



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **98528** (13) **C2**  
(51) МПК (2012.01)  
**H04B 1/10** (2006.01)  
**H03G 3/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2010 09965</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Гулега Леонід Григорович (UA),</b> <b>Зацерковський Руслан Олексійович (UA),</b> <b>Руснак Володимир Миколайович (UA),</b> <b>Халілов Едуард Магеррамович (UA),</b> <b>Хоменко Олександр Григорович (UA),</b> <b>Павлюк Олег Євгенович (UA),</b> <b>Карпенко Євген Валерійович (UA),</b> <b>Соловей Володимир Юхимович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>11.08.2010</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>Зацерковський Руслан Олексійович,</b> вул. Воровського, 43-б, кв. 9, м. Київ, 01054, Україна (UA)
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>25.05.2012</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2163416 C2; 20.02.2001 US 2001053680 A1; 20.12. 2001 US 2003232608 A1; 18.12.2003 US 2005053175 A1; 10.03.2005 SU 1561194 A1; 30.04.1990 RU 2241304 C2; 27.11.2004 RU 2349031 C1; 10.03.2009 WO 9203892 A1; 05.03.1992
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заяву: <b>27.02.2012, Бюл.№ 4</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.05.2012, Бюл.№ 10</b>	

**(54) ПРИСТРІЙ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПІДСИЛЮВАННЯ**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до області автоматичного регулювання підсилювання (АРП) в приймальних трактах інформаційно-вимірювальних системах різного призначення.

Пристрій автоматичного регулювання підсилювання (АРП) за рахунок виконання каналу АРП у вигляді фільтра каналу АРП, аналого-цифрового перетворювача (АЦП), демодулятора АРП, цифрового комплексного фільтра АРП демодульованих сигналів, цифрового квадратурного детектора комплексних АРП демодульованих сигналів, блока оцінювання середнього значення модуля АРП демодульованих сигналів, блока формування коефіцієнтів демодуляції АРУ - Н і коефіцієнтів АРУ - К, з'єднаних послідовно, дозволяє забезпечити захист приймального каналу від перевантаження, збільшити динамічний діапазон на 15-20 дБ, підвищити точність АРП.

