



УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **87966**

(13) **U**

(51) МПК

H03K 5/02 (2006.01)

H03K 3/023 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2013 11185**

(22) Дата подання заявки: **20.09.2013**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **25.02.2014**

(46) Публікація відомостей **25.02.2014, Бюл.№ 4**
про видачу патенту:

(72) Винахідник(и):

Голуб Владислав Сергійович (UA)

(73) Власник(и):

Голуб Владислав Сергійович,
вул. Мечникова, 22-а, кв. 13, м. Київ, 01021
(UA)

(54) ІМПУЛЬСНИЙ МОДУЛЯТОР ГОЛУБА

(57) Реферат:

Імпульсний модулятор, що містить суматор, перший вхід якого є входом модулятора, а другий є входом негативного зворотного зв'язку й підключений до виходу модулятора, коло інтегрування та компарування, вхід якого підключений до виходу суматора, та формувач імпульсів, вхід якого підключений до виходу кола інтегрування та компарування, а вихід є виходом модулятора, причому коло є з двома порогами компарування й двома виходами, а формувач є типу RS-тригера, входи якого поодиноці підключені до обох виходів кола.

UA 87966 U

Корисна модель належить до техніки імпульсної модуляції, зокрема до техніки підсилювання звукових сигналів класу D, де імпульсна модуляція використовується для перетворювання сигналів на вході підсилювачів.

Перший аналог описаний в:

5 [1] Справочник по радиоэлектронике. Под общ. ред. А.А. Куликовского. В 3-х томах. - Т. 1. - М.: Энергия, 1967 (2-5. Модуляция. - С. 98-102).

[2] Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. В 2-х томах. - Т. 2. - М.: Мир, 1983 (9.23. Методы уравнивания заряда. - С. 68, рис. 9.46).

10 Першим аналогом є спосіб ЧІМ, частотно-імпульсної модуляції, та його модулятор. Сигнал ЧІМ - це послідовність прямокутних імпульсів сталої тривалості, частота слідування яких є пропорційною аналоговому сигналу, що є модулюючим. Додатковою особливістю сигналу ЧІМ є те, що аналоговий модулюючий сигнал міститься в його складі. Остання особливість використовується в підсилювачах класу D, про що сказано вище. Недоліком сигналу ЧІМ є те, що за позитивним рівнем модулюючого сигналу його частота, що являє собою також частоту переключень, є підвищеною. А це є негативним для підсилювача класу D, а також для інших випадків застосування сигналу ЧІМ. Підвищена частота переключень є недоліком першого аналога.

20 Для частотно-імпульсної модуляції, тобто як ЧІМ модулятор, використовується показаний в [2] перетворювач напруги в частоту. Частотно-імпульсний модулятор, тобто пристрій, в якому здійснюється частотно-імпульсна модуляція, має таку побудову. На вході - суматор з двома входами. Перший - для аналогового модулюючого сигналу, другий, негативний до першого, - для сигналу зворотного зв'язку (в даному разі [2], це коло з накопичувальним конденсатором). Після суматора (у складі модулятора) - інтегратор та пристрій формування імпульсів вихідного сигналу. До пристрою формування належать компаратор та одновібратор. Останній запускається від компаратора й формує послідовність вихідних імпульсів.

Другий аналог описаний в:

[3] Голуб В. С. Сигма-дельта модулятор: уточнение эквивалентной схемы и передаточной функции // Известия вузов - Радиоэлектроника, 2010. - № 6. - С. 48-57.

30 Другий аналог - це спосіб, а також модулятор СДМ, сигма-дельта модуляції. Сигнал СДМ є послідовністю прямокутних імпульсів, але він відрізняється від послідовності імпульсів ЧІМ модуляції: в сигналі СДМ змінними є не тільки інтервали між імпульсами (за негативним рівнем модулюючого сигналу), а й імпульси (за позитивним рівнем сигналу). Крім цього тривалість імпульсів та інтервалів є квантованою, кратною до $T_0=1/f_T$, де f_T - частота квантування. Особливістю сигналу СДМ, як і сигналу ЧІМ, є також те, що його складовою частиною є аналоговий модулюючий сигнал.

