+1})$, $U_{\phi 2.n}(\pm \Delta t_{n+1})$ і $U_{\phi 3.n}(\pm \Delta t_{n+1})$, які потім подають на силові тиристори для формування синхронізованої напруги і струму збудження синхронного генератора.

Для формування математичної моделі функціонально закінченого логіко-динамічного процесу послідовного коригування струму збудження синхронного генератора для стабілізації його реактивної потужності виконується об'єднання функціональних структур (2) - (5) і отримується результуючий аналітичний вираз логіко-динамічного процесу перетворення аналогових сигналів (6).

$$\left. \begin{aligned} \downarrow \pm U f_1(\Delta T) &= \\ \&_1 &= (\pm U / \pm U) = \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} [U_j]\Delta t = C &= \\ f(\text{СТ}) &= \\ \pm U_{\text{вих}} \rightarrow f(\pm U_{\text{вих}}, \pm \Delta U_{\text{вих}}) \rightarrow &= \pm U_{\text{вих}} = R_0 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &= \pm U_{\Delta t} f(U_{\text{вих}} \downarrow \uparrow 0) = \\ &= [U_j]f_1(T_i) = \\ &= [U_j]f_1(\Sigma) = \\ &= [U_j]f_1(\Delta T) = \end{aligned} \left. \begin{aligned} &= U_{\phi 1.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ &= U_{\phi 2.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ &= U_{\phi 3.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \end{aligned} \right\}$$

$$[U_j]^0_{\text{вих}} f_2(T_{\text{ет}}) = \pm U f_1(\Delta T) \uparrow$$

Використання запропонованого способу коригування струму збудження синхронного генератора при зміні частоти його вихідної напруги за допомогою функціональної структури дозволить підвищити стабільність роботи генератора і покращити якість вихідної напруги.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб коригування струму збудження синхронного генератора при зміні частоти його вихідної
 5 напруги за допомогою функціональної структури, в якому перетворюють вихідну напругу
 генератора $\pm U_{\text{вих}}$ в аналоговий сигнал $\pm \Delta U_{\text{вих}}$ за допомогою функціональної структури $f(U_{\text{вих}}, \Delta U_{\text{вих}})$ і формують керуючий сигнал, який після підсилення подають на кільцевий розподільник імпульсів, за допомогою якого формують послідовні керуючі імпульси $U_{\phi 1.n}, U_{\phi 2.n}$ і $U_{\phi 3.n}$, де "n" -
 10 неперервна послідовність конкретних значень аналогових сигналів керуючих імпульсів в
 функціональній структурі демодулятора $f(\text{Demux})$, які подають на силові тиристори для
 формування синхронізованої напруги і струму збудження синхронного генератора, який
відрізняється тим, що перетворений аналоговий сигнал вихідної напруги $\Delta U_{\text{вих}}$ перетворюють
 шляхом його порівняння за допомогою функціональної структури аналого-цифрового
 15 перетворювача $f_1(\text{АЦП})$ з додатною і від'ємною напругами $\pm U_0$, що розташовані біля нульового
 рівня аналогового сигналу $\pm \Delta U_{\text{вих}}$, в аналогові логічні сигнали знаку $\pm U_{\text{вих}}$ вхідної напруги $\pm U_{\text{вих}}$,
 якими фіксують за допомогою функціональної структури логічного лічильника $f(\text{СТ})$ початок
 формування поточної структури аналогових сигналів $[U_j]f_1(T_i)$, де "j" число інформаційних
 логічних аналогових сигналів і аналогового сигналу $\pm U_{\Delta t}(U_{\text{вих}} \downarrow \uparrow 0)$ знаку переходу через нульове
 20 значення, після чого виконують логічне віднімання поточної структури аналогових сигналів
 $[U_j]f_1(T_i)$ і еталонної структури аналогових сигналів $[U_j]_{\text{вих}}^0 f_2(T_{\text{ет}})$, яка відповідає контрольованому
 періоду T вихідної напруги генератора $\pm U_{\text{вих}}$ за допомогою функціональної структури суматора
 $f_1(\Sigma)$ і формують як структуру аналогових сигналів $[U_j]f_1(\Delta T)$ величини відхилення поточного
 періоду напруги генератора, так і аналоговий сигнал знаку $\pm U_{f_1}(\Delta T) \uparrow$ відхилення, який коригують
 25 з урахуванням аналогового сигналу $\downarrow \pm U_{f_1}(\Delta T)$ вихідного знаку за допомогою логічної функції
 $f_1(\&-I)$ і формують аналоговий сигнал $\pm U/U$ скоригованого знаку і спільно зі структурою
 аналогових сигналів $[U_j]f_1(\Delta T)$ величини відхилення поточного періоду напруги генератора і
 коригують початок формування послідовних керуючих імпульсів $U_{\phi 1.n+1}, U_{\phi 2.n+1}$ і $U_{\phi 3.n+1}$ в
 функціональній структурі демодулятора $f(\text{Demux})$ з випередженням або відставанням відносно
 30 початку формування попередньої послідовності керуючих імпульсів $U_{\phi 1.n}, U_{\phi 2.n}$ і $U_{\phi 3.n}$ при цьому
 логіко-динамічний процес коригування струму збудження синхронного генератора виконано,
 відповідно до математичної моделі вигляду

$$\begin{aligned} \pm U_{\text{вих}} \rightarrow f(\pm U_{\text{вих}}, \pm \Delta U_{\text{вих}}) \rightarrow \left. \begin{array}{l} f_1(\text{АЦП}) \\ \pm U_0 \rightarrow \end{array} \right\} = \pm U_{\text{вих}} = R_0 \rightarrow \left. \begin{array}{l} [U_j]_{\Delta t} = C \\ f(\text{СТ}) \end{array} \right\} = \pm U_{\Delta t} f(U_{\text{вих}} \downarrow \uparrow 0) = \left. \begin{array}{l} \downarrow \pm U_{f_1}(\Delta T) = \\ \&_1 = (\pm U/U) = \end{array} \right\} = \left. \begin{array}{l} f(\text{Demux}) \\ \left. \begin{array}{l} = U_{\phi 1.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ = U_{\phi 2.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \\ = U_{\phi 3.n}(\pm \Delta t_{n+1}) \end{array} \right\} \end{array} \right\} \\ \left. \begin{array}{l} [U_j]_{\text{вих}}^0 f_2(T_{\text{ет}}) = \\ f_1(\Sigma) \end{array} \right\} = \left. \begin{array}{l} [U_j]f_1(\Delta T) = \\ \pm U_{f_1}(\Delta T) \uparrow \end{array} \right\} \end{aligned}$$

де $\rightarrow$ і $=$ - система аналогових ($\rightarrow$) і аналого-логічних функціональних зв'язків ($=$)

функціональних структур;
 $\&_1$ - логічний елемент $f_1(\&-I)$;

$= C$ } $f(\text{СТ})$
 $= R_0$ } - функціональна структура логічного лічильника, в якому

($= R_0$) - функціональний вхід скидання і ($= C$) - функціональний вхід приймання лічильних імпульсів; $f_{1-3}(\text{АЦП})$ - функціональні структури аналого-цифрового перетворення; $f_1(\Sigma)$ -
 40 функціональна структура суматора; $f(d/dn)$ - функціональна структура логічного диференціювання; $f(\text{Demux})$ - функціональна структура демультиплексора.

