



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 119211

(13) U

(51) МПК

G05B 19/418 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 05965**

(22) Дата подання заявки: **14.06.2017**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **11.09.2017**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **11.09.2017, Бюл.№ 17**

(72) Винахідник(и):

Слісєєв Володимир Васильович (UA)

(73) Власник(и):

**Слісєєв Володимир Васильович,
квартал МЖК "Мрія", 3, кв. 88, м.
Сєвєродонецьк, Луганська обл., 93400 (UA)**

(74) Представник:

Шамріна Олена Олексіївна, реєстр. №141

(54) КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ТА НОРМАЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

(57) Реферат:

Комплекс технічних засобів для керуючих систем безпеки й нормальної експлуатації атомної електростанції має з'єднані між собою принаймні один пристрій керування й комутації, що містить контролер мікропроцесорний, блоки керування, блоки зв'язку, блок контролю і 4 канали апаратури центральної частини, принаймні один пристрій формування дискретних сигналів, що містить блок мажоритарної обробки команд у виконавчій частині за схемою 2 з 4 і блоки керування виконавчими механізмами, і принаймні один пристрій зв'язку з панеллю оператора, що містить блоки введення-виведення. Складові виконані у вигляді таких закінчених підлогових конструктивів: шафа керування й комутації, що містить додатково два канали апаратури центральної частини; шафа дискретних сигналів, що містить блоки мажоритарної обробки команд у виконавчій частині за схемою 3 з 6, а також додаткові резервні блоки керування виконавчими механізмами; пристрій зв'язку з панеллю оператора, що містить додаткові резервні блоки введення-виведення; принаймні одна шафа кросова.

UA 119211 U

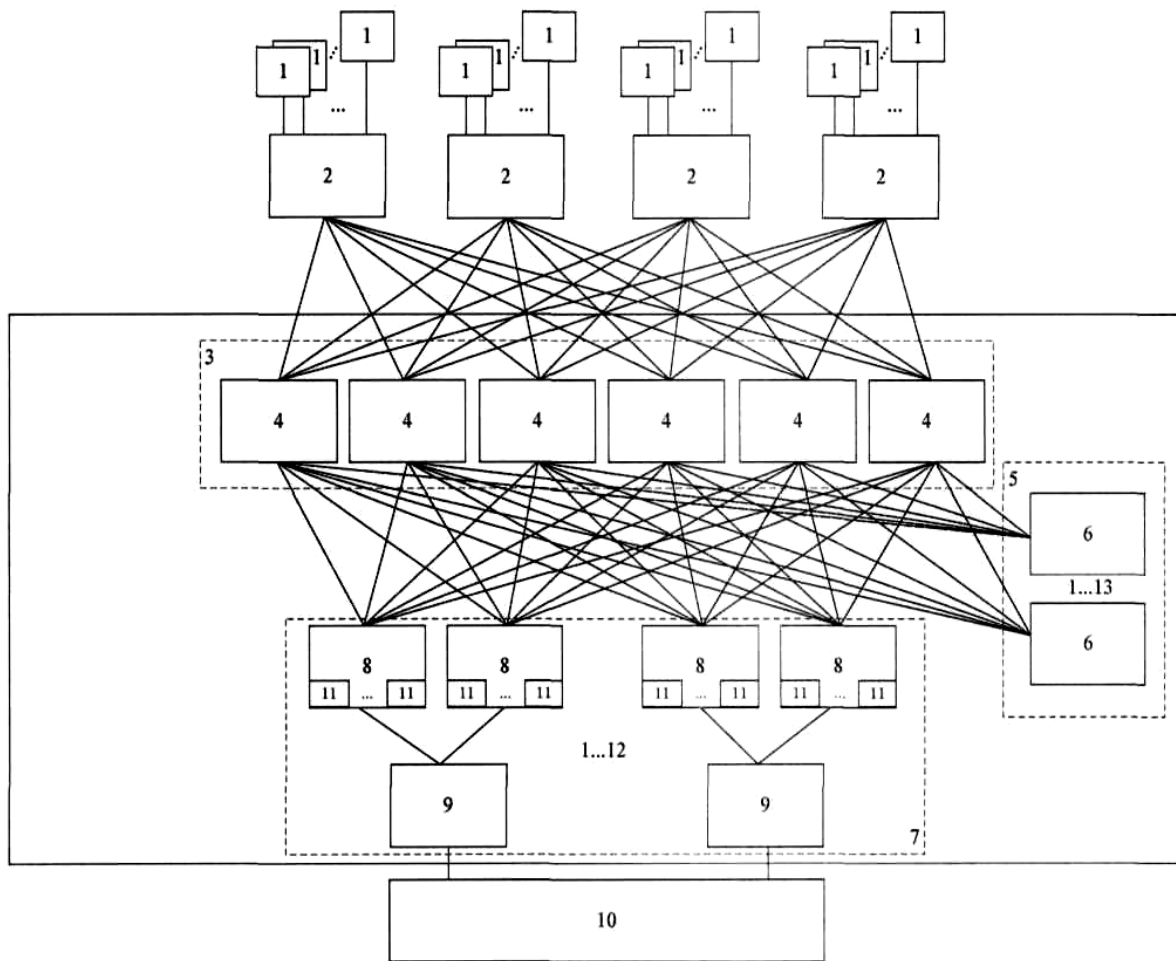


Fig. 1

Корисна модель належить до галузі автоматики та обчислювальної техніки і стосується комплексу технічних засобів для керуючих систем безпеки й автоматизованих систем керування технологічними процесами в режимі нормальної експлуатації атомних електростанцій (АЕС), призначених для забезпечення функцій безпеки й керування енергоблоками АЕС із водо-

водяними енергетичними реакторами (ВВЕР).
З огляду на зростання складності об'єктів керування та підвищення вимог до безпеки й надійності, зокрема в галузі ядерної енергетики, застосовують резервування відповідальних функціональних вузлів керуючих програмно-технічних комплексів.