35 За нульовим рівнем модуляції сигнал СДМ, як і ЧІМ, має форму меандру з тривалістю імпульсів та інтервалів, що дорівнюють вказаному T_0 . За негативним рівнем модулюючого аналогового сигналу тривалість інтервалів сигналу СДМ збільшується, а за позитивним рівнем збільшується тривалість імпульсів. Коли збільшується тривалість інтервалів, тривалість імпульсів дорівнює T_0 , а коли збільшується тривалість імпульсів, тривалість інтервалів дорівнює T_0 . При цьому за збільшенням тривалості імпульсів частота переключення, на відміну від сигналу ЧІМ, зменшується. Тобто частота переключень сигналу СДМ є меншою за частоти переключень сигналу ЧІМ. Це є позитивним, а негативним (наприклад для підсилювачів класу D) є те, що сигнал СДМ супроводжується шумом квантування, обумовленим його квантуванням.

45 Останнє є, для підсилювачів класу D, недоліком другого аналога. Сигма-дельта модулятор, в якому формується сигнал СДМ, має схему, подібну до схеми модулятора ЧІМ, але вона відрізняється тим, що замість одновібратора в ній використовується D-тригер, що запускається зовнішніми тактовими імпульсами. Крім цього модулятор СДМ може мати більш складне інтегруюче коло замість інтегратора (третій аналог) та додаткові вхідні фільтри, підключені до кола зворотного зв'язку.

Третій аналог описаний в:

[4] Голуб В.С. Сигма-дельта модулятор: петлевые фильтры и шум квантования // Технология и конструирование в электронной аппаратуре (ТКЭА), 2013. - № 2-3. - С. 19-27.

55 До третього аналога теж належать спосіб та модулятор СДМ, але ж із зміненою структурою сигналу, що є більш ускладненою та з більшою частотою квантування. Третій аналог забезпечує суттєве зменшення шуму квантування, але частково шум зостається. Головне - це суттєве ускладнення способу модуляції й, відповідно, його модулятора, в якому замість звичайного інтегратора використовуються більш складні інтегруючі фільтри.

60 Ускладнення модулятора, а також присутність в сигналі, хоча й зменшеного, шуму квантування є недоліком третього аналога.

Четвертий аналог описаний в:

[5] Голуб В. Аудио усилители мощности класса D: принципы построения // Электронные компоненты - Украина (ЭКУ), 2010. - № 1-2. - С. 67-79.

Четвертий аналог- це спосіб аналогової широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) та його модулятор. Сигнал ШІМ - це послідовність прямокутних імпульсів сталої частоти слідування. Немодульована послідовність імпульсів ШІМ сигналу, як і послідовності інших сигналів (ЧІМ, СДМ), - типу "меандр", з тривалістю імпульсів та інтервалів, що дорівнюють один одному. Зі збільшенням позитивного рівня модулюючого сигналу тривалість імпульсів збільшується й досягає періоду їх слідування (а тривалість інтервалів, відповідно, зменшується до нуля), а зі збільшенням негативного рівня тривалість імпульсів зменшується й досягає нуля (а тривалість інтервалів, відповідно, збільшується до значення періоду сигналу).

Для модуляції зазвичай використовується трикутна послідовність, з яким модулюючий сигнал зрівнюється, але без застосування негативного зворотного зв'язку в модуляторі. Тому точність модуляції, без кола зворотного зв'язку в модуляторі, залежить від точності (лінійності) трикутної послідовності. Вказана залежність, за відсутністю негативного зворотного зв'язку, є недоліком четвертого аналога.

В зв'язку з викладеним поставлено задачу: запропонувати такий імпульсний модулятор, який не мав би вказаних недоліків аналогів. За прототип вибрано другий аналог, що є найбільш близьким до імпульсного модулятора, що пропонується.

В зв'язку з вказаним пропонується імпульсний модулятор, в якому аналоговий сигнал перетворюється, за наявності негативного зворотного зв'язку, в пропорційну послідовність імпульсів, в якій за збільшенням як позитивних, так і негативних значень аналогового сигналу частота переключень імпульсів зменшується. Модулятор відрізняється тим, що змінення тривалості імпульсів та інтервалів між ними, в залежності від аналогового сигналу, є неперервним.

Імпульсний модулятор, що містить суматор, перший вхід якого є входом модулятора, а другий є входом негативного зворотного зв'язку й підключений до виходу модулятора, коло інтегрування та компарування, вхід якого підключений до виходу суматора, та формувач імпульсів, вхід якого підключений до виходу кола інтегрування та компарування, а вихід є виходом модулятора, згідно корисної моделі коло є з двома порогами компарування й двома виходами, а формувач є типу RS-тригера, входи якого поодиночі підключені до обох виходів кола.

