

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

ЕЛЕМЕНТИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Навчальний посібник

Рекомендовано Вченою радою НУК



2023

Автори:

Д. О. Жук, канд. техн. наук, доцент;
О. К. Жук, канд. техн. наук, професор;
В. К. Чекунов, старш. викладач;
М. О. Козлов, аспірант;
А. М. Носовський, канд. техн. наук

Рецензенти:

І. В. Тихонов, д-р техн. наук, с. н. с., капітан далекого плавання, в. о. начальника Київської дільниці водних шляхів філії «Днопоглиблювальний флот» державного підприємства «Адміністрація морських портів України» Міністерства інфраструктури України;
О. М. Тимошук, д-р техн. наук, професор, директор КІВТ імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного;
В. С. Кропивницький, канд. техн. наук, докторант Національного університету цивільного захисту України

*Рекомендовано Вченою радою НУК
як навчальний посібник (протокол № 10 від 25.11.2022 р.)*

Е45 **Елементи** автоматизації суднових електроенергетичних систем : навчальний посібник / Д. О. Жук, О. К. Жук, В. К. Чекунов, М. О. Козлов, А. М. Носовський. – Миколаїв : НУК, 2023. – 260 с.

ISBN 978-966-321-451-1

Посібник містить теоретичний і практичний матеріал з сучасних систем автоматизації суден. Розглянуті принципи побудови систем керування, апаратна частина, елементи збору інформації.

Призначено для студентів спеціальностей 271 "Морський та внутрішній водний транспорт", 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка", а також для студентів інших технічних спеціальностей, пов'язаних з розробкою, налагодженням та експлуатацією засобів і систем автоматизації.

УДК 629.5:681.5(075)

© Жук Д. О., Жук О. К., Чекунов В. К.,
Козлов М. О., Носовський А. М., 2023

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2023

ISBN 978-966-321-451-1

ПЕРЕДМОВА

На морському флоті використовуються різні комп'ютеризовані комплекси, що здійснюють керування роботою суднових систем. Такі комплекси багатфункціональні. Вони запускають та зупиняють головні та допоміжні дизелі, синхронізують, підключають та відключають резервні генератори, розподіляють активну або повну потужність між паралельно працюючими генераторами. Вони ж підтримують у мережі постійне значення частоти, контролюють процес підключення потужних споживачів електроенергії, захищають генератори від струмів короткого замикання та перевантаження. Згадані комплекси не допускають значних відхилень напруги та частоти від номінальних значень. Вони відключають другорядних споживачів електроенергії при перевантаженні по струму та відхиленнях частоти. Крім того, здійснюють постійне самотестування на працездатність.

У посібнику розглядаються питання побудови основних об'єктів керування – суднових синхронних генераторів із системами збудження, а також використання в системах автоматизації контролерів, комп'ютерів, пристроїв введення-виведення та збору даних.

Посібник призначений для студентів спеціальностей 271 «Морський та внутрішній водний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», а також для студентів інших технічних спеціальностей, пов'язаних з розробкою, налагодженням та експлуатацією засобів і систем автоматизації.

1. СУДНОВІ СИНХРОННІ ГЕНЕРАТОРИ З РЕГУЛЯТОРАМИ НАПРУГИ

1.1 Генератори STAMFORD

1.1.1 Генератор з постійними магнітами

Безщітковий синхронний генератор (БСГ) складається з генератора та збудника. Роторна обмотка збудження генератора живиться від роторної трифазної обмотки збудника через трифазний випрямний міст, що обертається. Стационарна статорна обмотка збудження збудника своєю чергою живиться від статичної системи збудження.

Генератор з постійними магнітами (ГПМ) забезпечує енергію поля збудження за допомогою автоматичного регулятора напруги (АРН), який є регулюючим пристроєм, що управляє рівнем поля збудження (рис. 1.1). Автоматичний регулятор напруги реагує на рівень напруги сигналу, що надходить з обмотки головного статора через ізолюючий трансформатор [1]. Керування високим рівнем споживаної потужності провідного поля здійснюється за допомогою керування полем збудження малої потужності через випрямлений вивід якоря збудника.

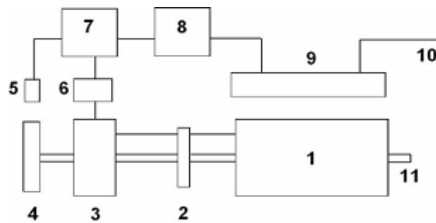


Рис. 1.1. Генератор з постійними магнітами: 1 - головний ротор; 2 - діоди, що обертаються; 3 – ротор збудника; 4 – ротор ГПМ; 5 – статор ГПМ; 6 – статор збудника; 7 – АРН; 8 – розділовий трансформатор; 9 – головний статор; 10 – вивід; 11 – вал

1.1.1. Автоматичний регулятор напруги АРН МХ341

Автоматичний регулятор напруги належить до тиристорного типу та є частиною системи збудження безщіткового генератора. Крім функції регулювання генераторної напруги, схема АРН виконує захисні функції для забезпечення надійного керування генератором. Джерелом енергії збудження є

генератор із постійними магнітами, який забезпечує низький рівень радіочастотних перешкод (РЧП) та захист від навантажень тиристорного типу. АРН підключений до обмотки головного статора і регулює потужність, що надходить на статор збудника і, отже, на головний ротор для підтримки рівня вихідної напруги в заданих межах відповідно до навантаження, швидкості, температури і коефіцієнта потужності генератора. Ланцюг плавного запуску призначений для плавного контрольованого збільшення вихідної напруги генератора.

Схема вимірювання частоти призначена для безперервного стеження за вихідною напругою. Вона забезпечує захист системи збудження від зниження швидкості шляхом зниження вихідної напруги генератора пропорційно швидкості нижче рівня певного регульованого заздалегідь обраного порогового значення. Ще однією перевагою цієї функції є регульований нахил залежності напруги від частоти, що дозволяє покращити час відновлення частоти двигунів з турбонаддувом.

Неконтрольоване перезбудження обмежено безпечним періодом шляхом внутрішнього вимкнення вихідного пристрою АРН. Цей стан генератора зберігається до його зупинки. Для повного захисту передбачений автоматичний вимикач, що забезпечує ізоляцію кола у разі короткого замикання електричної схеми. Крім того, вимикач служить для визначення швидкості двигуна та регульованого зниження напруги при зниженні швидкості нижче рівня заздалегідь визначеного значення швидкості (Гц), запобігаючи перезбудженню при низьких швидкостях двигуна та згладжуючи ефект перемикавання навантаження для зниження навантаження двигуна. Він також забезпечує захист від перезбудження, що діє протягом певного проміжку часу після тимчасової затримки, для погашення збудження генератора у разі виникнення надмірної напруги збудження.

Передбачена можливість підключення потенціометра для дистанційного регулювання напруги, що дозволяє користувачеві точно регулювати вихідну напругу генератора. Для такого АРН існують додаткові пристрої.

АРН вимірює середню напругу на двох фазах, забезпечуючи таким чином точне регулювання.

Живлення АРН МХ341 забезпечує встановлений на валу генератор з постійними магнітами – підбудник. Автоматичний регулятор напруги АРН МХ341 представлений на рис. 1.2. ГПМ є частиною незалежної системи збудження синхронного безщіткового генератора STAMFORD

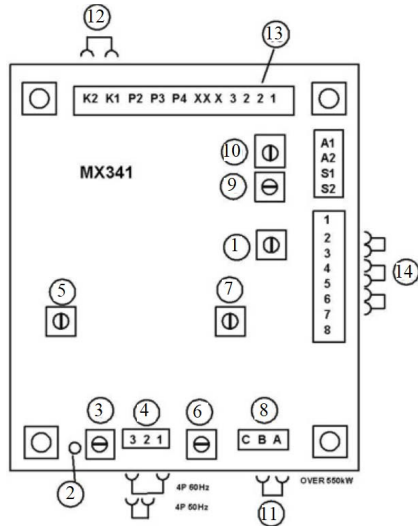


Рис. 1.2. Автоматичний регулятор напруги АРН МХ341:

1 – напруга; 2 – світлодіодний індикатор; 3 – коло зниження частоти (КЗЧ); 4 – частота; 5 – падіння; 6 – стабільність; 7 – розмикання збудження; 8 – розділ стабільності; 9 – спад; 10 - налаштування; 11 – контакт (понад 550 кВт); 12 – контакт ізоляції; 13 – два виводи (використовувати будь-який); 14 – стандартні вимірювальні контакти

Регулювання стабільності

Потенціометр для регулювання стабільності (STABILITY) заздалегідь встановлений у належне положення і зазвичай не потребує регулювання. За необхідності, регулювання стабільності проводять наступним чином:

- увімкніть генератор без навантаження і переконайтеся, що швидкість знаходиться у відповідних межах і є стійкою;
- поверніть потенціометр для регулювання стабільності (STABILITY) за годинниковою стрілкою, а потім повільно повертайте його проти

годинникової стрілки, доки напруга генератора не почне стабілізуватися. Злегка поверніть потенціометр за годинниковою стрілкою та залиште його в цьому положенні (тобто там, де напруга машини стабільна, але знаходиться близько до нестабільної області) – це положення і є правильним налаштуванням.

Налаштування АРН

Після регулювання напруги та стабільності під час процедури початкового запуску інші функції керування АРН регулювання не вимагають. Якщо при підключенні навантаження генератор працює нестабільно, необхідно знову відрегулювати стабільність. Якщо ефективність машини залишається на низькому рівні, прочитайте такі пункти, присвячені окремим функціям.

- Перевірте, чи вимагають виявлені симптоми коригування.
- Внесіть необхідні коригування.

Коло зниження частоти (КЗЧ)

До складу АРН входить ланцюг захисту від зниження швидкості, який забезпечує залежність напруги від швидкості (Гц).

Ознаки неправильного налаштування:

- світловипромінюючий діодний індикатор (LED) постійно горить під час роботи генератора під навантаженням;
- не вдається відрегулювати напругу під час роботи під навантаженням, тобто робота на похилій ділянці характеристики.

Регулювання потенціометра за годинниковою стрілкою призводить до зниження частоти (швидкості) у точці загину та вимкнення індикатора. При оптимальному налаштуванні світлодіодний індикатор повинен включатись при падінні частоти нижче номінального значення частоти, тобто 47 Гц для генераторів 50 Гц або 57 Гц для генераторів 60 Гц.

Розмикання збудження (EXC TRIP)

Сигнал АРН, що надходить із генератора з постійними магнітами, створює максимальну енергію збудження, достатню для короткого замикання між лінійними провідниками або між лінією та нейтраллю. Для захисту обмотки генератора до складу АРН входить коло перезбудження, яке виявляє

високий ступінь збудження та знижує його через заздалегідь заданий проміжок часу (10 секунд).

Ознаки неправильного налаштування: потужність генератора падає при навантаженні або невеликому перевантаженні, а світлодіодний індикатор постійно світиться.

Правильним налаштуванням є напруга $70 \text{ вольт} \pm 5 \%$ між клемми X і XX.

Перемикання динамічного навантаження

Додатковими функціями керування є функції "падіння" (DIP) і "затримка" (DWELL), які передбачені для оптимізації здатності генераторної установки до прийому навантаження. Загальна продуктивність генераторної установки залежить від характеристик двигуна та регулятора, а також їх взаємодії із характеристиками генератора.

Неможливо відрегулювати рівень падіння або відновлення напруги без урахування характеристик двигуна, тому завжди необхідно буде знаходити компроміс між падінням частоти та падінням напруги.

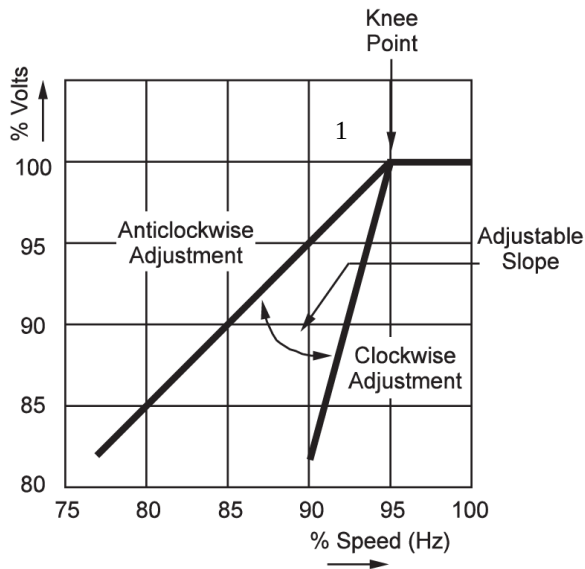


Рис. 1.3. Регулювання функції падіння напруги:
1 – точка загину; 2 – нахил, що регулюється

Падіння

Потенціометр для регулювання функції падіння напруги регулює нахил характеристики залежності напруги від швидкості (Гц) нижче точки загину, як показано на рис. 1.3. На рисунку по осі абсцис відкладається у відсотках частота обертання, а по осі ординат – у відсотках від номінальної напруги.

Функції керування представлені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Зведення по елементам керування MX341

Елемент керування	Функція	Призначення
Напруга	Регулювання вихідної напруги генератора	Підвищує вихідну напругу, якщо повернути за годинниковою стрілкою
Стабільність	Попередження кидків навантаження	Підвищує стабільність чи демпфуючий вплив, якщо повернути за годинниковою стрілкою
КЗЧ	Встановлення точки загину для зниження частоти	Знижує частоту точки загину, якщо повернути за годинниковою стрілкою
Спад	Встановлення рівня падіння генератора до 5% при коефіцієнті потужності повного навантаження, що дорівнює 0	Підвищує спад, якщо повернути за годинниковою стрілкою
Налаштування	Узгодження входу АРН із додатковим виходом	Поворот за годинниковою стрілкою забезпечує більший контроль додаткового обладнання над АРН
Розмикання збудження	Встановлення рівня відключення перезбудження	Підвищує рівень відключення, якщо повернути за годинниковою стрілкою
Падіння	Встановлення початкового падіння напруги в залежності від частоти	Підвищує падіння напруги, якщо повернути за годинниковою стрілкою

Крім того, АРН MX321 здійснює вимірювання середньоквадратичного значення напруги за трьома фазами для більш точного керування. Крім того, передбачено:

- захист від перенапруги;
- регульоване відновлення захисту від зниження швидкості;

- може бути передбачена схема обмеження струму для забезпечення контролю за силою струму короткого замикання, що протікає в три- та однофазних короткозамкнених колах на виході генератора.

1.1.2 Генератор із самозбудженням

На рис. 1.4 наведена структурна схема генератора із самозбудженням.

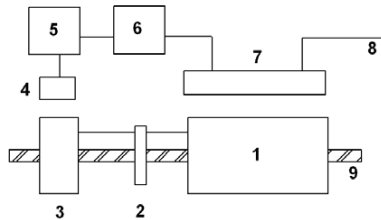


Рис. 1.4. Структурна схема генератора з самозбудженням: 1 – головний ротор; 2 – діоди, що обертаються; 3 – ротор збудника; 4 – статор збудника; 5 – АРН; 6 – роздільний трансформатор; 7 – головний статор; 8 – вихід; 9 – вал

Живлення системи збудження подається з виходу головного статора через АРН на полі збудження. Автоматичний регулятор напруги є регулюючим пристроєм, що управляє рівнем поля збудження. АРН реагує на рівень напруги сигналу, що надходить з обмотки головного статора. Керування високим рівнем споживаної потужності провідного поля здійснюється за допомогою керування полем збудження малої потужності через випрямлений вихід якоря збудника.

1.1.3 Автоматичний регулятор напруги АРН AS440

Автоматичний регулятор напруги вимірює середню напругу на двох фазах, що забезпечує точне регулювання. Крім того, він служить для визначення швидкості двигуна та зниження напруги при зниженні швидкості нижче заздалегідь визначеного значення (Гц), запобігаючи перезбудження при низьких швидкостях двигуна та згладжуючи ефект перемикавання навантаження для зниження навантаження двигуна.

Крім того, до складу АРН AS440 входять схеми, які при їх використанні у поєднанні з додатковими пристроями забезпечують паралельну роботу при статичному регулюванні.

1.2 Безщітковий синхронний генератор Siemens

Принципова схема синхронного генератора Siemens із системою збудження THYRIPART представлена на рис. 1.5 [2].

На схемі показано:

- G1 – синхронний генератор;
- G2 – збудник;
- A1 – тиристорний регулятор напруги із силовим модулем;
- C – блок конденсаторів;
- L – реактор, призначений для зсуву струму холостого ходу генератора відносно його напруги на кут, близький до 90° , у бік відставання;
- RR – випрямляч, що обертається (rotating rectifier);
- TWT – триобмотувальний трансформатор;
- EVA – зовнішній реостат генератора, що задає напруги;
- CT – вимірювальний струмовий трансформатор для вимірювання навантаження генератора;
- V22 – головний тиристор;
- V102 – силовий модуль;
- R101 – послідовний резистор;
- V101 – допоміжний тиристор;
- X1, X2, X4, X40 – контактні роз'єми тиристорного регулятора напруги.

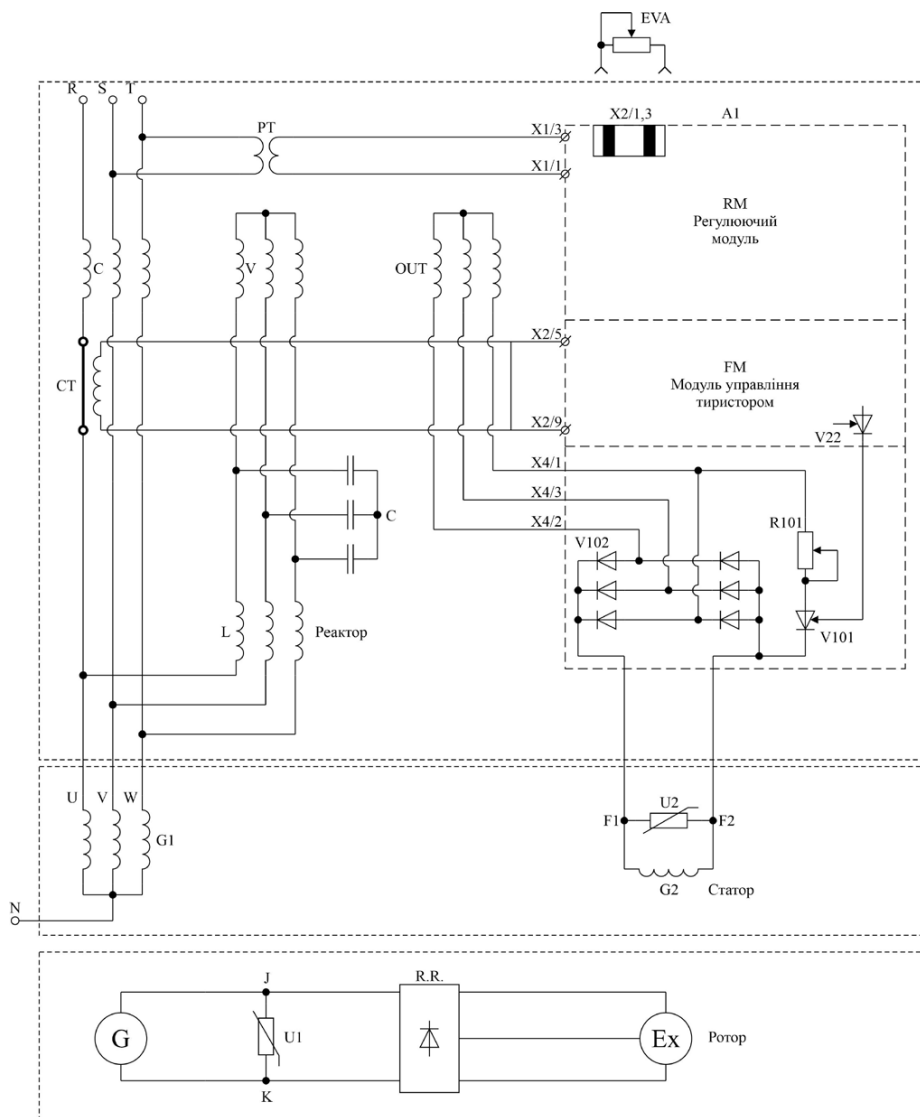


Рис. 1.1. Принципова схема з'єднань системи збудження та регулювання
THYRIPART

Збудник є зверненою електричною машиною з фазним ротором, у якій індуктор нерухомий, а обмотка змінного струму обертається.

Схеми з'єднань основних компонентів системи збудження Siemens – THYRIPART мають кілька модифікацій, де тиристорний регулятор напруги має свій силовий модуль. Модифікації відрізняються наявністю у останнього проміжних трансформаторів кола вихідної обмотки TWT.

Система збудження є системою амплітудно-фазового керування збудженням синхронного генератора, яке забезпечується компаундуючим трансформатором струму – СТ, пропорційно струму навантаження. Напруга генератора порівнюється із заданою напругою. Керуючий сигнал для відкриття тиристора формується в залежності від виду пілкоподібної напруги, що отримується після порівняння та посилення напруги генератора. Результуючий струм збудження, інтенсивність якого трохи вища, індукується в номінальну напругу генератора. В цьому випадку ТРН неактивний: вихідна напруга генератора залежить тільки від струму збудження збудника, що регулюється струмом навантаження.

Тиристорний регулятор забезпечує напругу необхідної величини, регулюючи зміну струму збудження за допомогою кута відкриття тиристора в колі, що шунтує. Трифазний допоміжний збудник, перетворюючи механічну енергію на електричну, підвищує енергію збудження приблизно в 20 разів. Ця енергія надходить на обмотку збудження генератора, проходячи через діодний міст, що обертається (RR). У цьому випадку струм збудження за низького значення регулюється ТРН.

На рис. 1.6 зображена блок-схема регулятора напруги (РН).



Рис. 1.2. Блок-схема РН

Блок-схема регулятора напруги складається з:

- модуля регулювання, RM (regulating module);
- модуля керування тиристорами зі зворотним зв'язком, FM (firing module);
- силового модуля, PM (power module).

Модуль регулювання у свою чергу складається з:

- блоку силових випрямлячів, RB (rectifier block) – 1;
- компаратора поточного та заданого значень напруги генератора – 2;
- блоку живлення компонентів модулів – 3;
- підсилювача вихідної величини компаратора – 4.

Трифазна напруга генератора, що знімається з клем 17, 18 і 19, надходить на блок випрямлячів 1, випрямляється, згладжується і надходить на вхід компаратора 2 (клеми 20, 22). Цей вхідний сигнал є величиною, пропорційною поточній напрузі генератора – $U_{\text{пот}}$. Через клеми 20, 21 на вхід компаратора надходить сигнал, пропорційний заданому значенню напруги генератора – $U_{\text{зад}}$. Результуючий сигнал від двох напруг $U_{\text{пот}}$ і $U_{\text{зад}}$ у вигляді пілкоподібної напруги надходить на вхід підсилювача 4, що представляє собою PID-регулятор. Для налаштування рівня посилення використовують наявні потенціометри К та Т. Посилений сигнал надходить на вхід модуля керування тиристорами. Таким чином, призначення модуля регулювання РН:

- формування сигналу, пропорційного поточному значенню напруги генератора $U_{\text{пот}}$;
- формування та регулювання за допомогою EVA сигналу заданого значення напруги генератора $U_{\text{зад}}$;
- порівняння цих двох сигналів та визначення величини різниці - ΔU ;
- посилення величини цієї різниці;
- живлення всіх компонентів ТРН.

Модуль керування тиристорами складається з:

- блоку керування тиристорами, що є системою імпульсно-фазового керування, робота якого залежить від диференціала поточного і заданого значень напруг генератора;
- блоку захисту від перенапружень, більше 600 В між клемми 1 та 5, що забезпечує відкриття тиристора 7;
- головного тиристора.

Залежно від потенціалу компаратора 2 підсилювач 4 може дати додатковий імпульс постійного струму. Струм збудження в нормальних умовах забезпечується одним імпульсом. Якщо потрібне форсування збудження, ТРН формує підряд два імпульси.

Силовий модуль ТРН складається з:

- трифазного випрямляча V102;
- допоміжного тиристора V101, керованого головним тиристором V22.

У нормальному режимі, коли напруга генератора дорівнює номінальному значенню, ТРН не працює. Обидва тиристори закриті, і струм збудження регулюється тільки струмом навантаження. У разі зниження напруги генератора внаслідок високого навантаження включається в роботу ТРН, і кут відкриття тиристорів залежатиме від величини різниці напруги:

$$\Delta U = \pm(U_{\text{пот}} - U_{\text{зад}}).$$

Коло паралельної роботи БСГ необхідне при роботі з іншим генератором. Активна потужність генератора регулюється за допомогою регулятора

первинного двигуна. Швидкісна характеристика первинного двигуна повинна бути лінійною і статизм її повинен становити 3...5 % (рис. 1.7) між напругами генератора при номінальному навантаженні та холостому ході:

$$\delta = \frac{U_{xx} - U_H}{U_H},$$

де δ – статизм; U_H - напруга при номінальній нарузі; U_{xx} - напруга при холостому ході.

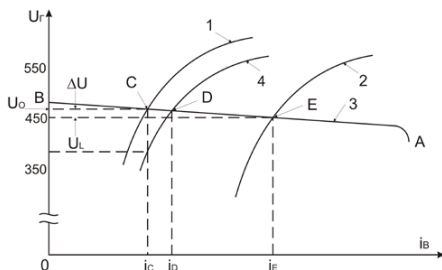


Рис. 1.3. Зовнішні характеристики генератора та AVR

Паралельне з'єднання обмоток збудження або кіл паралельної роботи (контакти S1/1) забезпечує рівномірний розподіл реактивного навантаження та зменшує напругу генератора прямо пропорційно до збільшення реактивного струму.

Реактивну потужність, що вимірюється трансформатором струму в колі паралельної роботи, можна регулювати за допомогою потенціометра S контролера таким чином, щоб номінальна напруга генератора не змінювалася при $\cos\varphi = 1$, а при $\cos\varphi = 0$ статизм міг доходити до 6% (рис. 1.8) .

Відповідна зміна напруги при звичному $\cos\varphi = 0,8$ становитиме 3,6%.

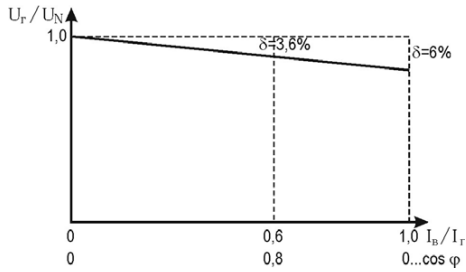


Рис. 1.4. Діаграма визначення статизму регулятора напруги

При одиночній роботі генератора коло паралельної роботи не задіяне. Це забезпечується шунтуванням вторинної обмотки трансформатора струму або встановленням потенціометра S у крайнє ліве положення. При одиничній роботі генератора на будь-яких навантаженнях відношення між реактивним навантаженням генератора I_n , номінальним струмом генератора I та статизмом регулювання δ визначиться за формулою (див. с. 19).

При $\cos \varphi = 0,8$ відношення $I_n / I = 1$, тоді

$$\delta = 6\% \sqrt{1 - 0,8^2} = 3,6\% .$$

Цю величину можна регулювати за допомогою потенціометра S .

Таким чином, статизм системи регулювання може досягати величини 3...5%.

Типова характеристика AVR безщіткового синхронного генератора зображена на рис. 1.9.



Рис. 1.5. Зовнішня характеристика AVR

На рис. 1.7 зовнішні характеристики генератора на холостому ході (1) та повному навантаженні (2) перетинаються з характеристикою AVR у точках C та

Е. Припустимо, що генератор працює в режимі холостого ходу. При цьому напруга генератора буде представлена як U_0 , а струм збудження – як i_C . При збільшенні навантаження зовнішня характеристика генератора зміститься по кривій AB .

Допустимо, що струм збудження не може збільшитися вище точки i_C , напруга генератора впаде до значення U_L . AVR, що контролює струм збудження, виявляє найменші зміни в напрузі генератора, викликані збільшенням навантаження, і збільшує струм збудження до позначки i_D , щоб отримати різницю з номінальним напруженням, рівну нулю, підтримуючи вихідну напругу генератора у точці D .

Таким чином, незалежно від збільшення або зменшення навантаження, напруга генератора завжди підтримується у певній точці на кривій AB .

Якщо характеристика AB перпендикулярна до ординати напруги, ΔU досягає нуля і регулювання напруги не відбувається, оскільки в цьому немає потреби. З іншого боку, чим менше кут характеристики AB з ординатою напруги, тим більше діапазон регулювання напруги.

Криву, що відповідає зовнішній характеристиці AVR, також можна змінювати і вона матиме інші кути нахилу з ординатою. Це можна здійснити за допомогою регулювальних потенціометрів ТРН.

При різних навантаженнях регулювання матимемо сім'ю кривих, що належать до зовнішніх навантажень генератора. При цьому характер зміни струму збудження генератора буде пропорційним і куту, і навантаженню.

Точність підтримки напруги безщіткових синхронних генераторів типу Siemens становить приблизно $\pm 1\%$. Тим не менш, для паралельної роботи з метою підвищення стабільності при розподілі реактивного навантаження, генератори відрегульовані таким чином, щоб напруга не могла знизитися на $\pm 3\%$ при номінальних значеннях навантаження та коефіцієнті потужності $\cos\phi$ за наявності кола паралельної роботи у схемі ТРН.

Наведена схема дозволяє регулювати U_r у заданих межах. Конструкція та регулювання синхронного генератора, збудника, системи збудження дозволяє

регулювати напругу регулятора в межах $\pm 5 \%$ від його номінального значення за допомогою потенціометра U за стабільних умов та за умов зміни навантаження від холостого ходу до номінального значення при $\cos\varphi = 0,8$.

Точність підтримки напруги у генератора при одиночній роботі або паралелі становить $\pm 1,8 \%$ його номінального значення, що відповідає вимогам міжнародних морських інспекцій.

Система збудження та автоматичного регулювання Siemens – Thyripart широко використовується на суднах, що будуються для Німеччини під наглядом Germanische Lloyd.

Можливі несправності зведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2. Можливі несправності та способи їх усунення

Несправність	Способи усунення
1. Переривання кола збудження: $U_{\Gamma} < U_H$	Перевірити роз'єми X2, X6 та X7 на випрямлячі та реакторі
2. Переривання справжнього значення вхідної напруги контролера: $U_{\Gamma} > 1,1U_H$	Перевірити роз'єм X1 і кінці між V та W
3. Перемичка АВ на платі: • замкнута (EVA не працює); • розімкнена ($U_{\Gamma} > 1,1U_H$)	Розімкнути АВ Замкнути АВ без регулювання EVA
4. Коло паралельної роботи не діє (непропорційний розподіл навантаження)	Відрегулювати за допомогою потенціометра S
5. Обрив або КЗ між ЦПР та АРН (непропорційний розподіл активного навантаження)	Усунути КЗ, перевірити СТ та роз'єм X2
6. Резистор R48 у колі зворотного зв'язку не відрегульований (коливання напруги генератора та струму)	Налаштувати R48

Операції з обслуговування генератора та їх періодичність наведені у табл. 1.3.

Таблиця 1.3. Обслуговування генератора

Щоденне	1. Перевірка роботи підшипників: наявність мастила; відсутність сторонніх шумів, вібрації, підвищених температур. 2. Перевірка електричних кіл: вимірювання опору ізоляції щитовим мегаомметром.
---------	--

	3. Перевірка параметрів генератора та мережі: напруги, частоти, розподілу активної та реактивної потужностей
Щомісячне	1. Перевірка опору ізоляції переносним мегаомметром. Критичне значення опору ізоляції визначається за формулою $0,1 \times U_{\text{нKB}} \times 0,5 \text{ МОм/кВ}$. Для генераторів з напругою 440 В: $R_{\text{із.кр.}} = 0,22 \text{ МОм}$. Примітка: перед виміром опору ізоляції від'єднати дроти від ТРН. 2. Перевірка наявності вентиляції, очистка чи заміна фільтрів.
Кожні 6 місяців	1. Заміна мастила та промивання підшипників 2. Очистка генераторів, продувка повітрям 3. Перевірка електричних з'єднань, у разі необхідності, піджати 4. Перевірка статистичного збудника, усіх з'єднань, продувка зжатым повітрям, чистка составом за допомогою пульверизатора.

На рис. 1.10 зображені друковані плати модулів та АРН у зборі.

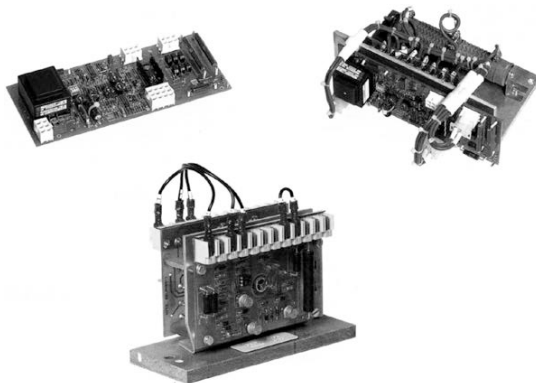


Рис. 1.6. Друковані плати модулів та АРН в зборі

2. КОНТРОЛЕРИ У СКЛАДІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ СУДЕН

Контролером у системах автоматизації називають пристрій, який керує фізичними процесами за записаним у нього алгоритмом, з використанням інформації, що отримується від датчиків і виводиться у виконавчі пристрої.

Перші контролери у системах автоматизації виникли на межі 1960–70-х рр. Тоді комп'ютери коштували надзвичайно дорого, тому контролери будувалися «на жорсткій логіці» (програмувалися апаратно), що було набагато дешевше. Однак переналаштування з однієї технологічної лінії на іншу вимагало фактично виготовлення нового контролера. Тому з'явилися контролери, алгоритм роботи яких міг бути дещо спрощеним за допомогою схеми з'єднань реле. Такі контролери отримали назву програмованих логічних контролерів (ПЛК), і цей термін зберігся дотепер. У подальшій роботі терміни "контролер" та "ПЛК" вживатимемо як синоніми.

Трохи пізніше з'явилися ПЛК, які можна було програмувати машинно-орієнтованою мовою, що було простіше конструктивно, але вимагало участі спеціально навченого програміста для внесення навіть незначних змін до алгоритму керування. З цього моменту розпочалася боротьба за спрощення процесу програмування ПЛК, яка спричинила спочатку створення мов високого рівня, потім – спеціалізованих мов візуального програмування, схожих на мову релейної логіки. В даний час цей процес завершився створенням міжнародного стандарту ІЕС (МЕК) 1131-3, який пізніше був перейменований на МЕК 61131-3. Стандарт МЕК 61131-3 підтримує п'ять мов технологічного програмування, що унеможливорює залучення професійних програмістів при побудові систем з контролерами, залишаючи для них вирішення нестандартних завдань [3].

У зв'язку з тим, що спосіб програмування є найбільш істотною ознакою контролера, що класифікує, поняття "ПЛК" все рідше використовується для позначення керуючих контролерів, які не підтримують технологічні мови програмування.

З появою потужних та дешевих мікроконтролерів у 1972 р. ринок ПЛК почав зростати експоненційно і за період з 1978 по 1990 рр. збільшився з 80 млн. доларів до 1 млрд. доларів, і до 2002 р. склав 1,4 млрд. доларів США. Нині світовий ринок ПЛК продовжує зростати, хоч і набагато меншими темпами.

Програмовані логічні контролери використовуються практично у всіх сферах людської діяльності для автоматизації технологічних процесів, у системах проти аварійного захисту та сигналізації, для керування рухом, у системах життєзабезпечення різних об'єктів, для збору та архівування даних, у системах охорони.

Автоматизоване керування більшості сучасних морських рухомих об'єктів здійснюється спеціалізованими програмно-технічними комплексами (ПТК). До їх складу входять засоби вимірювання, контролю, виконавчі механізми та програмне забезпечення. Всі вони працюють в єдиній спеціалізованій мережі, що об'єднує ці засоби в автоматизовану систему.

Основною ланкою такої системи є програмовані логічні контролери. Їх призначення – збір даних з різних датчиків та інших підключених пристроїв, зберігання отриманих даних, логічна обробка відповідно до алгоритму користувача і видача керуючих впливів на виконавчі механізми. Програмований логічний контролер (англ. Programmable Logic Controller, PLC), або програмований контролер – електронна складова промислового контролера, спеціалізованого (комп'ютеризованого) пристрою, що використовується для автоматизації технологічних процесів.

ПЛК є пристроями реального часу. Оскільки в контролерах містяться всі основні алгоритми роботи автоматизованої системи керування (АСУ), саме вони забезпечують безпеку, максимальну ефективність та оптимізацію процесів, що виконуються.