З публікацій: RU 2 430 400 C1 [МПК: G05B 19/418; опубл. 27.09.2011. Бюл. № 27]; Комплекс засобів автоматизації ТПТС-НТ. А.Д. Нариц та ін. Журнал "Доповіді Білоруського державного університету інформатики й радіоелектроніки". 2015. № 2 (88), с. 33-37; Комплекс засобів автоматизації ТПТС-СБ. А.Д. Нариц та ін. Журнал "Доповіді Білоруського державного університету інформатики й радіоелектроніки". 2015. № 2 (88), с. 38-42, відомий комплекс резервованих програмно-апаратних засобів автоматизації контролю й керування, що містить процесори автоматизації, підключені до системної шини EN, виконаної на базі інтерфейсу Industrial Ethernet у вигляді кільцевої структури послідовно з'єднаних мережних комутаторів двома каналами, до процесорів автоматизації підключені станції введення/виведення, що містять інтерфейсний модуль і модулі зв'язку з технологічним процесом, процесори автоматизації з'єднані з інтерфейсними модулями станцій введення/виведення шиною ENL, виконаною на базі Industrial Ethernet з радіальною топологією зв'язку, що й забезпечує мінімально можливий для інтерфейсу Industrial Ethernet час обміну даними, інтерфейсний модуль станції введення/виведення підключений до кожного модуля зв'язку з технологічним процесом окремим послідовним інтерфейсом шини введення/виведення, процесори автоматизації мають також канали підключення до шин ENS, виконаних на базі Industrial Ethernet за кільцевою топологією зв'язку для побудови багаторазово резервованих систем.

У даному комплексі програмно-апаратних засобів процесори автоматизації, інтерфейсні модулі, модулі введення/виведення й шини EN, ENL та шини введення/виведення (ШВВ) оснащені засобами резервування, що забезпечують побудову систем високої надійності й відмовостійкості з безударним перемиканням на резерв без втрати інформації; у режимі резервування на рівні компонентів комплексу (процесора автоматизації, інтерфейсного модуля, модуля введення/виведення, шин EN, ENL, ШВВ) кожний із двох резервованих процесорів автоматизації підключений до резервованої шини ENL і через неї до резервованих інтерфейсних модулів двома каналами: одним каналом до комутатора власної шини, іншим каналом - до комутатора шини партнера (перехресне підключення), при цьому до інших портів комутаторів підключаються інтерфейсні модулі; інтерфейсний модуль зв'язаний з резервованими модулями введення/виведення окремими резервованими послідовними інтерфейсами шини введення/виведення, при цьому резервовані процесори автоматизації й інтерфейсні модулі зв'язані зі своїми партнерами окремими послідовними інтерфейсами, а резервовані модулі введення/виведення зв'язані зі своїми партнерами двонапрямленими сигнальними лініями зв'язку.

Основними недоліками даного комплексу (при застосуванні в системах безпеки атомних електростанцій) є:

- 1) недостатня кількість каналів апаратури центральної частини (3);
- 2) недостатня надійність схеми мажоритарної обробки команд у виконавчій частині (пристрою пріоритетного керування) - "2 з 4";
- 3) відсутність резервування блоків виконавчої частини (пристрою пріоритетного керування);
- 4) відсутність резервування апаратури зв'язки з оператором (пристрою пріоритетного керування).

З публікацій: "Досвід і сучасні підходи підприємства до побудови систем, важливих для безпеки АЕС". Доповіді форуму постачальників атомної галузі "АТОМЕКС-2014". С 7-10. Інтернет-Ресурс:

http://www.atomeks.ru/mediafiles/u/files/Atomex_2014/Materials/Presentation_session_1%20Safonov_S.I...pdf; інтернет-ресурс: <http://www.all-pribors.ru/opisanie/53874-13-57383> відомий комплекс техніко-програмних засобів підвищеної надійності (КТПС-ПН) виробництва ТОВ "Московський завод "Физприбор", що містить концентратор, шлюз, базову шафу (ШБ) КТПС-ПН для встановлення керуючих і логічних блоків, блоків приймання струмових і дискретних сигналів, приймання дискретних сигналів, керуючих і аналогових відмовостійких блоків КТПС-ПН, пристрій дистанційного керування устаткуванням систем безпеки.

Комплекс характеризується тим, що підвищення безвідмовності досягається використанням резервування на всіх рівнях - на рівні блоків елементів, шаф, керуючих станцій (концентраторів)

і шлюзів, а також використанням дубльованих мереж передачі інформації та сигналів керування.

Основними недоліками даного комплексу (при застосуванні в системах безпеки атомних електростанцій) є:

- 1) недостатня кількість каналів апаратури центральної частини (3);
- 2) недостатня надійність схеми мажоритарної обробки команд у виконавчій частині (пристрою пріоритетного керування) - "2 з 4";
- 3) відсутність резервування блоків виконавчої частини;
- 4) відсутність резервування блоків введення-виведення апаратури зв'язку з оператором.