Імпульсний модулятор, який відрізняється тим, що коло інтегрування та компарування містить два компаратори, входи яких поодиночі підключені до двох протифазних виходів інтегратора, а виходи компараторів є двома виходами кола.

Імпульсний модулятор який відрізняється тим, що коло інтегрування та компарування містить два компаратори, входи яких є протифазними, що підключені до одного виходу інтегратора, а виходи компараторів є двома виходами кола.

Імпульсний модулятор який відрізняється тим, що між його виходом та входом негативного зворотного зв'язку суматора включено елемент зворотного зв'язку.

Імпульсний модулятор який відрізняється тим, що елементом зворотного зв'язку є формувач амплітуди імпульсів.

Імпульсний модулятор який відрізняється тим, що елементом зворотного зв'язку є підсилювач.

Імпульсний модулятор який відрізняється тим, що елементом зворотного зв'язку є атенюатор.

Імпульсний модулятор який відрізняється тим, що є перетворювачем аналогового сигналу для комутаційного каскаду підсилювача класу D.

Перелік фігур (з їх описом):

Фіг. 1. Показані послідовності імпульсів, що відповідають способу імпульсної модуляції за п. 1:

- в першому рядку: модульована послідовність, що обумовлена різницею $E_0 - \Delta E$ на вході, де E_0 - напруга зміщення, а ΔE (зі знаком мінус за різницею) - негативний фрагмент модулюючого сигналу;

- в другому рядку: немодульована (несуча) послідовність типу "меандр", що обумовлена напругою зміщення E_0 (на вході);

- в третьому рядку: модульована послідовність, що обумовлена сумою $E_0 + \Delta E$ на вході, де ΔE (зі знаком плюс за сумою) - позитивний фрагмент модулюючого сигналу.

Послідовності показані за змінням напруги, що є $\Delta E = \text{const}$, але зазвичай ΔE є змінною (за часом) величиною, за якою модульовані послідовності імпульсів є з неперервним змінням

тривалості імпульсів та інтервалів (без квантування). Послідовності пропорційні модулюючому сигналу та, на відміну від другого аналога, що є прототипом, не містять відповідно шуму квантування.

Модульовані послідовності, що показані на фіг. 1, відповідають наприклад коефіцієнту модуляції 80 % (коефіцієнт модуляції - це відношення тривалості імпульсів до їх періоду слідування, яке пропорційне відношенню рівня модулюючого сигналу до його максимального рівня). Про тривалості імпульсів та інші залежності сказано нижче.

Фіг. 2. Показані:

- в першому рядку: аналоговий (синусоїдний) сигнал на вході та відповідний до нього імпульсно-модульований сигнал на виході модулятора;

- в другому рядку: аналогова складова імпульсно-модульованого сигналу на виході, що отримана за допомогою зовнішнього фільтра й показана з пульсаціями (для унаочнення) на фоні аналогового сигналу на вході. Обидва показані сигнали, аналогова складова на виході та аналоговий сигнал на вході, затримані (за часом) зовнішнім двоканальним фільтром (в кожному з двох однакових каналів для кожного сигналу).

Згідно з фіг. 2, перетворювання аналогового сигналу в імпульсно-модульований не супроводжується часовою затримкою в модуляторі (відносно вхідного сигналу). Видно, що положення пульсацій на відфільтрованому сигналі відповідає за часом положенню імпульсно-модульованого сигналу. Зображення на фіг. 2 є результатом моделювання модулятора, про що сказано нижче.

Фіг. 3. Показаний модулятор, що відповідає пп. 2 та 3, а також п. 5. Модулятор містить суматор 1 на вході, коло інтегрування та компарування, до якого належать інтегратор 2 (вихід якого має два протифазні виводи) та два компаратори 4 й 5, формувач імпульсів 6 (типу RS-тригера). Згідно з п. 5 показаний також елемент зворотного зв'язку 3 (наприклад формувач амплітуди імпульсів). Інтегратор з двома протифазними виводами - це може бути, в простішому випадку, інтегратор з одним виводом та підключений до нього аналоговий інвертор, вихід якого є другим, в даному разі протифазним виводом інтегратора.