Логічні контролери часто називають "інтелектуальною складовою" систем автоматизації, тому що ці пристрої забезпечують правильність виконання основних функцій АСУ. На світовому ринку присутні як

спеціалізовані пристрої, розраховані під конкретний технологічний процес, так і універсальні, що легко адаптуються до різних схем та архітектури АСУ.

Основною перевагою програмованих логічних контролерів є майже повна відсутність необхідності "людського" обслуговування. Промислові стандарти, що підтримуються даними пристроями, припускають збереження повної працездатності в жорстких умовах експлуатації, вони майже не вимагають втручання обслуговуючого персоналу.

Логічні контролери спочатку розраховуються працювати в автономному режимі. Теоретичною основою роботи контролерів є добре вивчена та опрацьована дисципліна "Теорія автоматичного керування", тому ПЛК називають також регуляторами. А регулятори, або пристрої із зворотним зв'язком, насправді були відомі з давніх-давен.

Перший відомий в історії регулятор, який підтримує рівень рідини в клепсіді - водяному годиннику – був створений ще в III столітті до нашої ери. Пристрій використовував негативний зворотній зв'язок: чим менше води залишалося в резервуарі, тим повільніше вона звідти випливала. Цей принцип виявився настільки зручним, що використовувався практично без змін протягом майже 16 століть. Другим регулятором, що увійшов в історію людства, став регулятор частоти обертання для двигуна з крутним моментом на валу – відцентровий регулятор. У винайдених пізніше парових машинах застосовувався вже більш удосконалений пристрій, який започаткував використання регуляторів у промисловості.

Сьогодні найпоширенішими є ПЛК: Moeller; Siemens – SIMATIC S5 та S7; Segnetics – Pixel 2511 та SMH 2Gi; Omron; Mitsubishi – серія Melsec (FX, Q); Schneider Electric.

На судах ПЛК застосовують, наприклад, для дистанційного керування та контролю параметрів дизель-генераторів електростанції. Вони підтримують основні функції судових дизель-генераторів, а саме: ручний та автоматичний оперативний пуск та зупинку; багаторазові спроби запуску; контроль параметрів дизеля; попереджувальну сигналізацію та аварійну зупинку

приводного двигуна. Можливе перепрограмування контролерів розширення функцій, їх інтеграція відбувається з іншими контролерами систем керування.

На ПЛК створюються внутрішньосуднові багаторівневі мережі, що реалізують складні завдання та алгоритми керування, а також розгалужені системи аварійно-попереджувальної сигналізації (АПС).

Більшість ПЛК використовується у завданнях керування електроприводами, технологічними процесами та реалізації функцій діагностики.

Контролери використовуються не тільки як автономні засоби локального керування технологічними установками, а також у складі широкомасштабних систем керування.

В даний час на світовому ринку переважають контролери іноземних фірм: Siemens, Mitsubishi, ABB, Schneider Electric, GE Fanuc, проте з часом збільшується частка ринку, зайнята продукцією вітчизняних фірм, що відповідає загальносвітовій тенденції, коли в більшості країн вітчизняні фірми займають більшу частку ринку, ніж іноземні. Це пояснюється наступними чинниками:

- завдяки використанню західних технологічних ліній та матеріалів якість виготовлення вітчизняних контролерів часто перевершує закордонну якість у зв'язку з високим рівнем підготовки фахівців;
- вітчизняні фірми забезпечують більш кваліфіковану технічну підтримку;
- велику роль грає термін постачання та територіальна близькість виробника до споживача;
- відповідність вітчизняних розробок внутрішнім стандартам, чого часто не можна сказати про імпортні контролери;
- найкраще знання ринку вітчизняними виробниками.

Широкому поширенню ПЛК значною мірою сприяє зростання комп'ютерної грамотності населення, спецкурси у вузах, безліч курсів

підвищення кваліфікації, які проводяться провідними системними інтеграторами.

2.1 Програмовані логічні контролери

Жорсткі обмеження на вартість та величезну різноманітність цілей автоматизації призвели до неможливості створення універсального ПЛК, як це сталося з офісними комп'ютерами. Область автоматизації висуває безліч завдань, відповідно до яких розвивається і ринок, що містить сотні несхожих один на одного, що відрізняються десятками параметрів контролерів. Кожен виробник випускає кілька типів ПЛК різної потужності та вартості, щоб збільшити прибуток за рахунок сегментування ринку. Вибір оптимального для конкретної задачі контролера ґрунтується зазвичай на відповідності функціональних характеристик контролера вирішуваній задачі за умови мінімальної вартості. Враховуються також інші важливі характеристики (температурний діапазон, надійність, бренд виробника, наявність сертифікатів тощо).

Незважаючи на величезну різноманітність контролерів, у їхньому розвитку помітні такі загальні тенденції:

- зменшення габаритів;
- розширення функціональних можливостей;
- збільшення кількості підтримуваних інтерфейсів та мереж;
- використання ідеології "відкритих систем";
- використання мов програмування стандарту МЕК 61131-3;
- зниження ціни.

Ще однією тенденцією є поява в контролерах ознак комп'ютера (наявність миші, клавіатури, монітора, ОС Windows, можливості підключення жорсткого диска), а в комп'ютерах – ознак контролера (розширений температурний діапазон, електронний диск, захист від пилу та вологи, кріплення на DIN-рейку, наявність сторожового таймера, збільшена кількість

комунікаційних портів, використання ОС жорсткого реального часу, функції самотестування та діагностики, контроль цілісності прикладної програми). З'явилися комп'ютери в конструктивах жорстких умов експлуатації. Апаратні відмінності між комп'ютером та контролером поступово зникають. Основними відмітними ознаками контролера залишаються його призначення та наявність технологічної мови програмування.

2.2 Типи ПЛК

Для класифікації величезної різноманітності існуючих нині контролерів розглянемо їх суттєві відмінності.

Основним показником ПЛК є кількість каналів введення-виведення. За цією ознакою ПЛК поділяються на такі групи:

- нано-ПЛК (менше 16 каналів);
- мікро-ПЛК (понад 16, до 100 каналів);
- середні (понад 100, до 500 каналів);
- більші (понад 500 каналів).

За розташуванням модулів введення-виведення ПЛК бувають:

- моноблочними – в яких пристрій введення-виведення не може бути видалено з контролера або замінено іншим. Конструктивно контролер є єдиним цілим з пристроями введення-виведення (наприклад, одноплатний контролер). Моноблочний контролер може мати, наприклад, 16 каналів дискретного введення та 8 каналів релейного виведення;

- модульні – що складаються із загального кошика (шасі), в якому розташовуються модуль центрального процесора та змінні модулі введення-виведення. Склад модулів вибирається користувачем залежно від завдання, що розв'язується. Типова кількість слотів для змінних модулів – від 8 до 32;

- розподілені (з віддаленими модулями введення-виведення) – в яких модулі введення-виведення виконані в окремих корпусах, з'єднуються з модулем контролера по мережі (зазвичай на основі інтерфейсу RS-485) і можуть бути розташовані на відстані до 1,2 км від процесорного модуля.

Часто перелічені конструктивні типи контролерів комбінуються, наприклад, моноблочний контролер може мати кілька знімних плат; моноблочний та модульний контролери можуть бути доповнені віддаленими модулями введення-виведення, щоб збільшити загальну кількість каналів. Багато контролерів мають набір змінних процесорних плат різної продуктивності. Це дозволяє розширити коло потенційних користувачів системи без зміни конструктиву.

За конструктивним виконанням та способом кріплення контролери діляться на такі:

- панельні (для монтажу на панель або дверцята шафи);
- для монтажу на DIN-рейку усередині шафи;
- для кріплення на стіні;
- стійкові – для монтажу у стійці;
- без корпусні (зазвичай одноплатні) – для застосування у спеціалізованих конструктивах виробників обладнання (OEM – "Original Equipment Manufacturer").

За галуззю застосування контролери поділяються на такі типи:

- універсальні загальнопромислові;
- для керування роботами;
- для керування позиціонуванням та переміщенням;
- комунікаційні;
- ПД-контролери;
- спеціалізовані.

За способом програмування контролери бувають:

- програмовані з лицьової панелі контролера;
- програмовані переносним програматором;
- програмовані за допомогою дисплея, миші та клавіатури;
- програмовані за допомогою персонального комп'ютера.

Контролери можуть програмуватися такими мовами:

- на класичних алгоритмічних мовах (C, C#, Visual Basic);

- мовами МЕК 61131-3.

Контролери можуть містити у своєму складі модулі введення-виведення або не містити їх. Прикладами контролерів без модулів введення-виведення є комунікаційні контролери, які виконують функцію міжмережевого шлюзу, або контролери, які отримують дані від контролерів нижнього рівня ієрархії АСУ ТП.

2.3 Архітектура ПЛК

Архітектурою контролера називають набір його основних компонентів та зв'язків між ними. Типовий склад ПЛК включає центральний процесор, пам'ять, мережеві інтерфейси і пристрої введення-виведення (рис. 2.1). Іноді ця конфігурація доповнюється пристроєм для програмування та пультом оператора, пристроями індикації, рідше – принтером, клавіатурою, мишею або трекболом.

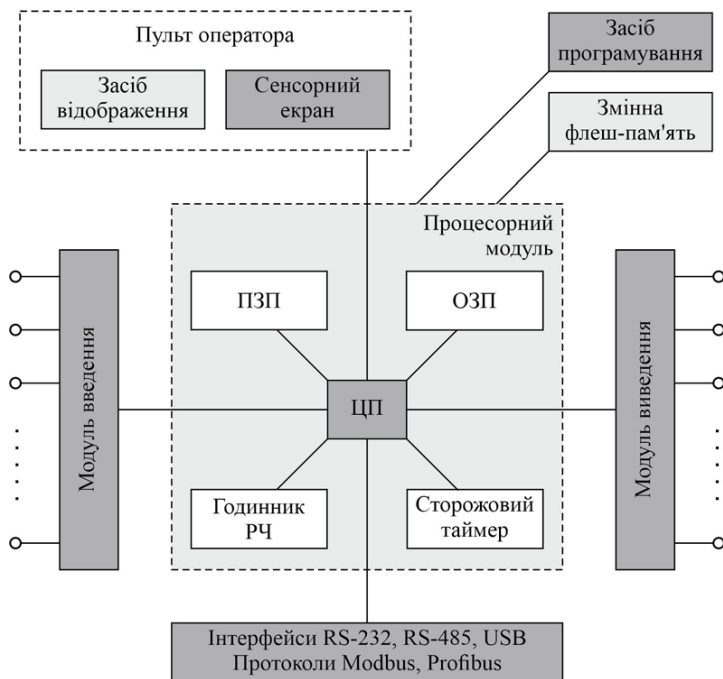


Рис. 2.1. Типова архітектура ПЛК

Процесорний модуль включає мікропроцесор (центральный процесорний пристрій – ЦПУ), запам'ятовуючі пристрої, годинник реального часу та сторожовий таймер. Терміни "мікропроцесор" і "процесор" в даний час стали синонімами, оскільки всі процесори, що знову випускаються, виконуються у вигляді НВІС, тобто є мікропроцесорами.

До основних характеристик мікропроцесора відносяться: розрядність (у ПЛК використовуються 8-, 16- і 32-розрядні мікропроцесори), тактова частота, архітектура, наявність операцій з плаваючою точкою, типи портів введення-виведення, що підтримуються, температурний діапазон працездатності і споживана потужність.

Продуктивність мікропроцесорів з однією і тією ж архітектурою пропорційна тактовій частоті. Більшість контролерів використовують

мікропроцесори зі скороченим набором команд (RISC – Reduced Instruction Set Computing), у яких використовується невелика кількість команд однакової довжини та велика кількість регістрів. Скорочений набір команд дозволяє будувати ефективніші компілятори та конвеєр процесора, здатний за кожен такт видавати результат виконання чергової команди.

Для контролерів, що виконують інтенсивну математичну обробку даних, важлива наявність математичного співпроцесора (допоміжного процесора, що виконує операції з плаваючою точкою) або сигнальних процесорів, у яких операції типу $Y=A*B+X$ виконуються за один такт. Сигнальні процесори дозволяють прискорити виконання операцій згортки або швидкого перетворення Фур'є.

Місткість пам'яті визначає кількість змінних (тегів), які можуть бути оброблені в процесі функціонування ПЛК. У мікропроцесорах час доступу до пам'яті є одним із суттєвих факторів, що обмежують швидкодію. Тому пам'ять ділять на кілька рівнів ієрархії, залежно від частоти використання даних, що зберігаються в ній, і швидкодії. Ієрархія пам'яті відноситься до суттєвих характеристик архітектури процесора, оскільки вона дозволяє знизити негативний вплив повільної пам'яті на швидкодію мікропроцесора.

Основними типами пам'яті є постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) і набір регістрів. Регістри є швидкодіючими елементами пам'яті, оскільки вони використовуються арифметико-логічним пристроєм (АЛП) для виконання елементарних команд процесора. ПЗП використовують для зберігання інформації, що рідко змінюється, такий, як операційна система, драйвери пристроїв, завантажувач, виконуваний модуль програми користувача. ОЗП використовується для зберігання даних, які багаторазово змінюються в процесі роботи контролера, наприклад значення тегів, результати проміжних обчислень, діагностична інформація, масиви, що виводяться на графіки, дані для відображення на дисплеї.

Як ПЗП (або ROM – Read Only Memory) зазвичай використовується постійний запам'ятовувач, що програмується та очищується за допомогою електрики – Electrically Erasable Programmable ROM. Різновидом EEPROM є флеш-пам'ять, принцип дії якої ґрунтується на зберіганні заряду в конденсаторі, утвореному плаваючим затвором та підкладкою МОП-транзистора. Особливістю флеш-пам'яті є її енергонезалежність, тобто збереження даних при вимкненому живленні. Стирання та перезапис у флеш-пам'яті виконується не окремими осередками, а великими блоками, тому вона отримала назву, що походить від англійського "flash" – "спалах". Недоліком усіх ПЗП є низька швидкодія.

Кількість циклів запису інформації у флеш-пам'ять обмежена і становить кілька десятків тисяч разів. За конструктивним виконанням та інтерфейсами флеш-пам'ять поділяється на Compact Flash (CF), Memory Stick, Secure Digital (SD), MultiMediaCard (MMC), RS-MMC, SmartMedia Card (SMC), USB-flash. Флеш-пам'ять може бути впаяна в друковану плату або бути з'ємною.

Як ОЗП сучасні мікропроцесори використовують статичну пам'ять (SRAM – Static Random Access Memory) та динамічну (DRAM – Dynamic Random Access Memory), SDRAM (Synchronous DRAM). SRAM виконується на тригерах, інформація у яких зберігається необмежено довго за наявності живлення. У динамічній пам'яті інформація зберігається на конденсаторах і тому DRAM вимагає періодичної регенерації (перезаряджання конденсаторів). До недоліків тригерної пам'яті відноситься її висока вартість, пов'язана з низькою щільністю компонування тригерів на кристалі, і низьке відношення ємності до ціни. Перевагою є висока швидкодія, що досягає гігагерц, тоді як пам'ять на конденсаторах не може працювати на частотах вище сотень герц. Обидва типи пам'яті (DRAM та SRAM) не можуть зберігати інформацію при відключенні живлення ПЛК. Тому деякі типи ПЛК використовують батарейне живлення пам'яті для збереження працездатності системи автоматизації після короткочасного переривання живлення.

Моноблочні та модульні контролери використовують, як правило, паралельну шину для обміну даними з модулями введення-виведення, що дозволяє на порядок підвищити швидкість їхнього опитування порівняно з послідовною шиною. Паралельні шини можуть бути стандартними: ISA, PC/104, PCI, ComactPCI, VME, CХМ. Послідовна шина контролера (на основі інтерфейсу RS-485) використовується для підключення до нього віддалених (розподілених) модулів введення-виведення.

Програмування контролерів малої потужності виконується за допомогою кнопок, розташованих на передній панелі, або за допомогою переносного пульта для програмування. Як пульт останнім часом використовується комп'ютер формату "ноутбук". Програмування потужних контролерів виконується за допомогою персонального комп'ютера, на якому встановлюється спеціальне програмне забезпечення, наприклад, CoDeSys або ISaGRAF, що виконує трансляцію технологічної мови стандарту MEK 61131-3 виконуваний код процесора, який завантажується в ПЗП ПЛК, наприклад, через порт Ethernet.

Сторожовий таймер (Watchdog Timer - WDT) є лічильником, що рахує імпульси тактового генератора і в нормальному режимі періодично скидається (перезапускається) працюючим процесором. Якщо процесор "зависає", то сигнали скидання не надходять у лічильник, він продовжує вважати і при досягненні деякого порога виробляє сигнал "Скидання" для перезапуску "процесора, що завис".

Годинник реального часу (РЧ) є кварцовим годинником, який живиться від батарейки і тому продовжує йти при вимкненому ПЛК. Годинник РЧ використовується, наприклад, для керування вуличним освітленням в залежності від часу доби, в системах охорони об'єктів та інших випадках, коли необхідна прив'язка даних або подій до астрономічного часу.

Процесорний модуль ПЛК виконує такі завдання:

- збирає дані з модулів введення в пам'ять та надсилає дані з пам'яті в модулі виведення;

- виконує обмін даними із пристроєм для програмування контролера;
- видає мітки годинника реального часу;
- здійснює обмін даними з промисловою мережею;
- реалізує стек протоколів промислової мережі (для цієї мети можуть використовуватись допоміжні комунікаційні процесори);
- виконує початкове завантаження та виконання операційної системи;
- виконує завантажувальний модуль користувацької програми системи автоматизації;
- керує актами обміну з пам'яттю.

Однією з тенденцій у розвитку ПЛК є використання процесорних модулів різної потужності одного конструктиву контролера. Це дозволяє отримати серію контролерів різної потужності і цим покрити більший сегмент ринку, а також виконати модернізацію (upgrade) контролерів, куплених споживачами, шляхом заміни всього одного модуля.

До основних характеристик процесорного модуля відносяться:

- тип операційної системи (Windows CE, Linux, DOS, OS-9, QNX та ін.);
- наявність виконавчого середовища для стандартної системи програмування мовами MEK 61131-3;
- типи підтримуваних інтерфейсів (RS-232, RS-422, RS-485, CAN, USB, Ethernet та ін.);
- типи підтримуваних мереж (Modbus RTU, Modbus TCP, Ethernet, Profibus, CANopen, DeviceNet та ін.);
- можливість підключення пристроїв індикації або інтерфейсу оператора (світлодіодного або рідкокристалічного індикатора, клавіатури, миші, дисплея з інтерфейсами VGA, DVI або CMOS, LVDS, трекболу та ін.);
- розрядність (8, 16, 32 або 64 біти);
- тактова частота мікропроцесора та пам'яті;
- час виконання команд;

- обсяг, ієрархія та типи пам'яті (ОЗП, кеш, ПЗП – флеш, знімна флеш та ін.);
- типи вбудованих функцій (ПД-регулятор, лічильники, ШІМ, алгоритми позиціонування та керування рухом та ін.);
- бренд виробника (Intel, AMD, Atmel, Motorola, RealLab та ін.).

Швидкодію процесорного модуля ПЛК зазвичай оцінюють за часом виконання логічних команд, оскільки найбільш поширені при реалізації алгоритмів керування.

Величезна різноманітність завдань, що покладаються на ПЛК, і сильна залежність ціни від потужності контролера стали причиною великого розмаїття використовуваних мікропроцесорів – від простих і дешевих 8-розрядних Atmel і Microchip до високопродуктивних мікропроцесорів серії Intel Pentium, включаючи двоядерні і чотириядерні процесори.

Восьмирозрядні мікропроцесори користуються великим успіхом в автономних ПД-контролерах і мікро-ПЛК для нескладного алгоритмічного керування верстатами, теплицями, невеликими технологічними апаратами як міжмережевих шлюзів. Їхньою перевагою є висока надійність, пов'язана з граничною простотою програмного забезпечення.

Зазвичай мікропроцесори, які у ПЛК, кілька поколінь відстають від процесорів офісних персональних комп'ютерів (ПК) у зв'язку з відносно малим обсягом ринку ПЛК, який забезпечує окупність розробки нового контролера у період зміни поколінь мікропроцесорів.

Стандартними напругами живлення ПЛК є напруги 12, 24 та 48 В. Джерелом електричної енергії зазвичай є промислова мережа 220 В, 50 Гц. У разі розподілених систем автоматизації джерело живлення може бути розташоване далеко від ПЛК, тому напруга на клемах ПЛК або модулях введення-виведення може сильно відрізнятися від напруги джерела живлення внаслідок падіння напруги на опорі кабелю. Для вирішення цієї проблеми кожен ПЛК або кожен модуль віддаленого введення забезпечуються

вбудованим стабілізатором напруги, який забезпечує нормальне їхнє функціонування в діапазоні напруг від 10 до 30 В.

Низька напруга живлення дозволяє жити контролери від акумуляторів бортових мереж транспортних засобів або переносних акумуляторів.

У ПЛК іноді використовують батарею для живлення годинника реального часу (які повинні функціонувати при вимкненому ПЛК) і для збереження інформації в ПЗП на час аварійних перерв живлення.

2.4. Характеристики ПЛК

Продуктивність ПЛК оцінюється за такими параметрами:

- тривалість контролерного циклу (період зчитування значень із каналів введення, обробки в процесорі та запису в канали виведення);
- час виконання команд (окремо логічних, з фіксованою та з плаваючою точкою);
- пропускна здатність шини між контролером та модулями введення-виведення;
- пропускна спроможність промислової мережі;
- час циклу опитування всіх контролерів в однорівневій мережі або цикл обігу маркера для багаторівневих мереж з маркером;
- час реакції.

Контролер у системах автоматизації виконує циклічний алгоритм, що включає введення даних і розміщення їх в ОЗП, обробку даних та виведення. Тривалість контролерного циклу (його ще називають робочим циклом) залежить від кількості модулів введення-виведення та наявності в них замаскованих (виключених із процедури обміну) входів-виходів, тому розраховується для кожної конфігурації автоматизованої системи окремо. При інтенсивній математичній обробці даних (наприклад, цифрової фільтрації, інтерполяції або ідентифікації об'єкта керування в режимі нормального функціонування системи) тривалість контролерного циклу істотно залежить від швидкодії процесорного модуля. До контролерного циклу входить також

обслуговування апаратних ресурсів ПЛК (забезпечення роботи системних таймерів, оперативне самотестування, індикація стану), контроль часу циклу, мережевий обмін, керування багатозадачністю, відображення процесу виконання програми на дисплеї тощо.

Перед початком роботи ПЛК виконує завантаження операційної системи та програми користувача в ОЗП та ПЗП, початкове тестування апаратури. ПЛК зазвичай може працювати в режимі налагодження, покрокового виконання програми, перегляду та редагування значень змінних тощо.

У процесі функціонування ПЛК дані, введені з пристроїв введення, розташовуються в ОЗП та протягом робочого циклу контролера не змінюються. Пряме читання входу під час виконання одного циклу не виконується. Це прискорює процес обробки даних та виключає непередбачені ситуації.

У системах з розподіленими по об'єкту модулями введення-виведення тривалість контролерного циклу може визначатися пропускнуою здатністю промислової мережі, що в ряді випадків є обмеженням на граничну кількість модулів введення-виведення.

Вимоги до тривалості контролерного циклу істотно залежать від застосування ПЛК. При управлінні тепловими процесами тривалість циклу може становити одиниці та десятки секунд, у завданнях для керування верстатами вона вимірюється мілісекундами, при опитуванні датчиків температури на елеваторі контролерний цикл вимірюється добами.

Час реакції контролера – це інтервал часу від моменту появи впливу на систему (з боку модулів введення чи оператора) до моменту вироблення відповідної реакції. Час реакції залежить від тривалості робочого циклу контролера, яка визначається швидкістю модулів введення-виведення та продуктивністю процесора.

У контролерах для відповідальних застосувань можуть бути передбачені такі функції самодіагностики:

- виявлення помилок центрального процесора;
- сигналізація про спрацювання сторожового таймера;

- виявлення відмови батареї чи джерела живлення;
- виявлення збою пам'яті;
- перевірка програми користувача;
- виявлення виходу із ладу запобіжника;
- виявлення обриву або КЗ в колі датчика та навантаження.

У контролерах для систем протипожежної безпеки (ПЗ) та сигналізації, а також для небезпечних промислових об'єктів може бути передбачена можливість резервування окремих частин системи: промислової мережі, процесорного модуля або контролера, джерела живлення, мережевого сервера, замкнутих контурів автоматичного регулювання, модулів введення-виведення. Об'єктом резервування зазвичай є найбільш відповідальна чи найбільш ненадійна частина системи.

Можливість гарячої заміни елементів системи (тобто без відключення живлення) досягається одночасно апаратними та програмними засобами. Апаратно передбачається незалежність початкового стану пристрою від черговості подачі сигналів на його клеми у процесі заміни, програмно забезпечується можливість тимчасової відсутності компонента системи без її зависання чи переходу в аварійні режими.

Надійність контролерів характеризується напрацюванням на відмову, що визначається як відношення сумарного часу працездатного стану контролера до математичного очікування числа його відмов протягом цього часу (ДСТУ 27.002–89) або напрацюванням до відмови – часом від початку експлуатації до першої відмови. Надійність пов'язана з допустимими механічними навантаженнями – амплітудою вібрації в необхідному діапазоні частот, припустимим прискоренням при ударі.

Для підвищення безпеки систем автоматизації у контролерах використовуються команди для встановлення початкового стану виводів одразу після подачі живлення або в аварійному режимі. Ці стани обираються таким чином, щоб після відновлення напруги живлення при випадковому перериванні або в аварійному режимі системи виконавчі пристрої були безпечні для

персоналу або системи. Наприклад, у системах з безпечним нагріванням буде стан відключеного нагрівача, в підйомних механізмах – стан гальмування. Наявність команд керування безпечними станами дозволяє реалізувати операцію автоматичного рестарту автоматизованої системи після переривання живлення або відновлення працездатного стану. Здатність контролера переводити свої виходи в заздалегідь визначений стан відразу після виявлення зниження напруги живлення або після внутрішньої відмови називається стійким до відмови відключенням.

Якщо повторний запуск ПЛК відбувається після того, як усі динамічні дані (змінні входів-виходів, стан внутрішніх регістрів, таймерів, лічильників, програмні контексти) повернулися у визначений стан, то такий запуск називається холодним рестартом. Холодний рестарт може бути як ручним, так і автоматичним.

Гарячим рестартом називають повторний запуск ПЛК, який виконується настільки швидко після зникнення живлення, що всі динамічні змінні не встигають змінитися, і тому відновлюється працездатність таким чином, ніби живлення не пропадало.

Теплим рестартом називають повторний запуск після виявлення несправності живлення із заздалегідь визначеним і програмованим користувачем безліччю динамічних даних та системним контекстом прикладної програми. Теплий рестарт характеризується сигналізацією стану або еквівалентними засобами, що дозволяють переконатися, що прикладна програма зареєструвала припинення несправності живлення, виявлене конфігурацією ПЛК як пуску.

Перешкодостійкість контролера зазвичай оцінюється його відповідністю комплексу стандартів електромагнітної сумісності.

Промислові контролери використовують гальванічну ізоляцію для усунення паразитних зв'язків по загальному дроту, заземленні та для захисту обладнання від високих напруг.

Ступінь захисту від впливу довкілля, що забезпечується корпусом контролера, класифікується ДСТУ 14254-96. Для позначення ступеня захисту використовуються дві літери "IP", за якими йдуть дві цифри. Перша цифра означає ступінь захисту виробу від потрапляння всередину твердих сторонніх тіл, друга цифра означає ступінь захисту виробу від потрапляння води. Розшифрування позначень наведено у табл. 2.1 приклади корпусів зображені на рис. 2.2.

Таблиця 2.1. Значення цифр в позначенні IP ступеня захисту

Перша цифра	Ступінь захисту. Короткий опис
0	Захист відсутній
1	Захист від твердих тіл розміром більше 50 мм
2	Захист від твердих тіл розміром більше 12 мм
3	Захист від твердих тіл розміром більше 2,5 мм
4	Захист від твердих тіл розміром більше 1 мм
5	Захист від пилу. Проникнення пилу виключено не повністю, однак пил не має проникати в кількості, достатній для порушення нормальної роботи обладнання або зниження його безпеки
6	Пилонепроникність. Пил не проникає в оболонку
Друга цифра	Ступінь захисту. Короткий опис
0	Захист відсутній
1	Захист від крапель води
2	Захист від крапель води при нахилі до 15°
3	Захист від дощу
4	Захист від бризок
5	Захист від водяних струменів
6	Захист від хвиль води
7	Захист при зануренні у воду
8	Захист при довготривалому зануренні у воду

При виборі контролера бажано оцінювати ступінь його відповідності ідеології "відкритих систем", щоб не потрапити в залежність від одного постачальника та мати можливість модифікувати систему за необхідності.

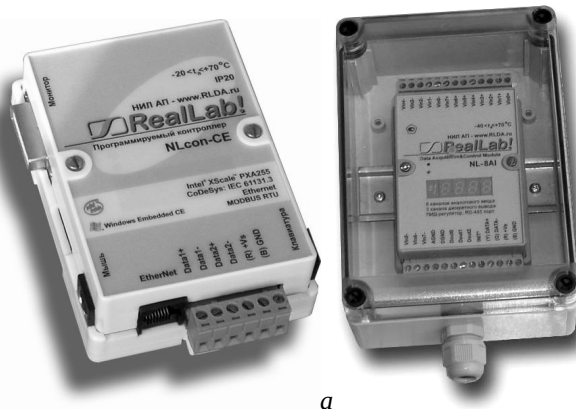


Рис. 2.2. Контролер в корпусі із ступенем захисту: а – IP20; б – IP66

Важливим параметром ПЛК є час від замовлення до постачання та наявність кількох незалежних постачальників. Для внутрішнього ринку цей параметр має особливе значення, оскільки велику частку ринку займають контролери іноземного виробництва, для яких тривалість поставки та гарантійної заміни обчислюється місяцями. Великі терміни поставки пояснюються як віддаленістю виробника від споживача, і прагненням виробників і постачальників мінімізувати внутрішні витрати за рахунок зменшення складських запасів.

Якість документації користувача, наявність групи технічної підтримки, швидкість реакції на запити, наявність курсів для навчання споживачів відіграють також важливу роль при виборі контролера з величезного їх різноманіття.

2.5. Приклади типових ПЛК

2.5.1. ПЛК NLcon-CE виробництва НІЛ АП т.м. "RealLab"

Як приклад розглянемо ПЛК NLcon-CE торгової марки RealLab [4]. Контролер побудований на базі потужного (для ПЛК) процесора PXA-255 фірми Intel і працює з віддаленими модулями введення-виведення через інтерфейс RS-485 за протоколом Modbus RTU або DCON.

Основними відмінними характеристиками ПЛК є:

- відповідність ідеології відкритих систем;
- малі габаритні розміри: 120×75×35 мм;
- потужний процесор Intel XScale PXA270 520 МГц;
- велика ємність пам'яті: ОЗП 64/128 Мбайт, системна флеш-пам'ять 32/64 Мбайт, флеш-карта SD до 2 Гбайт;
- широкий температурний діапазон (від -25 ° С або від -40 до +70 ° С);
- підтримка дисплея, миші, клавіатури.

Центральний процесор (рис. 2.3) управляє ОЗП, ПЗП, РКІ-дисплеєм та зовнішніми портами за допомогою допоміжних контролерів введення-виведення, виконуючи ОС Windows CE та програму користувача, написану за допомогою пакета CoDeSys.

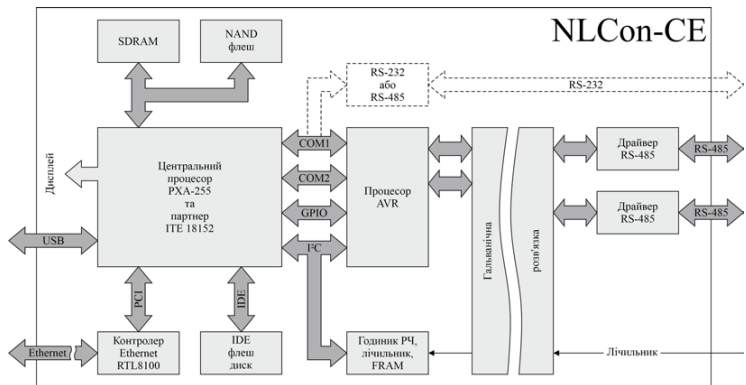


Рис. 2.3. Архітектура ПЛК NLcon-CE

Допоміжний контролер ITE I8152 керує двома портами та контролером Realtek, який реалізує стек протоколів Ethernet. Два порти RS-485 виконані на основі контролера Atmega 164 P з використанням двох процесорів UART PXA-255.

РК-дисплей підключається безпосередньо до центрального процесора (ЦП) за допомогою плоского кабелю через паралельний інтерфейс CMOS.

Миша та клавіатура підключаються до ПЛК за допомогою двох USB-портів, які можуть бути використані також для підключення з'ємної USB-флеш-пам'яті.

Контролер виконаний повністю за ідеологією відкритих систем. Ознаками відкритості є:

- стандартний інтерфейс RS-485;
- протоколи Modbus RTU та DCON;
- підтримка Ethernet;
- робота під ОС Windows CE;
- програмування мовами C++, Visual Basic, C#;
- програмування 5-ма мовами MEK 61131-3 за допомогою CoDeSys;
- OPC-сервер, що функціонує у Windows CE;
- стандартна миша та клавіатура;
- кріплення на DIN-рейку.

2.5.2. Сімейство ПЛК компанії MOELLER

Компактний ПЛК, серія PS4

Компактні ПЛК вже в базовому виконанні вирізняються різноманітністю апаратних та програмних функцій. Вони підходять для різних застосувань у галузі керування, регулювання та вимірювання. Якщо вбудованих функціональних можливостей недостатньо, пристрої можуть бути легко розширені локально або за допомогою мережі.

Модульний ПЛК, XC100/XC200

Модульні ПЛК характеризуються структурою, що нарощується (розширюється). Це дає більшу гнучкість під час створення індивідуальних систем автоматизації.

Додаткова перевага полягає в інтегруванні до сучасних концепцій зв'язку.

Доступ через Ethernet є необхідною умовою для виконання багатьох завдань на практиці. По-перше, для ефективної комунікації між контролерами, а по-друге, для обміну даними за інтерфейсами зв'язку, такими як OPC, з керуючими системами вищого рівня.

Moeller пропонує велику різноманітність продукції для комунікації між людиною та машиною, яка дозволяє оптимальним чином швидко вирішувати поставлені завдання. Пропозиція включає також графічні текстові панелі оператора і сенсорні панелі оператора.

Компактні контролери PS4 мають такі системні особливості:

- єдине програмування;
- можливість централізованого та децентралізованого розширення;
- вбудоване з'єднання для польової шини (Suconet);
- вставні гвинтові клеми;
- малі габарити та енергоспоживання.

Контролери комплектуються вбудованими потенціометрами для встановлення заданих значень, аналоговими (цифровими) входами/виходами або модулями розширення пам'яті (починаючи з PS4-150).

В асортименти компанії MOELLER входять (рис. 2.4):

- компактний ПЛК PS4;
- локальні модулі розширення LE4;
- децентралізовані модулі розширення EM4.

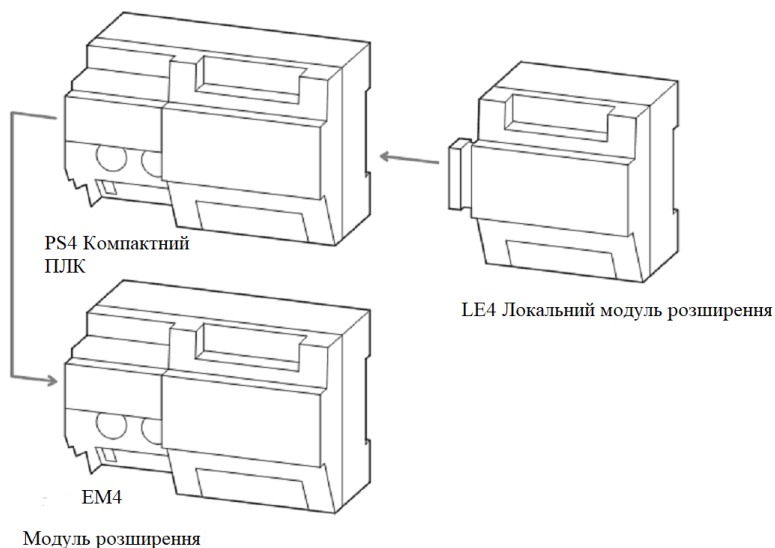


Рис. 2.4. Склад комплексу розширення ПЛК PS4

Усі компактні ПЛК підтримують зв'язок по мережі та можуть програмуватися за допомогою вбудованої польової шини. Загальним програмним забезпеченням (ПЗ) для програмування є Sucosoft S40 – зручний програмний пакет, що відповідає вимогам IEC 61131-3.