Завдання корисної моделі полягає в підвищенні надійності (відмовостійкості) керуючих систем безпеки та нормальної експлуатації атомних електростанцій шляхом збільшення кількості каналів апаратури центральної частини й ступеню резервування схеми мажоритарної обробки, ступеню резервування блоків виконавчої частини, а також резервування блоків введення-виведення апаратури зв'язку з оператором.

Поставлена задача вирішена в комплексі технічних засобів керуючих систем безпеки й нормальної експлуатації атомної електростанції, який включає з'єднані між собою пристрій керування й комутації, що містить контролер мікропроцесорний, блоки керування, блоки зв'язку, блок контролю і 4 канали апаратури центральної частини, пристрій формування дискретних сигналів, що містить блок мажоритарної обробки команд у виконавчій частині за схемою 2 з 4 і блоки керування виконавчими механізмами, і пристрій зв'язку з панеллю оператора, що містить блоки введення-виведення, у якому, згідно з корисною моделлю, складові виконані у вигляді таких закінчених підлогових конструктивів: шафа керування й комутації, що містить додатково два канали апаратури центральної частини, шафа дискретних сигналів, що містить блоки мажоритарної обробки команд у виконавчій частині за схемою 3 з 6, а також додаткові резервні блоки керування виконавчими механізмами, пристрій зв'язку з панеллю оператора, що містить додаткові резервні блоки введення-виведення, шафа кросова.

Нижче корисна модель детальніше пояснюється з використанням фігур. На них зображено:

Фіг. 1 Структурна схема комплексу технічних засобів;

Фіг. 2 Структура одного каналу керування;

Фіг. 3 Структурна схема шафи керування й комутації;

Фіг. 4 Зовнішній вигляд шафи керування й комутації;

Фіг. 5 Зовнішній вигляд шафи дискретних сигналів;

Фіг. 6 Зовнішній вигляд пристрою зв'язку з панеллю оператора.

На Фіг. 1 представлена загальна схема комплексу технічних засобів. На ній схематично представлені: датчики 1 (не входять до корисної моделі), промислові контролери 2 (не входять до корисної моделі), підсистема 3 керування й комутації, шафи 4 керування й комутації (ШКК), підсистема 5 зв'язку з оператором, пристрою 6 зв'язку з панеллю оператора (ПЗПО), підсистема 7 керування виконавчими механізмами, шафи 8 дискретних сигналів (ШДС), кросові шафи 9 (ШКр), виконавчі механізми 10, блоки 11 керування виконавчими механізмами (БКВМ).

Датчики 1 з'єднані із взаємнорезервованими (із кратністю 3 - у керуючій системі нормальної експлуатації або із кратністю 4 - у керуючій системі безпеки) промисловими контролерами 2, причому одному вимірюваному технологічному параметру відповідає три або чотири взаємнорезервованих датчики, сигнали від яких надходять у кожний промисловий контролер 2. Кожний промисловий контролер 2 з'єднаний з підсистемою 3 керування й комутації, а саме, з кожною із шести шаф керування й комутації ШКК 4. Кожна ШКК 4 з'єднана оптоволоконною лінією зв'язку з підсистемою 7 керування виконавчими механізмами, а саме з ШДС 8, які забезпечують формування сигналів керування й стану виконавчих механізмів 10. А також кожна ШКК 4 з'єднана оптоволоконною лінією зв'язку з підсистемою зв'язку з оператором 5. Кожна ШДС 8 з'єднана з однією з ШКр 9, кожна з яких забезпечує комутацію сигналів від двох ШДС 8 і передає сигнал на виконавчий механізм 10.

Згідно з корисною моделлю запропонована структура комплексу технічних засобів (Фіг. 1), що складається з підсистеми 3 керування й комутації, підсистеми 7 керування виконавчими механізмами, підсистеми 5 зв'язку з оператором, і забезпечує:

- для підсистеми 3 керування й комутації (центральної частини комплексу):

стійкість до будь-якого типу одиничної відмови (неспрацьовування, неправильне спрацьовування), з урахуванням наявності додаткової відмови в резервованому каналі, включаючи приховану відмову;

можливість реалізації диверсності (функціональної, апаратної);

- для підсистеми 7 керування виконавчими механізмами (пристроїв нижнього рівня) - стійкість до одиничних відмов.

Підсистема керування й комутації

Підсистема 3 керування й комутації має шість каналів, реалізованих на базі шести ШКК 4, кожна з яких забезпечує виконання таких функцій:

а) приймання в цифровому вигляді значень безперервних і дискретних сигналів від промислових контролерів 2;

б) реалізація функцій відповідно до алгоритмів захистів, блокувань, технологічної сигналізації;

в) передача в цифровому вигляді сигналів технологічних захистів, блокувань і сигналізації (ТЗБ) у блоки керування виконавчими механізмами БКВМ 11, у підсистему 5 зв'язку з оператором;

г) приймання в цифровому вигляді сигналів стану ВМ 10 від БКВМ 11 та передача їх у підсистему 5 зв'язку з оператором.

ШКК 4 (Фіг. 4) містить мікропроцесорний контролер 12 з мажоритарною обробкою (за принципом "2 з 3" - у керуючій системі нормальної експлуатації або "2 з 4" - у керуючій системі безпеки) команд ТЗБ, блок 13 керування, блок 14 контролю, шість шестиканальних блоків 15 зв'язку.

Внутрішньосистемні обміни повідомленнями між пристроями комплексу здійснюються цифровими радіальними оптоволоконними лініями зв'язку Ethernet.