UA 98528 C2

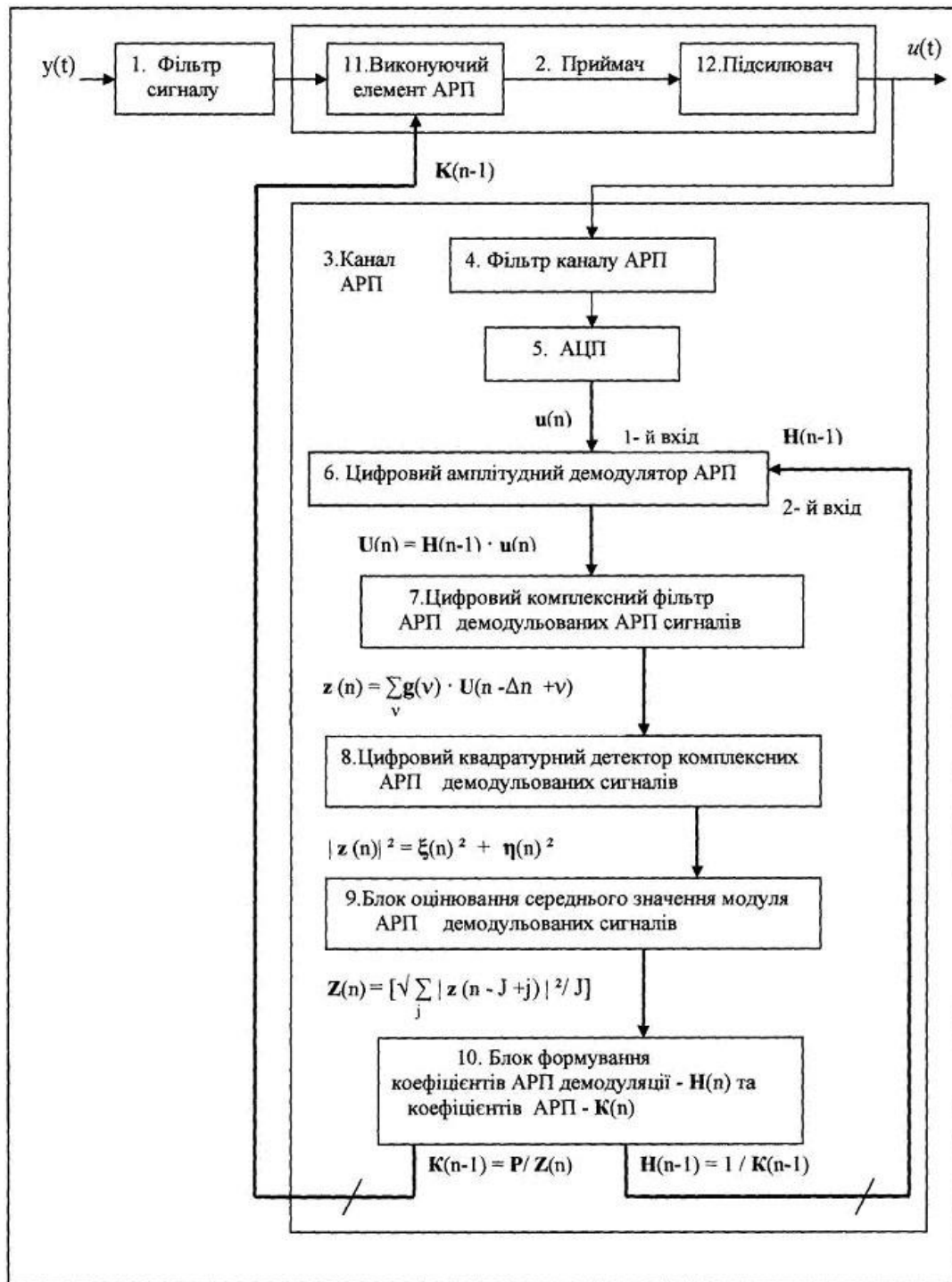


Fig. 1

Рішення, що заявляється, належить до області автоматичного регулювання підсилювання (АРП) в приймальних трактах інформаційно-вимірювальних систем різного призначення.

Відомий пристрій АРП, що містить підсилювач з керованим коефіцієнтом підсилювання, канал формування управляючого сигналу АРП, що складається з включених послідовно вимірювача рівня вихідного сигналу (у описі вимірювальна схема вироблення сигналу потужності, що приймається, на підставі потужності вихідного сигналу), порогової схеми, з'єднаного з виходом підсилювача, АЦП, розв'язуючого пристрою, що виробляє дозвіл на інтегрування за даними, вихід якого підключено до входу управляючого підсилювача з керованим коефіцієнтом підсилювання [1]. Пристрій виконано за схемою АРП - назад і захищає підсилювач від перевантаження шумовою завадою в смузі прийому.

Схеми АРП із зворотним зв'язком "... не можуть дати повної постійності вихідної напруги, через те, що воно є вхідним для системи АРП і повинно містити інформацію для відповідної зміни регулюючої дії. Крім того вони не можуть забезпечити одночасно велику глибину регулювання ( $U_{\text{вих}} \approx \text{const}$ ) і високу швидкодію з міркувань стійкості" [2].

Найбільш близьким щодо вирішування задачі захисту від імпульсної, шумової завади є пристрій імпульсного, шумового автоматичного регулювання підсилювання, що містить смуговий фільтр сигналу, підсилювач з виконавчим елементом регулювання, включені послідовно, канал АРП імпульсної завади, який містить фільтр смугової імпульсної завади із смугою, що не перекривається із смугою сигналу, з'єднаний входом зі входом смугового фільтру сигналу, перший детектор імпульсної завади із затримкою, підсилювач випрямленої напруги імпульсної завади поза смугою сигналу, включені послідовно, другий детектор імпульсної завади із затримкою, з'єднаний входом з виходом фільтра сигналу, підсилювач випрямленої напруги імпульсної завади в смузі сигналу, з'єднані послідовно, селектор управляючих сигналів АРП, що містить першу порогову схему, з'єднану входом з виходом підсилювача випрямленої напруги імпульсної завади поза смугою сигналу, другу порогову схему, з'єднану входом з виходом підсилювача випрямленої напруги імпульсної завади в смузі сигналу, схему збігів, з'єднану входами з виходами першої і другої порогових схем, ключ, з'єднаний сигнальним входом з виходом підсилювача випрямленої напруги імпульсної завади поза смугою сигналу, управляючим входом з виходом схеми збігів, суматор, з'єднаний своїми входами з виходом ключа і виходом порогової схеми каналу АРП безперервної завади, а виходом підключений до управляючого входу виконавчого елемента АРП [3].

Пристрій захищає підсилювач сигналу від перевантаження імпульсною, широкосмуговою, із смугою набагато більшою, ніж смуга сигналу, шумовою завадою з тривалістю, сумірною з тривалістю імпульсних корисних сигналів, формуванням управляючої дії автоматичного регулювання підсилювання АРП "вперед" за вимірюванням рівнем завади в смузі, що не перекривається із смугою сигналу.

Основними характеристиками пристрою АРП є:

- стабільність параметрів;
- динамічний діапазон;
- ефективність по відношенню до різних видів завади;
- точність виконання закону регулювання.

