

Прецизійні стабілізатори амплітуди синусоїдального сигналу

Представлено статичні джерела амплітуди змінного струму з мультиплікативною, адитивною і комбінованою корекцією, які можуть використовуватися при створенні високоточних вимірювальних приладів, заснованих на перетворенні неелектричного сигналу в електричний, пропорційний підсумовуваній величині. Такі схеми також можуть застосовуватися і в інших областях техніки, де необхідно забезпечити стабільну напругу або струм з малими нелінійними спотвореннями.

Представлены статические источники амплитуды переменного тока с мультипликативной, аддитивной и комбинированной коррекцией, которые могут использоваться при создании высокоточных измерительных приборов, основанных на преобразовании неэлектрического сигнала в электрический, пропорциональный суммируемой величине. Такие схемы также могут найти применение и в других областях техники, где необходимо обеспечить стабильное напряжение или ток с малыми нелинейными искажениями.

До складу багатьох електронних вимірювальних перетворювачів входять опорні джерела живлення. Наприклад, в аналого-цифрових і цифро-аналогових перетворювачах використовується джерело постійної опорної напруги, в гальваномагнітних перетворювачах застосовуються джерела постійного і змінного опорного струму. Стабільність струму (напруги) живлення гальваномагнітних перетворювачів в значній мірі визначає клас точності пристроїв на їхній основі.

Світова промисловість виготовляє джерела постійного струму для живлення гальваномагнітних вимірювальних перетворювачів у широкому асортименті. Проте значна частина джерел змінного струму, зокрема, описаних у [2,3,4,5], не відповідають вимогам щодо створення високоточних вимірювальних приладів. Причиною такої невідповідності є висока похибка підтримання струму (напруги) на заданому рівні, яка сягає 1 %, і велике значення нелінійних спотворень стабілізованого нелінійного сигналу, який може становити 10 %.

Для створення високоточних вимірювальних приладів похибка встановлення рівня та нелінійні спотворення стабілізованого сигналу повинні бути суттєво знижені. В ІЕД НАН України за участю автора запропоновано схеми стабілізованих джерел амплітуди змінного струму (СДАЗС) підвищеного класу точності з коефіцієнтом спотворень не більше 2%. Пристрої на основі цих схем можуть використовуватися як джерела струму чи напруги постійного чи періодичного сигналу.

В СДАЗС опорний сигнал представляє собою меандр, сформований із синусоїдального сигналу шляхом обмеження останнього на визначеному рівні. За умови використання як обмежувача стабілітрона типу Д818Е нестабільність амплітуди напруги не перевищує 0,1 %. У [1] вказано, що застосування термостату за умов зміни температури на-

вколишнього середовища на 10^0 С дає можливість знизити температурну нестабільність до 10^{-4} .

Висока стабільність амплітуди отриманого таким шляхом меандру і, відповідно, амплітуди першої гармоніки і відносна простота формування опорного сигналу дозволяє з успіхом використовувати його як зразковий в схемах СДАЗС достатньо високого класу точності.

Блок-схема статичного джерела синусоїдального струму з корекцією мультиплікативною похибки показана на рис. 1.

Синусоїдальна напруга задаючого генератора ЗГ через посилювач з керованим коефіцієнтом передачі ПККП і посилювач потужності ПП подається на навантаження. Падіння напруги на опорі, пропорційне струму в навантаженні, поступає на один з входів віднімального пристрою ВП. На другий його вхід через подільник напруги ПН подається опорна напруга прямокутної форми. Коефіцієнт передачі подільника напруги вибирається таким чином, що при номінальному значенні струму живлення в навантаженні вихідний сигнал вузькополосного підсилювача ВЗП, налаштованого на частоту ЗГ, відсутній. При відхиленні значення струму від номінального (через тимчасову температурну нестабільність параметрів схеми чи навантаження) на виході з'являється сигнал неузгодженості, який поступає на фазочутливий детектор ФД, фільтр нижніх частот ФНЧ, і змінює коефіцієнт передачі ПККП до встановлення номінального значення струму в навантаженні.