Підсистема керування виконавчими механізмами

Підсистема 7 керування виконавчими механізмами складається з:

- від 2 до 24 шаф дискретних сигналів ШДС 8, кожна з яких містить чотири пристрої формування сигналів, причому кожен із чотирьох пристроїв формування сигналів має 18 місць для встановлення блоків введення дискретних сигналів, блоків формування потенціальних дискретних сигналів, блоків формування дискретних сигналів типу "сухий контакт", блоків керування виконавчими механізмами БКВМ 11, причому кожен з них містить вузол мажоритарної обробки команд за схемою "3 з 6";

- від 1 до 12 шаф кросових ШКр 9.

Керування кожним ВМ 10 здійснюється від двох взаємнорезервованих БКВМ 11, сигнали від яких комутуються за схемою "1 з 2" (монтажне "або", реалізоване в ШКр). Керування кожним БКВМ здійснюється від шести ШКК 4 за схемою "3 з 6".

Кожний з БКВМ 11 призначений для керування одним ВМ 10 і забезпечує:

- приймання команд ТЗБ, автоматичного регулювання, дистанційного керування та їх обробку за мажоритарним принципом "3 з 6";

- приймання дискретних сигналів типу "сухий контакт" від кінцевих вимикачів (проміжних реле);

- видачу дискретних сигналів керування ВМ 10;

- контроль справності вихідних дискретних сигналів керування ВМ 10.

ШДС 8 виконана у вигляді підлогової шафи (Фіг. 5).

Кросова шафа 9 ШКр забезпечує комутацію сигналів двох шаф ШДС 8 за схемою "1 з 2" (монтажне "або") для їх підключення до об'єктових кабелів апаратури комутації силових ланцюгів керування ВМ 10, має підлогове виконання.

Підсистема зв'язку з оператором

Підсистема 5 зв'язку з оператором містить від одного до 13 пристроїв 6 зв'язку з панеллю оператора (Фіг. 6).

ПЗПО 6 забезпечує:

- приймання сигналів типу "сухий контакт" від ключів дистанційного керування ВМ 10, ключів вибору режиму, ключів і кнопок випробування, знімання миготіння й звуку;

- видачу потенціальних сигналів індикації положення ВМ 10;

- видачу потенціальних сигналів технологічної сигналізації на панель сигналізації;

- формування електричних сигналів у пристрої звукової сигналізації: "дзвінок", "ревун".

В ПЗПО 6 реалізоване введення-виведення сигналів від ключів, ламп, табло через резервовані блоки. ПЗПО 6 є проектно-компонованим виробом з можливістю установки в різних конфігураціях трьох пар взаємнорезервованих блоків такого типу:

- блок приймання сигналів типу "сухий контакт", від ключів, у тому числі від ключів з надлишковим кодуванням - 32 шт. (24 шт. - кодованих ключів; 8 шт. - не кодованих ключів, кнопок);

- блок видачі потенціальних сигналів індикації положення ВМ - 48×2 шт.;

- блок видачі потенціальних сигналів технологічної сигналізації на панель сигналізації - 72×2 шт. і сигналів на "дзвінок", "ревун" (=24 В).

Керування кожним блоком з пари реалізується від шести ШКК 4 за схемою "3 з 6".

На Фіг. 2 схематично зображена структура одного каналу керування й захисту керуючої системи безпеки.

Сигнали (аналогові або дискретні) від чотирьох взаємнорезервованих датчиків 1 вводяться до чотирьох взаємнорезервованих промислових контролерів 2.

5 У кожному промисловому контролері 2 виконуються нормалізація, перетворення в цифрову форму, логічна обробка сигналу відповідно до проектного алгоритму й передача результату обробки в шість ідентичних між собою ШКК 4. Кожна ШКК 4 виконує:

- приймання даних від чотирьох промислових контролерів 2 і формування сигналу захисту за мажоритарною логікою "2 з 4", функції ТЗБ з формуванням і передачею відповідних сигналів до БКВМ 11 та підсистеми зв'язку з оператором 5;

10 - приймання в цифровому вигляді сигналів стану ВМ 10 від БКВМ 11 та їх передачу підсистемі зв'язку з оператором 5.

Кожний із двох взаємнорезервованих БКВМ 11, що входять до складу ШДС 8, формує команди керування за мажоритарною логікою "3 з 6" та їх передачу через ШКР 9 до ВМ 10.

15 На відміну від аналогів, у яких реалізована схема мажоритарної обробки команд у виконавчій частині (БКВМ) "2 з 4", у корисній моделі реалізована схема мажоритарної обробки "3 з 6", завдяки чому в значній мірі підвищується надійність і відмовостійкість керуючих систем безпеки й керуючих систем нормальної експлуатації атомної електростанції.

Обґрунтування:

20 Відповідно до методики, наведеної в публікації "Надійність технічних систем. Довідник. Під ред. І.А. Ушакова. - М.: Радіо й зв'язок, 1985 р.", інтенсивність потоку відмов для системи з р робочих компонентів і n однотипних резервних компонентів визначається за формулою:

$$\lambda_C = \frac{p\lambda^{n+1}C_{p+n}^p}{\mu^n},$$

де

25 λ_C - інтенсивність потоку відмов системи з р робочих компонентів і n однотипних резервних компонентів;

λ - параметр потоку відмов компонента.

$$C_N^p = \frac{N!}{p!n!},$$

де

30 "!" - знак факторіала,

$N=p+n$ - сумарне число компонентів;

μ - інтенсивність відновлення одного компонента.