Вихід формувача сигналу (RS-тригер) має зазвичай два протифазні виводи, що можуть бути двома протифазними виводами модулятора, але на фігурі показаний один вивід, що достатньо для модулятора. Замість одного інтегратора з інвертором, про що сказано вище, можуть бути два інтегратори зі зворотним зв'язком через двоканальний суматор від двох виводів RS-тригера.

На вході модулятора показано коло для подачі напруги зміщення E_0 . Воно показано пунктиром, бо E_0 може бути у складі вхідного сигналу або на виході формувача 3. На фігурі літерами "а)", "б)", "в)", "г)" позначені місця, для яких нижче, за тими ж літерами, на фіг. 5, 6 та 7 показані епюри електричних сигналів.

Фіг. 4. Показаний модулятор, що відповідає пп. 2 та 4, а також п. 5. На відміну від інтегратора 2 на фіг. 3, вихід інтегратора 7 має один вивід, до якого підключені обидва компаратори. Вхід компаратора 8 включений протифазно в порівнянні з компаратором 4 (на фіг. 3). Вихід модулятора, як і на фіг. 3, теж може мати додатковий протифазний вивід, обумовлений формувачем імпульсів (RS-тригером).

Фіг. 5. Показані епюри сигналів модулятора, що відповідають імпульсній послідовності, яка показана в середньому рядку на фіг. 1:

а) напруга зміщення (E_0), сигнал модуляції дорівнює нулю;

б) немодульована імпульсна послідовність типу "меандр" на виході модулятора, що відповідає напрузі зміщення (E_0);

в) сигнал на виході суматора, що є різницею сигналів "а)" та "б)";

г) трикутний сигнал на виході інтегратора (показаний для інтегратора з одним виводом).

Показані також опорні рівні E_{on1} та E_{on2} , за яких спрацьовують компаратори (за цього сигналу), а за ними й формувач сигналу (типу RS-тригера). Вихідним сигналом формувача сигналу є послідовність "б)", що описана вище.

Дія елемента зворотного зв'язку 3 (наприклад формувача амплітуди імпульсів), що є на фіг. 3, 4, не показана, але якщо його урахувати, то його сигналом буде "б)", а сигнал на виході модулятора буде відрізнятись від сигналу елемента зворотного зв'язку (за амплітудою та частотою).

Фіг. 6. Показані епюри сигналів модулятора, що відповідають імпульсній послідовності, яка показана в верхньому рядку на фіг. 1:

а) напруга $E_0 - \Delta E$, де ΔE - сигнал модуляції зі знаком мінус (сигнал показаний зі сталим значенням);

б) фрагмент модульованої імпульсної послідовності на виході модулятора, що відповідає напрузі $E_0 - \Delta E$;

в) сигнал на виході суматора, що є різницею сигналів "а)" та "б)";

г) трикутний сигнал на виході інтегратора (показаний для інтегратора з одним виводом).

Показані ті ж самі опорні рівні $E_{оп1}$ та $E_{оп2}$, що й на фіг. 5, за яких спрацьовують компаратори, а за ними й формувач сигналу (типу RS-тригера). Вихідним сигналом формувача сигналу є послідовність "б)".

Фіг. 7. Показані епюри сигналів модулятора, що відповідають імпульсній послідовності, яка показана в нижньому рядку на фіг. 1:

а) напруга $E_0 + \Delta E$, де ΔE - сигнал модуляції, зі знаком плюс (сигнал показаний зі сталим значенням);

б) фрагмент модульованої імпульсної послідовності на виході модулятора, що відповідає напрузі $E_0 + \Delta E$;

в) сигнал на виході суматора, що є різницею сигналів "а)" та "б)";

г) трикутний сигнал на виході інтегратора (показаний для інтегратора з одним виводом).

Показані ті ж самі опорні рівні $E_{оп1}$ та $E_{оп2}$, що й на фіг. 5 та 6, за яких спрацьовують компаратори, а за ними й формувач сигналу (типу RS-тригера). Вихідним сигналом формувача сигналу є послідовність "б)".

Математичні співвідношення для сигналів модулятора. Амплітуда (розмах) трикутної напруги на виході інтегратора (фіг. 5, 6, 7) дорівнює

$$(1/\tau_{\text{інт}}) \int E_1 dt = (\tau_1/\tau_{\text{інт}}) E_1 = E_{оп}, \quad (1)$$

де: $\tau_{\text{інт}}$ - стала часу інтегратора; τ_1 - тривалість імпульсів вихідного сигналу модулятора; E_1 - напруга на вході разом із напругою зміщення, що дорівнюють E_0 на фіг. 5, $(E_0 - \Delta E)$ на фіг. 6 та $(E_0 + \Delta E)$ на фіг. 7; $E_{оп}$ - сумарне значення обох опорних напруг компараторів ($E_{оп1} + E_{оп2}$), на фіг. 3, або $(E_{оп1} - E_{оп2})$, на фіг. 4.