Пристрій АРП "вперед" згідно з патентом [3] має наступні недоліки:

- канал АРП містить два детектори із затримкою, два підсилювачі випрямленої напруги, схильних до дії дестабілізуючих чинників в процесі експлуатації, що приводять до розладу системи АРП, вимагає періодичного підстроювання або "... розробки складного додаткового підсилювача, що має високу стабільність параметрів і спеціальні характеристики. Нестабільність параметрів основного і додаткового підсилювачів веде до змін рівня вихідного сигналу, що не усуваються системою ..." [4];

- при сильній, приблизно (50-70) дБ імпульсній шумовій заваді підсилювач каналу "АРП вперед" з коефіцієнтом підсилювання  $K=(50-70)$  дБ, не охоплений АРП через принцип формування управляючого сигналу схеми прямого регулювання перевантажується, що приводить у результаті до заглушування сигналу в каналі прийому;

- з опису роботи пристрою АРП "вперед" по широкосмуговій, імпульсній шумовій заваді витікає, що вона не захищає підсилювач від перевантаження вузькосмуговою, прицільною завадою, що діє в смузі прийому, оскільки ключ селектора каналів АРП не пропускає сигнал управління по імпульсній заваді на вхід виконавчого елемента регулювання підсилювання, оскільки схема збігів при дії тільки на одному її вході сигналу з виходу порогової схеми підканалу вузькосмугової, діючої в смузі прийому, завади і відсутності сигналу з виходу порогової схеми підканалу позасмугової завади формує на вході управляючого ключа команду "Заборона", що від'єднує вихід каналу імпульсної завади від суматора.

У основу винаходу поставлено задачу удосконалення відомого пристрою автоматичного регулювання підсилювання АРП "вперед" із забезпеченням покращення його функціональних характеристик.

Технічний результат - покращення в порівнянні з прототипом функціональних характеристик пристрою АРП полягає у:

- забезпеченні здатності захисту приймального каналу від перевантаження як широкосмуговою, так і прицільною - в його смузі - завадою, формуванням управляючих сигналів АРП в смузі прийому;

- збільшенні динамічного діапазону на (15-20) дБ "поверненням" вихідного сигналу приймального каналу до сигнального входу виконавчого елемента АРП у просторі квантованих відліків з динамічним діапазоном, визначуваним розрядністю арифметичного блока шляхом цифрової демодуляції вихідного сигналу від регулювання АРП;

- підвищенні точності АРП - відносна помилка  $|KAPY_{TEOP} - KAPY_{PEAL}|/KAPY_{TEOP} \approx (1-2) \%$  проти (10-20) % у прототипу за рахунок 12-14-ти розрядного аналого-цифрового перетворення, цифрового формування коефіцієнта АРП "вперед" по точній формулі 24-32-х розрядним арифметичним блоком і виконанням виконавчого елемента АРП на базі 14-розрядного помножуючого цифро-аналогового перетворювача;

- забезпеченні стабільності параметрів АРП-виключенням аналогових елементів в каналі АРП, чутливих до зовнішньої дії і таких, що вимагають підстроювання.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому пристрої автоматичного регулювання підсилювання (АРП), що містить фільтр сигналу, приймач, з'єднані послідовно і канал АРП, згідно з винаходом, АРП виконано у вигляді фільтра каналу АРП, аналого-цифрового перетворювача (АЦП), демодулятора АРП, з'єданого першим входом з виходом АЦП, цифрового комплексного фільтра АРП демодульованих сигналів, цифрового квадратурного детектора комплексних, АРП демодульованих сигналів, блока оцінювання середнього значення модуля АРП демодульованих сигналів, блока формування коефіцієнтів демодуляції АРП - Н і коефіцієнтів АРП - К, з'єднаних послідовно, при цьому вихід Н блока формування коефіцієнтів демодуляції АРП підключено до другого входу демодулятора АРП, а приймач виконано у вигляді виконавчого елемента АРП на базі помножуючого аналого-цифрового перетворювача, підключеного управляючим входом до виходу К блока формування коефіцієнтів амплітудної демодуляції АРП - Н і коефіцієнтів АРП - К, підсилювача з'єданого входом з виходом виконавчого елемента АРП, а виходом з входом фільтра каналу АРП.