Універсальний ПЛК PS4-141/151 самодостатній завдяки повному серійному оснащенню, до якого належать:

- входи/виходи: 16 цифрових входів, 14 цифрових виходів (PS4-151:8), 2 аналогові входи, 1 аналоговий вихід;
- програмна пам'ять: 24 кбайт (опція + 32 кбайт), пам'ять команд (опція): 32 кбайт;
- можливість розширення за допомогою модулів EM4;
- підтримка мережі: Suconet, Ethernet.

ПЛК PS4-201

Такий ПЛК забезпечує гнучкість для стандартних рішень, централізоване та децентралізоване розширення при великих можливостях конфігурування:

- входи/виходи: 8 цифрових входів, 6 цифрових виходів, 2 аналогові входи, 1 аналоговий вихід;
- програмна пам'ять: 24 кбайт (опція +32 кбайт), пам'ять команд (опція): 32 кбайт;
- можливість розширення: локально за допомогою модулів LE4, децентральна за допомогою модулів EM4;
- підтримка мережі: Suconet, PROFIBUS-D, Ethernet.

ПЛК PS4-271

Локальне та децентральне розширення для AC-додатків.

Загальні характеристики:

- входи/виходи: 12 цифрових входів, 8 цифрових виходів (12 A), 8 аналогових входів, з них 2 для PT1000/Ni1000, 2 аналогових виходи;
- програмна пам'ять: (+ можливість розширення), 24 кбайт (+ 32 кбайт), пам'ять рецептів (опція): 32 кбайт;
- можливість розширення: локально за допомогою модулів LE4, децентральна за допомогою модулів EM4;
- підтримка мережі: Suconet, PROFIBUS-DP, Ethernet.

Високошвидкісний ПЛК PS4-341

Має більшу швидкість і пам'ять для програм і даних.

Загальні характеристики:

- входи/виходи: 16 цифрових входів, 14 цифрових виходів, 2 аналогові входи, 1 аналоговий вихід;
- програмна пам'ять: (+ можливість розширення), 512 кбайт, пам'ять рецептів (опція): 512 кбайт;
- можливість розширення: локально за допомогою модулів LE4, децентральна за допомогою модулів EM4;
- підтримка мережі: Suconet, PROFIBUS-DP, Ethernet.

Модульні ПЛК XC100/XC200

Модульний ПЛК серії XC100 – це високопродуктивна система автоматизації для малих та середніх завдань. Він забезпечує можливість

локального розширення із використанням до 15 модулів XI/OC. ПЛК має інтегрований інтерфейс польової шини CANopen для децентралізованої периферії. OPC-сервер додатково спрощує зв'язок зі стандартизованими програмами OPC-клієнтів.

Модульні ПЛК серії XC200 забезпечують високу обчислювальну продуктивність та широкі комунікаційні можливості. Крім інтерфейсу RS 232 та інтерфейсу польової шини CANopen, вони мають інтегрований інтерфейс Ethernet. OPC-сервер додатково спрощує зв'язок зі стандартизованими програмами OPC-клієнтів. Виступаючи як високотехнологічне рішення, всі пристрої серії XC201-XV додатково мають вбудований веб-сервер (рис. 2.5).

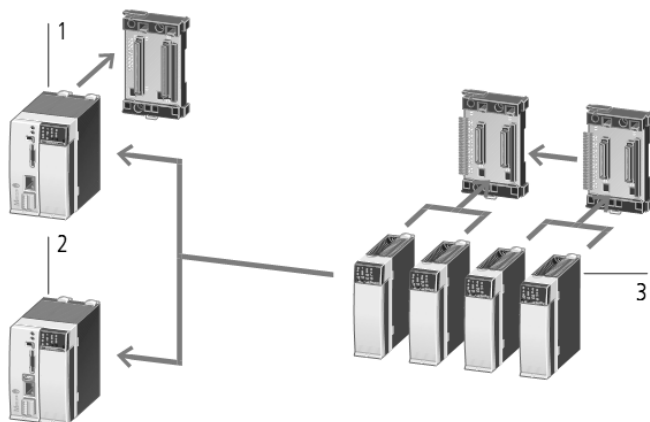


Рис. 2.5. Структура САУ на основі модульних ПЛК XC100/XC200

Компонентами, представленої на рис. 2.5 системи є:

- модульні контролери XC100 (1) з характеристиками (8 цифрових входів, 6 цифрових виходів, CANopen, RS 232, 4 входи переривання, слот для картки пам'яті MMC, програмна пам'ять/пам'ять даних 64–256 кбайт, 4/8 кбайт для інших даних, 0,5 мс/1000 операторів) і XC200 (2) (8 цифрових входів, 6 цифрових виходів, CANopen, RS 232, Ethernet, 2 входи лічильника, 2 входи по перериванню, веб-сервер/OPC-сервер, USB, можливість локального

розширення за допомогою модулів XI/OC-I/O, програмна пам'ять/пам'ять даних 256–512 кбайт, 0,05 мс/1000 операторів);

- модулі входів/виходів XI/OC (3);
- нарошування XC100/200 (макс. 15 модулів);
- вставні сполучні клеми з гвинтовим або пружинним з'єднанням

easySoft-CoDeSys;

- складання програм, конфігурування, тестування/введення в експлуатацію в одному інструменті;

- функціональні модулі для easySoft-CoDeSys, включно з керуючими модулями для контролерів з текстовими дисплеями.

2.6. Пристрої збору даних

Автоматизовані системи збору даних нині є загальнодоступним засобом отримання експериментальної інформації і це, насамперед, пов'язано із поширенням персональних комп'ютерів. Системи збору даних застосовуються для наукових досліджень, керування виробничими процесами, моніторингу в промисловості, медицині, метеорології, космонавтиці та інших галузях людської діяльності. Автоматизований збір даних дозволяє отримати дані нової якості, що неможливо зробити із використанням інших засобів. Це результати статистичної обробки величезного числа вимірювань, отриманих у цифровій формі, можливість реєстрації випадкових подій із недосяжною раніше роздільною здатністю за часом і амплітудою, реєстрація швидкозмінних процесів. Завдяки різкому здешевленню систем збору даних у порівнянні з вартістю людської праці з'явилася велика кількість областей застосування, де раніше використовувалася ручна реєстрація даних: у теплицях, на елеваторах, метеостанціях, у процесі приймальних та сертифікаційних випробувань продукції, на складах, у промислових холодильниках, при автоматизації наукового експерименту тощо.

Основною відмінністю систем збору даних від ПЛК є відсутність у них алгоритму керування, тобто відсутність необхідності у потужному контролері та мові МЕК 61131-3, а також наявність великого обсягу пам'яті для ведення

архіву. Хоча системи збору даних можна побудувати на будь-якому ПЛК, але у зв'язку із зазначеними вище особливостями вони займають окремий сегмент ринку та їх виділяють в окрему групу засобів автоматизації.

Системи збору даних можуть застосовуватися в реальному часі, наприклад, для моніторингу (спостереження) різних процесів, ідентифікації аварійних ситуацій у технологічних процесах, а також для архівування даних, коли їхня обробка відокремлена від процесу збору невизначеним інтервалом часу. У системах реального часу поточні дані зберігаються протягом деякого заданого часу в кільцевому буфері, звідки застарілі дані витісняються новими. В архівуючих системах використовуються накопичувачі інформації великої ємності і дані обробляються після завершення збору.

Архівуючі системи збору даних (логери, самописці) можуть бути автономними пристроями, побудованими на основі мікроконтролера (наприклад, бортові самописці літаків, електронні лічильники тепла або електроенергії, портативні електрокардіографи). Дані, зібрані логерами, для обробки переносяться на комп'ютер за допомогою, наприклад, USB-флеш-пам'яті або через послідовний інтерфейс.

Системи збору даних, побудовані на основі комп'ютера, зазвичай є стаціонарними та використовують універсальне програмне забезпечення (Matlab, LabView, MS Excel), яке дозволяє не лише зібрати дані, а й обробити їх.

Для реєстрації процесів, що протікають швидко (з необхідною частотою відліків більше 1 МГц) використовуються системи з паралельною шиною, у тому числі плати для шини PCI комп'ютера. Комп'ютерні плати мають обмежену кількість входів, що визначається комп'ютерним конструктивом, і вимагають зовнішніх клемних блоків для приєднання джерел сигналу, створюючи незручності при монтажі системи.

Для реєстрації повільних процесів зручнішими є зовнішні пристрої, що підключаються до комп'ютера через COM-, USB- або Ethernet-порт. Зовнішні пристрої відрізняються також меншим рівнем шумів, у той час як плати, що

вставляються в комп'ютер, піддаються впливу наведень від цифрових кіл комп'ютера.

Система збору даних може бути розподілена, коли пристрої введення розподілені територіально по об'єкту збору даних, а отримані дані сходяться до єдиного накопичувача та обробника даних за допомогою мережових технологій. Мережеві (розподілені) системи збору даних мають властивість практично необмеженого нарощування кількості каналів, проте мають обмеження на швидкість передачі даних по мережі.

Для типових завдань збору даних у промисловості випускаються пристрої з невеликою кількістю входів (від кількох десятків до кількох сотень). Для великих систем (від одиниць до сотень тисяч входів) розробляються спеціалізовані системи. До них можна віднести, наприклад, систему «Грейн» для температурного моніторингу елеваторів, яка збирає дані з декількох тисяч датчиків температури, або систему COMPASS, що збирає дані з 250 тис. датчиків в ядерному центрі CERN зі швидкістю 160 Мбіт/с.

Входи систем збору даних можуть бути універсальними (потенційними та струмовими) або спеціалізованими (наприклад, для термопар, термоперетворювачів опору або тензодатчиків). Системи зі спеціалізованими входами економічно ефективніші для споживача. Універсальні входи використовуються спільно з вимірювальними перетворювачами фізичних величин струм або напруга. Існують також системи з гібридними входами, наприклад, коли кілька входів приймають сигнали термопар, інші входи сигнали тензодатчиків, треті сигнали термометрів опору і т.д.

Входи можуть бути диференціальними, одиночними, цифровими чи дискретними (двійковими). Диференціальні входи дозволяють ефективніше придушувати зовнішні перешкоди, що наводяться на кабель, який передає сигнал від датчика до модуля введення. Для передачі сигналу найчастіше використовується напруга в діапазоні $0... \pm 5$ В, $0... \pm 10$ або струм $0...20$ мА, $4...20$ мА. Сигнали напруги виробляються джерелами напруги і мають високу стійкість до перешкод ємнісних наведень, сигнали струму виробляються

джерелами струму і стійкі до індуктивних наведень. Дискретні входи приймають логічні сигнали ("0" або "1"), які надходять від кінцевих вимикачів, датчиків охоронної або пожежної сигналізації, електромагнітних реле, датчиків наявності напруги тощо. Цифрові входи приймають сигнали від пристроїв з цифровим виходом, наприклад, від цифрових датчиків температури

Основними параметрами систем збору даних є кількість каналів, похибка, динамічна похибка, час встановлення або смуга пропускання, роздільна здатність, ефективна кількість розрядів, частота дискретизації, наявність гальванічної ізоляції входів та інтерфейсу, захист від недбалого використання, перевантажень і перегріву.

Системи збору даних зазвичай мають 4, 8, 16, 32, 64... входи, які опитуються по черзі або одночасно. Системи з одночасним опитуванням складаються з ідентичних каналів, що виконують аналого-цифрове перетворення вхідної величини паралельно, тобто одночасно для всіх каналів. Такі системи зустрічаються рідко через високу вартість. Зазвичай опитування входів виконується по черзі за допомогою комутатора. Тому дані різних каналів виявляються зрушеними за часом на деяку затримку, рівну відношенню періоду опитування до кількості каналів.

Прикладом системи збору даних може бути серія систем збору даних RealLab, побудована за модульним принципом, тобто систему з необхідною кількістю входів можна зібрати з модулів окремих будівельних блоків. Модулі з'єднуються між собою за допомогою промислового інтерфейсу RS-485 і розташовуються або в загальній монтажній шафі, або розподілені об'єктом збору даних таким чином, щоб зменшити довжину кабелю від датчика до модуля. Зібрані дані в цифровій формі передаються промисловою мережею в центральний комп'ютер або контролер. Модулі RealLab можуть працювати у стандартних мережах Modbus RTU або у стандартній де-факто мережі DCON, мають відкритий протокол обміну. Кожен модуль у мережі має свою адресу, тому для опитування модулів комп'ютер надсилає їм команду, що містить адресу та код операції, яку необхідно виконати.

Наближення модулів введення датчиків має кілька переваг. По-перше, скорочується кількість дротів, оскільки цифровий інтерфейс RS-485 має лише два дроти, а передає дані від великої кількості модулів. Це зручно при зборі даних з територіально розподілених об'єктів, наприклад, при зборі даних про температуру та вологість у теплиці, яка має площу 10 га, багатоповхувий будівлі або на елеваторі. По-друге, знижується потужність наведених перешкод через скорочення довжини проводів з аналоговими сигналами, спрощується технічне обслуговування та діагностика системи.

Завдяки застосуванню стандартного протоколу обміну в систему збору даних на модулях RealLab можуть бути включені пристрої введення інших виробників, наприклад вольтметр фірми Hewlett-Packard або касовий апарат, лічильник електроенергії або метеостанція.

3. КОМП'ЮТЕР ЯК ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Незважаючи на те, що існує багато традиційних варіантів застосування ПЛК для вирішення проблем автоматизації, багато завдань набагато ефективніше вирішуються за допомогою персональних комп'ютерів замість контролера. Комп'ютер може бути використаний також як пульт оператора (диспетчера) або одночасно виконувати функції контролера і пульта оператора. У задачах автоматизації широко застосовують як офісні, і промислові комп'ютери.

3.1 Комп'ютер в якості контролера

Комп'ютер може бути перетворений на повноцінний контролер, якщо туди встановити [3]:

- систему програмування контролерів (наприклад, CoDeSys або ISaGRAF);
- електронний диск замість звичайного жорсткого диска;
- плати введення-виходу або зовнішні модулі введення-виходу;
- сторожовий таймер.

Електронний диск є ПЗП, що складається з мікросхем флеш-пам'яті і конструктивно виконаний як корпус звичайного жорсткого диска формату 2.5", 3.5" або 5.25" зі стандартними інтерфейсами IDE і SCSI. Основною перевагою електронного диска є його висока стійкість до вібрацій, відсутність акустичного шуму, висока надійність, низьке енергоспоживання та мала вага.

Плати та зовнішні модулі введення-виведення для комп'ютера випускаються багатьма незалежними виробниками, що стало можливим завдяки наявності стандартів для конструктивного виконання шин як промислових, так і офісних комп'ютерів.

Сторожовий таймер необхідний для перезавантаження комп'ютера у разі його зависання. Зауважимо, що комп'ютер має набагато більший, ніж

контролер, час перезавантаження під час використання офісної операційної системи Windows.

До переваг персональних комп'ютерів (ПК) під час їх використання у якості контролерів відносяться:

- на порядок більша ємність оперативної пам'яті;
- наявність жорсткого диска із майже необмеженою ємністю;
- на порядок вища швидкодія;
- швидкий розвиток апаратного забезпечення (модернізація комп'ютерів відбувається кожні 4...6 місяців, контролерів – кожні 3...5 років);
- у кілька разів нижча ціна;
- наявність великої кількості фахівців, які добре володіють персональним комп'ютером;
- підтримка комп'ютером принтера, звукових карт, систем розпізнавання та синтезу мовлення, систем розпізнавання образів та тексту, а також інших засобів, недоступних для контролера;
- легка заміна комп'ютера на потужніший без зміни програмного забезпечення;
- підтримка клавіатури, миші та монітора;
- можливість комплектації комп'ютера із частин, що виробляються великою кількістю незалежних виробників;
- можливість створення всієї системи автоматизації за допомогою SCADA-пакетів (наприклад, MasterSCADA, Trace Mode) без залучення систем програмування контролерів та засобів зв'язку контролера з комп'ютером;
- наявність стандартів на шини, що забезпечує велику кількість незалежних постачальників стандартних комп'ютерних плат.

Хоча промислові комп'ютери, наближаючись за умовами експлуатації до контролерів, втрачають деякі з переваг ПК (такі, як швидкодія, швидкість модернізації, низька ціна), інші переваги ПК роблять їх широко поширеними та затребуваними в промисловості.

Із розвитком промислових комп'ютерів та контролерів між ними зникають відмінності. Тим не менш, залишається низка особливостей, які вже не можна назвати суттєвими, але вони зустрічаються найчастіше. Типовий комп'ютер, на відміну від типового контролера, має:

- мишу, клавіатуру та монітор;
- жорсткий диск;
- вузький температурний діапазон (від 0 до +50 ° C);
- операційну систему Windows (іноді використовують ОС реального часу Windows CE, QNX, RTOS);
- вентилятор для охолодження процесора та блоку живлення.

У промислових комп'ютерах іноді використовують операційну систему реального часу, проте вона не завжди є необхідною навіть у системах автоматичного керування. Наприклад, серійно випускаються системи керування мікрокліматом у промислових теплицях протягом багатьох років чудово зарекомендували себе, реалізуючи кілька десятків контурів ПД-регулювання при одночасному архівуванні кількох сотень параметрів. Всі ці завдання вирішуються за допомогою всього одного персонального комп'ютера з ОС Windows модулів введення-виведення серії RealLab. Недоліком комп'ютерів з ОС Windows є час перезавантаження системи при її зависанні.

3.2 Робоча станція (термінал) оператора

Найбільш типовим застосуванням ПК для задач автоматизації є організація робочого місця оператора (диспетчера). Комп'ютер виконує роль людино-машинного інтерфейсу (ЛМІ). Для покращення ергономічності та ефективності роботи оператора застосовують SCADA-пакети із використанням звуку, анімації, високоякісної кольорової графіки та безліччю інтелектуальних функцій, що полегшують роботу оператора.

Для створення ЛМІ використовують монітори із сенсорним екраном, плазмові панелі, проектори екрану комп'ютера на стіну, трекбол, звукові колонки, сирени, клавіатури із ступенем захисту від IP20 до IP67.

Трекбол аналогічний до комп'ютерної миші, перевернутої кулькою вгору, розміром із кульку від 1 до 6 см у діаметрі. Трекбол зручний тим, що при його використанні зап'ястя руки залишається нерухомим, він не вимагає багато місця і може бути використаний при трясінні та вібрації.

Сенсорний екран є скляною або пластиковою пластиною, прикріпленою поверх екрану звичайного монітора. Для визначення координат дотику екрана пальцем оператора використовують в основному чотири фізичні принципи: поглинання пальцем енергії поверхневих акустичних хвиль, зміна ємнісного струму при торканні екрана, зміна опору між двома прозорими провідними поверхнями при натисканні пальцем і принцип затінення інфрачервоних променів, що виходять з випромінювачів. Найбільшого поширення набули резистивні та ємнісні сенсорні екрани.

У промисловій автоматизації використовуються панелі оператора, які замість клавіатури мають кілька спеціалізованих кнопок, а замість монітора – мініатюрний дисплей, на якому вміщається всього кілька рядків тексту або графіки. Такі пристрої підключаються до порту СОМ комп'ютера.

Для монтажу на панель (на дверцятах шафи, на стіну) використовують панельні комп'ютери, які поєднують в одному конструктиві процесорний блок, дисплей із сенсорним екраном та клавіатуру.

3.3 Промислові комп'ютери

Промислові комп'ютери суттєво відрізняються від офісних за конструктивними ознаками, проте використовують ті самі мікропроцесори та архітектуру. Основними відмінностями є такі:

- роз'єми для змінних плат встановлюються на пасивній об'єднувальній панелі, а не на материнській платі;

- для змінних плат використовуються надійні штиркові роз'єми;
- для зміни плат не потрібно розкривати корпус;
- використовуються спеціалізовані промислові комп'ютерні шини CompactPCI, AdvancedTCA, COMExpress, VME, VXI та ін.;
- замість жорсткого диска може бути використана флеш-пам'ять;
- наявність сторожового таймера;
- застосування вентиляторів зі змінним пиловловлюючим фільтром або відсутність вентиляторів;
- міцна несуча конструкція із надійним кріпленням плат пружними планками з гвинтовими затискачами;
- застосування блоків живлення підвищеної надійності, із захистом від КЗ по виходу та з розширеним діапазоном мережевих напруг (від 100 до 250 В); резервування блоків живлення;
- наявність енергонезалежної оперативної пам'яті (з акумуляторним живленням), яка зберігає дані під час збоїв або зникнення живлення;
- в одному конструктиві та на одній об'єднуючій шині може розташовуватися кілька комп'ютерних систем;
- наявність з'ємної флеш-пам'яті;
- застосування, окрім Windows, операційних систем DOS, Linux та операційних систем реального часу.

Конструктивна будова промислового комп'ютера забезпечує захист від пилу, вологи, вібрації, електромагнітних наведень та полегшує технічне обслуговування. Для роботи в діапазоні температур від -40 до $+70$ °C використовується індустриальна елементна база з розширеним температурним діапазоном або, якщо це можливо, штучний підігрів та примусове охолодження.

Монтаж промислового комп'ютера може бути у стандартній 19-дюймовій стійці, на панелі, на столі, на стіні, на DIN-рейці та спеціалізованому конструктиві. Елементи керування промисловим комп'ютером (кнопка скидання, живлення та клавіатура) можуть зачинятися дверцятами з ключем.

За швидкодією та ємністю пам'яті промислові комп'ютери завжди поступаються офісним, що пов'язано з тривалістю розробки нових модифікацій: за час розробки промислового комп'ютера встигає змінити кілька поколінь офісних ПК. Це пояснюється незрівнянно меншою ємністю ринку промислових комп'ютерів у порівнянні з офісними, що визначає розмір інвестицій у нові проекти.

Переважна більшість промислових комп'ютерів належить до магістрально-модульних систем. Вони не мають об'єднувальної материнської плати, замість неї використовується пасивна крос-плата (з'єднувальна плата), що містить лише роз'єми, з'єднані загальною магістраллю. Усі плати комп'ютера вставляються в корпус спереду і закріплюються планками з амортизаторами підвищення вібростійкості. Це зроблено для зручності заміни плат під час обслуговування. Плати з'єднуються з крос-платою за допомогою штиркових роз'ємів, які набагато надійніші за друковані роз'єми в офісних ПК. Кількість слотів змінних плат перевищує 10.

Для промислових комп'ютерів існує кілька стандартів, спрямованих на забезпечення відкритості таких систем. Відкриті стандарти для шин промислових комп'ютерів розробляє консорціум PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group), до якого входять понад 450 компаній комп'ютерної індустрії та телекомунікації. Консорціум був організований у 1994 році, результатами його роботи є стандарти PCI, CompactPCI, AdvancedTCA, COMExpress та ін.

Стандарт PICMG 1.0 дозволяє розмістити до 20 плат розширення в одному корпусі та передбачає застосування шин PCI та ISA, які мають загальну пропускну здатність 538 Мбайт/с.

Стандарт PICMG 1.3 базується на послідовній шині PCI Express. В основі PCI Express лежить послідовна передача даних по декількох незалежних послідовних каналах передачі (від 1 до 32), що виключає необхідність синхронізації бітів у слові, що передається, як у паралельних шинах. Кожен канал PCI Express складається з двох однонаправлених ліній передачі (по одній

у кожному напрямку) і використовує фізичний рівень стандарту LVDS (Low Voltage Differential Signaling - "низьковольтна диференціальна передача сигналу"), який заснований на балансовому способі передачі по витій парі проводів. Тактова частота каналу становить 2,5 ГГц, що забезпечує пропускну спроможність однієї лінії передачі 250 Мбайт/с і всієї шини до 8 Гбайт/с у кожному напрямку при кількості ліній 32. Застосування шини PCI Express дозволяє встановити відразу кілька портів Ethernet 1000Base-T на одній процесорній платі та збільшити кількість USB-портів до 10-ти.

Шина VMEbus була розроблена на початку 1980-х років, але досі широко використовується завдяки існуванню великої кількості виробників та вибору плат. VMEbus-плати мають розмір конструктиву "Євромеханіка". Пропускна здатність 16- або 32-розрядної шини VMEbus складає 40 Мбіт/с. Існує також 64-розрядна версія шини з пропускну здатністю 80 Мбіт/с. Для автоматизованих вимірювальних систем використовується VXI шина (VME eXtension for Instrumentation), яка є модифікацією шини VMEbus.

Стандарт "Євромеханіка" встановлює розміри та типи друкованих плат, модулів, блоків, субблоків, 19-дюймових шаф та стійок. У конструктиві Євромеханіка для передачі інформації між окремими платами найчастіше використовують шину Compact PCI (3 PCI), яка розроблена на основі звичайної PCI (Peripheral Component Interconnect) шини версії 2.1. Від звичайної шини PCI вона відрізняється вдвічі більшим числом підтримуваних слотів (до 8-ми). Тактова частота шини становить 33 або 66 МГц, ширина – 32 або 64 біта, пропускна здатність – 133 або 266 Мбайт/с. Конструктивно плати з шиною Compact PCI являють собою єврокарти висотою 3U (100×160 мм) з одним роз'ємом або 6U (233×160 мм) - з двома роз'ємами. Контакти живлення в роз'ємах зроблені довшими, ніж сигнальні, тому при заміні плати живлення подається раніше, ніж сигнали. Це дозволяє "гарячу заміну" плат при відповідному доопрацюванні програмного забезпечення. У системах автоматизації вимірювань широко використовується шина PXI (PCI eXtensions

for Instrumentation), розроблена фірмою National Instruments і використовувана з тими самими конструктивами, що й Compact PCI.

Комп'ютери стандарту PC/104 є найменшими у класі магістрально-модульних систем, розмір плати становить 90×96 мм. Перші вироби на основі цього стандарту з'явилися в 1992 на транспорті і в системах оборони для керування безпілотними літальними апаратами, в ракетних комплексах, бортових системах контролю та навігації. Стандарт PC/104 використовує шину ISA, але із зміненими типами роз'ємів (використовується 104 контакти) та навантажувальними характеристиками ліній шини.

У 1997 р. консорціум PC/104 ввів специфікацію PC/104-Plus, до якої було додано інтерфейс PCI з 120 контактами. Пізніше були введені стандарти PC/104+, PCI-104 та PCI/104express із шиною PCI-Express. Плати стандартів PC/104 збираються бутербродом і скріплюються втулками і гвинтами. Такий конструктив використовується для невеликих систем, зазвичай, кількість плат не перевищує чотирьох.

Широке поширення у промисловій автоматизації набули також одноплатні комп'ютери. Основною їх перевагою є відсутність роз'ємів, малі габарити, наприклад, 90×96 мм для стандарту PC/104 або з форм-фактором 2,5" (100×66 мм), 3,5" (102×144 мм) або 5,25" (260×180 мм), мале енергоспоживання.

Одним із варіантів розширення функціональних можливостей промислових комп'ютерів є застосування мезонінних плат. Мезонінною називається плата, яка розташовується паралельно до основної і з'єднується з нею роз'ємами. Стандарти на технологію мезоніну підтримуються консорціумом GroupIPC.

4. ПРИСТРОЇ ВВЕДЕННЯ-ВИВЕДЕННЯ У СКЛАДІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Пристрої (модулі) введення-виведення є інтерфейсом між процесором ПЛК і реальним світом. В ідеальному випадку бажано мати в процесорі значення вимірних сигналів у будь-який момент часу. Однак оскільки кількість каналів введення-виведення в деяких системах може досягати тисяч, а вимірювальні канали завжди мають обмежену пропускну здатність, виміряні значення надходять у процесор в дискретні моменти часу.

Існує кілька рівнів та способів опитування безлічі каналів введення. Сучасний модуль введення має власний мікроконтролер, який виконує циклічне опитування всіх каналів і поміщає отримані дані в буфер. Якщо за алгоритмом роботи системи автоматизації використовуються лише кілька каналів модуля, то канали, що не використовуються, можна замаскувати (виключити їх з процедури опитування), якщо це потрібно для збільшення швидкодії системи. При вступі в модуль команди зчитування значень з входів зібрані дані передаються з буфера модуля ПЛК, де поміщаються в буфер ОРС сервера або в певну область ОЗП.

Опитування модулів може виконуватися циклічно з однаковою частотою всіх модулів, чи з різною частотою.

Другий варіант дозволяє зменшити завантаженість шини, за якою виконується обмін даними між модулями введення та процесорним модулем.

Циклічне опитування всіх модулів із заздалегідь заданою частотою сильно завантажує шину, за якою модулі введення зв'язуються з процесором. Це особливо очевидно, якщо процесор сканує входи для виявлення сигналу від аварійного датчика, який може спрацювати один раз на 10 років, або якщо дані від датчика температури вводяться в умови, коли температура постійна. У подібних випадках більш ефективними є багатомайстерні шини (наприклад, CAN або Profibus). Вони дозволяють використовувати режим підписки, у якому

процесор модуля введення, де сталася зміна стану входу, є ініціатором обміну даними.

Найбільшого поширення в промисловій автоматизації знайшли однамаїстерні шини та циклічне опитування (polling) модулів введення через свою простоту і порівняно низьку вартість. Модулі введення та виведення у промисловій автоматизації мають гальванічну ізоляцію між вхідними (вихідними) затискачами та шиною контролера. Напруга випробування ізоляції становить від 2500 В (рідше від 500 В) до 4000 В.

Іноді потрібно виконати одночасне опитування входів усіх модулів введення або вивести дані одночасно до каналів усіх модулів виведення. Для вирішення цієї проблеми використовують широкомовні команди, які сприймаються всіма модулями одночасно і виконують ввід або вивід даних у свої буферні регістри одночасно. Після цього звичайним циклічним опитуванням дані по черзі вводяться в процесорний модуль.

Модулі введення з'єднуються з процесором послідовною чи паралельною шиною. У магістрально-модульних системах використовуються паралельні шини ISA, PCI, PCI Express, PC/104, SpeedBus, VME та ін., у модульних ПЛК – нестандартні, послідовні та паралельні шини. У контролерах з розподіленими (віддаленими) модулями введення-виведення найбільш поширені послідовні шини на основі інтерфейсів RS-485 та CAN.

Перевагою паралельної шини є висока пропускна здатність, що дозволяє виконувати сканування модулів введення з високою частотою та використовувати модулі аналогового введення з тактовою частотою АЦП до 100 кГц. Однак невелика довжина паралельної шини, обмежена розсинхронізацією окремих біт в слові, що передається, не дозволяє підключити до одного контролера більше 32 модулів. Контролери із послідовною шиною мають протилежні властивості. Крім того, вони дозволяють організувати розподілені системи збору даних та керування. Більшість паралельних та послідовних шин контролерів є однамаїстерними, оскільки багатемаїстерні шини суттєво складніші та дорожчі.

Обмін даними з модулем виконується за адресою, яка зазвичай записується в ПЗП модуля. Іноді адресою є номер слота, у який вставляється модуль, або положення мікроперемикача.

Кола входів та виходів модулів введення повинні мати гальванічну ізоляцію. Гальванічна ізоляція може бути поканальною, коли кожен канал ізольований від інших, або групова. Зазвичай використовують групову ізоляцію. У віддалених модулях розподілених ПЛК може бути використана індивідуальна гальванічна ізоляція інтерфейсу RS-485 кожного модуля або групова ізоляція інтерфейсів декількох модулів за допомогою одного модуля повторювача інтерфейсів. Для передачі напруги живлення в ізольовану частину модуля використовуються DC-DC-перетворювачі, побудовані із застосуванням мініатюрних розв'язуючих трансформаторів.

Сучасні модулі введення-виведення можуть виконувати крім функцій введення деяку обробку інформації, що вводиться, і додаткові функції: компенсацію температури холодного спаю термопар, лінеаризацію нелінійних датчиків, діагностику обриву датчика, автоматичне калібрування, ПД-регулювання, керування рухом. Перенесення частини функцій контролера в модулі введення-виведення є сучасною тенденцією, спрямованою на збільшення ступеня розпаралелювання завдань керування, забезпечення незалежності локальних модулів (які за своїми функціями наближаються до ПЛК) і зменшення потоку інформації між процесорами, що працюють паралельно в модулях введення-виведення. За таким принципом побудовано, зокрема, модулі RealLab.

4.1 Введення аналогових сигналів

Різноманітність фізичних явищ породжує різноманітність датчиків, кожному з яких є відповідний пристрій введення. Для уніфікації (скорочення числа типів) модулів введення використовують пристрої нормування сигналів,

які перетворюють фізичну величину, що вимірюється, у стандартний електричний сигнал, відповідний ДСТУ 26.011–80.

Фактично в промисловій автоматизації використовуються такі стандартні діапазони аналогових сигналів: 0...10 В, 0...±10 В, 1...5 В і 4...20 мА. Вхідний опір потенційних входів має бути не менше 10 кОм для діапазонів 0...10 В і 0...±10 В, не менше 5 кОм для діапазону 1...5 В і не більше 300 Ом для діапазону 4... 20 мА.

Застосування стандарту дозволяє виготовити один тип універсального пристрою введення зі стандартними діапазонами для всіх типів датчиків зі стандартними вихідними сигналами. Однак для таких датчиків, як термопари, термоперетворювачі опору, в силу їх широкої поширеності, нормуючі перетворювачі вбудовують в самі модулі введення. Тому крім універсальних модулів введення набули поширення спеціалізовані модулі введення сигналів термодатчиків, термоперетворювачів опору та тензорезисторів.

Розглянемо типову структуру модулів введення аналогових сигналів з прикладу серії RealLab [4]. На рис. 4.1 наведено структуру модуля NL-4RTD, яка є типовою, і на її прикладі можна розглянути базові принципи побудови сучасних модулів введення аналогових сигналів.

Основною частиною модуля введення є аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Зазвичай використовують один АЦП для введення кількох (зазвичай 8 або 16) аналогових сигналів. Для підключення джерел сигналу до АЦП використовується аналоговий комутатор на МОП-транзисторах. Введення кількох сигналів виконується послідовно у часі. У випадках, коли необхідно одночасне введення, використовують модулі, у яких кожен канал має свій АЦП.

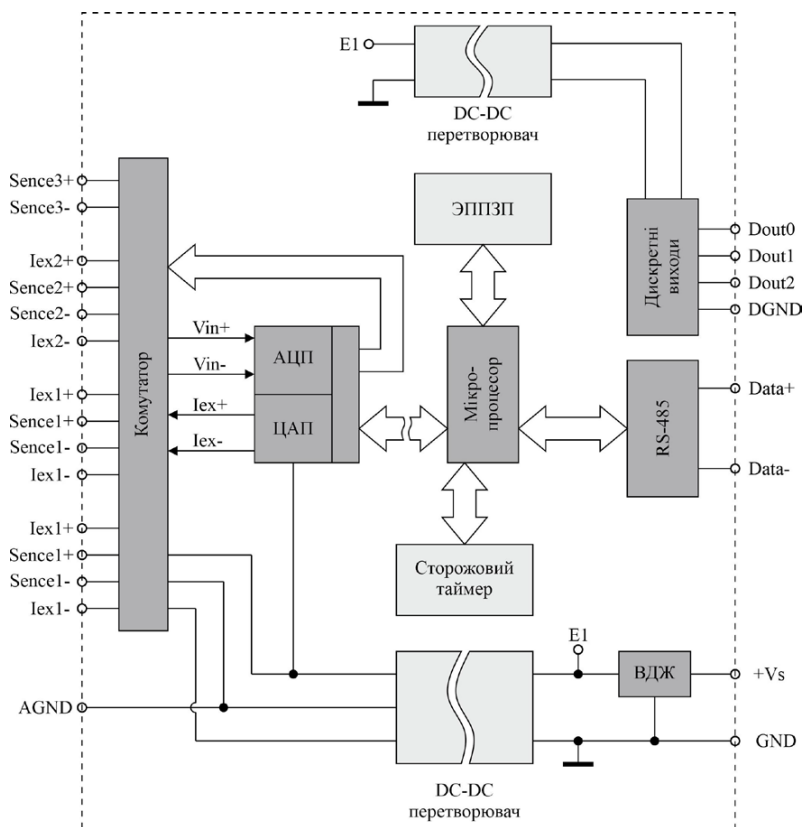


Рис. 4.1. Структура модуля NL-4RTD для введення сигналів термоперетворювачів опору

У модулях введення зазвичай використовують диференціальні входи, які дозволяють створити канал передачі аналогового сигналу, більш захищений від перешкод у порівнянні з одиночними (не диференціальними) входами. Деякі модулі (наприклад, NL-8AI) дозволяють програмно задавати конфігурацію входів: диференціальні чи одиночні.