Похибка завдання змінного струму такої схеми СДАЗС при зміні на 10% значень вихідної напруги задаючого генератора і опорного навантаження не перевищує 0,1%, а коефіцієнт нелінійних спотворень вихідного сигналу не перевищує 0,5%. Незначне підвищення значення коефіцієнта гармонік пояснюється, головним чином, нелінійністю керованого елемента на основі польового транзистора і

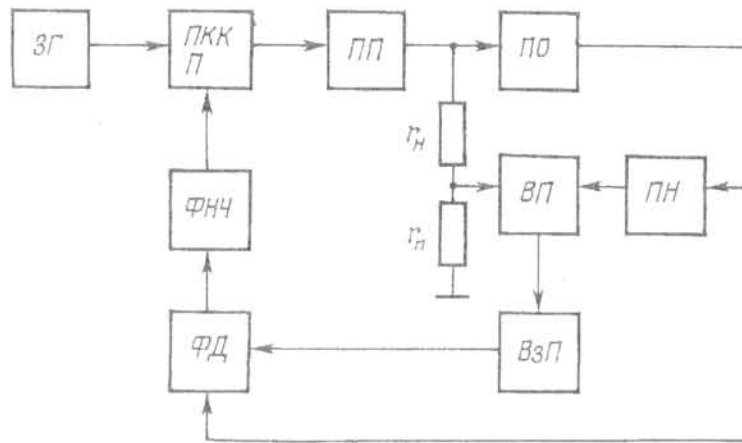


Рис. 1

невідфільтрованими вищими гармонічними складовими, які поступають з фільтра нижніх частот. Інерційність наведеного СДАЗС визначається постійною часу ФНЧ, яка вибирається достатньо великою для отримання найменшого значення нелінійних спотворень. Вказані вище значення похибки і коефіцієнта нелінійних спотворень дозволяють при стрибкоподібній зміні напруги ЗГ на 10 % отримати час встановлення 1,5–2 с (до значення похибки, що дорівнює 0,1 %).

Більш високу швидкість можна отримати у схемах СДАЗС з адитивною корекцією похибки. Блок-схема джерела такого типу показана на рис. 2. Струм у навантаженні здійснюється напругою задаючого генератора ЗГ за допомогою віднімального пристрою ВП1 та підсилювача потужності ПП. Падіння напруги на зразковому опорі r_n , підключеному послідовно з навантаженням r_n , подається на вхід віднімального пристрою ВП2. На другий вхід ВП2 крізь прецизійний подільник напруги ПН поступає опорна напруга прямокутної форми, сформована підсилювачем-обмежувачем ПО.

При значенні струму, що не дорівнює номінальному (через дестабілізуючі фактори), на виході вузькополосного підсилювача ВП1 з'являється сигнал неузгодженості, який додається в блоці ВП1 до вихідної напруги задаючого генератора, відтворюючи, таким чином, номінальне значення струму в навантаженні. Час встановлення схеми при зміні

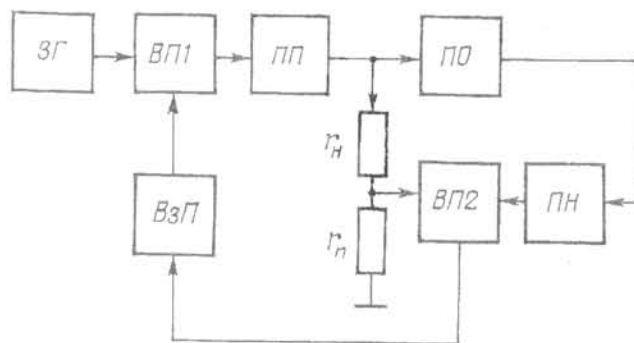


Рис. 2

напруги ЗГ чи опору навантаження складає 0,1–0,2 с, що на порядок менше, ніж у СДАЗС з мультиплікативною корекцією похибки. Підвищити швидкодію вдалося завдяки виключенню найбільш інерційного у схемі ланцюга — фільтра нижніх частот. Час встановлення для даного СДАЗС визначається, в головному, постійною часу вузькополосного підсилювача сигналу неузгодженості. Коефіцієнт нелінійних спотворень стабілізуючого струму (2–2,5%) залежить від добротності ВЗП, на вхід якого разом з основною гармонікою сигналу неузгодженості надходять також вищі гармонічні складові, обумовлені вищими гармонічними складовими в опорній напрузі прямокутної форми. Знизити коефіцієнт гармонік до 1% можливо, використовуючи двоконтурні вузькополосні підсилювачі, що призводить до пониження швидкості СДАЗС. Підвищене значення похибки стабілізації, що дорівнює 0,2–0,3 %, пояснюється нестабільністю фазового зсуву між вхідними сигналами суматора.