Заявлене рішення ілюструється графічними матеріалами, де:

- на Фіг. 1 представлена структура пристрою АРП;

- на Фіг. 2 - таблиця характеристик пристрою АРП прототипу і пропонованого у винаході технічного рішення;

- на Фіг. 3 представлені: штриховою лінією  $P_o = m \cdot P$  - масштабована напруга затримки, безперервною тонкою лінією  $u_o(n) = m \cdot u(n)$  - масштабований вихідний сигнал підсилювача, що демодулюється від АРП, безперервною товстою лінією  $Z_o(n) = m \cdot Z(n)$  - масштабоване, середнє за час інтегрування значення випрямленої напруги сигналу, що демодулюється від АРП, горизонтальною тонкою лінією О - нульовий рівень сигналу;

- на Фіг. 4 представлені: безперервною тонкою лінією  $Z_o(n) = m \cdot Z(n)$  - масштабоване, середнє за час інтегрування значення випрямленої напруги сигналу, що демодулюється від АРП, безперервною товстою лінією  $K(n)$  - коефіцієнт АРП "вперед", сформований на безлічі J відліків вихідного сигналу підсилювача, що демодулюється від АРП, пунктирною лінією  $H_o(n) = m \cdot H(n)$  - масштабований коефіцієнт демодуляції, горизонтальною тонкою лінією О - нульовий рівень сигналу;

- на Фіг. 5 представлені: штриховою лінією  $P_o$  - масштабована напруга затримки  $P_o = m \cdot P$ , безперервною тонкою лінією  $U_o(n) = m \cdot U(n)$  - масштабований вихідний сигнал підсилювача, керованого АРП "вперед", безперервною товстою лінією  $D_o(n)$  - коефіцієнт АРП "вперед", сформований на безлічі J відліків вихідного сигналу підсилювача, що демодулюється від АРП, горизонтальною тонкою лінією О - нульовий рівень сигналу.

Масштабуючий коефіцієнт  $m=0,1$  введений для відображення в лінійному масштабі величин з великою - 30 разів - відмінністю діапазонів зміни.

Пристрій автоматичного регулювання підсилювання (АРП) містить фільтр сигналу 1, приймач 2, з'єднані послідовно і канал АРП 3, при цьому канал АРП 3 виконано у вигляді фільтра каналу АРП 4, аналого-цифрового перетворювача (АЦП) 5, амплітудного демодулятора АРП 6, з'єданого першим входом з виходом АЦП 5, цифрового комплексного фільтра АРП демодульованих сигналів, 7 цифрового квадратурного детектора комплексних, амплітудних демодульованих сигналів 8, блока оцінювання середнього значення модулів АРП

демодульованих сигналів 9, блока формування коефіцієнтів амплітудної демодуляції АРП - Н і коефіцієнтів АРП - К-10, з'єднаних послідовно, при цьому вихід Н блока формування коефіцієнтів амплітудної демодуляції АРП і коефіцієнтів АРП - 10 підключено до другого входу амплітудного демодулятора АРП 6, а приймач 2 виконаний у вигляді виконавчого елемента АРП на базі помножуючого аналого-цифрового перетворювача 11, підключеного управляючим входом до виходу К блока формування коефіцієнтів демодуляції АРП - Н і коефіцієнтів АРП - К-10, підсилювача 12, з'єднаного входом з виходом виконавчого елемента АРП 11, а виходом з виходом фільтра каналу АРП 4.

Пристрій автоматичного регулювання підсилювання функціонує таким чином.

1. Вихідний безперервний радіосигнал  $u(t)$  підсилювача напруги 3 надходить через фільтр каналу АРП 4 на вхід АЦП 5, дискретизується і квантується за рівнем з частотою дискретизації  $F_d \geq 2,5 \cdot f_b$ , де:

$$f_b - \text{верхня гранична частота в спектрі радіосигналу } u(t) \\ t \rightarrow n \cdot \Delta t; t = F_d^{-1}; u(t) \rightarrow u(n) \quad (1)$$

2. Цифрові відліки  $u(n)$  на першому вході амплітудного демодулятора 6 помножуються на коефіцієнти АРП демодуляції -  $H(n-1)$  на його другому вході.

$$u(n) \rightarrow U(n) = H(n-1) \cdot u(n) \quad (2)$$

3. Цифровий, нерекурсивний, комплексний фільтр 7  $\Delta n$ -го порядку формує на своєму виході послідовність комплексних, амплітудно АРП демодульованих відліків  $z(n)$

$$z(n) = \text{Re}[z(n)] + i \cdot \text{Im}[z(n)] = \sum_v g(v) \cdot u(n - \Delta n + 1 + v); v = 0 \dots \Delta n - 1 \quad (3)$$

$$g(v) = \text{Re}[g(v)] + i \cdot \text{Im}[g(v)]; i = \sqrt{-1}, \quad (4)$$

де -  $g(v)$  -  $v$ -й комплексний коефіцієнт імпульсної характеристики нерекурсивного фільтра.

4. Виконується квадратурне детектування комплексних, АРП демодульованих сигналів  $z(n)$  цифровим квадратурним детектором 8.

$$z(n) \rightarrow |z(n)|^2 = z(n) \cdot [z(n)]^*; [z(n)]^* = \text{Re}[z(n)] - i \cdot \text{Im}[z(n)]. \quad (5)$$

При цьому, послідовність квадратурно-детектованих відліків  $|z(n)|^2$  не містить спектральних складових в смузі прийому, чим забезпечується стійкість каналу АРП.