Вхідні кола пристроїв введення прийнято захищати від статичної електрики, підвищеної напруги, зміни полярності. Для захисту використовують спеціальні мікросхеми, в яких активним елементом є МОП-транзисторний ключ. При підвищенні напруги вище за допустимий рівень ключ замикається,

оберігаючи чутливі входи від підвищеної напруги. Вимірювальні кола будують таким чином, щоб опір відкритого МОП-ключа не вносив похибку у результат вимірювання. Для цього ключ використовують або для передачі потенціалу, коли струм, що протікає через відкритий ключ, дуже малий, або для передачі струму, коли інформація переноситься у формі струму і тому падіння напруги на ключі не вносить похибку в переданий сигнал.

Модулі введення можуть мати діапазони вхідних сигналів, які програмно перемикаються. Наприклад, модуль NL-8TI фірми НІЛ АП має вхідні діапазони ± 15 мВ, ± 50 мВ, ± 100 мВ, ± 500 мВ, ± 1 В, $\pm 2,5$ В, ± 20 мА. Діапазони вимірювань зазвичай задаються для всіх входів однаковими. Модулі NL серії RealLab дозволяють кожному входу задавати свій діапазон вимірів.

Сучасна елементна база дозволяє будувати недорогі модулі аналогового введення з похибкою вимірювань $\pm 0,05$ %, що ще 10 років тому можна було реалізувати лише у стаціонарних та дорогих вольтметрах.

Для комутації вхідних ключів модуля використовується програма, що виконується мікроконтролером. Ця процедура досить проста і для її виконання можна використовувати мікроконтролер, який входить до складу деяких АЦП. Це дозволяє зменшити кількість каналів гальванічної розв'язки між аналоговими входами та портом RS-485. Мікропроцесор типового модуля введення виконує такі функції:

- реалізує протокол обміну із ПЛК;
- виконує команди, що посилає ПЛК в модуль;
- реалізує виконання функцій автоматичного калібрування, діагностики обриву або КЗ в колі датчика;
- перетворює формати даних (інженерний формат – в одиницях вимірюваної величини, в шістнадцятковий формат, відсотки від діапазону вимірювань);
- встановлює швидкість обміну з ПЛК (для ПЛК із розподіленими модулями введення-виведення);

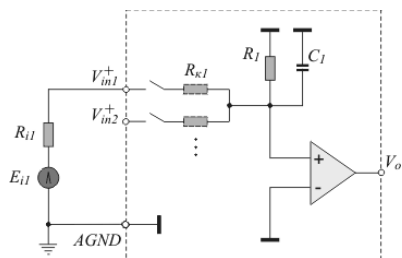
- виконує цифрове фільтрування вхідного сигналу (в модулях RealLab ця операція виконується контролером, вбудованим в АЦП).

У постійній пам'яті ПЗУ модуля зберігаються калібрувальні коефіцієнти, адреса модуля, програма, таблиці лінеаризації нелінійних характеристик термопар та термоперетворювачів опору. Сторожовий таймер виконує перезавантаження (скидання) мікроконтролера у разі його зависання.

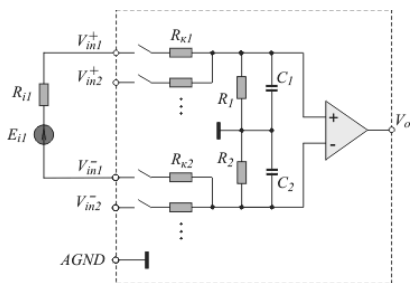
У модулі введення рис. 4.1 є канали виведення дискретних сигналів. Це дозволяє реалізувати на одному модулі ПД-регулятор з широтно-імпульсним (ШИМ) керуванням виконавчим пристроєм.

Живлення внутрішніх вузлів модуля виконується від внутрішнього стабілізатора напруги, який дозволяє подавати зовнішню напругу живлення в широкому діапазоні, зазвичай від 10 до 30 В. Великий діапазон напруг живлення дуже корисний у розподілених системах, коли модулі введення можуть перебувати на значній відстані один від одного і тому падіння напруги на опорі проводів живлення досягає 10...20 В.

Реалізація потенційного одиночного та диференціального входу показана на рис. 4.2.



а



б

Рис.4.2. Потенційний одиночний (а) та диференціальний (б) вхід

Кола живлення модулів захищаються від неправильної полярності напруги живлення та від перевищення напруги живлення над допустимим значенням. Захист виконується діодами, стабілітронами, позисторами та плавкими запобіжниками.

Для інтерфейсу RS-485 використовується захист від статичної електрики, електромагнітних імпульсів, короткого замикання та перегріву вихідного каскаду. Додатково в модулях RealLab зроблено захист на позисторах та стабілітронах від підвищеної напруги в лініях зв'язку.

Для читання даних із входів модуля, зміни вхідного діапазону, частоти обміну та виконання інших функцій процесор ПЛК надсилає до модулів команди. Команди можуть мати текстовий формат (так зроблено в протоколі DCON та Modbus ASCII) або шістнадцятковий (у протоколі Modbus RTU).

Наведемо приклад кількох команд у текстовому форматі.

Команда читання даних із модуля аналогового введення має вигляд текстового рядка

#AA[CHK](cr), де AA – адреса (від 00 до FF).

Наприклад, якщо модуль має адресу 04, то команда матиме вигляд #04. Відповідь на цю команду піде у вигляді восьми чисел, що відповідають сигналам на восьми входах модуля введення, наприклад $>+1.2345+0.3456+0.0001+2.5000+1.2345+0.3456+0.0001+2.5000$, де ">" – символ початку відповіді.

Для читання даних із каналу з номером N можна використовувати команду #AAN, наприклад #042, відповідь на яку може бути отримана у вигляді одного значення напруги на вході модуля $>+1.2345$.

Для виконання автокалібрування подається команда \$AA0, де AA – адреса модуля.

Повний список команд для модулів RealLab (їх близько 50 для кожного модуля) можна знайти у документації на сайті НДІ АП [4].

4.2 Модулі введення струму та напруги

Потенційні входи модулів введення (рис. 4.3) використовуються для вимірювання напруги. Ідеальний потенційний вхід має нескінченно великий опір та нульову ємність, оскільки при підключенні до вимірюваного ланцюга він не повинен впливати на його динамічні чи статичні характеристики. В реальних умовах внутрішній опір джерела сигналу R_{i1} та опір відкритого ключа R_{x1} утворюють дільник напруги з вхідним опором R_i на постійному струмі та ємністю C_1 у динамічному режимі (рис. 4.3,а). Тому повний вхідний опір модуля введення вносить методичну мультиплікативну похибку в результат вимірювання, яку завжди слід оцінювати, виходячи з паспортних даних модуля. Типовими значеннями вхідних параметрів є $R_{x1} \approx 200$ Ом, $R_i \approx 20$ Ом, $C_1 \approx 1$ нФ, тому для забезпечення методичної похибки величиною 0,01 % опір джерела сигналу має бути не більше ≈ 2 кОм. Однак, оскільки зазначена похибка не

залежить від напруги джерела сигналу, її можна компенсувати в контролері або модулі введення.

Опір та ємність, показані на рис. 4.3,а, утворюють фільтр низької частоти першого порядку з постійною

часу $T \approx (R_{i1} + R_{x1})C_1 \approx 1.2$ мкс при $R_i \approx 2$ кОм, $C_1 \approx 1$ нФ, $R_{x1} \approx 200$ Ом (вважаємо, що $R_i \gg R_{i1} + R_{x1}$), який вносить також динамічну похибку в результат вимірювання.

Для модулів з диференціальними входами (рис. 4.3,б) оцінка методичної похибки проводиться аналогічно.

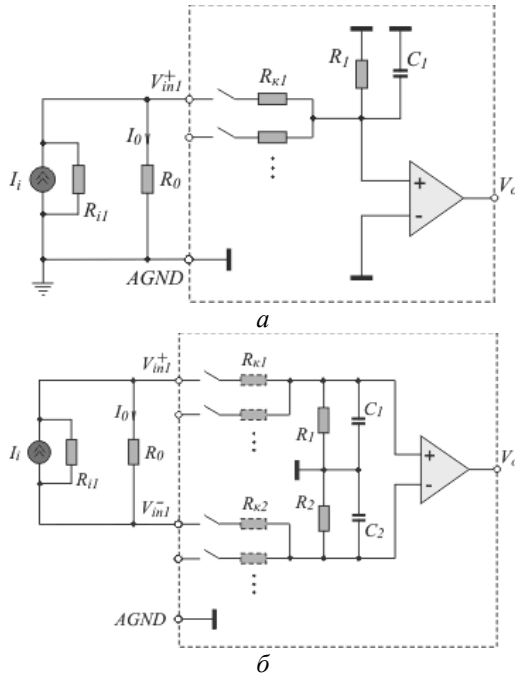


Рис.4.3. Струмівий вхід на основі одиничного (а) і диференційного (б) потенціального входу

Для зменшення похибки слід збільшувати вхідні опори R_1 , R_2 та зменшувати ємності C_1 , C_2 . Однак у схемі з диференціальним включенням збільшення R_1 , R_2 і зниження C_1 , C_2 веде до зростання ємнісного наведення, а також до збільшення синфазної перешкоди, викликаній вхідними струмами

операційного підсилювача та атмосферною електрикою. Синфазна перешкода може стати настільки великою, що напруги на входах операційного підсилювача вийдуть за межі динамічного діапазону. Тому при роботі з диференціальними входами слід дотримуватись правил виконання сигнального заземлення. Виведення на рис. 4.2 та рис. 4.3 слід з'єднувати з екраном кабелю джерела сигналу або не з'єднувати ні з чим.

Струмові входи модулів введення використовуються для введення величини струму, наприклад, стандартного сигналу 4...20 мА. Перетворення струму в напругу виконується за допомогою резистора величиною 125, 250 або 500 Ом, максимальне падіння напруги на якому становить відповідно 2.5, 5 або 10 В. Для введення в контролер отриманої напруги використовується модуль з диференціальним або одиночним входом (рис. 4.4). Вимірювальні резистори можуть бути встановлені ззовні модуля введення (на його вхідних клеммах) або всередині.

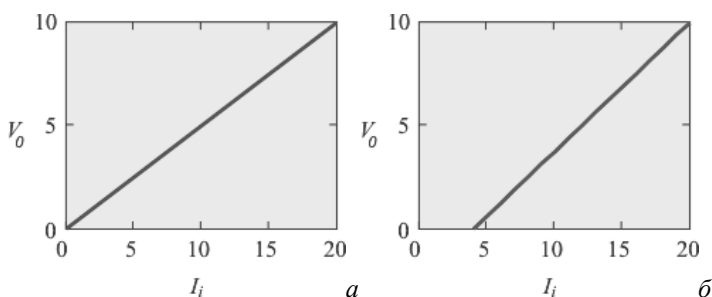


Рис.4.4. Перетворення струму на вихідний сигнал для діапазону 0...20 мА(а) та 4...20 мА(б)

Вимірювальні резистори можуть бути прецизійними, тоді для отримання точних вимірювань достатньо відкалібрувати модуль тільки в режимі введення напруги. При використанні резисторів низької точності їх похибку можна компенсувати шляхом калібрування модуля спільно з вимірювальним резистором у режимі вимірювання струму. Однак для цього необхідно виконати калібрування кожного каналу окремо. Якщо модуль не дозволяє виконувати індивідуальне калібрування кожного каналу, формулу для внесення поправок та її коефіцієнти можна зберегти в OPC-сервері або флеш-пам'яті ПЛК.

При використанні діапазону струмів 0...20 мА струм перетворюється на напругу за формулою $V_0 = R_0 I_i$ для діапазону 4...20 мА – за формулою $V_0 = \frac{20\text{ мА}}{16\text{ мА}} R_0 (I_i - 4\text{ мА})$ (див. рис. 4.4).

При цьому струму 4 мА відповідає вихідний сигнал, що дорівнює нулю. Зміщення рівня нуля на 4 мА необхідне забезпечення можливості діагностування обриву в колі датчика.

4.3 Вивід аналогових сигналів

Модулі аналогового виведення призначені для виведення з комп'ютера або контролера інформації аналогової форми. Аналогові сигнали на виході модулів виведення можуть бути представлені у вигляді стандартних сигналів струму (0...20 мА та 4...20 мА) або напруги (0...5 В, ± 10 В). Модулі аналогового виведення використовуються в основному для керування виконавчими пристроями з аналоговим керуючим входом, але можуть бути використані також у вимірювальних системах, для електрофізичних досліджень або побудови випробувальних стендів.

Структуру типового модуля виведення аналогових сигналів розглянемо на прикладі модуля NL-4АО (рис. 4.5).

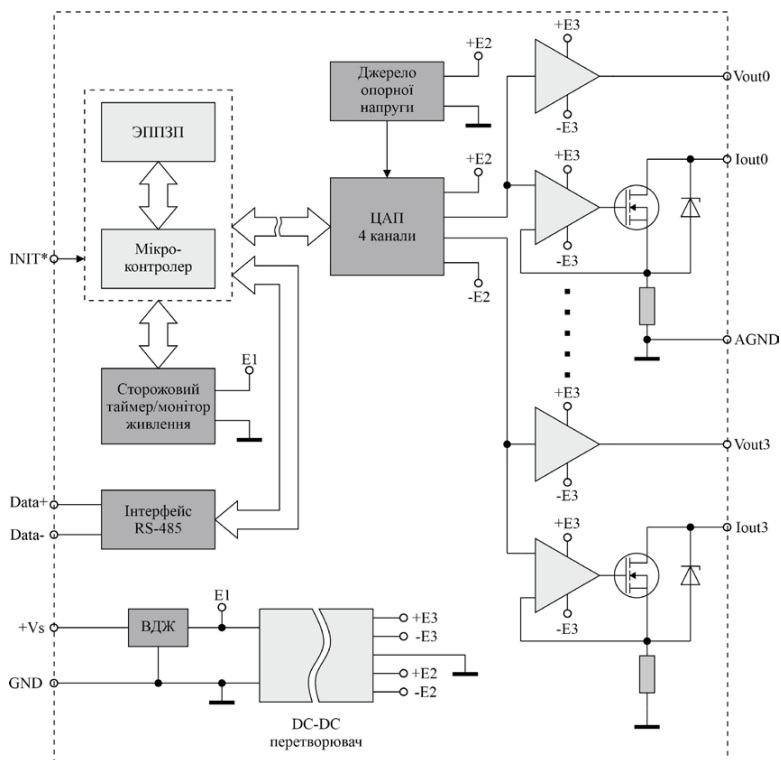


Рис.4.5. Структурна схема модуля виведення аналогових сигналів NL-4АО (ВДЖ -вторинне джерело живлення)

Інформація до модуля виведення надходить з керуючого контролера або комп'ютера зазвичай через інтерфейс RS-485, в деяких модулях виведення використовують інші послідовні або паралельні інтерфейси. Типовою для засобів промислової автоматики є гальванічна ізоляція аналогової вихідної частини модуля від цифрової частини, що включає мікропроцесор. Модуль керується командами, що надходять за допомогою стандартного протоколу Modbus RTU або DCON.

Для правильного застосування модулів аналогового виведення треба знати схему вихідного каскаду (див. рис. 4.5). Вивід напруг здійснюється за допомогою цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) та операційного підсилювача (ОП). Завдяки глибокому зворотному зв'язку вихідний опір ОП на

постійному струмі становить соті частки Ома, що дозволяє з високою точністю вважати його ідеальним джерелом напруги. Для захисту модуля від перевантаження по виходу використовуються ОП із захистом, виконаним на тому ж напівпровідниковому кристалі, що і сам ОП.

Внаслідок частотної залежності коефіцієнта посилення модуль вихідного опору каскаду на ОП $r_{\text{вих}}(f)$

залежить від частоти:

$$r_{\text{вих}}(f) = \frac{r_0}{K_0} \frac{f_1}{f},$$

де f – частота, де шукається вихідний опір; r_0 – вихідний опір ОП без зворотного зв'язку; f_1 – частота одиничного посилення ОП, зазвичай, дорівнює 1 МГц; K_0 – коефіцієнт посилення ОП на постійному струмі (на нульовій частоті).

Наведений вираз справедливий з похибкою близько 10 % при $f_0 < f < 10 f_1$, де $f_0 \approx f_1 K_0$ – гранична частота ОП без зворотного зв'язку за рівнем 0,702. Наприклад, при типових значеннях $r_0 = 100$ Ом; $f_1 = 1$ МГц; $K_0 = 10^5$ отримаємо $r_{\text{вих}} = 10^{-3}$ Ом на постійному струмі, але $r_{\text{вих}} = 1$ Ом на частоті 1 кГц та $r_{\text{вих}} = 10$ Ом на частоті 10 кГц.

Частотну залежність вихідного опору слід враховувати при розрахунку рівня наведених перешкод, а також методичної похибки модуля виведення, що обумовлена впливом опору навантаження на величину вихідної напруги.

Для виведення аналогового сигналу у формі струму використовуються джерела струму на основі ОП зі зворотним зв'язком (каскади з виходами $I_{\text{out}0} \dots I_{\text{out}3}$ на рис. 4.5). Принцип їх дії заснований на тому, що ОП з негативним зворотним зв'язком має нульову напругу між його входами завдяки високому коефіцієнту посилення. Тому вся вхідна напруга виявляється прикладеною до опору r_0 , і вихідний струм дорівнює вхідній напрузі, розділений на r_0 . Для того, щоб струм, що протікає через r_0 , дорівнював вихідному струму, у якості транзистора використовують біполярний транзистор з ізольованим затвором або пару з біполярного та МОП-транзистора.

Вихідний опір джерела струму $r_{\text{вих}}(f)$ можна знайти, використовуючи найпростішу модель МОП-транзистора, яка враховує його вихідний опір:

$$r_{\text{вих}}(f) = (R_d + r_0)K(f)S r_0 \approx R_d S r_0 \left(\frac{f_1}{K_0 f} \right),$$

де R_d , S – диференціальний вихідний опір та крутизна МОП-транзистора.

Для типових значень цих параметрів і за $R_d = 100$ кОм отримаємо $r_{\text{вих}} = 5 \cdot 10^{11}$ Ом, тобто вихідний опір фактично визначається опором витоків друкованої плати. Однак на частоті $f = 10$ кОм $r_{\text{вих}} = 50$ кОм і далі падає з ростом частоти.

Таким чином, джерело струму з досить високим ступенем точності і для всіх частот можна вважати "ідеальним" і його вихідний опір можна не враховувати при використанні типового навантаження 250 Ом у стандартній "струмовій петлі" 4...20 мА.

Для живлення транзистора в джерелах струму, побудованих за розглянутою схемою, потрібне додаткове джерело живлення $E_{\text{жив}}$, яке зазвичай знаходиться поза модулем виведення (рис. 4.6).

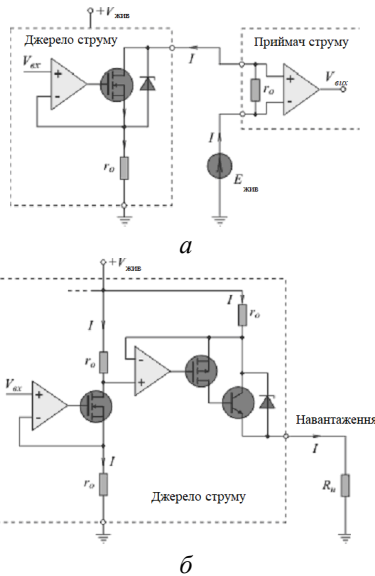


Рис.4.6. Вихідні каскади для струму, що втікає (а) і витікає (б) (схема а вимагає додаткового джерела живлення)

Стабілітрон служить для захисту МОП-транзистору від зовнішніх напруг неправильної полярності та перевищення напруги над допустимим значенням.

Недоліком наведених каскадів є неможливість зміни напрямку струму на протилежний, що пов'язано із застосуванням транзисторів одного типу провідності або з одним типом каналу. Більш складні двополярні схеми у модулях виведення для промислової автоматики не застосовуються.

Похибка модуля виведення складається з таких основних складових:

- похибки дискретності цифро-аналогового перетворювача;
- стабільність джерела опорної напруги;
- внутрішнього шуму модуля;
- ненульового вихідного опору.

Похибка типового модуля введення (на прикладі модуля NL-4AO становить 0,1 % від верхньої межі діапазону (± 10 В для потенційного виходу та 0...20 мА для струмового), розрядність – 12 біт, дискретність зміни вихідної величини – 5 мВ для напруги та 5 мкА для струму, тобто 0,05 % від ширини

діапазону, керується модуль стандартними командами Modbus RTU або командами в ASCII кодах за протоколом DCON.

4.4 Введення дискретних сигналів

У системах автоматизації дуже поширені двійкові сигнали, які надходять від кінцевих вимикачів, датчиків охоронної або пожежної сигналізації, датчиків заповнення ємностей, датчиків збігання стрічки на конвеєрі, датчиків наближення тощо. Такі сигнали не зовсім правильно називаються "дискретними", але цей термін міцно увійшов у практику.

Модулі введення дискретних сигналів у промисловій автоматизації мають кілька різних типів входів:

- вхід типу "сухий контакт";
- дискретний вхід для логічних сигналів у формі напруги;
- вхід дискретних сигналів 110...220 В.

"Сухим контактом" у системах автоматизації називають джерело інформації, що не має вбудованого джерела енергії, наприклад, контакти реле або дискретні виходи типу "відкритий колектор". Для передачі інформації про стан такого контакту необхідне зовнішнє джерело струму чи напруги.

Структура модуля введення дискретних сигналів представлена на рис. 4.7. Мікроконтролер модуля введення виконує періодичне сканування входів або на запит ПЛК. Мікроконтролер виконує також усунення ефекту "брязкоту" "сухих контактів". Команди опитування входів, встановлення адреси, швидкості обміну, формату даних та ін. надсилаються в модуль через послідовний інтерфейс, зазвичай RS-485.

Для правильного застосування модулів дискретного введення необхідно знати структуру та характеристики входних каскадів.

Дискретні входи гальванічно відв'язані від залишку модуля введення. Відв'язка виконується, як правило, за допомогою оптронів з двома випромінюючими діодами, включеними зустрічно. Це забезпечує можливість

підключення до входів дискретних сигналів будь-якої полярності. Гальванічна ізоляція може бути поканальною або груповою. Найчастіше використовується групова ізоляція, оскільки при цьому майже вдвічі зменшується кількість входніх клем модуля.

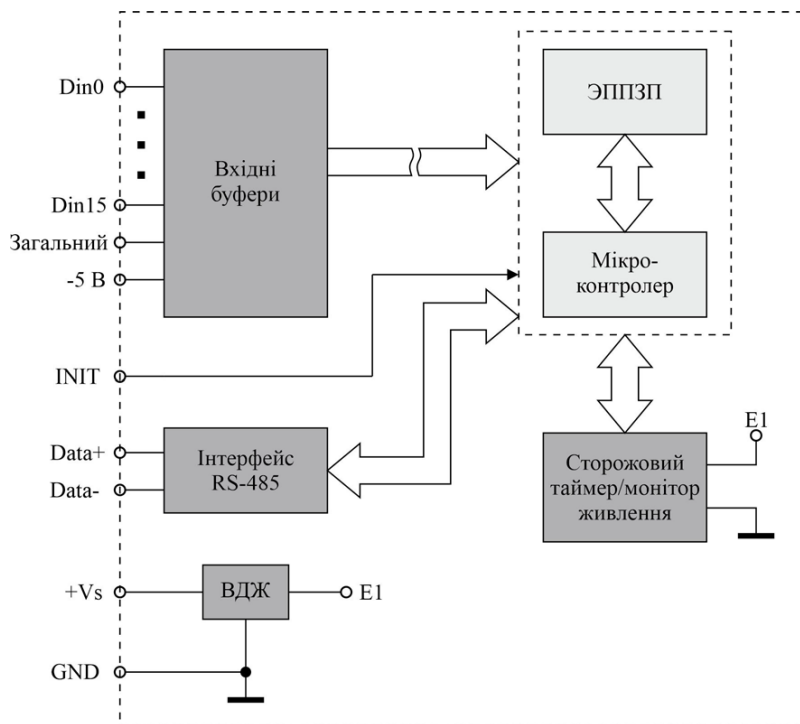


Рис.4.7. Структурна схема модуля введення дискретних сигналів NL-16DI

Конденсатор використовують у входніх каскадах модулів (рис. 4.8, рис. 4.9) для фільтрації височастотних перешкод. Значення граничної частоти вибирається в результаті компромісу між швидкодією модуля та можливістю помилкового спрацювання при дії височастотних перешкод. Типове значення граничної частоти та швидкості опитування входів лежить у районі 1 кГц. Для збільшення стійкості до перешкод використовують також тригери Шмідта на виході сигналів оптронів.

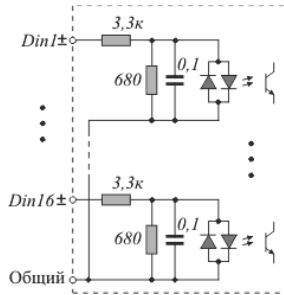


Рис.4.8. Структурна схема входних каскадів каналів дискретного введення

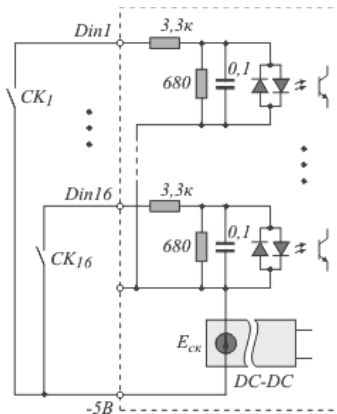


Рис.4.9. Структурна схема входних каскадів для джерел сигналу типу "сухий контакт"

Рівень логічної одиниці дискретних сигналів зазвичай становить від 3 до 30 В, рівень логічного нуля – від 0 до 2 В. Для введення сигналів від джерел типу "сухий контакт" використовують джерело напруги $E_{с.к.}$. Аналогічно підключають дискретні виходи типу "відкритий колектор". Джерело може бути як вбудованим у модуль дискретного введення (як, наприклад, в модулі NL-16DI), так і зовнішнім.

Введення високої постійної напруги виконується за схемою, зображеною на рис. 4.8, проте для зниження потужності, що розсіюється на резисторі, що задає струм, використовують оптрони з малим керуючим струмом і резистор з більшим опором і великою пробивною напругою. Введення сигналів високої (220 В) змінної напруги здійснюється аналогічно розглянутому вище (рис.

4.10), однак замість резистора, що задає струм, для включення оптрону використовують конденсатор, щоб знизити активну потужність, що розсіюється.

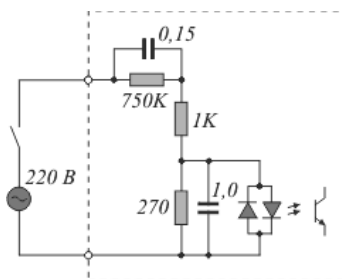


Рис.4.10. Структурна схема входних каскадів для введення дискретних сигналів 220 В

Резистор опором 750 кОм служить для розряду конденсатора при відключених входах, що є стандартною вимогою електробезпеки. Резистор опором 1 кОм обмежує кидок струму в момент комутації входу, призначення інших елементів - таке ж, як у колі на рис. 4.8 та 4.9.

Каскади для високої напруги можуть бути із загальним проводом або незалежні.

Для відображення стану дискретних входів (увімкнено/вимкнено) використовують світлодіоди, які включають або до оптрону, або після нього.

4.5 Вивід дискретних сигналів

Вивід дискретних сигналів використовується для керування станом увімкнено/вимкнено виконавчих пристроїв. Пристрої виведення відрізняються великою різноманітністю. Знання структури вихідних каскадів необхідне для правильного їх застосування.

Вихідні каскади зі стандартними ТТЛ чи КМОП логічними рівнями у промисловій автоматизації використовуються рідко. Це пов'язано з тим, що навантаженням дискретних виходів є не логічні входи електронних пристроїв, а найчастіше електромеханічні реле, пускачі, крокові двигуни та ін. Дискретні

виходи зазвичай будуються на основі потужних біполярних транзисторів з відкритим колектором або полевих транзисторів (звичайно МОП) з відкритим стоком (рис. 4.11). З погляду схемотехніки застосування ці каскади еквівалентні, тому їх називатимемо "каскади ВК". Каскади з ВК забезпечують більшу гнучкість, дозволяючи отримати необхідні для навантаження струм чи напругу з допомогою зовнішнього джерела живлення. Крім того, каскади ВК за допомогою зовнішніх резисторів та джерел напруги дозволяють отримати стандартні КМОП або ТТЛ рівні $V_{\text{вих}}$ (рис. 4.12).

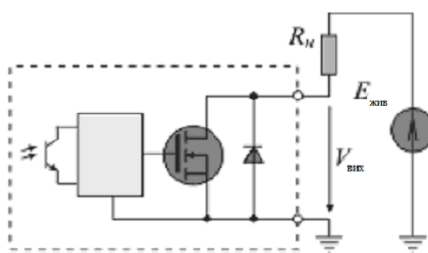


Рис.4.11. Структурна схема вихідних каскадів типу ВК для виведення дискретних сигналів

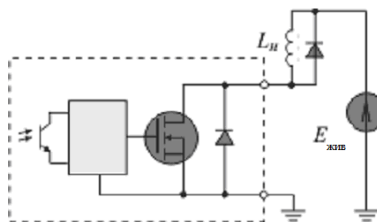


Рис.4.12. Підключення індуктивного навантаження до дискретного виходу

Найкращим рішенням для побудови дискретних виходів є мікросхеми інтелектуальних ключів, які містять не тільки потужний транзистор з відкритим стоком, а й кола його захисту від перевантаження по струму, напрузі, короткого замикання, переполюсування і перегріву, а також електростатичних розрядів. При перегріві вихідного каскаду чи перевищення струму навантаження інтелектуальний ключ вимикається.

Найбільш широко поширені вихідні каскади ВК модулів виведення двох типів: для струму на вході (рис. 4.13) і виході (рис. 4.14). Відмінність між ними полягає в тому, який вивід є загальним для кількох навантажень: заземлений або з'єднаний із шиною живлення.

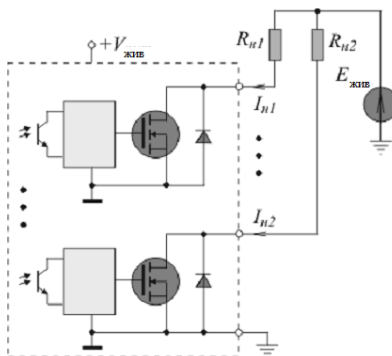


Рис.4.13. Структурна схема вихідних каскадів для струмів, що втікають

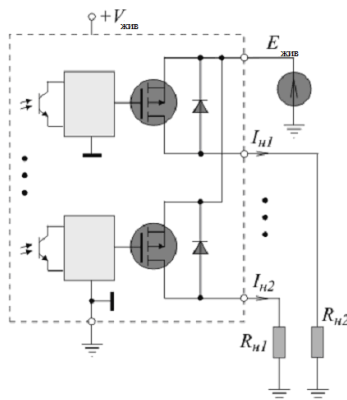


Рис.4.14. Структурна схема вихідних каскадів для струмів, що витікають

Каскади з відкритим колектором (стоком) зручні тим, що дозволяють використовувати зовнішнє джерело живлення з напругою, яка відрізняється від напруги живлення модулів виведення. Крім того, в цих схемах замість джерела живлення $E_{\text{жив}}$ можна використовувати те саме джерело, що і для живлення модулів виведення ($V_{\text{жив}}$).

Для керування навантаженнями, що живляться великим струмом або від джерела напруги 110...220 В, використовують вихідні каскади з електромагнітними або твердотільними (напівпровідниковими) реле, тиристорами, симісторами.

Основною перевагою електромагнітних реле є дуже низьке падіння напруги на замкнених контактах, що виключає необхідність їхнього охолодження. Недоліком є обмежена кількість спрацьовувань (порядку $10^5 \dots 10^6$). Напівпровідникові реле, навпаки, мають відносно великий опір у відкритому стані та вимагають відведення тепла, але можуть виконати до 10^{10} перемикань. Крім того, напівпровідникові реле мають більш високу надійність і не мають ефекту "брязкоту" контактів. При використанні реле для комутації індуктивного навантаження виникає велика ЕРС самоіндукції, що спричиняє пробій повітряного зазору при розмиканні контактів та їх іскріння.

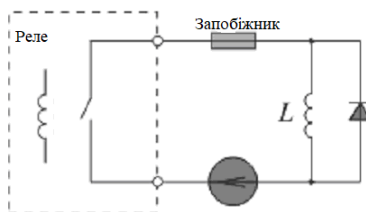
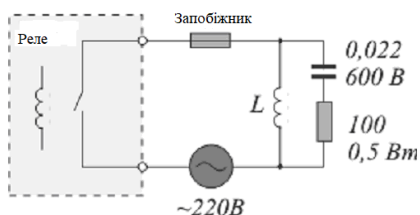


Рис.4.15. Застосування діода для усунення іскріння контактів реле при комутації індуктивного навантаження

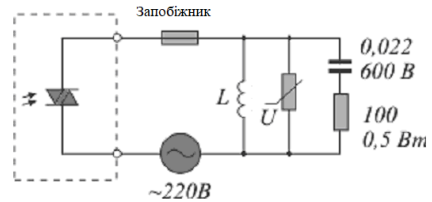
Це призводить до швидкого зносу контактів та появи електромагнітних перешкод. Проблема вирішується за допомогою діода, включеного паралельно котушці індуктивності при комутації в колі постійної напруги (рис. 4.15), та RC-кола – у колі змінного струму (рис. 4.16). Контакти реле бажано захищати запобіжниками.

Рис.4.16. Застосування RC-кола для запобігання іскрінню контактів при комутації індуктивного навантаження



При використанні твердотільних реле або тиристорів у високовольтних колах з довгими кабельними лініями використовують захист на варисторах, TVS-діодах та газових розрядниках (рис. 4.17).

Рис. 4.17. Тиристорний вихід. Варистор використовується для захисту тиристора від імпульсів напруги.



4.6 Введення частоти, періоду та рахунок імпульсів

Функції лічильника, частотоміра і вимірювача періоду проходження імпульсів зазвичай поєднуються в тому самому модулі введення. Такі модулі можуть бути використані для вирішення наступних завдань:

- вимірювання швидкості обертання валу двигуна з метою її стабілізації чи зміни за заданим законом;
- підрахунку кількості продукції на конвеєрі;
- вимірювання частоти періодичного сигналу;
- роботи з датчиками, що мають імпульсний вихід (наприклад, енкодери – датчики кута повороту, електrolічильники або анемометри);
- автоматичного дозування лічильної продукції;
- підрахунку руху продукції складі.

Структуру типового модуля введення розглянемо з прикладу лічильника-частотоміра NL-2C (рис. 4.18). Він містить два 32-розрядні лічильники-частотоміри. Кожен лічильник має ізолювані та неізолювані входи. Ізолювані входи виконані за допомогою оптрона та є пасивними з боку джерела сигналу. Неізолювані входи мають програморегульовані рівні логічного нуля та одиниці. Це дозволяє зменшити ймовірність помилкового спрацьовування модуля за умов перешкод. Для регулювання рівнів використано два 8-розрядні

цифрові потенціометри. Для придушення перешкод служить також цифровий фільтр з параметрами, що перебудовуються, виконаний на мікроконтролері, що входить до складу модуля.

Для розширення функціональних можливостей кожен лічильний вхід модуля має вхід роздільної здатності рахунку (Gate) та джерело струму для живлення "сухих" контактів. Модуль має також чотири ізольовані дискретні виходи із загальною "землею".

Лічильник містить чотири мікроконтролери. Вони виконують такі функції:

- виконують команди, що надсилаються з керуючого комп'ютера;
- виконують алгоритм цифрової фільтрації;
- виконують підрахунок кількості імпульсів;
- реалізують протокол обміну через інтерфейс RS-485.

До складу модуля входить вартовий таймер, що виробляє сигнал скидання, якщо мікроконтролер перестає виробляти сигнал "ОК" (це періодичний сигнал, що підтверджує, що мікроконтролер не "завис"). Другий сторожовий таймер усередині мікроконтролера переводить виходи модуля в безпечні стани ("Safe Value"), якщо з комп'ютера, що управляє, перестає приходити сигнал "Host OK".