На рис. 3 показана блок-схема СДАЗС, яка поєднує у собі ознаки, властиві як схемам з адитивною, так і мультиплікативною корекцією похибки. Формування струму в навантаженні, як і у випадку СДАЗС з адитивною корекцією, здійснюється вихідною напругою ЗГ, який через віднімальний пристрій ВП1 та підсилювач потужності ПП поступає на навантаження r_n , послідовно з яким формується напруга, пропорційна номінальному значенню струму в навантаженні. Ця напруга далі поступає на один із входів віднімального пристрою ВП2, а на другий його вхід через високостабілізований подільник напруги ПН1 надходить стабільна напруга прямокутної форми, яка формується шляхом обмеження синусоїдальної напруги за допомогою стабілітронів та падінням напруги на навантаженні r_n і взірцевому опорі r_n .

Коефіцієнт передачі ПН1 добирається таким чином, щоб у випадку номінального значення струму живлення в навантаженні на виході ВП2 сигнал по першій гармоніці був відсутній. У разі відхилення струму живлення від номінального на виході ВП2 з'являється сигнал по першій гармоніці стру-

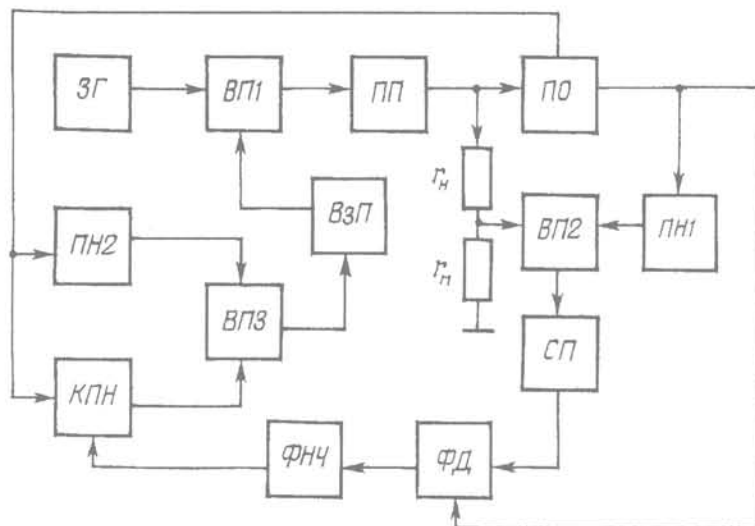


Рис. 3

му живлення навантаження, який надходить на селективний підсилювач СП, налаштований на частоту струму живлення навантаження. Потім він подається на вхід фазочутливого детектора ФД, керування яким здійснюється напругою, яка знімається з підсилювача-обмежувача ПО, і після фільтра нижніх частот ФНЧ подається на один із входів керованого подільника напруги КПН. На другий вхід КПН подається сигнал, що знімається з ПО, і потрапляє на вхід подільника напруги ПН2. Коефіцієнт підсилення ПН2 добирається таким чином, щоб на виході ВП3 при номінальному значенні струму живлення в навантаженні сигнал на першій гармоніці був відсутній. У разі відхилення струму живлення від номінального на виході ВП3 з'являється сигнал, який після вузькополосного підсилювача ВзП поступає на другий вхід ВП1, і алгебраїчно додається до сигналу, що виходить з задаючого генератора ЗГ, і відтак відтворює номінальне значення струму живлення в навантаженні.

Коефіцієнт нелінійних спотворень СДАЗС, створений за блок-схемою на рис. 3, складає 0,5%. Похибка значення амплітуди змінного струму в навантаженні знаходиться на рівні 0,3%. Основна складова похибки, як і в випадку СДАЗС з адитив-

ною корекцією, визначається нестабільністю фазового зсуву між вихідними сигналами суматора. Знизити похибку до рівня 0,1–0,2% вдається шляхом заміни вузькополосного підсилювача ВзП сигналу неузгодженості широкополосним. Але це призводить до підвищення значення коефіцієнта нелінійних спотворень до 1–1,5%. Час встановлення складає 0,3–0,5 с.