5. Блок оцінювання середнього значення модуля АРП демодульованих сигналів  $z(n)$  (9) обчислює ефективне значення процесу  $Z(n)$  на відрізу реалізації в  $\Delta N$  відліків

$$Z(n) = \left[ J^{-1} \cdot \sum_j |z(n - J + 1 + j)|^2 \right]^{1/2}; j = 0 \dots J - 1. \quad (6)$$

6. Блок формування коефіцієнтів АРП "вперед" і коефіцієнтів амплітудної демодуляції АРП-10 порівнює ефективне значення процесу  $Z(n)$  з напругою затримки -  $P$

$$\gamma(n) = \begin{cases} 1 & \text{if } Z(n) - P \geq 0 \\ 0 & \text{if } Z(n) - P < 0 \end{cases} \quad (7)$$

обчислює коефіцієнти АРП « вперед » -  $K(n)$

$$K(n) = \gamma(n) \cdot P / Z(n) + [1 - \gamma(n)] \quad (8)$$

і коефіцієнти демодуляції АРП -  $H(n)$

$$H(n) = 1 / K(n); \quad (9)$$

Сформовані коефіцієнти АРП "вперед" -  $K(n)$  надходять на управляючий вхід виконавчого елемента АРП 11, коефіцієнти демодуляції АРП -  $H(n)$  - на другий вхід амплітудного демодулятора АРП 6.

Джерела інформації:

1. Патент RU № 2163416, МПК H03G 3/20.

2. Радиоприемные устройства /Под редакцией Жуковского А.П. - М.: Высшая школа, 1989. - с. 159.

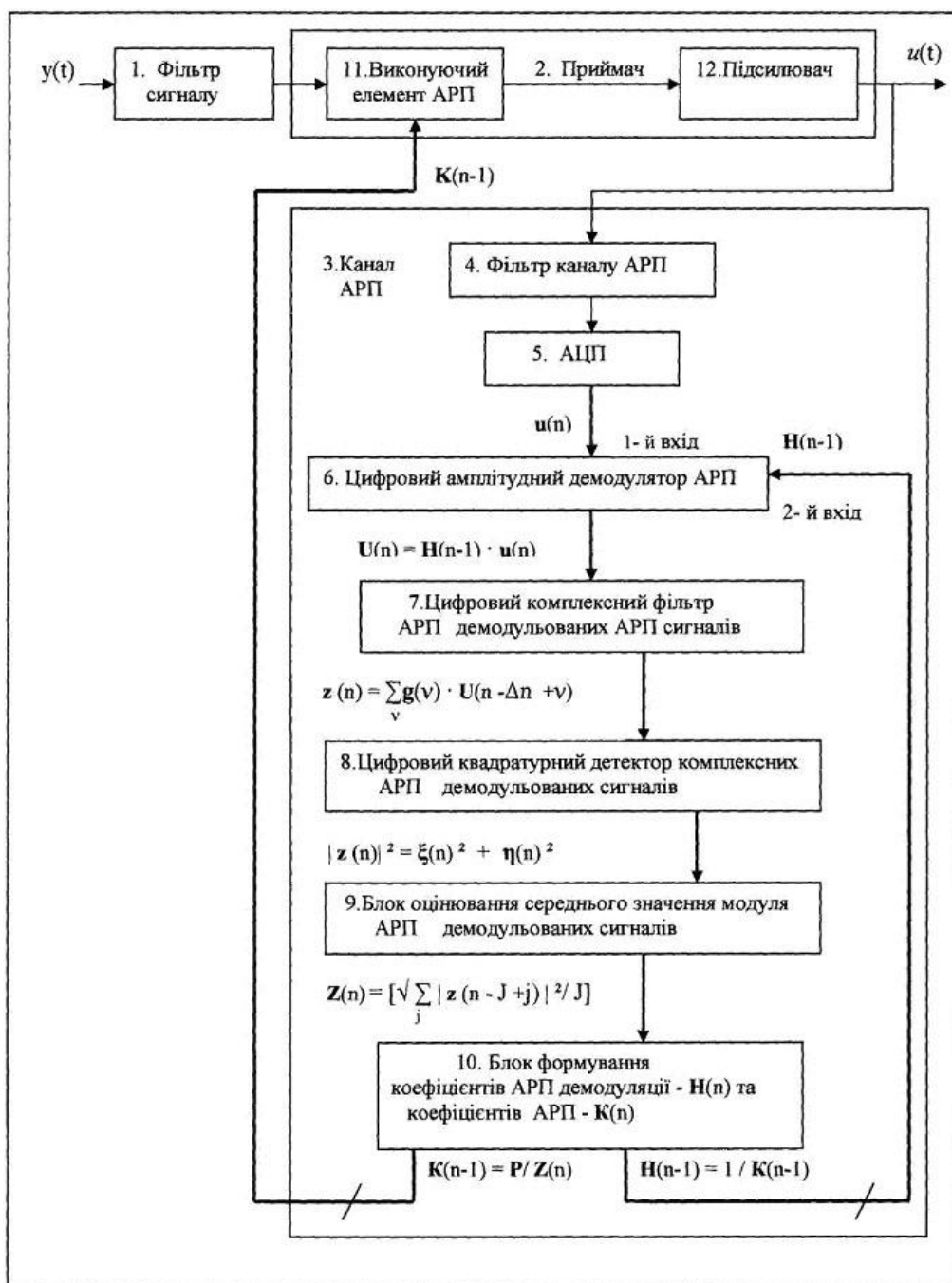
3. Патент RU № 2349031, МПК H04B 1/10, G01R 29/26, G01S 7/36 (прототип.)