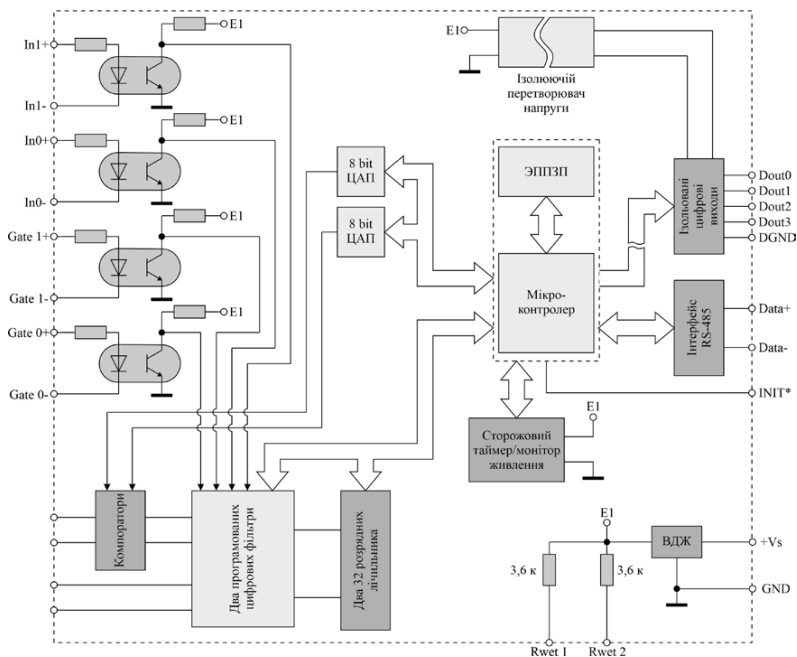


Рис.4.18. Структурна схема модуля введення частотних сигналів NL-2C

Схема живлення модулів містить вторинне імпульсне джерело живлення, що перетворює напругу, що надходить ззовні, в діапазоні від +10 до +30 В на напругу +5 В для живлення електричного ланцюга всередині модуля. Модуль містить також ізолюючий перетворювач напруги для живлення каскадів виведення дискретних сигналів.

Модуль вимірює частоту від 10 Гц до 300 кГц з похибкою $\pm(0,0002 + \frac{1}{f \cdot T})$, де f - вимірювана частота, Гц; T - час рахунку імпульсів (1 або 0,1 с).

Зовнішні керуючі команди надсилаються в модуль через порт RS-485. Використовуються лише 54 команди, докладно описані в посібнику з експлуатації модуля.

5. ПРИСТРОЇ ВИЯВЛЕННЯ ПОДІЙ ТА ЗБОРУ ДАНИХ

Широкий діапазон датчиків поділено на два основні класи. До першого класу належать пристрої, призначені для визначення порогового, граничного або приблизного миттєвого значення вимірюваної фізичної величини. До другого – пристрої, здатні проводити вимірювання фізичних величин із заданим ступенем точності.

У цьому розділі будуть розглянуті лише датчики, призначені для роботи з механізмами та пов'язаними з ними пристроями автоматизації.

Ці пристрої повинні виконувати три основні функції: з'єднувальний вихід електричного інтерфейсу; обробку та формування даних; вимірювання фізичних величин (чутливий елемент).

Величезна різноманітність технічних реалізацій даних функцій змушує виробників безперервно розширювати модельний ряд пристроїв.

Передові розробки компанії Schneider Electric у сфері проектування датчиків спрямовані на те, щоб спростити модельний ряд пристроїв не лише зменшивши функціональні можливості, а й навпаки – розширивши їх.

Функція виявлення найбільш важлива, оскільки вона є першою ланкою в інформаційному ланцюзі виробничого процесу (рис. 5.1).

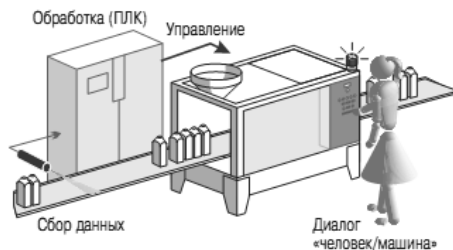


Рис. 5.1. Ланцюг даних виробничого процесу

В автоматизованій системі керування датчики забезпечують збирання даних:

- реєстрацію відповідних величин за подіями, зазначеними у програмі, що виконується;

- реєстрацію відповідних величин протягом усіх етапів виробничого процесу відповідно до виконуваної програми.

Цілі виявлення дуже різноманітні, тому перерахуємо лише основні з них:

- контроль присутності/відсутності чи положення об'єкта;
- контроль переміщення об'єкта, потоку рідини та виявлення перешкод;
- виконання функції перерахунку.

У таких випадках зазвичай використовуються дискретні датчики. Існують також більш специфічні завдання:

- контроль присутності або рівня газу чи рідини;
- контроль форми;
- контроль положення (кутове, лінійне тощо);
- читання/запис кодової інформації.

Крім цього, до датчиків можуть пред'являтися численні додаткові вимоги, особливо за умов навколишнього середовища. У цьому випадку, залежно від призначення, вони повинні мати додатковий захист від таких дій:

- підвищеної вологості чи занурення у рідину (водонепроникність);
- корозії (для хімічної промисловості та сільськогосподарського застосування);
- великих перепадів температур (для експлуатації у тропічних та арктичних регіонах);
- будь-якого виду забруднення як у відкритому повітрі, і усередині установки;
- вандалізму.

Для задоволення всіх перелічених вище вимог датчики проектуються з використанням різних технологій.

Датчики здатні виявляти різні фізичні величини, основними з яких є:

- механічні (тиск, сила) для електромеханічних кінцевих вимикачів;
- електромагнітні (магнітне поле, сила) для магнітних сенсорів та індуктивних безконтактних датчиків;

- світлові (сила світла, спотворення) для фотоелементів;
- електрична ємність для безконтактних ємнісних датчиків;
- акустичні (швидкість розповсюдження звуку) для ультразвукових датчиків;

- рідинні (тиск) для реле тиску;
- оптичні (сканування зображення) для оптичних еncoderів.

Ці системи мають свої переваги та обмеження для кожного типу датчика: деякі надійні, але потребують безпосереднього контакту з об'єктом, інші можуть працювати в агресивних середовищах, але лише з металевими об'єктами. Наведені нижче описи різних використовуваних технологій покликані полегшити розуміння того, що необхідно для правильного вибору та встановлення датчиків.

Допоміжні функції датчиків

Для полегшення використання датчиків додаються спеціальні допоміжні функції, такі, наприклад, як налаштування на основі навчання. Ця функція може використовувати спеціальну кнопку, за допомогою якої можна встановити максимум і мінімум діапазону чутливості (дуже точне юстування переднього та заднього планів ± 6 мм для ультразвукових датчиків) або, наприклад, врахувати вплив навколишнього середовища для фотоелектричних датчиків.

5.1 Електромеханічні кінцеві вимикачі

Головка датчика та дискретний електричний контакт утворюють пристрій, що називається кінцевим вимикачем. Кінцеві вимикачі застосовуються практично у всіх автоматизованих системах через ряд переваг їх конструкції.

Головка датчика може бути виконана по-різному залежно від бажаного способу контролю об'єкта. Таким чином, широкий вибір типів конструкцій головок дозволяє адаптувати датчик під різні завдання:

- прямолінійний рух;

- обертальний рух;
- багатоспрямований рух.

Функціонування контакту миттєвої дії, або перемикач зі швидким розмиканням, характеризується явищем гістерезису, тобто явною різною поведінкою в точках замикання та розмикання (рис. 5.2). Швидкість, з якою переміщається рухома частина контакту, залежить від швидкості переміщення головки датчика. Ця особливість дає прийнятну швидкість комутації навіть у випадках переміщення голівки на малих швидкостях.

Все більше кінцевих вимикачів з контактами миттєвої дії мають функцію позитивного спрацьовування, яка використовує розмикаючий контакт і визначається наступним чином: датчик задовольняє цю вимогу в тому випадку, якщо достовірно відомо, що всі його замкнуті контакти здатні перейти в розімкнений стан, тобто відсутній будь-який пружний зв'язок між рухомих контактом і голівкою, що піддається механічному впливу.

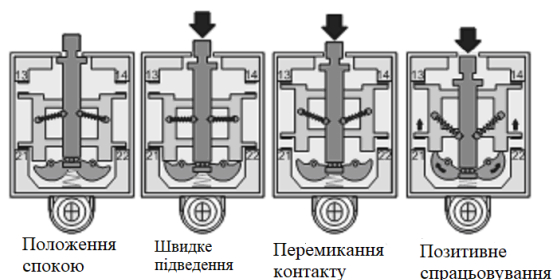


Рис. 5.2. Положення контакту миттєвої дії

Це однаково стосується як електричного контакту, так і голівки, яка має передати механічну дію без спотворень. У ланцюгах безпеки потрібно використовувати вказані пристрої із функцією позитивного спрацьовування.

Контакт уповільненої дії зображено на рис. 5.3. Режим роботи характеризується такими особливостями:

- симетрія точки замикання та розмикання;
- швидкість рухомого контакту дорівнює чи пропорційна швидкості голівки, яка має бути менше 0,1 м/с (6 м/хв). Нижче цього порогового значення

швидкість розмикання занадто мала, що може призвести до виникнення електричної дуги, що важко пригнічується, і порушення електричних характеристик контакту;

- швидкість розмикання залежить від довжини ходу головки.

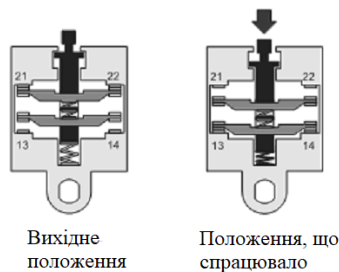


Рис. 5.3. Положення контакту сповільненої дії

5.2 Індуктивні безконтактні датчики

Як чутливий елемент виступають індуктивні котушки (L), які з'єднані з конденсатором (C).

Разом вони утворюють коливальний контур з резонансною частотою F_0 , що зазвичай лежить у діапазоні частот від 100 кГц до 1 МГц. Електронна схема датчика підтримує коливання в ланцюзі з частотою резонансу згідно з наступною формулою:

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Ці коливання породжують змінне магнітне поле перед котушкою. Поява в зоні змінного магнітного поля металевих об'єктів призводить до виникнення в цьому об'єкті вихрових струмів, які створюють додаткове навантаження, що змінює умови протікання коливань в резонансному контурі (рис. 5.4). Наявність металевих предметів перед датчиком знижує добротність Q резонансного контуру.

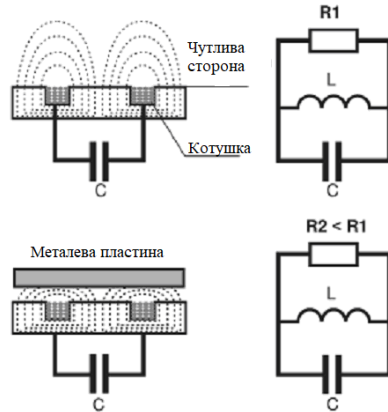


Рис. 5.4. Принцип дії індуктивного датчика

Якщо металевий об'єкт відсутній, то $Q_1 = \frac{R_1}{L\omega}$.

Якщо металевий об'єкт присутній, то $Q_2 = \frac{R_2}{L\omega}$, $R_2 < R_1 \Rightarrow Q_2 < Q_1$

Виявлення об'єкта відбувається шляхом виміру зміни значення добротності коливального контуру (приблизно 3...20% від порогового значення). При наближенні металевого об'єкта до датчика відбувається різке зниження добротності коливального контуру, що веде до зменшення діапазону коливань. Максимальна відстань виявлення об'єкта залежить від металу, з якого зроблено об'єкт.

Конструкцію індуктивного датчика зображено на рис. 5.5.



Рис. 5.5. Схема індуктивного датчика

Перетворювач: складається з котушки багатожильного мідного дроту, поміщеного в феритову чашу, яка спрямовує силові магнітні лінії на лицьову сторону датчика. Осцилятор: існують різні типи осциляторів, у тому числі осцилятори з фіксованим негативним опором R , рівним за абсолютним значенням паралельно включеному опору коливального контуру R_p в заданому діапазоні:

- якщо об'єкт знаходиться за межами діапазону, то $|R_p| > |-R|$, коливання продовжують підтримуватися;
- якщо об'єкт знаходиться в діапазоні $|R_p| < |-R|$, коливання перестають підтримуватися і осцилятор блокується.

Формувач сигналу: складається з детектора пікових значень вимірюваної величини, контрольованого двопороговим компаратором (тригером), для того, щоб запобігти небажаним перемиканням датчика "брязкоту" в момент наближення об'єкта. Формувач сигналу створює так званий гістерезис (рис. 5.6).

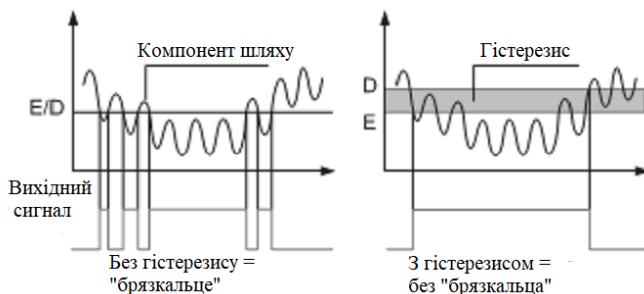


Рис. 5.6. Гістерезис датчика

Живлення та контроль вихідного сигналу датчика: живлення датчика може здійснюватися в широкому діапазоні напруг (від 10 В постійного струму до 264 В змінного струму). Вихідний сигнал датчика формується на рівні 0,2 А при постійному струмі або 0,5 А при змінному струмі із захистом від коротких замикань або без нього.

На роботу індуктивних датчиків впливає такий ряд факторів:

- відстань спрацювання;

- площа поверхні об'єкта, що виявляється;
- номінальна зона чутливості S_n , при роботі з об'єктом з маловуглецевої сталі варіюється від 0,8 мм (діаметр датчика 4) до 60 мм (датчик 8080);
- гістерезис, змінюється в діапазоні від 2 до 10 % від S_n для запобігання "брязкоту";
- частота, з якою об'єкти перетинають робочу зону датчика, відома як частота перемикання (до 5 кГц).

5.3 Ємнісні безконтактні датчики

Даний тип датчиків використовується для виявлення будь-яких об'єктів як з провідного матеріалу, так і з ізолюючого, наприклад, зі скла, дерева, пластику і т.д.

Чутливим елементом датчика є пластина конденсатора. На неї подається синусоїдальна напруга, яка створює змінне електричне поле. Ця напруга має бути відкалібрована щодо нульового потенціалу, наприклад, потенціалу землі; друга пластина конденсатора з'єднується з будь-яким елементом, що має нульовий потенціал, наприклад, з корпусом пристрою. Спільно пластини утворюють конденсатор, ємність якого визначається за формулою $C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}{d}$,

де $\varepsilon_0 = 8,854187 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – діелектрична проникність вакууму і ε_r – відносна діелектрична проникність середовища між пластинами конденсатора.

Якщо об'єкт між пластинами відсутній (рис. 5.7),

$$\varepsilon_r = 1(\text{повітря}) \Rightarrow C \approx \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}.$$

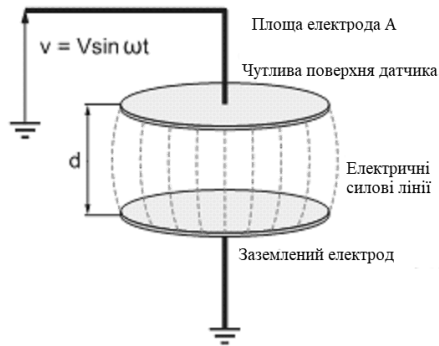


Рис. 5.7. Без об'єкту між електродами

Якщо між пластинами знаходиться об'єкт, що не проводить, то величина ємності зміниться (рис. 5.8). Для нейлонового кільця $\epsilon_r = 4$.



Рис. 5.8. Наявність ізолюючого об'єкту між електродами

В цьому випадку як елемент з нульовим потенціалом може виступати, наприклад, металева стрічка конвеєра.

Коли в момент знаходження об'єкта в робочій зоні датчика значення ϵ_r перевищить 1, ємність конденсатора збільшується. Таким чином, збільшення ємності конденсатора дозволяє визначити, що у робочій зоні датчика знаходиться об'єкт з непровідного матеріалу.

Якщо між пластинами знаходиться об'єкт, що проводить (рис. 5.9), то

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d - e}.$$

Звідси бачимо, що виявлення об'єкта з провідного матеріалу призводить до збільшення ємності конденсатора.

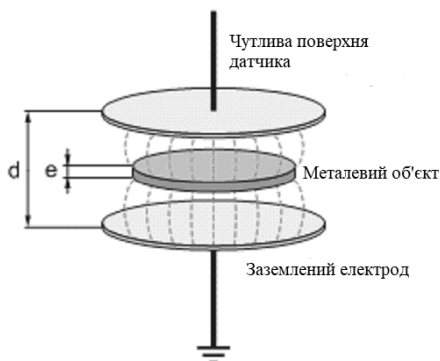


Рис. 5.9. Наявність провідного об'єкта між електродами

У табл. 5.1 зведені матеріали, що найбільш часто використовуються, і відповідні їм величини діелектричної проникності.

Таблиця 5.1. Діелектрична проникність матеріалів

Речовина	ϵ_r	Речовина	ϵ_r
Ацетон	19,5	Нафта	2,0...2,2
Повітря	1,000264	Органічний лак	2,8...3,3
Аміак	15...25	Поліпропілен	2,0...2,2
Етанол	2...4	Фарфор	5...7
Борошно	2.5...3	Сухе молоко	3,5...4
Скло	3.7...10	Сіль	6
Гліцерин	47	Цукор	3.0
Слюда	5,7...6,7	Вода	80
Папір	1,6...2,6	Суха деревина	2...6
Нейлон	4...5	Свіжозрубана деревина	10...30

5.4 Фотоелектричні датчики

Принцип роботи фотоелектричних датчиків дозволяє виявляти будь-які типи об'єктів: прозорі, непрозорі, відбиваючі. Вони також використовуються

для виявлення людей. Світлодіод випромінює світлові імпульси, зазвичай, в інфрачервоному діапазоні (850...950 нм). Залежно від присутності або відсутності об'єкта світловий імпульс приймається або не приймається фотодіодом або фототранзистором. Фотоелектричний струм, що одержується в результаті, посилюється і надходить на компаратор, який порівнює його з пороговим значенням. З цього порівняння вихід датчика надходить той чи інший дискретний сигнал.

Системи виявлення на основі наскрізного променя

Світловипромінювач та світлоприймач виконуються в окремих корпусах. Світловипромінювач, що складається з світлодіода і збираючої лінзи, формує паралельний пучок променів, а світлоприймач, що складається з фотодіода (фототранзистора) і збираючої лінзи, формує струм, пропорційний світловій енергії, отриманій від фотовипромінювача. Така система (рис. 5.10) уможливорює отримання дискретного сигналу на підставі того, перетинає об'єкт світловий промінь в даний момент чи ні.

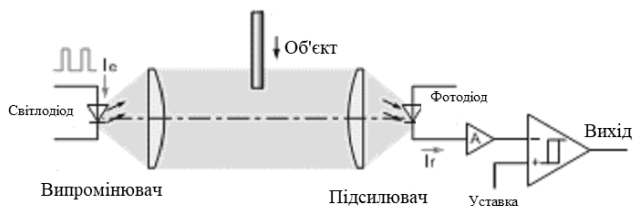


Рис. 5.10. Датчик на основі наскрізного променя

Переваги: велика дистанція виявлення об'єкта (до 50 м, а в окремих випадках і більше), цей параметр залежить від розмірів датчика та типу лінз, що використовуються. Необхідність роздільного живлення світловипромінювача та світлоприймача. Крім того, при відстанях, що перевищують 10 м, вирівнювання та регулювання світловипромінювача та світлоприймача може спричинити труднощі.

Системи виявлення на основі відображення

Системи на основі відображення бувають двох видів: стандартні та поляризовані.

Стандартне відображення (рис. 5.11)

Світловий промінь знаходиться в інфрачервоному діапазоні (850...950 нм).

Переваги: світловипромінювач та світлоприймач виконуються в одному корпусі, тому потрібний лише один блок живлення. Дальність виявлення такої системи, як і раніше, велика, але все ж таки менше, ніж у системи на основі наскрізного променя (приблизно до 20 м).

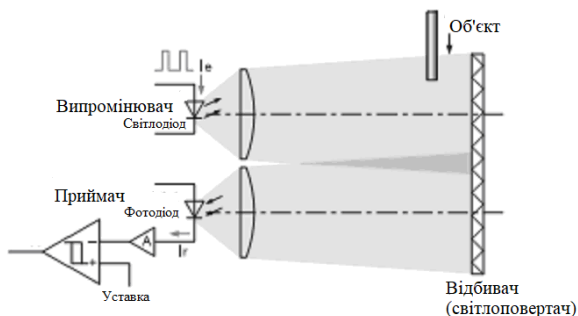


Рис. 5.11. Принцип фотоелектричного відображення

Недоліки: об'єкт, що відображає (вікно, кузов автомобіля і т. д.) може бути сприйнятий пристроєм як відбивач і, відповідно, не виявлений.

Поляризоване відображення (рис. 5.12 та 5.13)

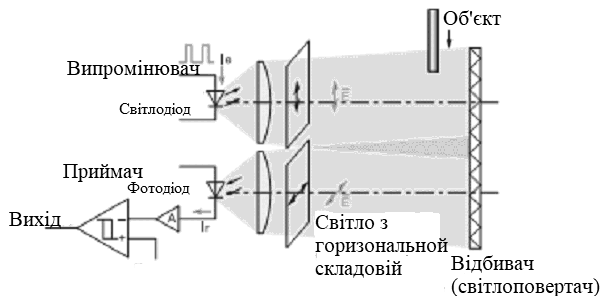


Рис. 5.12. Принцип поляризованого фотоелектричного відображення

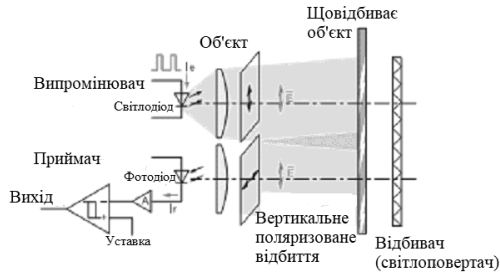


Рис. 5.13. Поляризована система відображення: принцип відсутності виявлення об'єктів, що відображають

Світловий промінь знаходиться у червоному діапазоні (660 нм).

Випромінене світло вертикально поляризується лінійним поляризаційним фільтром. Відбивач змінює поляризацію світла таким чином, що у відбитого світла з'являється горизонтальна складова. Лінійний поляризаційний фільтр приймає горизонтально поляризоване світло і пропускає його до фотоприймача. На відміну від відбивача об'єкт, що відображається (дзеркало, металевий лист) не змінює поляризацію світла, тому відбите від об'єкта світло не може пройти через приймає поляризаційний фільтр.

Позитивні якості: відсутність проблем, властивих системам стандартного відображення.

Недоліки: висока вартість датчика та мала дальність виявлення – 8 м проти 15 м датчиків стандартного відображення.

Системи на основі прямого відбиття від об'єкта

Пряме відбиття від об'єкта стандартного типу (рис. 5.14).

Робота такої системи заснована на тому, що світло потрапляє на фотоприймач, відбившись від об'єкта, що виявляється.

Переваги: відпадає потреба у відбивачі. Недоліки: дальність виявлення дуже низька (до 2 м).

Вона також залежить від кольору об'єкта та фону, на якому цей об'єкт розташовано. Наприклад, за інших рівних умов максимальна дальність виявлення об'єкта білого кольору буде вищою, ніж сірого або чорного. Фон,

який має яскравіший відтінок, ніж об'єкт, може зробити виявлення останнього неможливим.

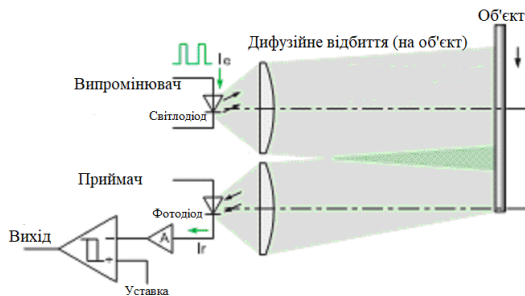


Рис. 5.14. Принцип стандартного прямого фотоелектричного виявлення

Пряме відбиття з фоновим придушенням (рис. 5.15). У таких системах використовується тріангуляція. Дальність виявлення (до 2 м) залежить не від властивостей об'єкта, що відображає, а від його розташування щодо датчика. Яскраві та темні об'єкти можуть бути зафіксовані на однаковій відстані, а фон, розташований за межами робочої зони чутливості, ігноруватиметься.

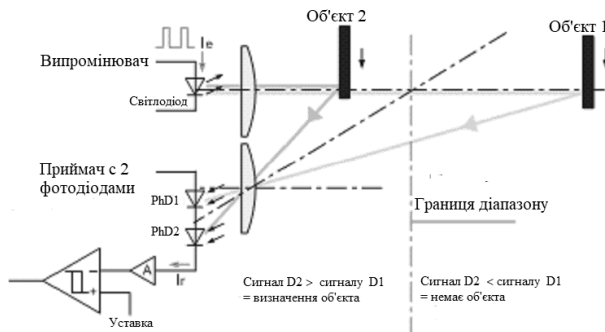


Рис. 5.15. Принцип прямого фотоелектричного визначення з придушення впливу об'єкта заднього плану

5.5 Датчики та реле тиску, вакуумні вимикачі

Тиск – це результат застосування сили до площі поверхні. Якщо P – тиск, F – сила, а S – площа поверхні, отримуємо співвідношення

$$P = \frac{F}{S}.$$

Земля оточена шаром повітря, що має певну масу, і тому чинить тиск на поверхню предметів. Такий тиск називається атмосферним. На рівні моря він становить 1 бар. Атмосферний тиск виявляється у гектопаскалях (гПа) або мілібарах (мбар): 1 гПа = 1мбар. Міжнародна одиниця виміру тиску – паскаль (Па): 1 Па = Н/м². Одиниця вимірювання тиску бар є найпоширенішою: 1 бар = 10⁵ Па = 10⁵ Н/м² = 10 Н/см².

Реле тиску, вакуумні вимикачі та датчики тиску застосовуються для моніторингу, регулювання або вимірювання тиску або вакууму в гідравлічних та пневматичних системах.

Реле тиску і вакуумні вимикачі перетворюють зміну тиску на дискретний електричний сигнал при досягненні встановлених значень. Для цього може використовуватися як електромеханічний, так і електронний пристрій (рис. 5.16). Датчики тиску (також звані аналоговими датчиками тиску) перетворюють тиск у пропорційний тиску електричний сигнал.

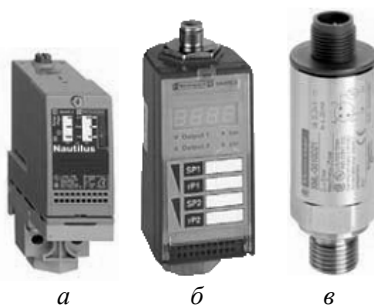


Рис. 5.16. Приклади мембранних перемикачів Schneider Electric: *а* – електромеханічне реле тиску XML-B; *б* – електронне реле тиску XML-F; *в* – датчик тиску XML-G

Електромеханічні пристрої використовують рух діафрагми, поршня чи гофрованої мембрани для механічного приведення в дію електричних контактів (рис. 5.17). Електронні датчики тиску Schneider Electric забезпечені п'єзорезистивним керамічним елементом (рис. 5.18). Вплив, спричинений тиском, передається в "товстоплівкові" резистори моста Уїтстона, нанесені на

керамічну мембрану. Зміни опору обробляються вбудованою електронікою, що виробляє дискретний сигнал або сигнал, пропорційний значенню вимірюваного тиску (наприклад, 4 ... 20 мА, 0 ... 10 В і т. д.). Виміряний тиск є результатом різниці значень тиску з обох боків елемента.

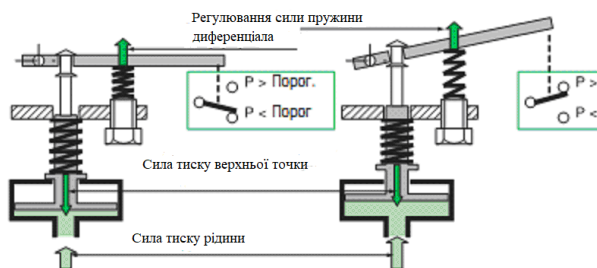


Рис. 5.17. Принцип електроємного датчика Schneider Electric

Залежно від виду тиску використовуються такі терміни:

- абсолютний тиск – вимір щодо опорного значення, зазвичай вакууму;

- відносний тиск – вимір щодо атмосферного тиску;
- диференціальний тиск – вимірювання різниці двох значень тиску.

Зверніть увагу, що електричні виходи бувають:

- силові (2-полюсні або 3-полюсні контакти для прямого керування однофазними та трифазними двигунами насосів, компресорів тощо);
- стандартні (для керування котушками контакторів, реле, електроклапанами, входами ПЛК тощо).

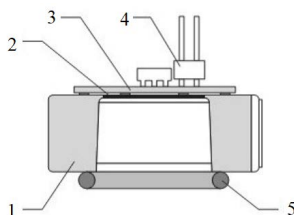


Рис. 5.18. Розріз електроємного мембранного перемикача: 1 – керамічний осередок з діафрагмою виміру (2); 3 – електронний підсилювач; 4 – електричне з'єднання; 5 – ущільнення

Загальна термінологія

Робочий діапазон – інтервал, що визначається мінімальним значенням нижньої точки (LP), що налаштовується, і максимальним значенням верхньої точки (HP) для мембранних перемикачів і вакуумних вимикачів. Він відповідає діапазону вимірювань датчиків тиску (також званих аналоговими датчиками). Зверніть увагу, що значення тиску, що відображаються пристроєм, вимірюються щодо атмосферного тиску.

Типорозмір – максимальне значення тиску в робочому діапазоні для реле тиску.

Верхня уставка (HP) – максимальне значення тиску, обране та встановлене для реле тиску або вакуумного вимикача, при якому вихідний сигнал змінить статус із підвищенням тиску (рис. 5.19).

Нижня уставка (LP) – мінімальне значення тиску, обране та задане для реле тиску або вакуумного вимикача, при якому вихідний сигнал змінить свій статус зі зниженням тиску.

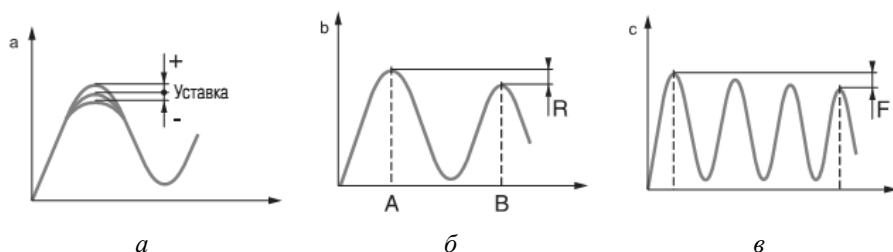


Рис. 5.19. Графічна ілюстрація електромеханічних визначень

Перепад – різниця між верхньою (HP) та нижньою (LP) уставками.

Пристрої з фіксованим перепадом – нижня уставка (LP) визначається верхньою уставкою (HP) та величиною перепаду.

Пристрої з регульованим перепадом – нижня уставка може бути встановлена регулюванням величини перепаду.

Допустиме відхилення – діапазон між заданим значенням (уставкою), що відображається, і фактичним значенням, при якому активується контакт. Для

точного заданого значення (при першому встановленні виробу) використовується еталонний пристрій (манометр тощо).

Відтворюваність – коливання становища робочої точки між двома послідовними вимірами.

Дрейф (F) – коливання робочої точки протягом усього терміну служби пристрою.

Термінологія електронних пристроїв

Діапазон вимірювань датчика тиску включає значення тиску від 0 бар до номінального тиску датчика.

Точність - включає лінійність, гістерезис, повторюваність і допуски на точність налаштування. Вона виражається у відсотковому співвідношенні від діапазону вимірювань датчика тиску (%MR).

Лінійність – найбільша різниця між фактичною та номінальною кривими датчика (рис. 5.20,а).

Гістерезис – найбільша різниця між кривими зростання та зниження тиску (рис. 5.20,б).

Повторюваність - максимальна смуга розкиду, що отримується в результаті коливання тиску в заданих умовах (рис. 5.20, в).

Допуски регулювання, допуски для нульової точки та регулювання чутливості, встановлені виробником (кут нахилу кривої вихідного сигналу датчика).

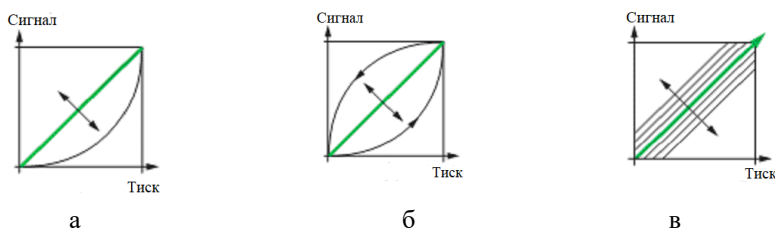


Рис. 5.20. Графічне зображення: а – лінійності; б – гістерезису; в – повторюваності

Температурний дрейф – точність датчика тиску завжди чутлива до робочої температури. Дрейф пропорційний їй і виражається як відсоткове співвідношення $MR/^\circ C$ (рис. 5.21).

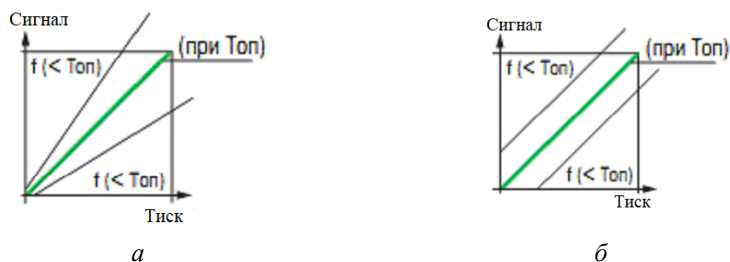


Рис.5.21. Графічне зображення дрейфів: *а* – у чутливості; *б* – від нульової точки

Максимально допустимий тиск у кожному циклі (P_s) – тиск, який може витримати датчик у кожному циклі вимірювання без негативного впливу на термін його служби. Воно не менше 1,25 від номінального значення.

Допустимий максимальний випадковий тиск – максимальний тиск, за винятком перепадів тиску, які датчик може витримати без шкоди для пристрою.

Тиск руйнування – тиск, перевищення якого може призвести до протікання чи розриву датчику. Всі ці визначення тиску важливі при виборі правильних типів датчиків, особливо, щоб можна було гарантувати їх застосування в гідравлічних схемах, де можуть виникнути різкі перепади тиску, такі як гідравлічний удар.

При виборі також є інші критерії. Вони наведені у таблицях каталогів виробників.

Особливо важливі такі критерії:

- електричні характеристики;
- умови навколишнього середовища;
- можливості та простота у використанні.

Нижче наведено кілька прикладів критеріїв, які, хоч і не мають принципового впливу на основні функції, але є важливими для введення в експлуатацію та використання.

Електричні характеристики – напруга живлення, змінний чи постійний струм та діапазон зміни їх значень.

Двопровідне підключення: датчик послідовно запитаний з навантаженням, таким чином, він піддається впливу диференціального струму у відкритому стані і падінню напруги в закритому. Вихід може бути нормально розімкненим або нормально замкнутим (НО/НЗ). Максимальна інтенсивність комутованого струму при вихідному сигналі змінного або постійного струму може бути вищою або нижчою, із захистом від короткого замикання або без неї.

Трипровідне підключення: у датчика два дроти для електроживлення та один для передачі вихідного сигналу. Вихід може бути реалізований на транзисторах PNP чи NPN. Обидва способи застосовуються багатьма виробниками, але важливо приділити особливу увагу диференціальним струмам та падінню напруги на клемах датчика: низькі значення цих величин забезпечують більшу сумісність з усіма типами навантаження.

Умови навколишнього середовища

Електричні:

- стійкість до мережевих перешкод;
- стійкість до радіовипромінювання;
- стійкість до кидків живлення;
- стійкість до електростатичного розряду.

Теплові:

- діапазон робочих температур зазвичай від -25 до $+70$ °C, але може бути від -40 до $+120$ °C;
- вологість/пил;
- ступінь захисту корпусу (наприклад, IP68 для датчика в системі мастильно-охолоджувальної рідини у верстатних інструментах).

Опції/легкість використання:

- геометрична форма (циліндр або паралелепіпед);
- металевий/пластиковий корпус;
- придатність для прихованого монтажу у металевому корпусі;

- кріпильні пристрої;
- підключення за допомогою кабелю або гнізда;
- функції самонавчання.