Для корисної моделі: $N=6$, $p=3$ (кількість справних, при якій забезпечується працездатність); $n=3$ (кількість несправних, при якій забезпечується працездатність)

35 інтенсивність потоку відмов $\lambda_{(3006)}$ можна обчислити за формулою:

$$\lambda_{(3006)} = \frac{3\lambda^4 20}{\mu^3} = \frac{60\lambda^4}{\mu^3}, (1)$$

де

λ - інтенсивність потоку відмов одного пристрою ТЗБ ($\lambda_i \ll 1$), а

μ - інтенсивність відновлення одного пристрою ТЗБ ($\mu \approx 1$).

40 Для аналогів за тією ж методикою: $N=4$; $p=2$ (кількість справних, при якій забезпечується працездатність); $n=2$ (кількість несправних, при якій забезпечується працездатність)

інтенсивність потоку відмов $\lambda_{(2004)}$ можна обчислити за формулою:

$$\lambda_{(2004)} = \frac{p\lambda^{n+1}C_{p+n}^p}{\mu^n} = \frac{2\lambda^3 \frac{4!}{2! \times 2!}}{\mu^2} = \frac{12\lambda^3}{\mu^2}. (2)$$

Аналіз формул (1), (2) показує, що в порівнянні зі схемами дублювання в аналогів, у корисній моделі досягається менша інтенсивність потоків відмов у пропорційній залежності

$$\frac{\lambda_{(3006)}}{\lambda_{(2004)}} = \frac{60\lambda^4 \mu^2}{\mu^3 12\lambda^3} = \frac{5\lambda}{\mu} \ll 1$$

(тому що $\lambda_{(2004)} = \mu^3 12\lambda^3$).

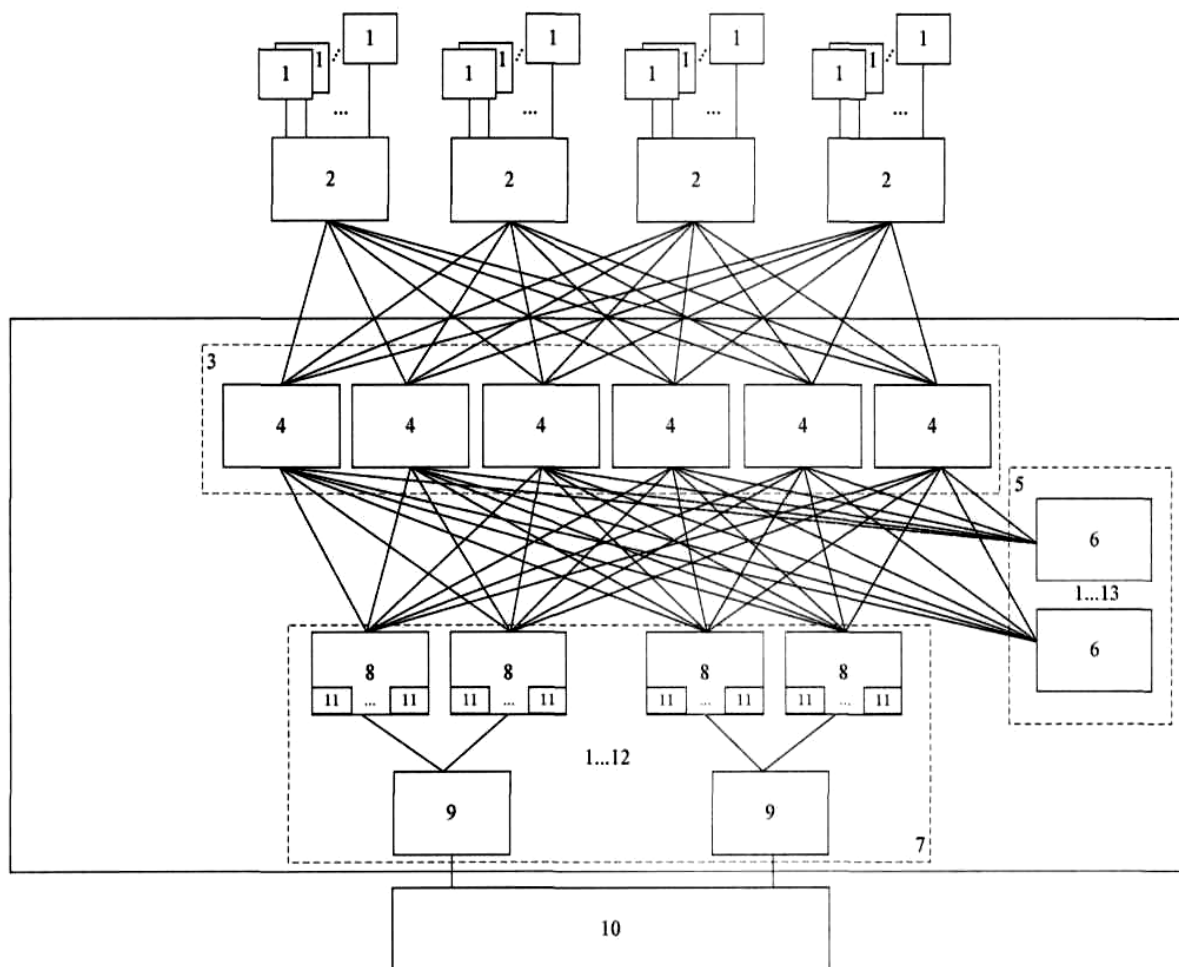
На базі єдиних для усіх складових автоматизованих систем керування технологічними процесами уніфікованих конструктивних рішень щодо шаф, монтажних каркасів та модулів/блоків заявник створив сімейство програмно-технічних комплексів, адаптованих до виконання різних завдань і встановлюваних на різних об'єктах атомної енергетики.