4. Кривицкий Б.Х. Салтыков Е.Н. Системы автоматического регулирования усиления. - М.: Радио и связь, 1982. - с. 6].

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Пристрій автоматичного регулювання підсилювання (АРП), який містить фільтр сигналу, приймач, що з'єднані послідовно, і канал АРП, який **відрізняється** тим, що канал АРП виконано у вигляді фільтра каналу АРП, аналого-цифрового перетворювача (АЦП), демодулятора АРП, з'єднаного першим входом з виходом АЦП, цифрового комплексного фільтра АРП

- 5 демодульованих сигналів, цифрового квадратурного детектора комплексних АРП демодульованих сигналів, блока оцінювання середнього значення модуля АРП демодульованих сигналів, блока формування коефіцієнтів демодуляції АРП - Н і коефіцієнтів АРП - К, з'єднаних послідовно, при цьому вихід Н блока формування коефіцієнтів демодуляції АРП підключено до другого входу демодулятора АРП, а приймач виконаний у вигляді виконавчого елемента АРП на базі помножуючого цифро-аналогового перетворювача, підключеного управляючим входом до виходу К блока формування коефіцієнтів демодуляції АРП - Н і коефіцієнтів АРП - К, підсилювача з'єднаного входом з виходом виконавчого елемента АРП, а виходом з входом фільтра каналу АРП.