Співвідношення (1) обумовлене тривалістю імпульсів τ_1 , а за тривалістю інтервалів між імпульсами, що є τ_2 ,

$$(1/\tau_{\text{інт}}) \int (2E_0 - E_1) dt = (\tau_2/\tau_{\text{інт}}) (2E_0 - E_1) = E_{оп}. \quad (2)$$

Згідно з (1) та (2):

$$\tau_1 = \tau_{\text{інт}} E_{оп} / E_1; \quad (3)$$

$$\tau_2 = \tau_{\text{інт}} E_{оп} / (2E_0 - E_1). \quad (4)$$

В залежності від E_1 , значення τ_1 та τ_2 є такими:

- для $E_1 = E_0$ ($\Delta E = 0$), немодульована послідовність імпульсів, фіг. 5:

$$\tau_1 = \tau_2 = \tau_0, \quad (5)$$

де, згідно з (3),

$$\tau_0 = \tau_{\text{інт}} E_{оп} / E_0; \quad (6)$$

- для $E_1 = 0$ ($\Delta E = -E_0$), 100-процентна модуляція, обумовлена негативним рівнем сигналу:

$$\tau_1 = \tau_0 / 2; \quad (7)$$

$$\tau_2 \rightarrow \infty; \quad (8)$$

- для $E_1 = 2E_0$ ($\Delta E = +E_0$), 100-процентна модуляція, обумовлена позитивним рівнем сигналу:

$$\tau_1 \rightarrow \infty; \quad (9)$$

$$\tau_2 = \tau_0 / 2. \quad (10)$$

Порівнюючи з прототипом, відзначимо, що для нього, замість (7) та (10), тривалості $\tau_1 = \tau_0$ та $\tau_2 = \tau_0$. Інші формули, (5), (8) та (9), - такі ж. Якщо взяти коефіцієнт модуляції, менший ніж 100 %, як показано наприклад на фіг. 6 та 7, нижня частотна межа імпульсної послідовності модулятора буде вищою, ніж у прототипу. Це дозволяє використовувати більш близький до 100 % коефіцієнт модуляції. Сказане є додатковою перевагою модулятора перед його прототипом.

Для модулятора є таке поняття як частота переключень, яка дорівнює

$$f_{\text{пер}} = 1/(\tau_1 + \tau_2). \quad (11)$$

Коли модуляція відсутня, ($\Delta E = 0$, коефіцієнт модуляції 0 %), частота переключень, згідно з (5),

$$f_{\text{пер},0} = 1/2\tau_0, \quad (12)$$

а за наявності модуляції частота переключень зменшується та коли модуляція максимальна з коефіцієнтом 100 % ($\Delta E = -E_0$, $\Delta E = +E_0$) вона близька до нуля. Реально коефіцієнт модуляції береться меншим за 100 % (цього вимагають, крім того, умови теореми Котельникова). Так,

якщо коефіцієнт модуляції дорівнює 80 %, тривалості імпульсів за позитивним рівнем модуляції є $\tau_1 \approx 2\tau_0$, $\tau_2 \approx 0.5\tau_0$, а за негативним рівнем вони є $\tau_1 \approx 0.5\tau_0$, $\tau_2 \approx 2\tau_0$. Це - для модулятора, що заявляється, а для прототипу (СДМ модулятора): $\tau_1 = 4\tau_0$, $\tau_2 = \tau_0$ та $\tau_1 = \tau_0$, $\tau_2 = 4\tau_0$ відповідно. Тобто мінімальна частота переключень для модулятора, що заявляється, згідно з (11), вдвічі більша, ніж для прототипу. Це дозволяє збільшити коефіцієнт модуляції з 80 % до 90 %, або спростити фільтрацію за коефіцієнтом 80 % (вказані цифри приведені, як приклад). Як вже сказано це є додатковою перевагою модулятора, що заявляється.