Позиційні позначення

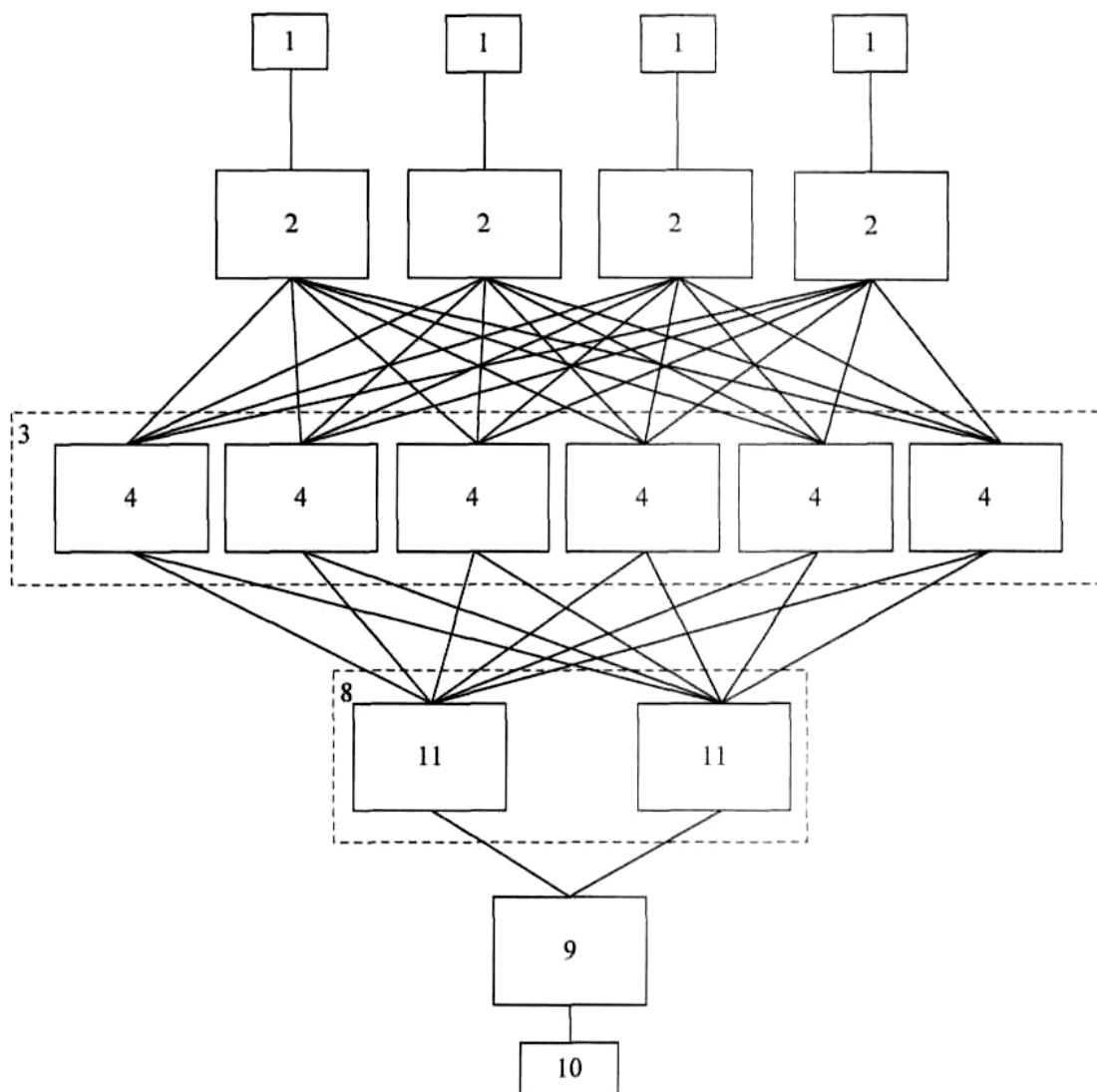
1. Датчик
2. Промисловий контролер
3. Підсистема керування й комутації
4. Шафа керування й комутації
5. Підсистема зв'язку з оператором
6. Пристрій зв'язку з панеллю оператора
7. Підсистема керування виконавчими механізмами
8. Шафа дискретних сигналів
9. Шафа кросова
10. Виконавчі механізми
11. Блок керування виконавчими механізмами
12. Мікропроцесорний контролер
13. Блок керування
14. Блок контролю
15. Блок зв'язку.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