Технічні характеристики електронних датчиків покращуються завдяки досягненням у галузі електроніки. Це стосується як електричних характеристик елементів, так і їхнього розміру. З розвитком засобів телекомунікацій (інтернет, мобільні телефони) робочі частоти електроніки розширилися від кількох сотень МГц до кількох ГГц. Це спрощує вимірювання швидкості поширення хвилі та дозволяє виключити вплив місцевих фізичних явищ. Більш того, нові технології, такі як Bluetooth та Wi-Fi, відкрили можливість створення бездротових датчиків на частотах приблизно 2,4 ГГц. Цифрова обробка сигналу – ще одна перевага сучасної електроніки. Вартість мікроконтролерів, що знижується, призводить до того, що навіть прості датчики можна оснастити розвиненими функціями (автоматична підбудова до навколишнього середовища з визначенням вологості, диму або близького розташування металевих об'єктів, інтелектуальні датчики з можливістю самодіагностики та ін.). Завдяки технічному прогресу електронні датчики краще відповідатимуть початковим вимогам і легше адаптуватимуться без будь-якої значної зміни в ціні. Але така новація вимагає значних вкладень, які в даний час можуть дозволити собі лише великі виробники вимірювальних пристроїв.

Всі розробники та користувачі автоматизованих систем, починаючи від керування простими гаражними воротами та закінчуючи складною технологічною лінією, знають, що безперебійна робота автоматизованих систем залежить від вибору датчиків, які забезпечують:

- безпеку майна та людей;
- надійність технологічних процесів;
- оптимізоване керування промисловим обладнанням.

Однак, датчики мають певні вимоги щодо їх введення в експлуатацію та використання, що є невід'ємною частиною їх технологій, описаних у посібнику.

Такий опис покликаний допомогти краще зрозуміти експлуатаційні обмеження та необхідні налаштування датчиків.

Щоб правильно вибрати потрібний датчик, потрібно звертатися з каталогом виробників. У каталогах наводяться практичні поради на основі великого накопиченого досвіду спеціалістів. Компанія Schneider Electric є розробником і виробником обладнання, що розглядається, на досвід якої можна покластися.

6. ЛЮДИНО-МАШИННИЙ ІНТЕРФЕЙС

6.1 Призначення людино-машинного інтерфейсу

Людино-машинний інтерфейс включає два інформаційних потоки: машина – людина і людина – машина.

Ці потоки є незалежними, хоча вони пов'язані між собою.

Незалежні – тому що вони можуть належати до різних рівнів системи керування. Рівні визначаються розробником системи автоматизації відповідно до вимог процесу та побажань користувача. Зазвичай задаються короткі команди від оператора до машини, а машини до оператора видаються буквено-цифрові чи графічні повідомлення.

Пов'язані – оскільки автоматизована система інтерпретує команду оператора та виконує задану дію, після чого видає оператору контрольну інформацію. Після отримання інформації від машини оператор може діяти за обставинами (зупинити виробництво, коригувати дані тощо) або просто взяти до відома повідомлення від машини (наприклад, сигналізація про закінчення циклу тощо).

Роль оператора – діалоговий інтерфейс – включає всі функції, необхідні для контролю за роботою машини або установки. Залежно від вимог оператор може виконувати наведені нижче завдання.

1. Регулярні завдання з керування процесом:
 - зупинити та запустити роботу установки (можливі різні вимоги до процесу пуску та зупинки, які можуть бути виконані в автоматичному, ручному чи напіваавтоматичному режимах);
 - здійснювати контроль та вносити корективи, необхідні для регулярного процесу роботи системи.
2. Завдання на вирішення непередбачених ситуацій:
 - виявлення аномальних ситуацій та виконання коригувальних заходів щодо виправлення ситуації до того, як буде порушено процес роботи

(наприклад, для раннього попередження про перевантаження двигуна, відновлення нормальної роботи до відключення реле перевантаження);

- коректний вихід із стану несправності в системі, забезпечення зупинки виробництва або перехід у безпечний режим роботи, ручне керування замість автоматичного для того, щоб зберегти виробництво у робочому стані;
- забезпечення безпеки людей та майна за допомогою захисних пристроїв у разі потреби.

Масштаб цих завдань показує, наскільки важливою є роль оператора. Залежно від наявної в оператора інформації він може прийняти рішення та здійснити дії, що виходять за рамки звичайної роботи та безпосередньо впливають на безпеку та підтримку надійної роботи установки. Це означає, що діалогова система не повинна бути обмежена лише обміном інформацією між людиною та машиною, а має бути розроблена з урахуванням спрощення роботи оператора та забезпечення безпеки системи за будь-яких обставин.

Якість виконання інтерфейсу

Про якість виконання діалогового інтерфейсу можна судити за простотою, з якою оператор визначає та розуміє подію, і за тим, наскільки ефективно він може реагувати на цю подію.

Будь-яка зміна робочих умов машини зазвичай змінює інформацію, що відображається на індикаторі, блоці індикації або екрані. Оператор повинен мати можливість якнайшвидше виявити подію за будь-яких зовнішніх умов (загальне освітлення тощо).

Для привернення уваги можуть бути використані різні засоби: миготіння, зміна кольору, звуковий сигнал, антивідблискові пристрої та ін.

З метою запобігання будь-яким діям, які могли б поставити під загрозу безпеку, інформація, яку бачить оператор, має бути достатньо чіткою та точною, щоб забезпечити можливість негайного розуміння.

Ергономіка компонентів діалогового інтерфейсу так само важлива, як і їхня функціональність:

- для контрольної лампочки – використання стандартного кольору, швидкі або повільні блимання, що чітко диференціюються тощо;
- для блоку індикації – чіткі тексти рідною мовою користувача, достатня відстань для прочитання тощо;
- для екрана – використання стандартних символів, зміна масштабу, що забезпечує зручний перегляд області повідомлення тощо.

Залежно від того, яке саме повідомлення надсилає машина, оператору, можливо, доведеться діяти швидко, натискаючи одну або кілька кнопок чи клавіш. Правильність зазначених дій забезпечує:

- чітке позначення кнопок та клавіш, наприклад, стандартними символами на кнопках;
- "Розумна" ергономіка, великі клавіші, сенсорні кнопки і т.д.

6.2 Огляд потреб користувачів

Вибір засобів людино-машинного інтерфейсу має бути заснований на вивченні кількох факторів.

Потрібно враховувати:

- функціональні можливості інтерфейсу;
- ергономіку та зручність використання;
- особливості операторів;
- відкритість коштів ЛМІ.

Класифікація засобів людино-машинного інтерфейсу

Залежно від типу оброблюваної інформації, можливостей її подання та режиму доступу, засоби ЛМІ можна класифікувати за семи основними групами: допомога при розробці, налаштування, керування, допомога під час роботи, спостереження, керування виробництвом, обслуговування (рис. 6.1).

Більшість коштів ЛМІ налаштовуються за допомогою програмного забезпечення на комп'ютерах. Це полегшує розробку та обслуговування систем.

Під час роботи машини в підключеному режимі або без підключення до машини оператор налаштовує (вибір "рецептів", конфігурування машини, вибір початкових параметрів роботи і т. д.). Для цього можуть використовуватись спеціальні екрани ЛМІ.

Классификация	Разработка	Отладка	Работа	Обслуживание
Помощь и сервис	X			X
Настройка		X	X	X
Управление		X	X	X
Помощь при работе			X	
Наблюдение		X	X	
Управление производством			X	X
Обслуживание и диагностика				X

Рис. 6.1. Потреби під час життєвого циклу машини

Під час роботи система людино-машинного інтерфейсу дозволяє контролювати процес виробництва та керувати ним. Для цих цілей зазвичай передбачаються спеціальні функціональні клавіші, перемикачі та спливаючі вікна. Для панелей із тактильною чутливістю можуть бути призначені спеціальні області екрана для прийому команд від оператора.

Доповнюючи основні завдання контролю та спостереження, сучасний людино-машинний інтерфейс дозволяє:

- виконати зручне графічне відображення змінних із заданими порогоми (змінні ПЛК/лічильники тощо з кольоровим відображенням порогів);
- викликати контекстну довідкову систему;
- виконати анімацію графічних сторінок або текстових панелей за допомогою світлодіодних індикаторів;
- будувати графіки зміни змінних та гістограми.

Спостереження

Під час роботи машини потрібно спостерігати за її станом та станом виробничого процесу, наприклад, треба знати кількість операцій, позиції інструменту, заготовок, стан виконавчих механізмів, датчиків та відображати процес виробництва.

Ця інформація представлена даними різних типів (двійкові, числові, аналогові, текстові, графічні об'єкти, образи тощо) і може містити від кількох змінних до тисяч різних об'єктів. Для відображення інформації застосовуються різні атрибути (колір, миготіння, розмір символів та шрифтів, звукові ефекти, стрілочні, стовпчикові індикатори тощо).

Керування виробництвом

Оператор машини отримує інформацію про стан виробничого процесу, інформацію про кількість та якість виробленої продукції. Для менеджерів виробництва видаються спеціальні звіти про процес виробництва, заповнюються бази даних, друкуються форми.

Обслуговування машини та діагностика несправностей

Сервісні можливості оператора зазвичай є:

- виділення тексту кольором чи блиманням;
- статичне або програмоване підтвердження аварійних сигналів;
- ведення та зберігання журналів аварій та подій;
- ідентифікацію проблем за допомогою текстових та графічних сторінок коментарів;
- перегляд та зміна змінних із ПЛК.

Умови встановлення та експлуатації засобів ЧМІ

Відповідно до типу, обсягу та важливості відображуваної інформації потрібно враховувати ергономічні особливості установки системи ЧМІ. При виборі найбільш відповідного засобу ЧМІ необхідно враховувати рівень освітленості, навколишню температуру та вологість повітря.

Під час проектування системи ЧМІ на основі рідкокристалічних панелей та терміналів потрібно враховувати, що екрани цих пристроїв мають різні кути комфортного огляду. На рис. 6.2 та 6.3 представлені характеристики кута комфортного огляду для терміналу XBT GT 15" виробництва Schneider Electric.

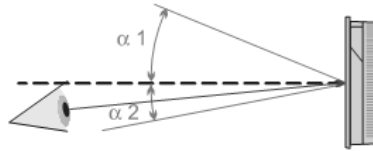


Рис. 6.2. Кут огляду по вертикалі

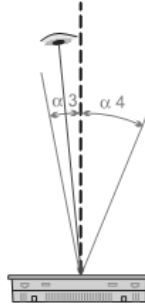


Рис. 6.3. Кут огляду по горизонталі

Можливість експлуатації у промислових умовах

Залежно від того, для якої системи передбачається використовувати засіб людино-машинного інтерфейсу, необхідно враховувати особливості експлуатації. Так, наприклад, термінали ХВТ можуть застосовуватись на судах.

Вони можуть працювати у будь-яких кліматичних умовах. Використання терміналів у промисловості має відповідати вимогам безпеки. Засоби ЛМІ Shneider Electric мають усі необхідні сертифікати класифікаційних товариств, а саме MEK, UL, CSA, ГОСТ, морські DNV, GL, LR тощо. Крім того, є сертифікат АТЕХ на застосування терміналів у вибухонебезпечній атмосфері.

Врахування особливостей людини-оператора

При виборі засобів людино-машинного інтерфейсу необхідно враховувати культурні та психологічні особливості операторів.

Наприклад, можливі такі варіанти:

- системою можуть керувати кілька людей, і всі оператори системи знайомі з основними принципами машини;

- системою може керувати не підготовлена людина;
- необхідно передбачати сторінки допомоги та підказок;
- системою може керувати один оператор.

Для задоволення всіх розглянутих вище потреб користувачів є чотири основні типи рішень.

Дискретне керування та індикація

Кнопки, селекторні перемикачі, світлодіоди, альфа-вітнотифрові панелі, лічильники тощо використовуються для налаштування параметрів системи та дискретного керування. Такі діалогові засоби зручні для невеликого обсягу інформації в діалозі оператора та машини, відповідають вимогам безпеки та використовуються у системах безпеки.

Компактні термінали

Алфавітно-цифрові та матричні панелі та термінали дозволяють налаштувати різноманітніший діалог з оператором у системах керування. Можливе відображення псевдографіки, аварійних повідомлень та налаштування функціональних клавіш. Такі діалогові засоби зазвичай використовують для одного оператора машини, є можливість підключатися по мережах та шинах.

Графічні панелі та термінали

Ці засоби використовуються для відображення графічної інформації, зручної обробки аварійних повідомлень, діагностики та обслуговування. Вони зазвичай використовуються разом із ПЛК для керування машиною або виробничою лінією.

Промислові ПК із програмним забезпеченням візуалізації

Застосування промислового Ethernet дозволяє забезпечити:

- зручне керування для цілого судна, цеху або ділянки;
- керування виробництвом та зв'язок з ПЗ верхнього рівня (ERP);
- зниження вартості виробництва, часу простоїв, споживання енергії

тощо;

- обслуговування, діагностику та пошук несправностей.

Таким чином, оператор може зручно керувати виробничою лінією.

Вибір критерію

Два критерії визначають підхід до вибору технології. Першим критерієм є архітектура системи автоматизації. Вона визначає тип мережі або шини передачі даних та обсяг інформації для оператора. Другим критерієм є потреби операторів системи людино-машинного інтерфейсу.

Системи ЛМІ пов'язані з архітектурами автоматизації

На рис. 6.4 представлені типи систем людино-машинного інтерфейсу різних завдань автоматизації.

Діалогові потреби	Відображення (наглядність та зручність)	Технології				
		Інтерфейси				
		Цифрові індикатори	Дисплеї та термінали з текстовим або матричним екраном	Термінали з графічними екранами	Автономні промислові комп'ютери та засоби ЛМІ	Промислові комп'ютери та засоби ЛМІ у розподіленій мережній архітектурі
		Дії / Операції скидання				
Архітектура			Кнопки			
			Клавіатура/Сенсорний екран			
						
	Прості		×			
	Оптимізовані		×			
	Розширювані		×	×		
	Продуктивні			×		
Мережеві	Високопродуктивні			×	×	
	Високопродуктивні розшир.				×	
Мережеві	Промислова мережа Ethernet			×		×

Рис. 6.4. Вибір технології ЛМІ для різних архітектур систем керування

Для того щоб відповідати вимогам до систем людино-машинного інтерфейсу, описаних на початку розділу, система ЛМІ повинна:

- відображати інформацію чітко та ясно незалежно від умов навколишнього середовища та інших факторів;
- дозволяти оператору швидко та чітко здійснювати керування системою незалежно від поточного стану системи та умов довкілля та інших факторів.

Технології ЛМІ відповідно до потреб користувачів

На початку глави були представлені типи засобів людино-машинного інтерфейсу та показано, що їх вибір залежить від типу системи автоматизації та потреб користувача. На рис. 6.4 представлений список критеріїв, який допоможе визначитися з вибором обладнання для побудови системи людино-машинного інтерфейсу. Розробникам ЛМІ для складних систем керування (наприклад, систем із перетворювачами частоти, сервоприводами тощо) пропонуються готові програми для побудови систем на основі цього обладнання.

6.3 Дискретне керування та індикація

Кнопки та лампи

Ці пристрої пристосовані до ситуацій, у яких оператор та машина обмінюються інформацією у малому обсязі, коли інформація обмежена дискретними сигналами (команди запуску та індикація).

Вони є надійними електромеханічними компонентами, ергономічними та стійкими щодо зовнішніх умов і можуть бути оснащені зручними головками, що управляють; мають стандартну колірну гаму, за допомогою якої легко ідентифікувати їх; є інтуїтивно зрозумілими пристроями введення (наприклад, для екстрених зупинок), тому забезпечують безпечне та надійне керування установкою.

Примітка.

Стандарт МЕК 60204-1 обумовлює кольори контрольних лампочок та кнопок для використання у промисловості:

- червоний колір – надзвичайний: небезпечна ситуація, що вимагає негайних дій (тиск надбезпечних меж, вихід за встановлені межі, роз'єднання тощо);
- жовтий колір – аварійний: непередбачена ситуація, яка може призвести до небезпечної ситуації (підвищення тиску, відключення захисту тощо);

- білий колір – нейтральний: загальна інформація (напруга живлення тощо);
- червона кнопка – надзвичайна: заходи щодо запобігання небезпеці (аварійна зупинка тощо);
- жовта кнопка – дії у нестандартних станах: запобігання аварійним ситуаціям, наприклад, відновлення автоматичного циклу, тощо.

Кнопки використовуються для запуску та зупинки, а також зупинки в аварійному режимі (екстренної зупинки).

Пропонуються виконання $\varnothing$ 16, 22 та 30 мм (стандарти NEMA) з різних матеріалів (рис. 6.5):

- з хромованим металевим окантуванням для роботи у важких промислових умовах;
- пластмасові для хімічної та харчової промисловості тощо.



Рис. 6.5. Кнопки серії Harmony

Головки керування

Пропонується широкий діапазон різноманітних головок, які можуть бути використані для керування перемикачами та кнопками:

- плоскі, виступаючі чи втоплені;
- грибоподібні;
- здвоєні голівки;
- грибоподібні із фіксацією;
- аварійної зупинки;
- вимикач із тумблером, ручкою, кнопкою, двома або трьома положеннями або з фіксованими позиціями;
- металевий штир (завдання переміщення з різних напрямків);
- плоскі, виступаючі чи втоплені контрольні лампочки.

Модульне виконання блоків керування та індикації забезпечує більшу гнучкість у використанні. Контрольні лампочки та кнопки, що підсвічуються, оснащені лампами розжарювання або світлодіодами. Вони є елементами, на які подається живлення, та можуть бути оснащені перетворювачем напруги або вбудованим трансформатором. Блоки керування можуть мати від 1 до 6 НО або НЗ контактів, сумісних із входами 24В програмованого логічного контролера (ПЛК).

Міцність та надійність

Кнопки та контрольні лампочки зазнають впливу жорстких зовнішніх умов. Тривалість експлуатації однієї кнопки становить приблизно 1 млн. операцій. Кнопки спроектовані так, щоб витримувати випробування на удар стандарту МЕК 60947-5-5. Як приклад вкажемо, що згідно зі стандартом кнопки аварійної зупинки повинні витримувати 5,5 Дж без ушкоджень, а кнопки серії Harmony витримують 17 Дж без ушкоджень.

Кнопки та контрольні лампочки для друкованих плат

Окрема серія кнопок та ламп діаметром 22 мм, призначених для монтажу на друковані плати (рис. 6.6). Блоки керування та блоки індикації вибирають із стандартного асортименту. Електричні блоки, що використовуються для цих версій мають вихідні контакти для монтажу на друковані плати.

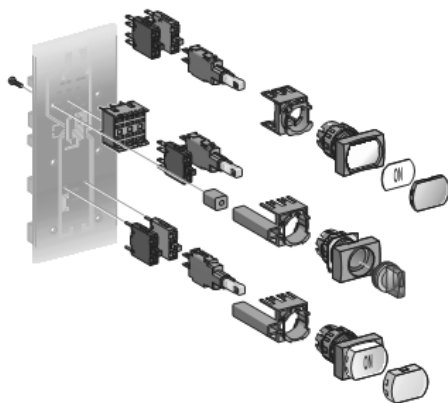


Рис. 6.6. Кнопки та контрольні лампочки для друкованих плат

Кнопкові перемикачі та лампи з квадратними головками

Ці пристрої встановлюються з інтервалом 19,05 мм (3/4") в отвори $\varnothing 16$ мм. Вони використовуються для створення компактних блоків керування, коли є недолік простору для розміщення, при цьому вони можуть бути пов'язані з клавіатурою для введення даних. Перемикачі можуть бути сенсорними, вони можуть мати срібні або позолочені контакти.

Сигнальні маяки та колони

Маяки та колони (рис. 6.7) є оптичними або звуковими індикаторами, призначеними для надання інформації про стан механізму або системи, розташованої на значній відстані від оператора, при куті огляду до 360°.

Сигнальні маяки

Мають одну оптичну лінзу або світлові пробіскові головки, які можуть бути зеленого, червоного, оранжевого або синього кольору.

Колони

Мають різний склад, складаються з лінз, світлових пробіскових головок чи джерел звукових сигналів. З'єднання елементів здійснюється за допомогою паїв. Електричне з'єднання здійснюється відразу, як вони з'єднуються разом.

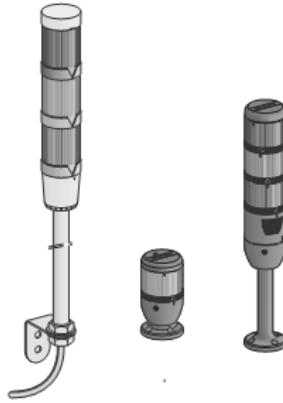


Рис. 6.7. Сигнальні маяки та колони

Стандарт МЕК 60204-1 передбачає колірне кодування для відображення різних повідомлень. Світлова сигналізація визначає:

- червоний – термінова (вимагає негайних дій);
- жовтий/помаранчевий – відхилення від норми (перевірка та/або потрібне втручання);
- зелений – нормальний стан (додатковий);
- блакитний – обов'язкова дія (вимагає ухвалення рішень оператором);
- білий – поточний контроль (додатковий).

Миготливі вогні:

- виділяють інформацію або спеціальні повідомлення;
- привертають більше уваги;
- закликають до негайних дій;
- вказують на розбіжність між необхідним та фактичним становищем;
- вказують на зміну циклу (у миготливому режимі протягом перехідного періоду).

Проблискові та сигнальні обертові дзеркальні маяки – це потужний сигнал з інформацією більшого пріоритету або передача сигналів на більш довгі відстані (відповідно до МЕК 60073).

Зумер та сирени рекомендуються за наявності значних перешкод при передачі звуку та світла або коли присутність оператора конче потрібна.

Джойстики

Джойстики (рис. 6.8) мають вбудовані контакти для керування рухом по 1 або 2 осях, наприклад, під час переміщення або підйому/опускання. Як правило, вони мають від 2 до 8 напрямків з одним або двома контактами на напрямок із поверненням до нуля або без нього. Деякі джойстики мають кнопку "вахтового контролю".



Рис. 6.8. Джойстики

6.4 Графічні дисплеї та термінали

Системи керування сьогодні вимагають наявності сучасного людино-машинного інтерфейсу, що полегшує роботу оператора та підвищує продуктивність праці. Засоби людино-машинного інтерфейсу забезпечують зчитування інформації з датчиків, таких, як датчики струму, вимірювачі температури і т.д. для друку звітів на віддаленому принтері (рис. 6.9).

Діалогові термінали Magelis

Зазвичай термінали вбудовуються в промислову шафу або пульт керування. Передня панель терміналу оператора містить (рис. 6.10):

- 1 – сенсорний дисплей типу TFT, який конфігурується за допомогою програмного забезпечення Vije Designer;
- 2 – світлодіодні індикатори режиму роботи (зелений, помаранчевий та червоний);
- 3 – 18 динамічних клавіш зі світлодіодними індикаторами трьох кольорів;
- 4 – 12 статичних клавіш зі світлодіодними індикаторами трьох кольорів;
- 5 – програмно-конфігурований маніпулятор-джойстик промислового типу;
- 6 – 12 алфавітно-цифрових клавіш;
- 7 – 8 спеціальних клавіш (переміщення, видалення, підтвердження, виклик меню тощо).

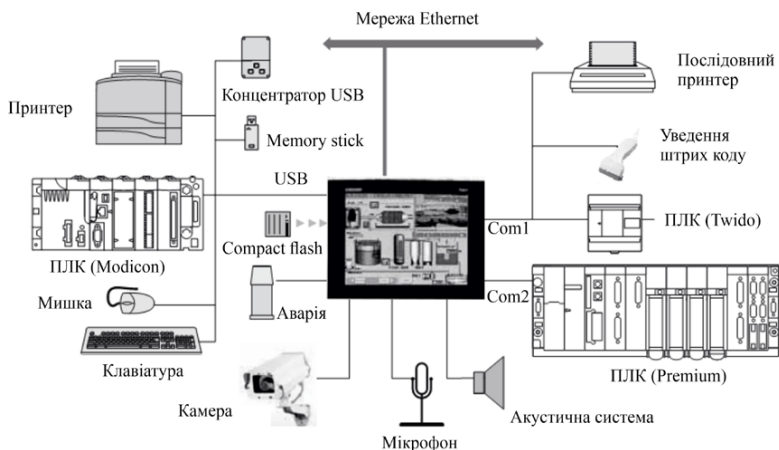


Рис. 6.9. Приклад застосунку із терміналом Magelis XBT GT

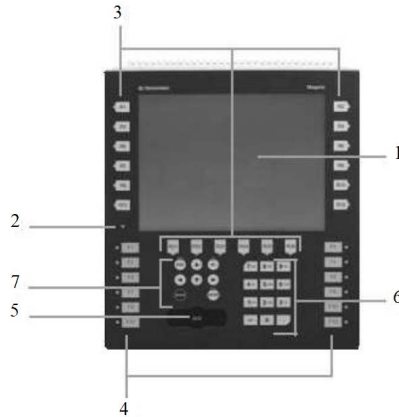


Рис. 6.10. Лицьова панель терміналу Magelis XBT GK

Вибір терміналів чи дисплеїв Magelis. Екрани та дисплеї серії Magelis компанії Schneider Electric

Серія текстових панелей Magelis XBT N/R та малих сенсорних панелей RT забезпечує простоту та зручність роботи оператора. Простота налаштування за допомогою Vijeo Designer Lite дозволяє оптимізувати розробку систем. Серія графічних терміналів Magelis XBT GK, GT та терміналів з розширеними можливостями GTW дозволяє створювати програми візуалізації будь-якої складності. Ці вироби мають широкі комунікаційні можливості, багато терміналів мають вбудований порт Ethernet. Всі термінали побудовані з використанням високоякісного сенсорного екрана та/або клавіатури, що випускають їх із екранами розміром від 3.8" до 15". Для розробки додатків використовується програмне забезпечення Vijeo Designer, яке окрім основного налаштування інтерфейсу дозволяє використовувати вбудовані мультимедійні можливості та web-інтерфейс.

6.5 Промислові комп'ютери для станцій супервізорного керування

На противагу архітектурам, призначеним для роботи з однією установкою, є можливість побудови розподілених архітектур людино-машинного інтерфейсу. У таких архітектурах робота з обладнанням

відбувається глобально і може бути забезпечений тісний контакт із ПЗ керування підприємством ERP (рис. 6.11).

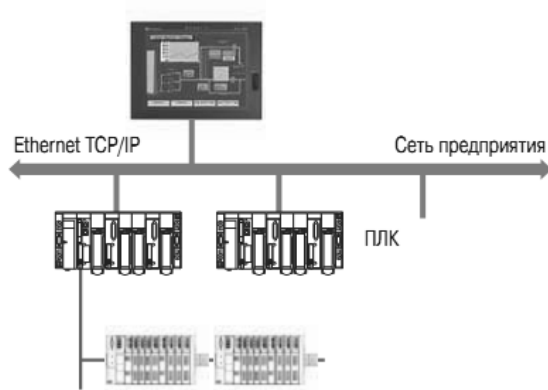


Рис. 6.11. Засоби ЛМІ у розподіленій архітектурі

Цей тип засобів ЛМІ вимагає наявності високих обчислювальних можливостей, тому для таких цілей використовуються повноцінні промислові комп'ютери. Завдяки промислового виконання такі комп'ютери можуть працювати у складних виробничих умовах, що характеризуються високим рівнем електромагнітних перешкод, складними кліматичними умовами тощо.

Промислові комп'ютери постачаються із встановленими операційними системами Windows, SCADA-системами (системами супервізорного керування та збору даних) для встановлення додатків або системами ЛМІ або web-інтерфейсу в залежності від потреб користувача. Пакетні пропозиції Schneider Electric забезпечують хорошу інтеграцію корпоративних систем керування (бази даних, системи керування підприємством тощо) та систем керування на основі ПЛК, розроблених в інструментальній системі Unity Pro.

Промислові ПК серії Magelis iPC

Ця серія з чотирьох промислових ПК доповнює серію терміналів Magelis ХВТ:

- Magelis Smart – компактний термінал на базі Windows XP Embedded;

- Magelis Compact iPC – повноцінний промисловий ПК у вигляді компактного терміналу;
- Magelis Smart BOX, Compact PC BOX, Flex PC BOX – потужні промислові ПК з великим набором конфігурацій та можливостей розширення;
- Magelis iDisplay – промислові дисплеї із сенсорними екранами та можливістю підключення клавіатури.

На рис. 6.12 подано основні характеристики промислових ПК.

	Magelis Smart	Magelis Compact iPC	Magelis Smart BOX Magelis Compact PC BOX Magelis Flex PC BOX	Magelis iDisplay
				
Тип екрану	8.4" SVGA 12" SVGA 15" SVGA	8.4" SVGA 12" XGA 15" XGA		15" XGA 19" SXGA
Інтерфейс	Сенсорний екран 1 x USB (12" та 15")	Сенсорний екран 1 x USB (12" та 15")	1 x USB	Сенсорний екран та/або клавіатура 1 x USB
Привід	—	DVD + FDD	DVD (Flex PC)	—
Пам'ять	CF1 ГБ	HDD 40 ГБ	CF1 ГБ (Smart Box) HDD 60 ГБ або Flash диск 8 ГБ або 16 ГБ (Compact PC) 1 або 2 HDD 80 ГБ з Raid диском або Flash диск 8 ГБ або 16 ГБ (Flex PC)	—
Карта	0-2 PCMCIA	1 PCI + 0-2 PCMCIA	1-4 PCI	—
Порти Ethernet	2	2	2	—
Вбуд. порт відео	—	VGA(15")	—	VGA та DVI (вхід)
Джерело живлення	Змін. струм / Пост. струм	Змін. струм	Змін. струм / Пост. струм	Змін. струм

Рис. 6.12. Основні характеристики комп'ютерів серії Magelis iPC

6.6 Програмне забезпечення засобів людино-машинного інтерфейсу

Для полегшення створення та обслуговування систем візуалізації Schneider Electric пропонує програмне забезпечення Vijeo Designer Lite, Vijeo Designer та Vijeo Citect. Така пропозиція при використанні серії терміналів Magelis (рис. 6.13) здатна задовольнити будь-які потреби користувачів.

Програмне забезпечення	Термінали Magelis						Пром. комп. Magelis		
	XBTN	XBTR	XBTRT	XBTGK	XBTGT	XBTGTW	Smart	Compact iPC	Flex PC BOX
	■	■	■		■	■	■	■	
	Vijeo Designer Vijeo Designer Vijeo Citect								■

Рис. 6.13. Таблиця сумісності програмного забезпечення з обладнанням серії Magelis

Vijeo Designer Lite

Програмне забезпечення Vijeo Designer Lite використовується для розробки простих діалогових програм для панелей серії Magelis XBT N, R та RT (компактні термінали з сенсорним екраном). Воно також дозволяє працювати з додатками, розробленими на попередній версії конфігурування ПЗ терміналів XBT L1000. Для збільшення продуктивності праці розробників і поліпшення ергономіки це ПЗ має інтерфейс користувача, аналогічний ПЗ Vijeo Designer. Vijeo Designer Lite дозволяє створювати всі типи сторінок (сторінки програми, аварійних повідомлень, допомоги тощо), а також налаштовувати перемикання між ними.

ПЗ має такі функції:

- розширений набір графічних об'єктів для Magelis XBT RT (стовпцеві індикатори, криві трендів тощо);
- шрифти: кирилиця, спрощена китайська, японська;
- формування звітів;
- симуляція програм на ПК.

Vijeo Designer

ПЗ дозволяє конфігурувати графічні діалогові панелі XBT GK, GT, GTW та термінали Magelis Smart & Compact iPC. Воно дозволяє налаштовувати мультимедійні можливості для XBTGT, XBTGTW та Magelis Smart & Compact iPC (відео та звук), а також дозволяє організувати віддалений доступ до діалогових програм через web-інтерфейс. Vijeo Designer має дуже потужний та зручний діалоговий інтерфейс із шістьма вікнами.

Система дозволяє використовувати повноцінний інтерфейс керування проектом:

- створення проекту, що складається з однієї системи чи кількох частин;
- редактор "рецептів" (32 групи по 64 "рецепти" з 1024 змінними);
- список налаштувань користувача, наприклад, скриптів;
- перехресний перелік змінних;
- бібліотеку об'єктів на основі векторної графіки;
- створення документації для застосування візуалізації;
- режим симулювання для перевірки програми;
- потужний графічний редактор для розробки програми (понад 30 готових об'єктів);
- режим накладання та маскування для підвищення ефективності розробки;
- поділ змінних між терміналами (300 змінних між 8 терміналами);
- підтримку 40 мов (включаючи спрощену китайську, корейську, арабську тощо);
- можливість роботи з базою змінних ПЛК (Unity, PL7, Concept, TwidoSoft, ProWORX, ModSoft);
- розширені можливості обробки (за подією, періодом часу чи запитом);
- можливість збереження проекту у терміналі для зручності обслуговування;
- зручний засіб зчитування даних;
- підтримку стандартних карток пам'яті USB (до 2 Гб);
- підтримку зовнішніх клавіатур та миші з інтерфейсом USB;
- підтримку стандартних для обладнання Schneider Electric засобів (діалоговий буфер, доступ до змінних через WEB тощо).

Vijeo Designer містить такі вікна: навігатор; список об'єктів; панель інформації; звіти; екран властивостей об'єкта; бібліотеку анімованих об'єктів.

Базуючись на сучасних інформаційних технологіях, програмне забезпечення дозволяє виконати:

- написання скриптів мовою програмування Java, що посилює можливості розробленої системи візуалізації;
- підтримку форматів jpeg, bmp, png, txt, wav тощо;
- обробку аварійних повідомлень;
- дії із вбудованим FTP-сервером;
- завантаження програми через послідовний порт або Ethernet;
- дії, пов'язані з подіями;
- перехід у режим Web Gate – віддалений доступ до програми візуалізації через Ethernet, використовуючи програму навігації через Інтернет (наприклад, MS Internet Explorer);
- віддалене обслуговування програми на додаток до режиму Web Gate; Vijeo Designer надає можливість використання вбудованого web-сервера класу B15;
- роботу з менеджером даних – це засіб, що спрощує пересилання даних;
- підтримку протоколів різних виробників: Mitsubishi Melsec, Omron Syamac, Rockwel Automation, Siemens Simatic, ProfibusDP та ін.

Vijeo Citect

Це програмне забезпечення дозволяє системним інженерам, інженерам автоматизації та системним інтеграторам розробляти SCADA-додаток (систему візуалізації та збору даних) для своєї системи керування. Можливості системи Vijeo Citect дозволяють використовувати її у різноманітних галузях, серед яких:

- енергетика та інфраструктура;
- аеропорти, керування дорогами та тунелями;
- обробка води та водопідготовка;
- харчова промисловість;
- гірнична промисловість та шахти;
- металургія.

Для збільшення продуктивності обробки програм візуалізації Vijeo Citect дозволяє використовувати потужність багатопроцесорних комп'ютерів та

розподіл обробки на різні сервери системи. Цей продукт має потужний засіб пошуку/заміни. Vijeo Citect містить інтерфейс на основі Web XML-технології для доступу до всіх компонентів продукту, що істотно полегшує інтеграцію цієї програми в інформаційну систему.

Простота розробки системи візуалізації

Під час розробки системи візуалізації є можливість роботи із засобом SpeedLink, який дозволяє зчитувати змінні із програми, розробленої в системі програмування контролерів Unity Pro, створюючи необхідні сигнали аварійних повідомлень та трендів, крім того, VijeoCitect сумісний із UnityApplicationGenerator.

Посилена система безпеки

Система безпеки Vijeo Citect дозволяє налаштувати режим доступу лише читання для різних компонентів програми. Ця система може працювати на основі привілеїв, заданих для користувачів операційної системи або на основі груп користувачів, створених у проекті Vijeo Citect.

6.7 Діалогові засоби, вбудовані у продукти

Багато продуктів, таких як перетворювачі частоти (рис. 6.14), інтелектуальні датчики, пристрої пуску та керування двигунами Tesys U, мають вбудовані засоби людино-машинного інтерфейсу. Ці компоненти дозволяють проводити налаштування обладнання та отримувати діагностичну інформацію під час експлуатації.



Рис. 6.14. Перетворювачі частоти ATV71 та пускачі Tesys U з діалоговою панеллю

Наприклад розглянемо графічну діалогову панель перетворювачів частоти (ПЧ) ATV71 (рис. 6.15).