Вихідний сигнал (разом із напругою зміщення) є пропорційним

$$K_{\text{вих}} = \tau_1 / (\tau_1 + \tau_2), \quad (13)$$

де, за модуляцією, значення τ_1 та τ_2 , є залежними від часу, а його складова, що пропорційна аналоговому сигналу, -

$$\Delta K_{\text{вих}} = k_{\text{вих}} - k_{\text{вих},0} = 0.5(\tau_1 - \tau_2) / (\tau_1 + \tau_2), \quad (14)$$

де $k_{\text{вих},0} = 0.5$ за τ_1 й τ_2 - згідно з (5). Максимальні значення $\Delta K_{\text{вих}}$, негативне та позитивне, - це -0.5 та 0.5, відповідно. Відношення (13) та (14) - це коефіцієнти, що описують сигнал, а сигнал за напругою буде дорівнювати $2k_{\text{вих}}E_0$ (зі зміщенням) та $2\Delta K_{\text{вих}}E_0$ (одностороння амплітуда відносно зміщення).

Щодо елементів зворотного зв'язку, згідно з п. 4, то вони, формувач амплітуди імпульсів (п. 5), підсилювач (п. 6) та атенюатор (п. 7), забезпечують можливість оптимального виставлення режиму роботи модулятора. Формувач амплітуди є подібним до формувача, що використовується в прототипі, а функцію підсилювача та атенюатора може виконувати сумуюче коло на вході інтегратора. Як і прототип, модулятор, що заявляється, може мати більш складне інтегруюче коло замість інтегратора та додаткові вхідні фільтри, підключені до кола зворотного зв'язку. Щодо використання модулятора у складі підсилювача класу D, то його включення теж аналогічне включенню за прототипом.

Можливість здійснення імпульсного модулятора, що заявляється, підтверджується тим, що в ньому використовуються звичайні елементи - суматор, інтегратор, компаратор, тригер та інші. Крім цього модулятор був змодельований - за комп'ютерною програмою "NI Multisim 10.1", а результат моделювання показаний на фіг. 2. Приведені математичні формули теж були перевірені за результатами моделювання.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Імпульсний модулятор, що містить суматор, перший вхід якого є входом модулятора, а другий є входом негативного зворотного зв'язку й підключений до виходу модулятора, коло інтегрування та компарування, вхід якого підключений до виходу суматора, та формувач імпульсів, вхід якого підключений до виходу кола інтегрування та компарування, а вихід є виходом модулятора, який **відрізняється** тим, що коло є з двома порогами компарування й двома виходами, а формувач є типу RS-тригера, входи якого поодиноці підключені до обох виходів кола.

2. Імпульсний модулятор за п. 1, який **відрізняється** тим, що коло інтегрування та компарування містить два компаратори, входи яких поодиноці підключені до двох протифазних виходів інтегратора, а виходи компараторів є двома виходами кола.

3. Імпульсний модулятор за п. 1, який **відрізняється** тим, що коло інтегрування та компарування містить два компаратори, входи яких є протифазними, що підключені до одного виходу інтегратора, а виходи компараторів є двома виходами кола.

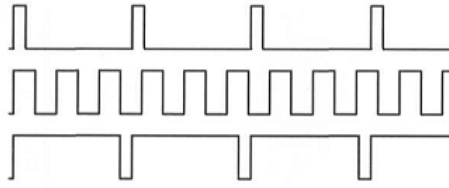
4. Імпульсний модулятор за п. 1, 2 або 3, який **відрізняється** тим, що між його виходом та входом негативного зворотного зв'язку суматора включено елемент зворотного зв'язку.

5. Імпульсний модулятор за п. 4, який **відрізняється** тим, що елементом зворотного зв'язку є формувач амплітуди імпульсів.

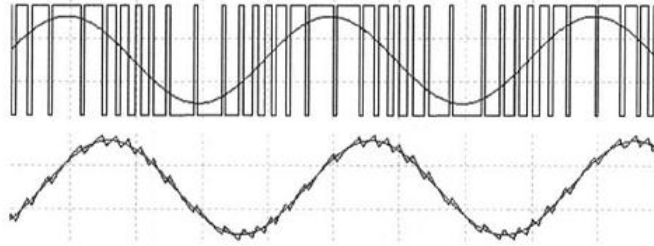
6. Імпульсний модулятор за п. 4, який **відрізняється** тим, що елементом зворотного зв'язку є підсилювач.

7. Імпульсний модулятор за п. 4, який **відрізняється** тим, що елементом зворотного зв'язку є атенюатор.