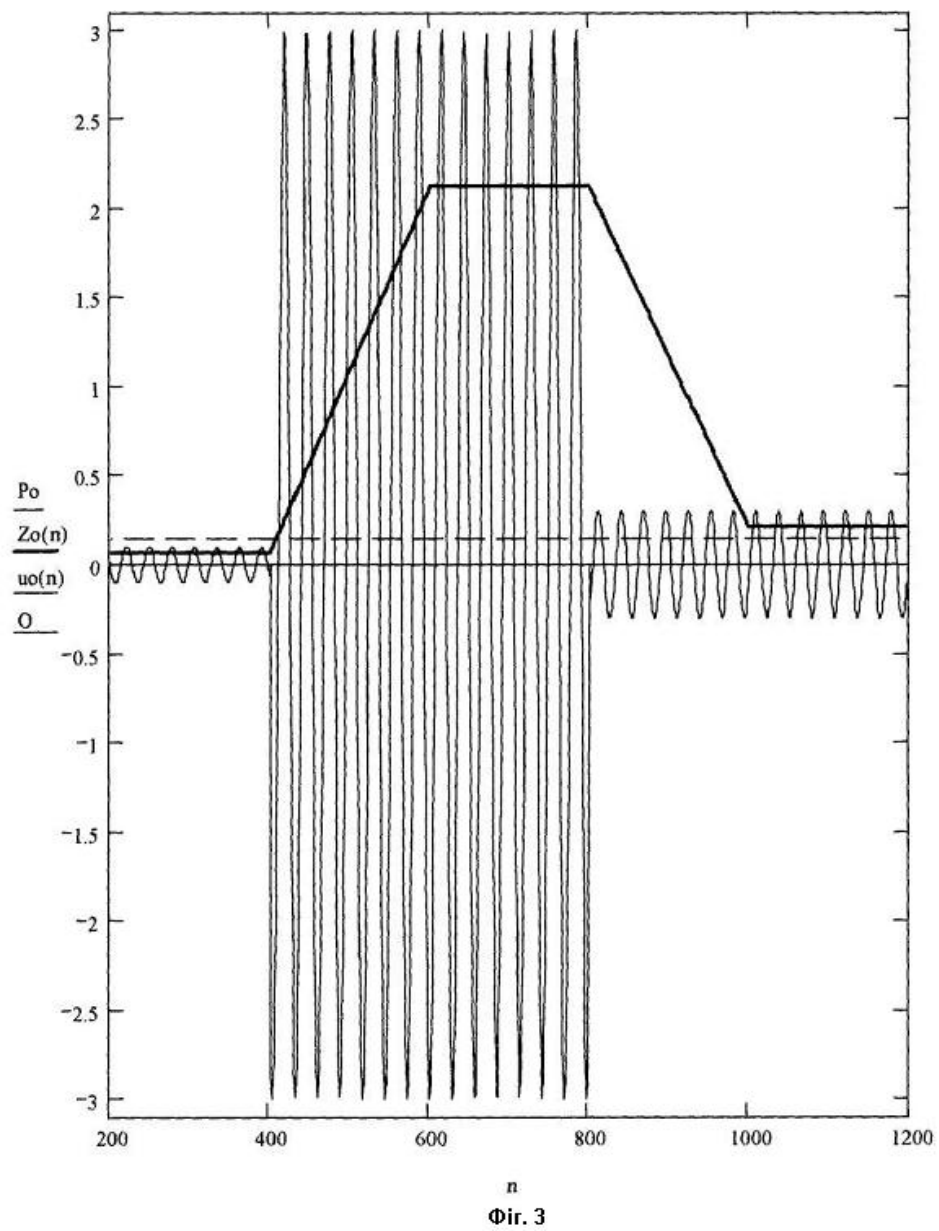


Фіг. 1

Таблиця

Пристрій Характеристика	Прототип	Винахід
Метод формування АРП	Розімкнений - „АРП вперед ”	Замкнено - розімкнений - формуванням „АРП вперед ” з демодуляцією АРП вихідного сигналу підсилювача
Реалізація пристрою АРП	Аналогова	Цифрова
Динамічний діапазон (дБ)	40 - 50	70 - 80
Захист від імпульсної, прицільної завади в смузі прийому	Відсутній, внаслідок неперикри - вання смуги формування сигна - лу АРП та смуги прийому	Забезпечений, внаслідок формування сигналу АРП в смузі прийому
Необхідність підстро - ювання каналу АРП в процесі експлуатації	Необхідне періодичне підстрою - вання 2 - х напруг детекторів затримування та 2 - х коефіціє - нтів підсилювання в каналі сиг - налу АРП	Відсутня