З вищевказаних схем як джерело постійного струму можна пропонувати стабілізоване джерело з адитивною корекцією похибки. У цьому випадку пропонується як вихідний сигнал задаючого генератора використовувати напругу U_1 (рис. 4), яка знімається зі стабілітрона. Цю ж напругу доцільно використовувати як опорний сигнал. Високостабільний задаючий сигнал U_1 , сформований в джерелі стабільної напруги ДСН, через віднімальний пристрій ВП1 та підсилювач потужності ПП подається на навантаження r_n , послідовно з яким з'єднаний взірцевий опір r_n . Напруга U_n , що знімається з взірцевого опору, подається на один із входів віднімального пристрою ВП2. На другий його вхід через стабілізуючий взірцевий подільник напруги ВПН подається сигнал U_2 , і через підсилювач постійного струму ППС потрапляє на вхід відні-

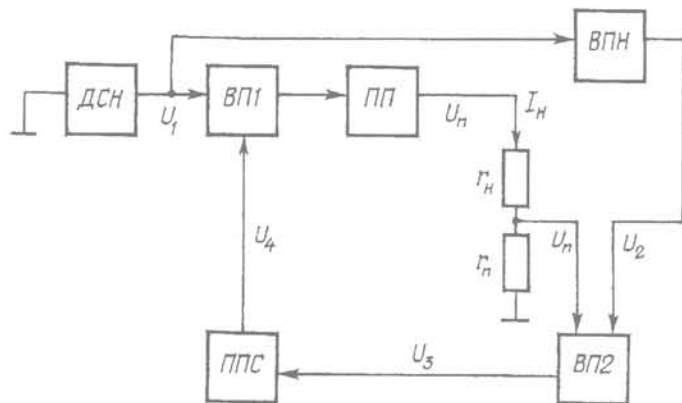


Рис. 4

мального пристрою ВП1. Коефіцієнт передачі подільника напруги добирається таким чином, щоб на виході ВП2 при номінальному струмі живлення навантаження r_n сигнал був відсутнім. При відхиленні струму живлення від номінального значення на виході ВП2 з'являється сигнал неузгодженості U_3 , який після ППС до рівня U_4 поступає на другий вхід ВП1, в якому він алгебраїчно додається до сигналу U_1 і відтворює номінальне значення струму в навантаженні. Особливість цієї схеми полягає в тому, що задаючий генератор та опорна напруга створюються одним джерелом, тому немає необхідності формувати додаткове.

Порівняння вищевведених схем прецизійних стабілізаторів амплітуди змінного струму вказує на те, що найбільш високу точність вихідного сигналу мають прецизійні стабілізатори амплітуди змінного струму в джерелах з мультиплікативною корекцією похибки стабілізації, які також забезпечують найбільш низьке значення коефіцієнта нелінійних спотворень, проте, до особливостей цих схем належить значна інерційність.

Зниження часу обробки сигналу досягається в джерелах з адитивною корекцією. Однак, при цьо-

му збільшується значення коефіцієнта нелінійних спотворень.

Низьке значення коефіцієнта нелінійних спотворень і похибки підтримання вихідного параметру на заданому рівні вдається у схемах з комбінованою корекцією похибки.

1. *Брайко В.В.* Дослідження вимірювальних пристроїв, заснованих на використанні ефекту Холу /Автореферат дис. канд.техн.наук — Київ, 1968.

2. *Таранов С.Г., Брайко В.В., Маршаленко Б.А.* Стабілізоване по амплітуді джерело змінного струму / Наук.-техн. конф. "Вдосконалення пристроїв для вимірювання комплексних параметрів і величин у широкому діапазоні частот". — Київ, 1968.

3. *Маршаленко Б.А., Рудой А.И., Таранов С.Г.* А.с. № 329636. Стабілізатор змінного струму. // БИ. — 1972. — №7.

4. *Маршаленко Б.А., Чигірін Ю.Т.* А.с. № 1029157. Стабілізатор амплітуди змінного струму. // БИ. — 1983. — №26.

5. *Таранов С.Г., Брайко В.В., Маршаленко Б.А.* А.с. № 262995. Стабілізоване по амплітуді джерело змінного струму. // БИ. — 1970. — №7.

Надійшла 06.01.2009