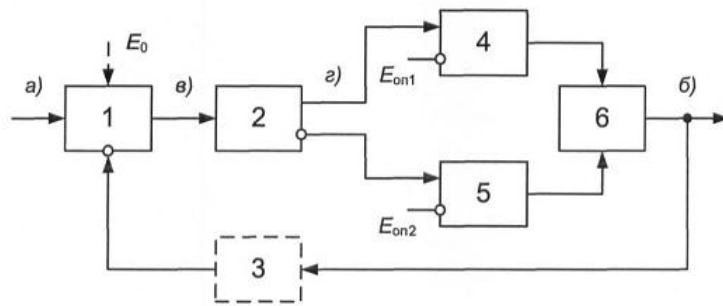
8. Імпульсний модулятор за п. 1, 2, 3, 4. 5. 6 або 7, який **відрізняється** тим, що є перетворювачем аналогового сигналу для комутаційного каскаду підсилювача класу D.



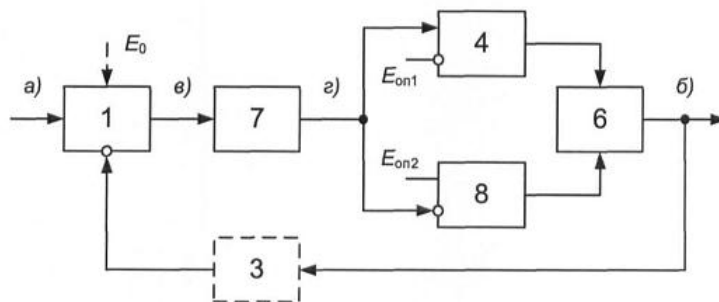
Фиг. 1



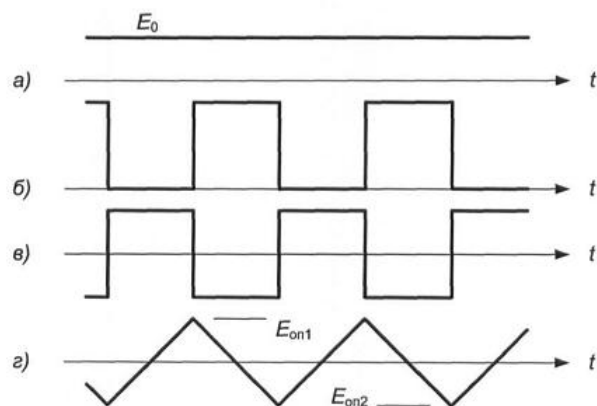
Фиг. 2



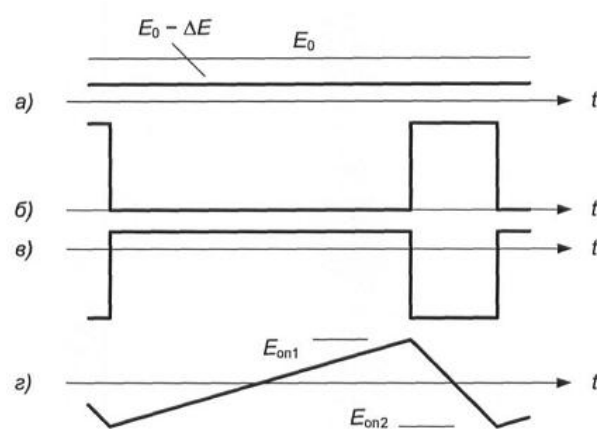
Фиг. 3



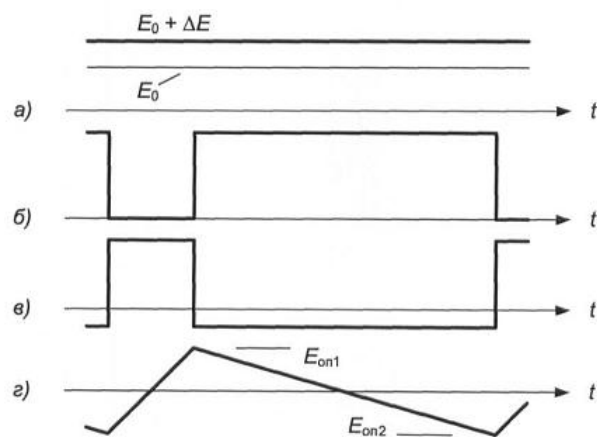
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601