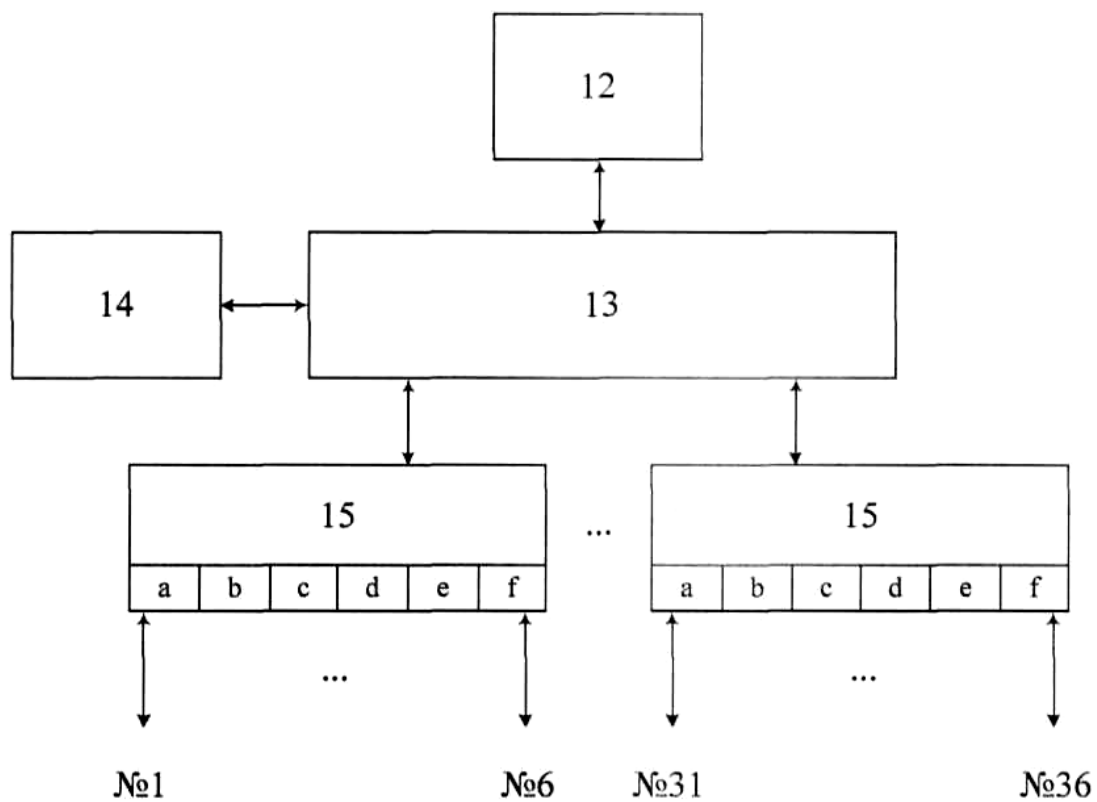
1. Комплекс технічних засобів для керуючих систем безпеки й нормальної експлуатації атомної електростанції, який включає з'єднані між собою принаймні один пристрій керування й комутації, що містить контролер мікропроцесорний, блоки керування, блоки зв'язку, блок контролю і 4 канали апаратури центральної частини, принаймні один пристрій формування дискретних сигналів, що містить блок мажоритарної обробки команд у виконавчій частині за схемою 2 з 4 і блоки керування виконавчими механізмами, і принаймні один пристрій зв'язку з панеллю оператора, що містить блоки введення-виведення, який **відрізняється** тим, що складові виконані у вигляді таких закінчених підлогових конструктивів:
 - шафа керування й комутації, що містить додатково два канали апаратури центральної частини,
 - шафа дискретних сигналів, що містить блоки мажоритарної обробки команд у виконавчій частині за схемою 3 з 6, а також додаткові резервні блоки керування виконавчими механізмами,
 - пристрій зв'язку з панеллю оператора, що містить додаткові резервні блоки введення-виведення,
 - принаймні одна шафа кросова.
2. Комплекс за п. 1, який **відрізняється** тим, що містить шість шаф керування й комутації.
3. Комплекс за п. 1, який **відрізняється** тим, що кожна шафа керування й комутації з'єднана оптоволоконною лінією зв'язку з кожною шафою дискретних сигналів.
4. Комплекс за п. 1, який **відрізняється** тим, що кожна шафа керування й комутації з'єднана оптоволоконною лінією з пристроєм зв'язку і з панеллю оператора.
5. Комплекс за п. 1, який **відрізняється** тим, що містить до 24 шаф дискретних сигналів, кожна з яких містить чотири пристрої формування сигналів.
6. Комплекс за п. 1, який **відрізняється** тим, що містить до 12 шаф кросових.
7. Комплекс за п. 1, який **відрізняється** тим, що містить до 13 пристроїв зв'язку з панеллю оператора.