Рис. 6.15. Графический терминал Altivar

Діалогова панель ATV71

Основні характеристики (рис. 6.16):

- графічний дисплей;
- відображення тексту 6 мовами (китайська, англійська, французька, німецька, італійська та іспанська) у базовій комплектації та іншими мовами, включаючи російську у спеціальному виконанні;
- навігаційна кнопка для легкого перегляду меню; меню "Простий запуск" для швидкого запуску Altivar 71 в оптимальному режимі;
- "функціональні" клавіші налаштування та швидкого виклику, допомоги під час роботи або керування програмою;
- постійне відображення робочих параметрів електродвигуна;
- чітке відображення тексту до 8 рядків та графічних зображень; символи, що легко читаються до 5 м;
- гнучкість застосування з можливістю установки як дистанційного керування на дверях шафи із захистом IP 54 або IP 65 та можливістю багатоточкового з'єднання з декількома перетворювачами частоти;
- зберігання до чотирьох конфігурацій для завантаження у перетворювачі частоти;
- простота у використанні за допомогою функціональних клавіш швидкого виклику, прямого доступу та допомоги під час роботи, відображення

максимальних та мінімальних значень параметрів;

- ергономічна навігаційна кнопка; швидка та легка навігація по спадному меню без використання додаткових пристроїв;
- параметри відображення, що налаштовуються користувачем, екрани перегляду, контрольне горизонтальне меню, створення меню користувача тощо;
- захист параметрів, регулювання контрастності дисплея, захист паролем для безпечного доступу до налаштувань користувача. Багато макроконфігурацій вже інтегровані в ПЛ. Вони призначені для широкого кола використання та застосування: загального користування, підйомно-транспортного обладнання, підключення по польовій шині, PID-регулювання тощо. Можуть використовуватися як провідний або підлеглий пристрій.

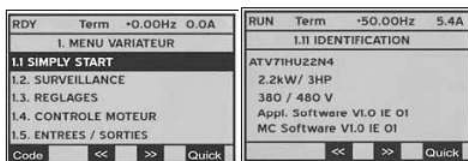


Рис. 6.16. Приклад повідомлень ATV71

Програмне забезпечення PowerSuite (рис. 6.17) створено для спрощення налаштування перетворювачів частоти. Це ПЗ здатне працювати на персональних та кишенькових комп'ютерах і може підключатися до перетворювачів частоти через послідовний порт. Воно має такі можливості:

- єдине ПЗ для конфігурування перетворювачів частоти, пристроїв плавного пуску та пускачів двигунів (ATV, ATS, Tesys U);
- збереження конфігурації в персональному комп'ютері;
- пересилання конфігурації;
- налаштування виробу;
- спостереження параметрів, у тому числі у вигляді осцилограм;
- відображення параметрів комунікації;
- керування ПЧ, наприклад, для налагодження.



Рис. 6.17. Екран ПЗ PowerSuite: завдання параметрів ПІ-регулятора

Людино-машинний інтерфейс є областю систем автоматизації, яка набула великого розвитку за останні кілька років. При правильному виборі інтерфейсу та його конфігурації користувачі можуть контролювати технологічні процеси з більшою точністю та проводити діагностику та профілактичне обслуговування, домагаючись підвищення готовності обладнання та продуктивності праці за рахунок скорочення часу простоїв.

7. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СУДОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА БАЗІ КОНТРОЛЕРІВ ФІРМИ DEIF

7.1 Загальні відомості про контролерів PPM у складі системи керування судновою електростанцією

Система керування електростанцією PPM містить набір функцій, необхідний для керування енергоустановками морського базування.

Система керування електростанцією забезпечує функції керування, контролю та захисту як генераторного агрегату, так і електростанції загалом.

Система виконує вимірювання всіх необхідних параметрів електростанції з відображенням на LCD-дисплеї.

Система керування PPM передбачає автоматизацію таких режимів роботи електростанцій, як:

- паралельна робота ДДУ на загальні шини;
- робота ДГУ на секційовані шини ГРЩ;
- робота з валогенератором та берегом;
- керування секційними вимикачами;
- керування аварійним/стоянковим ДГ.

Система керування підтримує такі режими керування електростанцією:

- паралельна робота ДДУ з автоматичним розподілом навантаження;
- режим фіксованої потужності;
- переведення навантаження ДГУ/валогенератор/берег;
- робота на розподілені секції ГРЩ із керуванням секційними вимикачами.

Кожен контролер у складі системи керування має окремий основний дисплей (підключення СОМ-кабелем) та додатковий виносний дисплей (підключається до основного дисплея за інтерфейсом Canbus).

Кожен контролер забезпечений власним обчислювальним мікропроцесорним модулем, блоком живлення та інтерфейсними схемами для підключення до датчиків, встановлених на силовій електроенергетичній

установці.

У табл. 7.1 наведено необхідні (бажані) характеристики інтерфейсних схем контролера. У дужках зазначено кількість входів/виходів, які вільно конфігуруються. Один з каналів Canbus є основним для об'єднання контролерів у систему, другий Canbus автоматично резервує перший.

Таблиця 7.1. Характеристики інтефейсних схем контролера

Входи/виходи	Доступно
Багатофункціональні: 4...20 mA Дискретні PT100 PT1000 VDO 0-0-40V DC	3(3)
Дискретні входи	7(4)
Вхід для вимірювання обертів Pick up	1
Релейні виходи	4
Підключення Canbus	2

Система керування забезпечує такі режими керування залежно від ступеня автоматизації:

- АВТО (система здійснює автоматичний пуск/зупинку ДГУ системи залежно від навантаження електростанції відповідно до заданих пріоритетів на запуск);
- П-АВТО (напіваавтоматичний режим вимагає мінімального втручання оператора в роботу електростанції – подача команд пуску/зупинки ДГУ, команд керування вимикачами. Автоматичний пуск ДДУ в даному режимі неможливий);
- ручний (ручне керування (керування з ГРЩ) відключає всі функції керування системи. Функції захисту та контролю параметрів залишаються активними).

Необхідно передбачити такі основні функції керування електростанцією з панелі АОР-2 (рис. 7.1):

- вибір режиму керування електростанцією (напіваавтоматичний, автоматичний, безпечний, робота валогенератора, стан розподілених шин);
- дві кнопки, що вільно програмуються, перевірка дисплея.

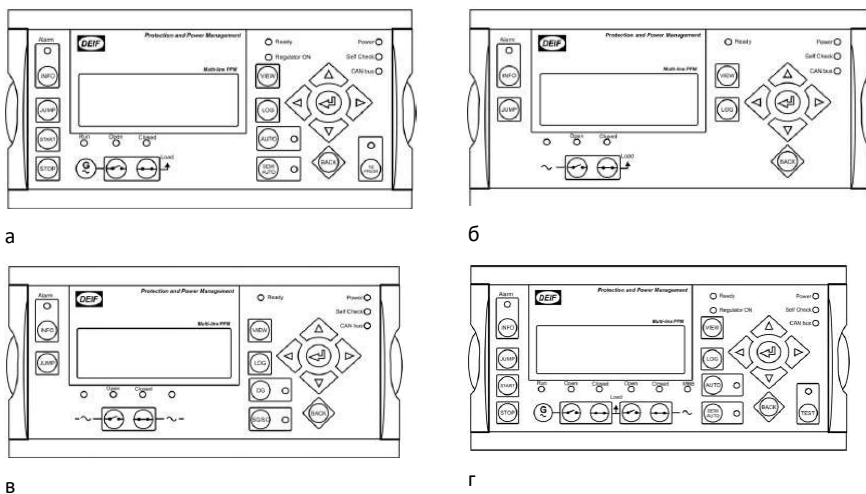


Рис. 7.1. Дисплеї контролера:
а - дизель-генератора (DG); б - валогенератора (SG)/берегового живлення (SC); в – секційного вимикача (BTB); г – аварійного/стоянкового дизель-генератора (EDG)

Крім того, індикація на панелі AOP-2 повинна відображатись:

- режим роботи електростанції;
- становище вимикача живлення з берега;
- стан потужних споживачів (запит на вмикання та на дозвіл включення);
- сигнали про відключення груп невідповідних споживачів;
- сигнал про аварійне відключення вимикачів генераторів;
- сигнал про аварійну зупинку генераторів;
- сигнал про відмову системи керування.

Режими керування електростанцією залежать від складу електростанції (наявність валогенераторів, керованих вимикачів живлення з берега, секційних вимикачів). Вибір необхідного режиму керування здійснюється кнопкою дисплея.

Розглянемо опис дисплейного блоку системи PPM 3, призначеного для керування, моніторингу та програмування параметрів електростанції.

Дисплейний блок (DU-2)

Система PPM має 4 типи дисплейних блоків залежно від складу електростанції: дизель-генератора (DG), валогенератора/берегового живлення (SG/SC), аварійного/стоянкового дизель-генератора (EDG) та секційного вимикача (ВТВ)). Дисплей контролера чотирирядковий (рядок містить 20 символів).

Функції кнопок керування та світлодіодів представлені у табл. 7.2 та 7.3. Призначення кнопок та світлодіодів на дисплеї показано на рис. 7.2-7.6.

Таблиця 7.2. Функції кнопок керування меню контролера

INFO	Інформація	Здійснюється зсув трьох нижніх рядків з виведенням на екран списку аварійних
JUMP	Перехід	Дозволяє ввести певний номер меню. Усі налаштування блоку вводяться та зберігаються в меню зі спеціальними номерами. Кнопка JUMP дозволяє вибрати та вивести на екран меню з будь-яким номером без необхідності навігації через численні вкладені меню.
VIEW	Вид	Здійснюється зсув першого рядка з виведення на екрані списку меню налаштування.
LOG	Журнал подій	Здійснюється зсув трьох нижніх рядків з виведенням на екран списку подій та аварійних сигналів. Список може містити до 150 подій. Список подій зберігається при відключенні допоміжного джерела живлення.
		Кнопка пересування курсору ліворуч, коли навігація в меню.
		Кнопка збільшення поточного значення виділеного настроювального параметра (уставки в меню налаштування). Поза меню налаштування ця кнопка використовується для прокручування у другому рядку меню та виведення на екран значень різних параметрів генератора.
	Вибір (SELECT)	Кнопка служить для вибору підкресленого параметра четвертому рядку дисплея.
		Кнопка зменшення поточного значення виділеного настроювального параметра (Уставки в настроювальному меню). Поза меню налаштування ця кнопка використовується для прокручування у другому рядку меню та виведення на екран значень різних параметрів генератора.
		Кнопка пересування курсору праворуч при навігації в меню.

BACK	Назад	Перехід на один крок назад під час навігації в меню (на попередній екран із даними або вікно введення).
------	-------	---

На дисплейному блоці кожен індикаторний світлодіод має своє функціональне призначення. У різних ситуаціях колір світла кожного з світлодіодів може бути червоним, зеленим або поєднанням обох кольорів.

Таблиця 7.3. Функції світлодіодів

Alarm	Аварійний сигнал	Блимання даного світлодіода вказує на наявність аварійного непідтвердженого (не квітованого) сигналу. Безперервне свічення світлодіоду означає, що всі аварійні сигнали підтверджені (квітовані).
Power	Живлення	Світлодіод вказує, що джерело допоміжного живлення увімкнено.
READY	Готовий	Зелений світлодіод вказує, що дизель-генератор готовий до запуску.
Self check OK	Самоконтроль – у порядку	Світлодіод вказує на нормальне функціонування блоку згідно з результатами тесту самоконтролю.
Canbus:	Стан зв'язку контролерів Canbus	Зелений світлодіод показує, що обидва канали працюють. Жовтий світлодіод показує, що немає зв'язку по одному з каналів. Червоний світлодіод показує, що між контролерами немає зв'язку.

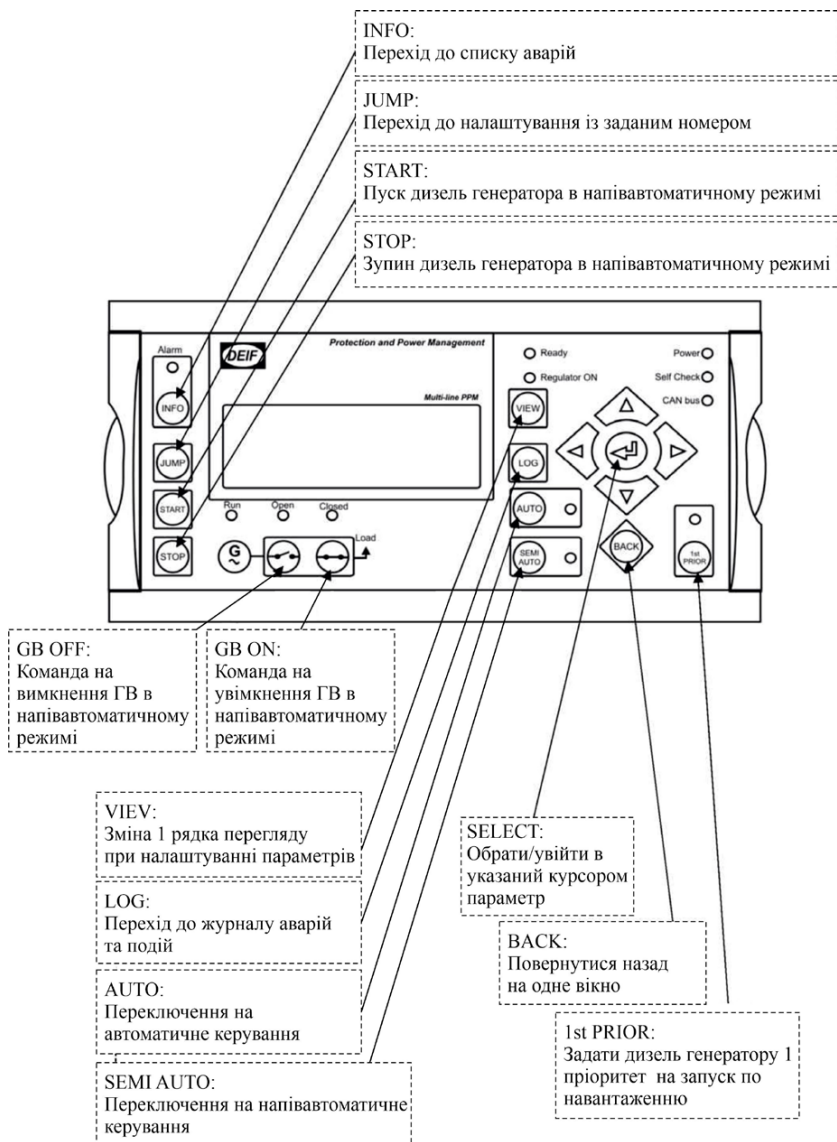


Рис. 7.2. Призначення кнопок на дисплеї дизель-генератора

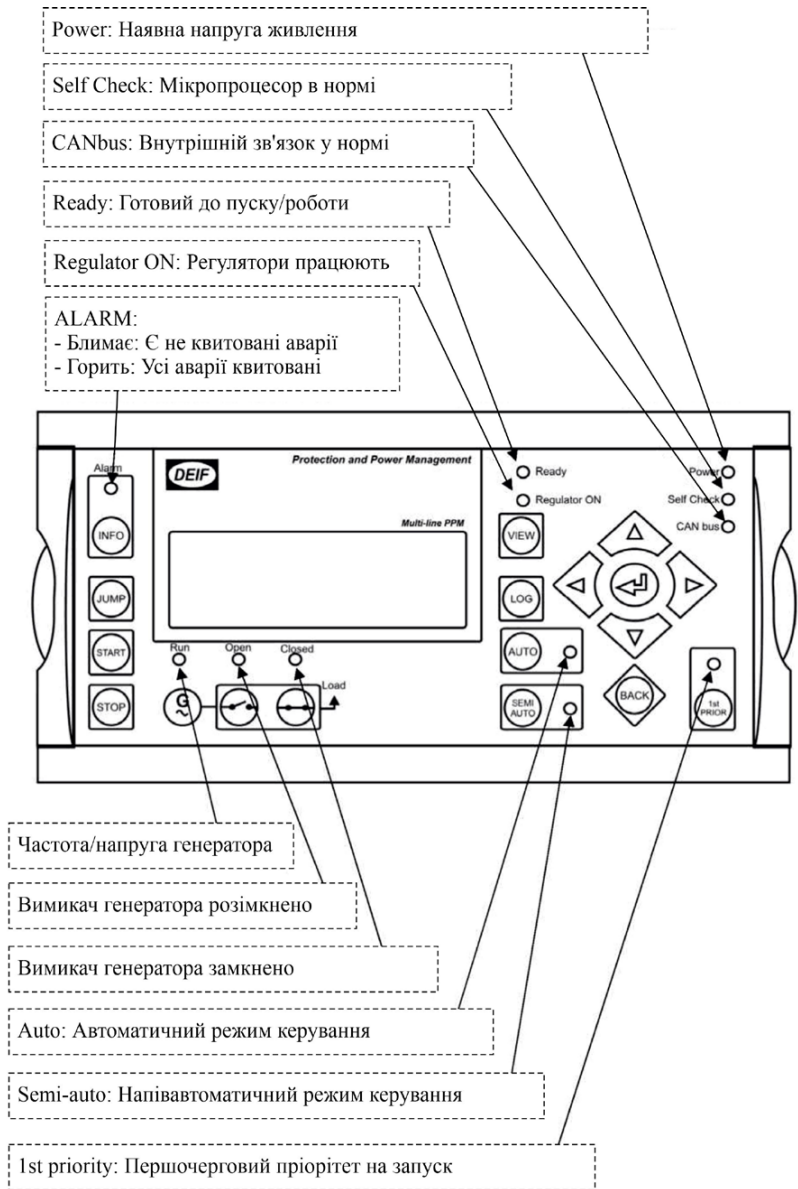


Рис. 7.3. Призначення світлодіодів на дисплеї дизель-генератора

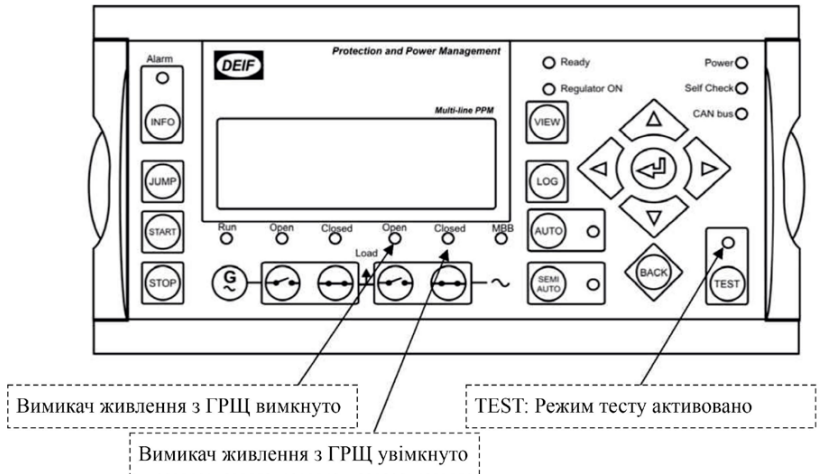
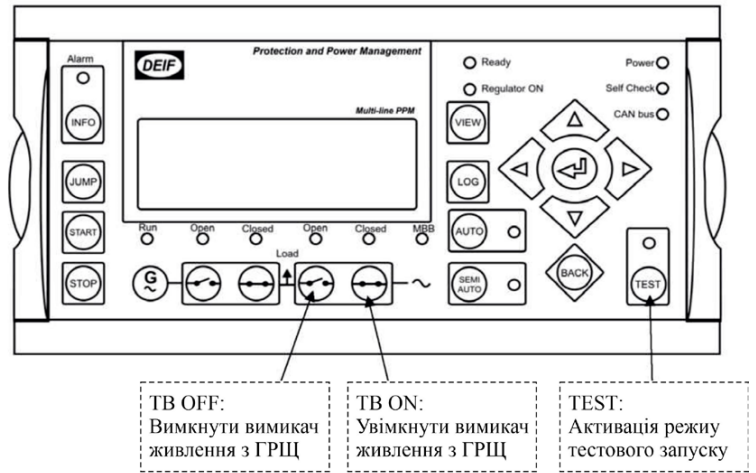


Рис. 7.4. Призначення додаткових кнопок та світлодіодів для контролера аварійного дизель-генератора

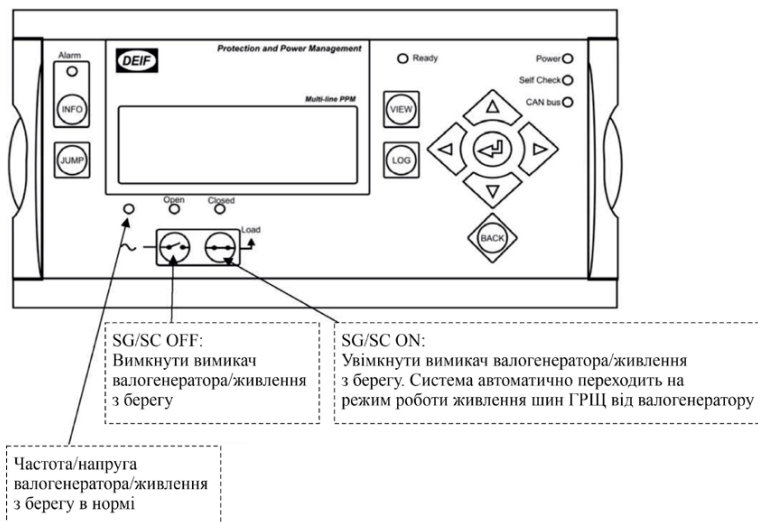


Рис. 7.5. Призначення додаткових кнопок та світлодіодів для контролера валогенератора/берегового живлення

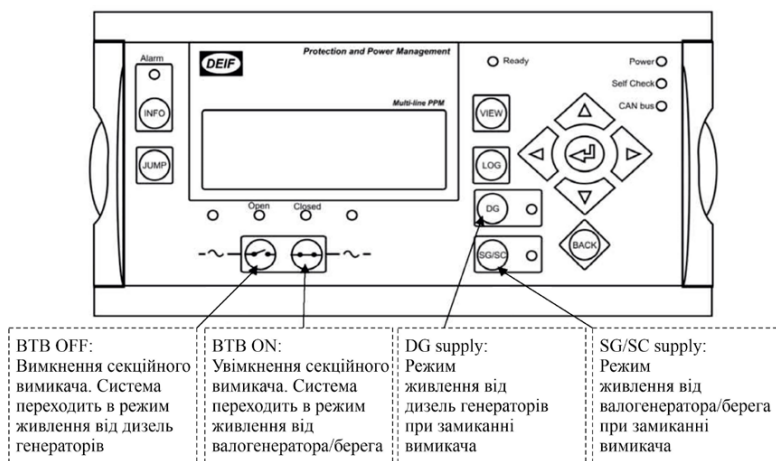


Рис. 7.6. Призначення додаткових кнопок та світлодіодів для контролера секційного вимикача

Структура меню

У дисплейному блоці передбачені дві системи меню, які використовуються без введення пароля:

- система меню перегляду – найчастіше використовується, складається з 15 конфігурованих інформаційних вікон. Вибір вікон здійснюється за допомогою кнопок зі стрілками;

- система меню налаштування – система меню, яка використовується для налаштування блоку або виведення на екран докладних даних, які не передбачені у системі перегляду. Зміна значень налаштовувальних параметрів захищається паролем.

Вікно введення

Вікно введення з'являється після включення блоку живлення (рис. 7.7). Вікно введення є поворотною точкою у загальній структурі меню та служить для виклику інших меню. Передбачена можливість відкриття вікна введення шляхом триразового натискання кнопки BACK (Назад).

Після включення живлення та за наявності в системі хоча б одного аварійного сигналу на екран виводиться журнал подій та список аварійних сигналів.

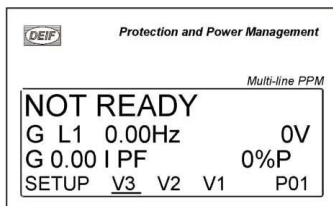


Рис. 7.7. Вікно введення

Меню перегляду

Найчастіше використовуються перші три меню перегляду блоку (V1, V2 і V3).

Меню відтворення (рис. 7.8) призначене для виведення на екран вимірянних значень різних параметрів.

Курсор пересувається за допомогою кнопок ◀ та ▶.

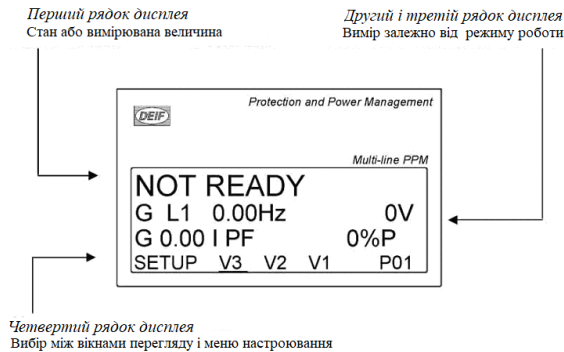


Рис. 7.8. Меню перегляду

Вікно перегляду 1 (V1)

Конфігурація окремих вікон перегляду здійснюється за допомогою комп'ютерної програми DEIF USW.

Вікно V1 містить до 20 різних вікон, які можна вибрати за допомогою кнопок ▲ та ▼.

Вікно перегляду 2 (V2)

Вікно V2 – це копія вікна V1, містить до 20 різних вікон, які можуть бути вибрані за допомогою кнопок ▲ та ▼.

Вікно перегляду 3 (V3)

Вікно V3 дисплея змінюється автоматично залежно від режиму роботи системи. Перший рядок показує стан контролера.

Меню настройка

Система меню використовується для налаштування блоку або виведення на екран докладних даних, які не передбачені в системі перегляду. Таким чином, меню налаштування (рис. 7.9 – 7.11) призначене як для повсякденного використання з метою одержання оперативної інформації, так і для введення або зміни налаштовувальних параметрів. Вхід у меню налаштування здійснюється з вікна введення шляхом вибору опції SETUP у четвертому рядку дисплея.

Перший рядок

Використається для перегляду параметрів генератора

Другий рядок

Перегляд параметрів
Інформація про обраний канал
Перегляд останньої аварії/події

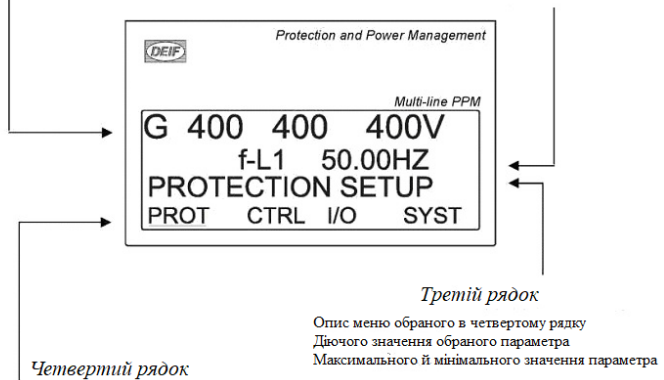


Рис. 7.9. Перехід між меню налаштувань

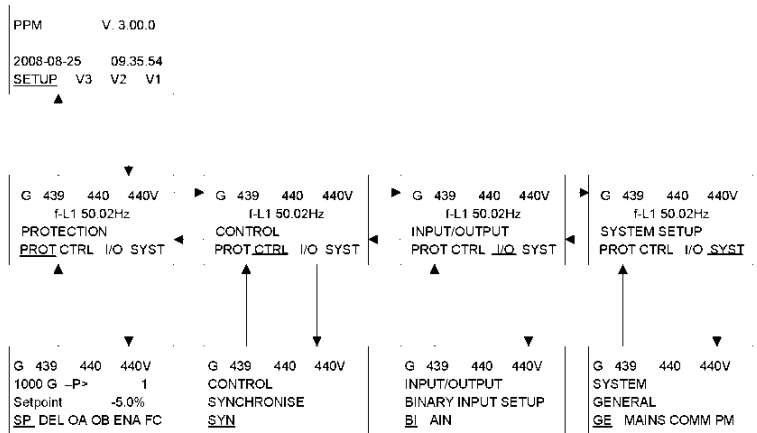


Рис. 7.10. Структура налаштування

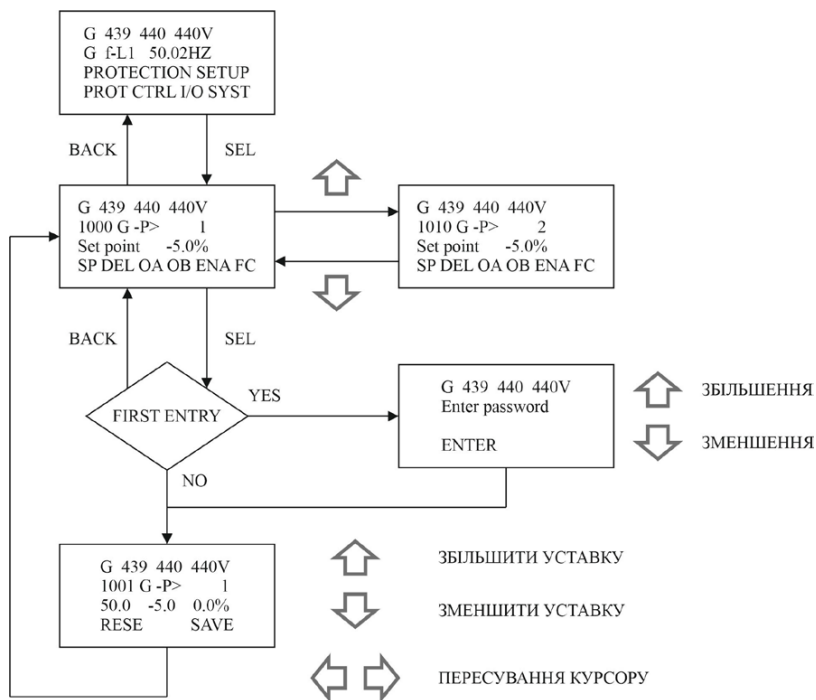


Рис. 7.11. Приклад переходу до зміни параметрів Reverse power

Тексти стану у першому рядку дисплея

Можливі тексти стану дисплея наведено в табл. 7.4. Ці повідомлення активні протягом 3 секунд після натискання кнопки на дисплейній панелі.

Таблиця 7.4. Тексти стану дисплея

Текст стану	Опис	Доповнення
SPLIT NOT POSSIBLE	Секційний вимикач не може бути розімкнений.	
SG SUPPLY BLOCKED	Секційний вимикач не може бути замкнутим. Валогенератор недоступний.	
SHORE SUPPLY BLOCKED	Секційний вимикач не може бути замкнутим. Живлення з берега недоступне.	
DG SUPPLY BLOCKED	Секційний вимикач не може бути замкнений. Необхідна кількість дизель генераторів не може бути підключено до шин ГРЩ.	

PHT POSSIBLE	NOT	Двигун режим роботи валогенератора недоступний.	
SWBD CONTROL		Режим керування з ГРЩ.	
NOT IN SEMI MODE		Контролер не перебуває в напівавтоматичному режимі керування.	
NOT IN PMS CONTROL		Контролер не перебуває у напівавтоматичному режимі керування.	
START INHIBIT		Не активовано вхід дозволу запуску.	
BLOCK ALARM		Аварія із класом "блокування". Послідовності запуску та синхронізації заблоковані.	
TB BLOCK ALARM		Аварія вимикача живлення із ГРЩ із класом "блокування".	Тільки для аварійного генератора.
STOP FAILURE		Нездійснена зупинка.	
GEN. NOT RUNNING		Генераторний агрегат не працює.	
CB IS CLOSED		Вимикач (GB, SG, SC, TB) вже замкнуті.	
TB IS CLOSED		Вимикач живлення із ГРЩ замкнутий.	Тільки для аварійного генератора.
CB IS OPEN		Вимикач (GB, SG, SC, TB) вже розімкнуто.	
TB IS OPEN		Вимикач живлення з ГРЩ розімкнуто.	Тільки для аварійного генератора.
GB OFF POSSIBLE	NOT	Генераторний вимикач не може бути розімкнений.	Для запобігання знеструмленню шин.
TB OFF POSSIBLE	NOT	Вимкнення вимикача живлення з ГРЩ неможливо. Можливе знеструмлення.	Лише для аварійного генератора.
LOAD BLOCKED	TEST	Навантаження на шинах не достатньо для проведення тесту під навантаженням.	
FULL TEST BLOCKED		Режим повного тесту не може бути виконаний.	

Повідомлення, описані у табл. 7.5, з'являються на дисплеї автоматично незалежно від натискання кнопок керування оператором.

Таблиця 7.5. Автоматично генеровані повідомлення

Текст стану	Опис	Доповнення
SIMPLE TEST	Режим ПРОСТОГО тесту активований на аварій- ном генераторі.	
LOAD TEST	Режим тесту ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ активовано на аварійному генераторі.	
FULL TEST	Режим ПОВНОГО тесту активовано на аварійному генераторі.	
SIMPLE TEST ### min	Режим простого тесту активований на аварійному генераторі. Таймер показує час, що залишився.	
LOAD TEST ### min	Режим тесту ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ активовано на аварійному генераторі. Таймер показує час, що залишився.	
FULL TEST ### min	Режим ПОВНОГО тесту активовано на аварійному генераторі. Таймер показує час, що залишився.	
LOAD DEP. START ###s	Таймер запуску навантаження наступного генератора.	
LOAD DEP. STOP ###s	Таймер зупинки навантаження наступного генератора.	
FIXED FREQUENCY	Генератор працює в режимі фіксованої частоти.	Холостий хід або підключений лише один генератор.
LOAD SHARING	Генератор працює у режимі розподілу потужності.	Декілька генераторів працюють в паралель.
FIXED POWER	Генератор працює у режимі фіксованої потужності.	
DELOAD	На контролерах (DG, SG, SC, TB) це розвантаження перед вимкненням вимикача.	
RAMP DOWN	Зменшення навантаження генератора.	
RAMP UP	Збільшення навантаження генератора.	
SWBD CONTROL	Керування електростанцією вручну із ГРЩ.	

READY FOR OPERATION	Генератор готовий до роботи.	
NOT READY	Генератор не готовий до роботи.	
START PREPARE	Підготовка пуску.	
START RELAY ON	Робота стартера.	
START RELAY OFF	Пауза між спробами пуску.	
COOLING DOWN ###s	Генератор у режимі охолодження.	
GEN-SET STOPPING	Зупинення генератора.	
EXT. STOP T. ###s	Час додаткової зупинки.	
TOO SLOW 00<--	Низька частота генератора під час синхронізації.	
IN OPERATION	Вимикач валогенератора/живлення з берега замкнутий.	
FUEL OPTIMISATION	Функція оптимізації витрат палива активована.	
PROGRAMMING LANGUAGE	Завантаження файлів перекладів.	

Режими керування

Кожен контролер має три (аварійний EDG – 4) різних режимів керування та один режим ручного керування з ГРЩ (табл. 7.6).

Таблиця 7.6. Режими керування

Режим	Опис
Напівавтоматичний (SEMI-AUTO)	У напівавтоматичному режимі всі програмні послідовності ініціюються оператором. Це виконується шляхом натискання кнопок керування за допомогою команд, що передаються по шині Modbus, або шляхом активації дискретних входів. При запуску генераторного агрегату в напівавтоматичному режимі робочі параметри відповідають номінальним значенням.

Тест для аварійного генератора (TEST EDG)	Активіація режиму тестування безпосередньо призводить до запуску тестової послідовності. Простий тест: запуск генератора без керування генераторним та секційним вимикачами. Під навантаженням: синхронізація з шинами ГРЩ та робота на задане навантаження певний час. Повний тест: переведення живлення відповідальних споживачів на аварійний генератор і назад на ГРЩ через певний час.
Автоматичний (AUTO)	Керування контролером здійснює система керування електростанцією в автоматичному режимі відповідно до заданого режиму роботи. Кнопки керування агрегатом заблоковані для оператора.
Ручне керування з ГРЩ (SWBD)	При запуску в ручному режимі блок не забезпечує будь-яке регулювання параметрів генераторного агрегату, включення вимикача повинно здійснюватися вручну з ГРЩ. Функції захисту залишаються активними.

Вибір режиму керування здійснюється кнопками AUTO та SEMI з дисплейної панелі. Режим ручного керування з ГРЩ (SWBD) вибирається активацією дискретного входу 23.

Режим тесту аварійного дизель-генератора вибирається із доступних натисканням на кнопку "Тест".

У блоці передбачено три рівні парольного захисту. Налаштування всіх рівнів здійснюється за допомогою комп'ютерної програми.

У табл. 7.7 вказані передбачені програмою блоку рівні парольного захисту.

Таблиця 7.7. Рівні парольного захисту

Рівень парольного захисту	Заводське налаштування	Доступ		
		користувач	обслуговуючий	старший
Користувач	2000	X		
Обслуговуючий	2001	X	X	
Старший	2002	X	X	X

Введення параметрів під час використання паролів низького рівня заборонено. Виведення на екран значень усіх налаштувань можливе без

введення будь-яких паролів.

Для кожного параметра за допомогою програми конфігурації може бути заданий рівень доступу (рис. 7.12).

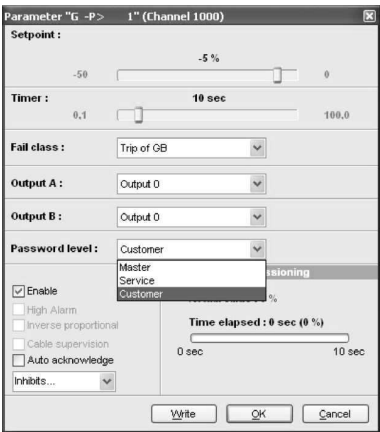


Рис. 7.12. Приклад завдання рівня доступу

Параметри можуть бути відсортовані за рівнем доступу до програми конфігурації DEIF USW (рис. 7.13).