Фіг. 2





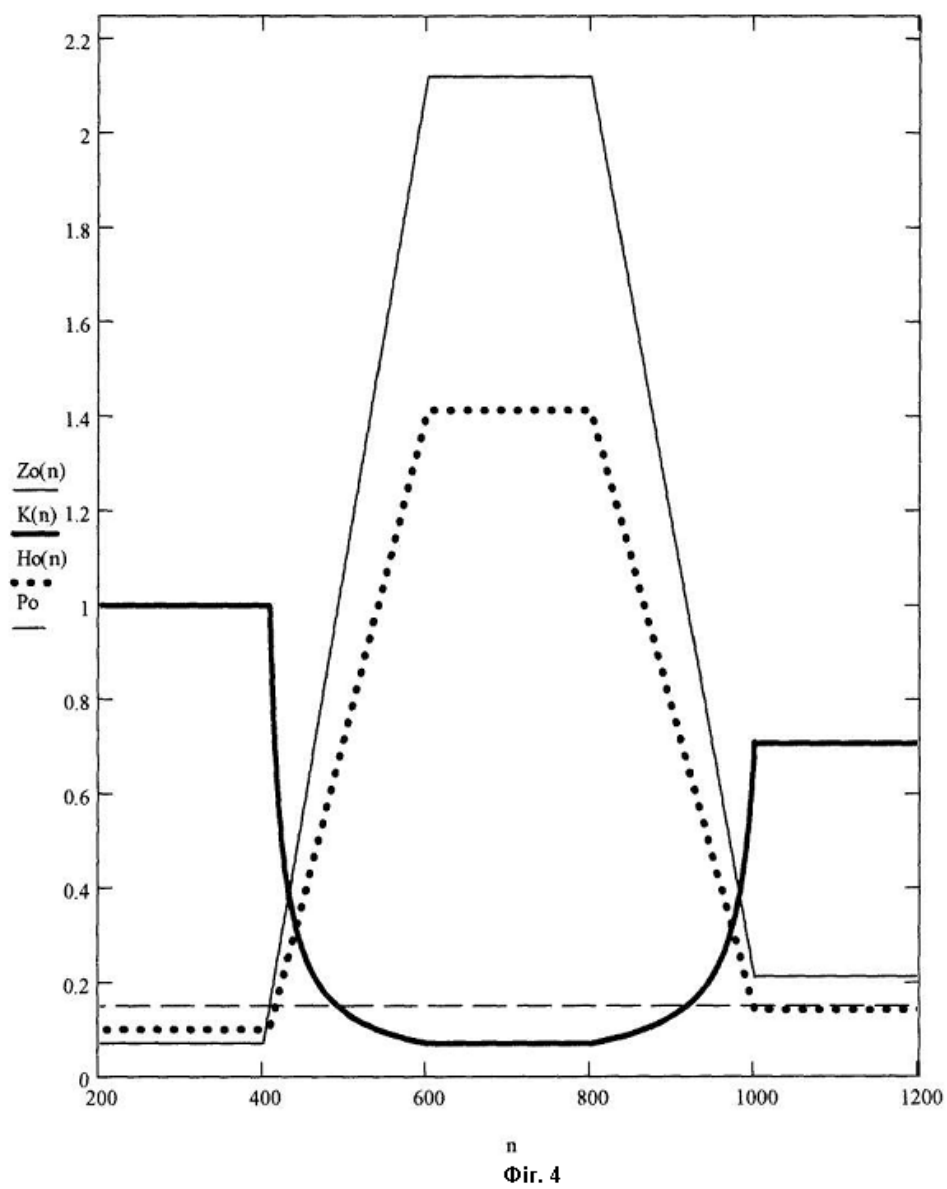
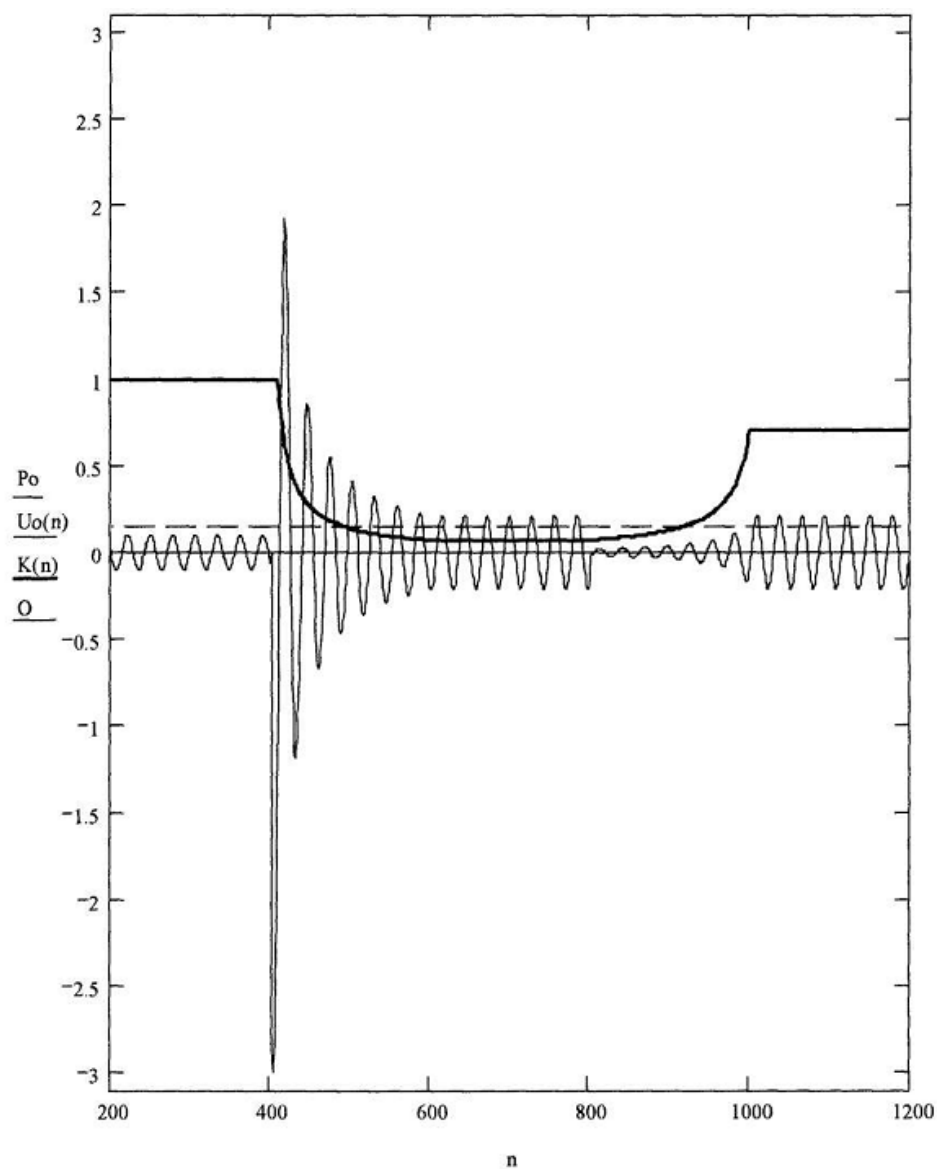


Fig. 4



Фиг. 5

---

Комп'ютерна верстка М. Ломалова

---

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