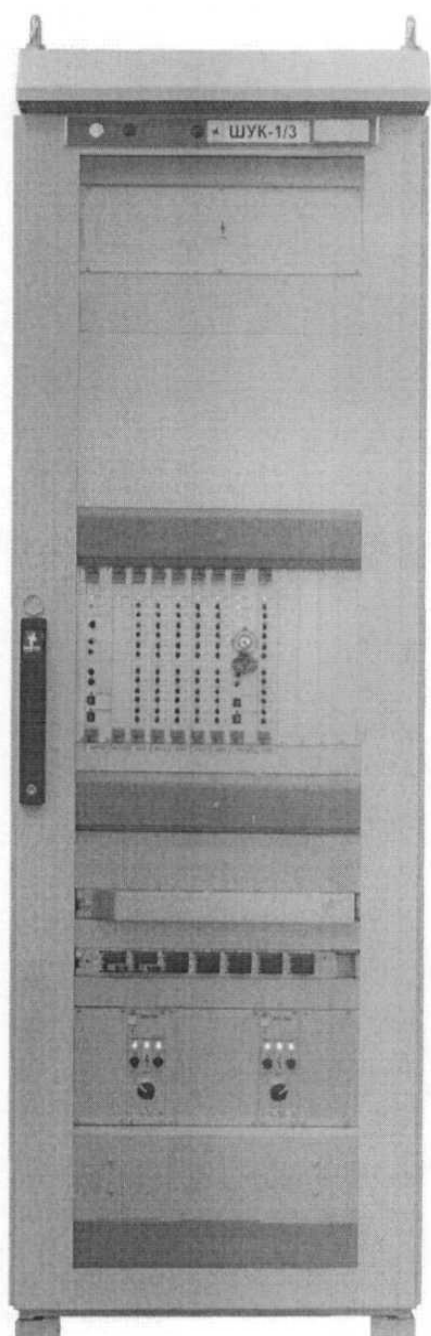
Фиг. 1



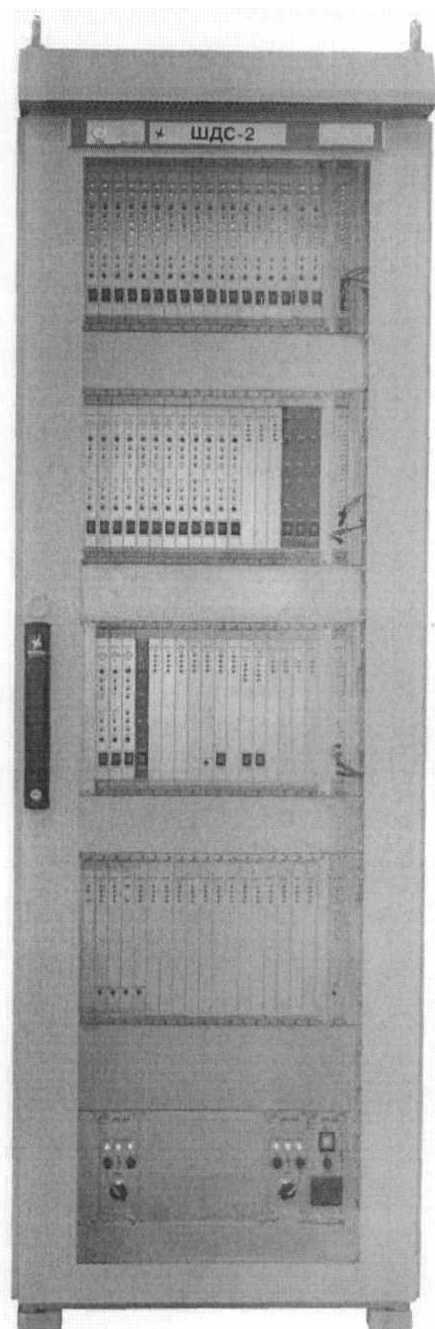
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

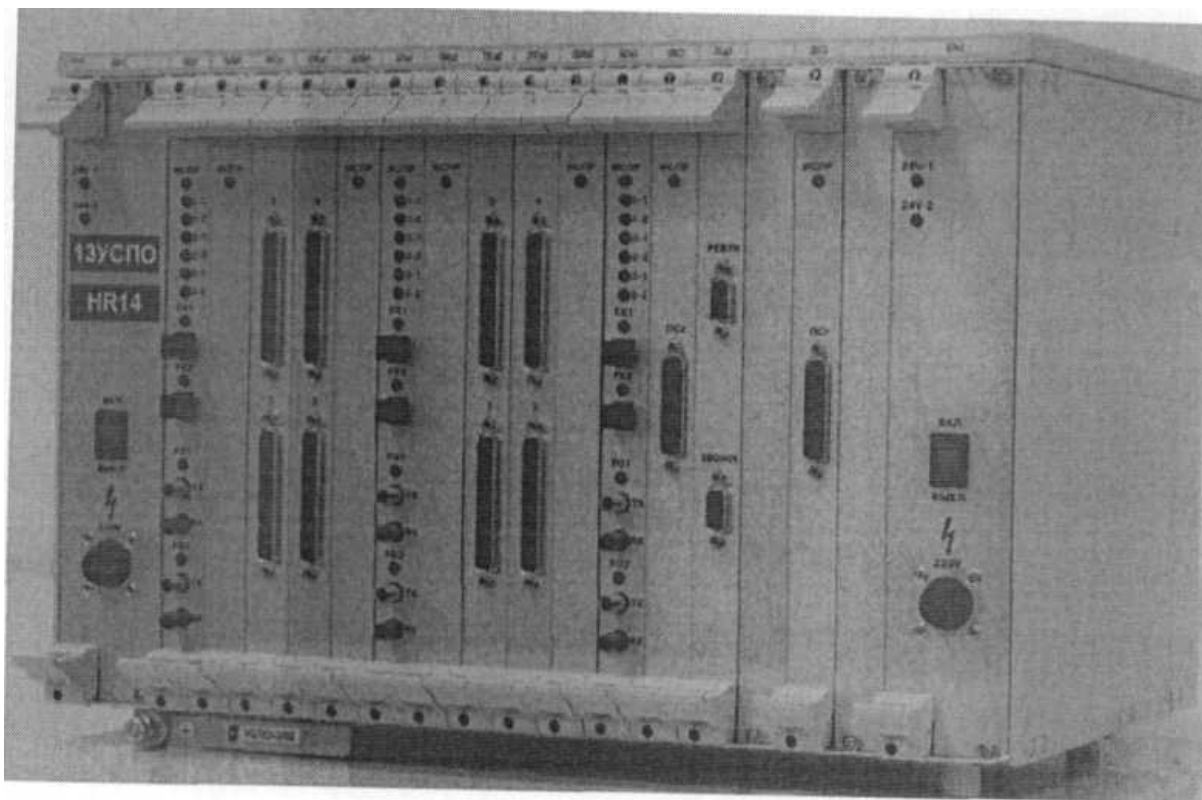


Fig. 6

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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