OutputB	Enabled	High alarm	Level	FailClass
0	0	✓	Customer	Trip GB
0	0	✓	Master	Trip GB
0	0	✓	Service	Warning
0	0	✓	Customer	Trip GB
n	n	✓	Customer	Trip GB

Рис. 7.13. Приклад сортування параметрів доступу

Доступ до параметрів

Щоб змінити установки параметрів за допомогою програми, необхідно ввести пароль доступу (рис. 7.14).

Зміна пароля рівня користувача здійснюється в меню 9116.

Зміна пароля рівня обслуговування здійснюється в меню 9117. Зміна пароля старшого рівня здійснюється в меню 9118.



Рис. 7.14. Вхід у меню зміни параметрів доступу

Заводські уставки паролів доступу повинні бути змінені, якщо користувач не має права змінити параметри.

Список та журнал аварій

Блок виявляє та виводить на дисплей аварійні сигнали, передбачені уставками. Квітування (підтвердження) аварійних сигналів виконується натисканням кнопки введення на дисплеї блоку.

Квітування аварійних сигналів використовується для підтвердження всіх аварійних сигналів, що діють. Світлодіод "Alarm" на передній панелі переходить з миготливого режиму в режим постійного свічення, якщо сигнали аварії залишаються активними, або гасне, якщо активних сигналів немає.

Дисплей можна використовувати для перегляду аварійних сигналів (рис. 7.15). Під час перегляду аварійні сигнали відображаються на екрані по черзі по одному. Якщо сигнал не підтверджено, необхідно натиснути кнопку введення (), щоб підтвердити його. Потім за допомогою кнопок або можна перейти до наступного аварійного сигналу.

Світлодіод аварійних сигналів "Alarm" на передній панелі продовжує блимати, доки не підтверджені аварійні сигнали. Вимкнення сигнального реле відбувається лише після усунення аварійної ситуації та підтвердження відповідного аварійного сигналу.

Для виходу зі списку аварійних сигналів використовується кнопка BACK. Для входу до списку аварійних сигналів використовується кнопка INFO.

G	0	0	0 V
1170 G U<			1
UN-ACK		2	
Alarm(s)			

Рис. 7.15. Приклад дисплея з аварійними повідомленнями

При відсутності аварійних сигналів список буде порожній. Можливо одночасне відображення тільки одного повідомлення.

Журнал аварійних повідомлень

Журнал містить у собі три частини:

- журнал подій, що складається із 150 записів;
- журнал аварій, що складається з 30 записів (для перегляду інших аварійних повідомлень використовуються кнопки ▲ та ▼);
- журнал тестів акумуляторних батарей, що складається з 52 записів.

Журнали можна переглядати за допомогою дисплея або програми конфігурації контролера DEIF USW. При заповненні кожного з журналів новий запис замінюватиме найстаріший.

Під час переходу до журналів дисплей контролера має вигляд, зображений на рис. 7.16,а. Після переходу є можливість вибрати один із доступних журналів, у якому подія має вигляд, показаний на рис. 7.16,б.

G 400 400 400V
LOG Setup
Event log
Event Alarm Batt

a

G 400 400 400V
4170 Fuel level
06-24 15:24:10.3
INFO FIRST LAST

б

G 400 400 400V
4170 Fuel level
VALUE 8 %
INFO FIRST LAST

в

Рис. 7.16. Журнали повідомлень аварій/подій

Опис аварії/події представлено у другому рядку, тимчасова мітка – у третьому. При переміщенні курсору на 'INFO' значення параметра може бути виведене натисканням на кнопку 'SELECT' (рис. 7.16,в).

За допомогою меню 'FIRST' та 'LAST' можна переглянути перша та остання події. Кнопки ▲ та ▼ використовуються для переміщення по списку.

Сервісне меню

Призначення сервісного меню – надати оператору інформацію про стан системи керування та пошук несправності відповідно до списку аварії. Вхід у дане меню здійснюється кнопкою 'JUMP' та вибором 9120.

Вікно входу в меню та можливі функції сервісного меню представлені на рис. 7.17,а.

Доступні функції ALARM (Аварії), таймер аварії з часом до появи аварії представлені на рис. 7.17,б.

Стан дискретних входів IN контролера показано на рис. 7.17, в.

Стан дискретних виходів OUT контролера показано на рис. 7.17,г.

Додаткові повідомлення MISC відображено на рис. 7.17,д.

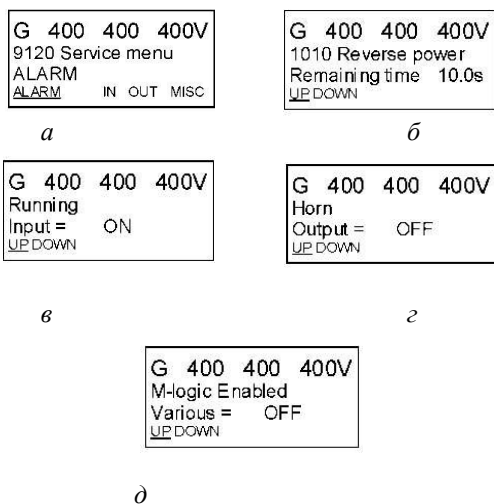


Рис. 7.17. Вікна сервісного меню

Налаштування параметрів контролера

На рис. 7.18 представлені складові частини списку параметрів та їх опис.

Налаштування інших параметрів контролера аналогічне прикладу з установкою параметра зворотної потужності, представленому раніше.

Номер меню на дисплеї	Номер меню та ім'я параметра	Налаштування, які можна змінювати з дисплея	Мінімальні та максимальні значення уставки	Значення за замовчуванням (заводські)
1000 G/SG/SC/BA reverse power 1				
1001	G/SG/SC/BA -P> 1	Setpoint	-50.0% 0.0%	-5.0%
1002	G/SG/SC/BA -P> 1	Delay	0.1 s 100.0 s	10.0 s
1003	G/SG/SC/BA -P> 1	Relay output A	Not used Option dependent	Not used
1004	G/SG/SC/BA -P> 1	Relay output B	Not used Option dependent	Not used
1005	G/SG/SC/BA -P> 1	Enable	OFF ON	OFF
1006	G/SG/SC/BA -P> 1	Fail class	F1...F8	Warning (F2)
		Designer's Reference Handbook		

Рис. 7.18. Опис основних параметрів контролера

Наведемо приклад послідовності дій оператора зміни параметра захисту від зворотної потужності 1000 G -P>.

Крок 1: Вхід у меню налаштування SETUP із головного вікна.

Крок 2: Перехід до меню налаштування захисту PROT.

Крок 3: Використовуючи кнопки та , необхідно вибрати параметр, що настраюється.

Крок 4: Перехід у меню SP із четвертого рядка дисплея.

Крок 5: Введіть пароль доступу для зміни налаштувань.

Крок 6: Використовуючи кнопки і , задаємо нове значення уставки параметра.

Крок 7: Вибираємо меню зберегти SAVE та натискаємо введення SEL.

Після представленої послідовності дій уставку параметра завершено.

Список можливих несправностей системи поданий у табл. 7.7.

Таблиця 7.7. Список несправностей системи

Несправність	Можлива причина	Наслідки	Індикація	Дії системи
--------------	-----------------	----------	-----------	-------------

CAN1 ID missing	Втрата зв'язку. Обрив лінії. Неправильне налаштування.	Втрата контролера з адресою X мережі CAN 1 ID xx on CAN I/F 1.	Повідомлен-ня на екрані. Червоний світлодіод аварія.	Буде зроблено спробу зв'язку по резервному каналу. CAN 2.
CAN2 ID missing	Втрата зв'язку. Обрив лінії. Неправильне налаштування.	Втрата контролера з адресою X мережі CAN 2 ID xx on CAN I/F 2.	Повідомлен-ня на екрані. Червоний світлодіод аварія.	Буде зроблено спробу зв'язку по резервному каналу. CAN 1.
Нес- прав- ність	Можлива причина	Наслідки	Індикація	Дія системи
Any DG missing	Втрата зв'язку. Обрив лінії. Неправильне налаштування.	Втрата зв'язку по двох каналах контролером, що має адресу CAN ID xx.	Повідомлення на екрані. Червоний світлодіод аварія.	Залежить від налаштування класу несправності параметра (7535).
Any SG missing	Втрата зв'язку. Обрив лінії. Неправильне налаштування.	Втрата зв'язку по двох каналах контролером, що має адресу CAN ID xx.	Повідомлення на екрані. Червоний світлодіод аварія.	Залежить від налаштування класу несправності параметра (7536).
Any BTB missing	Втрата зв'язку. Обрив лінії. Неправильне налаштування.	Втрата зв'язку по двох каналах контролером, що має адресу CAN ID xx.	Повідомлення на екрані. Червоний світлодіод аварія.	Залежить від налаштування класу несправності параметра (7871).
Fatal CAN error	Втрата зв'язку. Обрив лінії. Неправильне налаштування. Коротке замикання каналу CAN.	Контролер втратив зв'язок більш ніж одним контролером системи по обох каналах CAN.	Повідомлення на екрані. Червоний світлодіод аварія	Залежить від налаштування класу несправності параметра (7534).
Missing all units	Втрата зв'язку. Обрив лінії. Неправильне налаштування. Коротке замикання каналу CAN.	Контролер втратив зв'язок усіма контролерами системи.	Повідомлення на екрані. Червоний світлодіод аварія.	Залежить від налаштування класу несправності параметра (7533).

7.2 Загальні вимоги та рекомендації до комплектності системи керування судновою електростанцією

Блок керування потужністю PPU містить стандартний набір функцій для керування потужністю нескладних енергоустановок морського базування.

Система забезпечує функції керування, контролю та захисту генераторного агрегату. Незалежно від кількості блоків, що використовуються в ній, система повинна містити окремий процесор для забезпечення функції керування потужністю (СУМ) енергоустановки (рис. 7.19).

Внутрішній зв'язок між блоками TCEC здійснюється через шину CAN зв'язку. Цей канал зв'язку призначений лише для забезпечення зв'язку між пристроями DEIF, і його не можна підключити до інших систем, що працюють з шиною зв'язку CAN.

Зовнішній зв'язок із системою контролю та аварійної сигналізації здійснюється по шині зв'язку Modbus за протоколом Ethernet TCP/IP, Ethernet TCP/IP XML або каналом RS485 до віддаленого терміналу (RTU). Зв'язок каналом RS485 до віддаленого терміналу може здійснюватися з будь-якого блоку окремо (схема "точка-точка") або тільки з блоку дизель-генератора 1 (схема з відгалуженнями). Зв'язок протоколу Ethernet здійснюється тільки з блоку керування потужністю (блок РМ) і тому такий канал служить для передачі вимірних значень параметрів та сигналів стану обладнання. Процесор блоку РМ має вбудовану програму веб-сервера, яка дозволяє здійснити контроль функцій та команд керування з будь-якого підключеного до мережі комп'ютера (система має парольний захист).

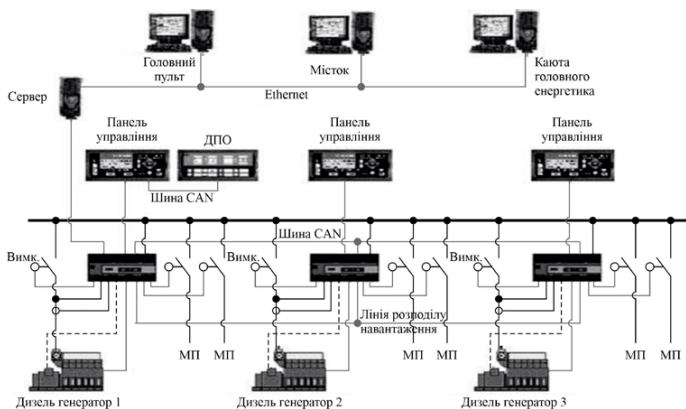


Рис. 7.19. Внутрішній зв'язок між блоками

В табл. 7.8 наведено можливі варіанти реалізації ТСЕС.

Таблиця 7.8. Варіанти реалізації ТСЕС

Найменування	Склад	Примітка
SYSTEM 01	ДГ1 + ДГ2	Мін. склад 2 ДГ / си-стема керування Макс. склад 8 ДГ / си-стема керування
SYSTEM 02	ДГ1 + ДГ2 + ВГ	Короткочасна робота ДГ и ВГ (валогенератора) Мін. склад 2 ДГ + 1 ВГ Макс. склад 8 ДГ + 1 ВГ
SYSTEM 03	ДГ1 + ДГ2 + ВГ + ШСВ	Короткочасна робота ДГ и ВГ, включаючи режим з розділеною шиною (режим SPLIT) Мін. склад 2 ДГ + 1 ВГ + 1 ШСВ (шиноз'єднувальний вимикач) Макс. склад 8 ДГ + 1 ВГ + 1 ШСВ

Система 01 (рис. 7.20) є базовим пакетом для обслуговування не менше двох дизель-генераторів, що працюють на єдину шину. Система допускає підключення не більше 8 дизель-генераторів. Для керування енергоустановкою передбачено два режими – SEMI-AUTO (Напіваавтоматичний) та AUTO (Автоматичний). У напіваавтоматичному режимі керування енергоустановкою можна здійснити за допомогою кнопок на панелі керування: кнопка START – функція Пуск, STOP – Зупинка, CB ON – Замикання вимикача та CB OFF – Розмикання вимикача. В автоматичному режимі керування система забезпечує автоматичний пуск/зупинка дизель-генераторів залежно від навантаження.

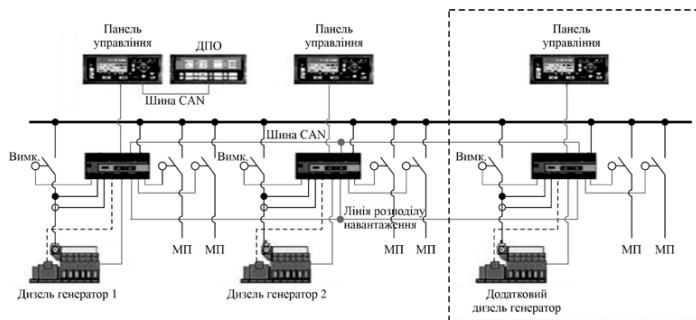


Рис. 7.20. Схема системи 01

ТСЕС має забезпечувати таке:

- режим керування:
 - SEMI-AUTO (Напівавтоматичний);
 - AUTO (Автоматичний);
- можливість програмування пріоритетності запуску ДГ;
- автоматичний контроль пріоритетності пуску залежно від періоду безперервної роботи ДГ;
 - пуск/зупинка залежно від навантаження, включаючи:
 - передачу команд пуску/зупинки від системи керування потужністю (СУМ);
 - безпечний пуск резервного генераторного агрегату до запланованого зупинки робочого генераторного агрегату;
 - передачу команди пуску від системи СУМ наступному генератору у разі невдалої спроби підключення призначеного генератора;
- функцію запобігання повному відключенню електропостачання:
 - Виявлення загального відключення електропостачання з наступним запуском одного або двох дизель-генераторів з регульованим порогом виявлення;
 - Виявлення локального відключення електропостачання з наступним запуском наступного резервного дизель-генератора у разі відсутності блоку керування основним дизель-генератором;

- симетричний або асиметричний розподіл навантаження;
- підключення одного чи двох потужних споживачів на кожний генераторний агрегат;
- контроль за положенням вимикача берегової лінії електропостачання;
- контроль за положенням шинного вимикача.

Система 02 (рис. 7.21) працює з двома або більше дизель-генераторами та одним валогенератором на єдину шину.

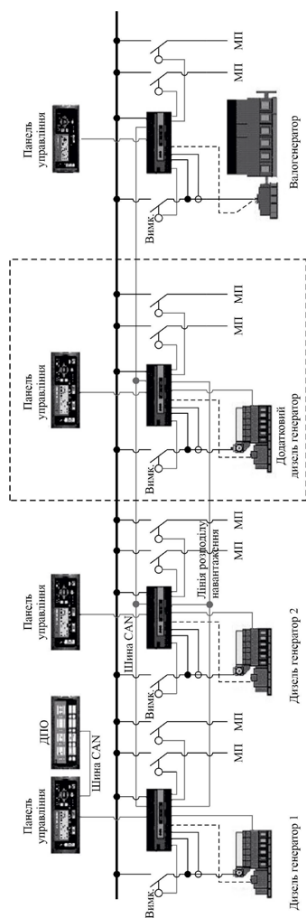


Рис. 7.21. Схема системи 02.

Система допускає підключення не більше 8 дизель-генераторів та одного

валогенератора. Через відсутність контролю частоти валогенератора допускається лише короткочасна робота даного генератора в системі енергоустановки. Додатково до двох режимів керування, що є в Системі 01 – SEMI-AUTO (Напіваавтоматичний) та AUTO (Автоматичний), у Системі 02 передбачено режим керування SHAFT (Вал). При виборі режиму SHAFT (Вал) система здійснює синхронне замикання вимикача валогенератора з наступним автоматичним вимкненням дизель-генераторів. У режимі керування AUTO (Автоматичний) система забезпечує автоматичний пуск та підключення до шини дизель-генераторів (згідно з їх пріоритетом), розвантаження валогенератора та розмикання вимикача валогенератора. Дозволяється лише короткочасна паралельна робота ДГ та ВГ.

Стандартні функції керування (для енергоустановки загалом):

- режими керування:
 - SEMI-AUTO (Напіваавтоматичний);
 - AUTO (Автоматичний);
 - SHAFT (Вал);
 - Можливість програмування пріоритетності пуску ДГ;
- автоматичний контроль пріоритетності пуску залежно від періоду безперервної роботи ДГ;
 - пуск/зупинка залежно від навантаження, включаючи:
 - передачу команд пуску/зупинки від системи керування потужністю (СУМ);
 - Безпечний пуск резервного генераторного агрегату до запланованого зупинки робочого генераторного агрегату;
 - передачу команди пуску від системи СУМ наступному генератору у разі невдалої спроби підключення призначеного генератора;
 - функція запобігання повному відключенню електропостачання:
 - Виявлення загального відключення електропостачання з наступним запуском одного або двох дизель-генераторів з регульованим порогом виявлення;

- Виявлення локального відключення електропостачання з наступним запуском наступного резервного дизель-генератора за відсутності блоку керування основним дизель-генератором;

- симетричний або асиметричний розподіл навантаження;
- підключення одного чи двох потужних споживачів на кожний генераторний агрегат;
- контроль за положенням вимикача берегової лінії електропостачання;
- контроль за положенням шинного вимикача;
- контроль та керування одним валогенератором.

Додатково до функцій керування, наявних у Системі 02, у Системі 03 (рис. 7.22) передбачена функція керування шиноз'єднувальним вимикачем. Як правило, ШСВ встановлюється між дизель-генераторами та валогенератором. Додатково до режимів роботи енергоустановки, наявних у Системі 02, у Системі 03 передбачено режим SPLIT (Поділ шин). При переході в режим SPLIT (Поділ шин) з режиму AUTO (Автоматичний) система здійснює синхронізацію валогенератора та розмикання шиноз'єднувального вимикача. При переході в режим SPLIT (Поділ шин) з режиму SHAFT (Вал) здійснюється запуск дизель-генераторів та їх синхронізація з напругою на шині. Після короткочасної паралельної роботи з валогенератором проводиться розмикання шиноз'єднувального вимикача. Дозволяється лише короткочасна паралельна робота ДГ та ВДУ.

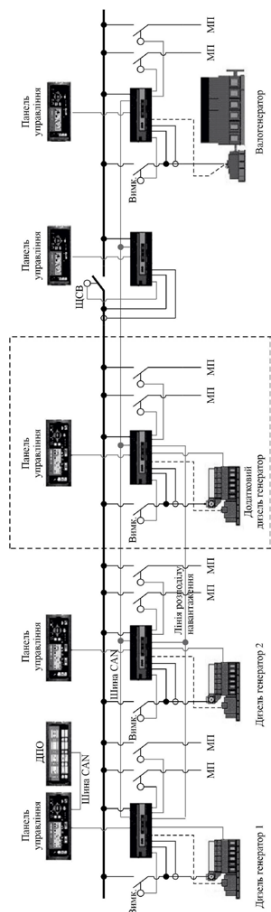


Рис. 7.22. Схема системи 03

Стандартні функції керування (для енергоустановки загалом):

- режими керування:
 - SEMI-AUTO (Напівавтоматичний);
 - AUTO (Автоматичний);
 - SHAFT (Вал);
 - SPLIT (Поділ шин);
- можливість програмування пріоритетності запуску ДГ;
- автоматичний контроль пріоритетності пуску залежно від періоду безперервної роботи ДГ;
- пуск/зупинка залежно від навантаження, включаючи:

- передачу команд пуску/зупинки від системи керування потужністю (СУМ);
- Безпечний пуск резервного генераторного агрегату до запланованого зупинки робочого генераторного агрегату;
 - передачу команди пуску від системи СУМ наступному генератору у разі невдалої спроби підключення призначеного генератора;
 - функція запобігання повному відключенню електропостачання;
 - Виявлення загального відключення електропостачання з наступним запуском одного або двох дизель-генераторів з регульованим порогом виявлення;
 - виявлення локального відключення електропостачання з наступним запуском наступного резервного дизель-генератора у разі відсутності блоку керування основним дизель-генератором;
 - симетричний або асиметричний розподіл навантаження;
 - обумовлено підключення одного чи двох потужних споживачів на кожний генераторний агрегат;
 - контроль положення вимикача до берегової лінії електропостачання;
 - контроль за положенням шинного вимикача;
 - контроль та керування одним валогенератором;
 - контроль та керування одним шиносіднувальним вимикачем.

7.3 Стандартні функції системи керування судновою електростанцією

7.3.1 Класи несправності

Усі аварійні сигнали необхідно конфігурувати відповідно до певного класу несправності. Клас несправності визначає категорію аварійного сигналу та подальші дії системи захисту. Усього передбачено вісім класів несправності. У табл. 7.9–7.11 описано дії системи для кожного класу несправності з працюючим або зупиненим двигуном.

Дизель-генератор

У табл. 7.9–7.11 наведено дії при різних класах несправності. Наприклад,

якщо аварійний сигнал сконфігурований із класом несправності "Відключення", виконуються такі дії:

- на інформаційній панелі дисплея відображається відповідний аварійний сигнал;
- виконується негайне розмикання генераторного вимикача;
- виконується негайна зупинка генератора;
- заблоковано повторний запуск генератора.

Клас несправності "Попереднє попередження ДГ" означає, що за наявності інших готових до запуску генераторів зняття навантаження генераторного агрегату перед розмиканням вимикача не проводиться.

Таблиця 7.9. Класи несправності та дії в ТЕС

Клас несправності	Действие						
	Спрац. реле СУМ; авар. сигнал на дисплеї	Блокування пуску ДГ і синхронізації	Пуск слід. ДГ та зняття навантаження (авт. режим)	Сраб. авт. вимикача	Останов після охолодження	Останов	Блок. пуску при повному відключенні
1. Попередж.	x						
2. Попереднє попередж. ДГ	x	x	x		x	x	
3. Блокування	x	x					
4. Спрац. відкл.	x	x		x			
5. Спрац. відкл. і зупинка ДГ	x	x		x	x	x	
6. Відключення	x	x		x		x	
7. КЗ відкл.	x	x		x			x
8. Сист. ав. сигнал	x	x					x

Таблиця 7.10. Класи несправності та дії для валогенератора

Клас несправності	Действие				
	Спрац. реле СУМ; авар. сигнал на дисплеї	Блокування синхронізації	Спрац. авт. вимикача	Пововлен. авт.	Блок. пуску при повн. відключен.
1. Попередження	x				
2. Попер. попередж. ДГ	x	x		x	
3. Блокування	x	x		x	

4. Спрац. вимик.	×	×	×	×	
5. Спрац. вимик. і зупинка ДГ	×	×	×	×	
6. Вимикання	×	×	×	×	
7. КЗ вимик.	×	×	×	×	×
8. Сист. ав. сигнал	×	×		×	×

Таблиця 7.11. Класи несправності і дії шини-соединительного выключателя

Клас несправності	Дія				
	Спрац. реле СУМ; авар. сигнал на дисплеї	Блокування синхронізації	Спрац. авт. вимикача	Відновлення авт. режиму	Блок. замикання при повному відключенні
1. Попереджен.	×				
2. Попер. поперед. ДГ	×	×			
3. Блокування	×	×		×	
4. Спрац. вимкн.	×	×	×	×	
5. Спрац. вимкн. і зупинка ДГ	×	×	×	×	
6. Відключення	×	×	×	×	
7. КЗ вимкн.	×	×	×	×	×
8. Сист. ав. сигнал	×	×		×	×

Налаштування класу несправності

Налаштування класу несправності для кожної функції аварійної сигналізації можна виконати як через дисплейний блок, так і за допомогою комп'ютерної програми. Щоб змінити клас несправності за допомогою комп'ютерної програми, необхідно виділити відповідну функцію аварійної сигналізації. Клас несправності вибирається в спадному списку.

7.3.2 Блокування аварійних сигналів

Користувач на власний розсуд може блокувати дію окремих аварійних сигналів (табл. 7.12) лише за допомогою комп'ютерної програми. У ній для кожного аварійного сигналу передбачено спадне вікно, в якому можна встановити, у яких випадках цей аварійний сигнал буде заблоковано (рис. 7.23).

Таблиця 7.12. Аварійні сигнали

Функція	Опис
Alarm inhibit 1 (Блок. ав. сигналу, режим 1)	Дискретний вхід блокування аварійного сигналу на контакті 50 активований
Not alarm inhibit 1 (Блок. при відсутності ав. сигналу, режим 1)	Дискретний вхід блокування аварійного сигналу на контакті 50 не активований
CB position ON (Положення вимикача – ВКЛ.)	Вимикач знаходиться в замкненому положенні
CB position OFF (Положення вимикача – ВКЛ.)	Вимикач знаходиться в розімкненому положенні
Running (Працює)	Є сигнал про працюючий стан генератора
Not running (Не працює)	Є сигнал про непрацюючий стан генератора

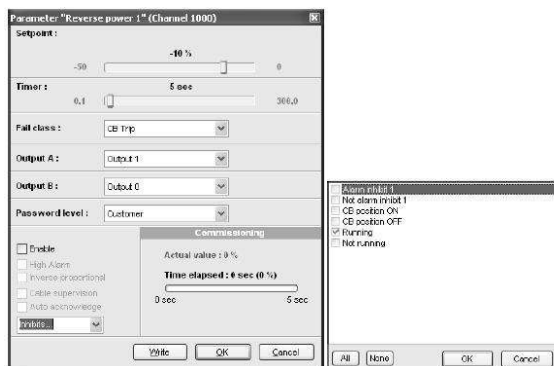


Рис. 7.23. Спадає вікно блокування аварійних сигналів

Блокування аварійного сигналу має місце доти, доки активна хоча б одна з вибраних функцій.

У наведеному прикладі блокування (рис. 7.24) встановлені для функцій Not running (Не працює) та CB position ON (Положення вимикача – ВКЛ.). Це означає, що аварійний сигнал буде активним під час пуску генераторного агрегату. Після завершення синхронізації напруги генератора та шини аварійний сигнал блокується.

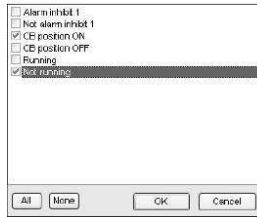


Рис. 7.24. Вікно блокування

Для шиноз'єднувального вимикача функція виявлення стану роботи не передбачена. Тому блокування аварійних сигналів для ШСВ можна конфігурувати лише для дискретного входу та положення вимикача (УВІМК. або ВІМК.).

7.3.3 Функції контролю та захисту

Захист дизель-генератора

У всіх блоках дизель-генераторів передбачені такі стандартні функції захисту:

- зниження напруги (3 рівня захисту);
- підвищення напруги (2 рівні захисту);
- зниження частоти (3 рівня захисту);
- підвищення частоти (2 рівні захисту);
- реверсивна потужність (2 рівні захисту, зворотна та пряма характеристики);
- перевантаження по струму (4 рівні захисту, пряма характеристика);
- перевантаження струмом (1 рівень захисту, зворотна характеристика);
- швидкодіючий захист від перевантаження по струму (2 рівні захисту);
- навантаження;
- дисбаланс струму/напруги;
- втрата збудження та перезбудження.

Захист валогенератора

У всіх блоках дизель-генераторів передбачені такі стандартні функції захисту:

- зниження напруги (3 рівня захисту);
- підвищення напруги (2 рівні захисту);
- зниження частоти (3 рівня захисту);
- підвищення частоти (2 рівні захисту);
- реверсивна потужність (2 рівні захисту, зворотна та пряма характеристики);
- перевантаження по струму (4 рівні захисту, пряма характеристика);
- перевантаження струмом (1 рівень захисту, зворотна характеристика);
- швидкодіючий захист від перевантаження по струму (2 рівні захисту);
- навантаження;
- дисбаланс струму/напруги.

Захист шиноз'єднувального вимикача

У блоках шиноз'єднувального вимикача передбачені такі стандартні функції захисту:

- перевантаження по струму (4 рівні захисту, пряма характеристика);
- перевантаження струмом (1 рівень захисту, зворотна характеристика);
- швидкодіючий захист від перевантаження по струму (2 рівні захисту);
- захист від надструмів (2 рівні захисту);
- навантаження (5 рівнів).

Реверсивна потужність

Захист генератора по реверсивній потужності, код ANSI 32. Уставка по реверсивній потужності задається у відсотках від номінальної.

Зворотня характеристика

Якщо вибрано зворотну характеристику, час спрацювання залежить від величини перевищення уставки. У разі перевищення уставки величина енергії, що проходить через вимикач, розраховується, виходячи із заданих величин уставки та часу затримки. Максимальна кількість енергії не буде перевищена, оскільки при збільшенні реверсивної потужності зменшується час затримки і навпаки.

Як показано на графіку (рис. 7.25), при рівні реверсивної потужності P1

включення аварійного сигналу відбудеться через час t_1 , а при рівні реверсивної потужності сті P_2 аварійний сигнал увімкнеться через час t_2 .

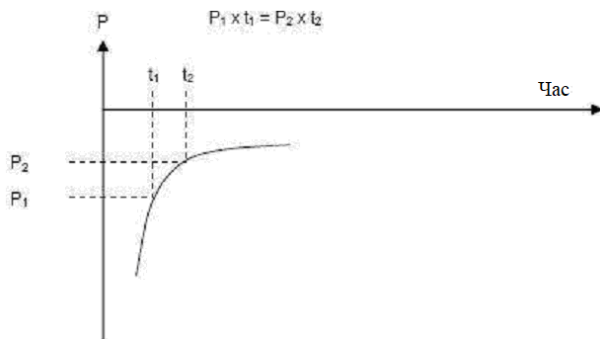


Рис. 7.25. Графік залежності

Перевантаження по струму (зворотна характеристика)

Захист генератора від перевантаження струмом: код ANSI 50/51.

Уставки задаються у відсотках від номінального струму генератора (рис. 7.26).

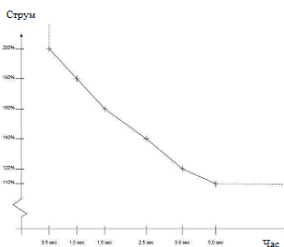


Рис. 7.26. Графік залежності струму від часу

Напруга генератора

Захист генератора від підвищення або зниження напруги; код ANSI 27/59

Уставки задаються у відсотках від номінальної напруги генератора.

Увімкнення аварійних сигналів здійснюється за результатами вимірювань напруги фаз і нейтралі та задається за допомогою системи меню. Для контролю

параметрів та включення аварійної сигналізації можна використовувати як міжфазну напругу, так і напругу фаза-нейтраль.

Як видно на наведеній векторній діаграмі (рис.7.27), при розрахунку відсоткового відхилення для напруги фаза-нейтраль і фаза-фаза виходять різні величини помилки. У табл. 7.13 наведено розрахункові значення помилки при 10% зниженні напруги в системі 400/230 В.

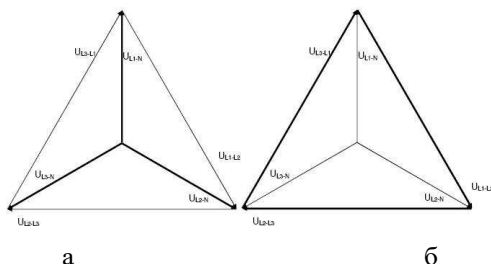
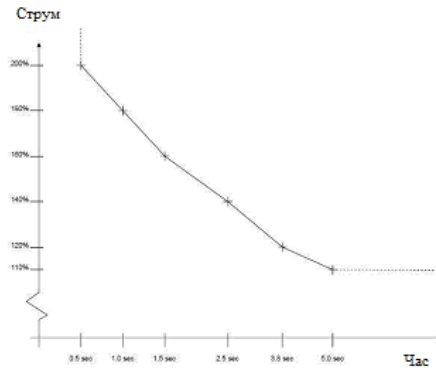


Рис. 7.27. Векторні діаграми напруги генератора:
а – фаза-нейтраль; б – фаза-фаза

Таблиця 7.13. Розрахункові значення помилки при 10% зниженні напруги

Напруга	Фаза-нейтраль	Фаза-фаза
Номінальне	400/230	400/230
При 10%-му зниженні	380/207	360/185

Наведені дані показують, що включення аварійного сигналу відбудеться за двох різних значень напруги, хоча в обох випадках величина уставки становить 10 %. Нижче наведено приклад для системи 400 В змінного струму. Видно, що напруга фаза нейтраль повинна змінитися на 20 % (рис. 7.28), тоді як зміна напруги фаза-фаза становить 40 В, тобто 10 %.



Приклад

$$U_{NOM} = \sim 400 / 230 \text{ В}$$

Розрахунок відхилення

$$U_{L1L2} = \sim 360 \text{ В}$$

$$U_{L3L1} = \sim 360 \text{ В}$$

$$U_{L1-N} = \sim 185 \text{ В}$$

$$\Delta U_{PH-N} = 20\%$$

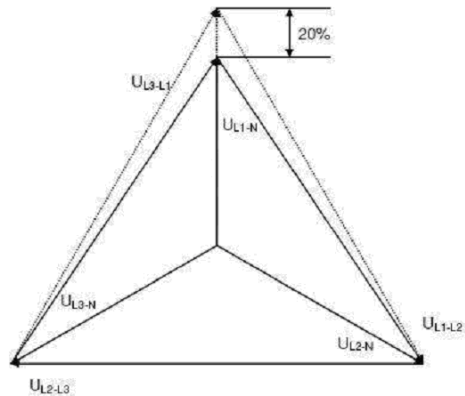


Рис. 7.28. Векторна діаграма напруги на генераторе

Частота генератора

Захист генератора від підвищення або зниження частоти напруги; код ANSI 81. Уставки задаються у відсотках від номінальної частоти генератора.

Перевантаження генератора

Захист генератора від підвищення потужності; код ANSI 32. Уставки задаються у відсотках від номінальної потужності генератора.

Дисбаланс струму генератора

Захист генератора від дисбалансу струмів; код ANSI 46. Уставки задаються у відсотках від номінального струму генератора.

Дисбаланс напруги генератора

Захист генератора від дисбалансу напруги; код ANSI 47. Уставки задаються

у відсотках від номінальної напруги генератора (меню налаштування 6004).

Реактивна потужність на вході генератора

Захист генератора від імпорту реактивної потужності (втрати збудження); код ANSI 32. Уставки задаються у відсотках від номінальної потужності (в кВт) генератора (меню налаштування 6002).

Реактивна потужність на виході генератора

Захист генератора від експорту реактивної потужності (перезбудження); код ANSI 32. Уставки задаються у відсотках від номінальної потужності (в кВт) генератора (меню налаштування 6002).

Захист шини

У всіх блоках передбачені такі стандартні функції захисту:

- зниження напруги;
- підвищення напруги;
- зниження частоти;
- підвищення частоти.

Напруга на шині

Захист шини від підвищення або зниження напруги; код ANSI 27/59. Параметри контролю відносяться до міжфазної напруги та напруги фаза-нейтраль.

Увімкнення аварійних сигналів здійснюється за результатами вимірювань напруги фаз і нейтралі і задається за допомогою системи меню. Для контролю параметрів та включення аварійної сигналізації можна використовувати як міжфазну напругу, так і напругу фаза-нейтраль.

Загальне налаштування

Нижче запропоновано порядок налаштування кожного генераторного блоку RPPM системи керування потужністю енергоустановки.

Трансформатор генератор/шина

Якщо система не містить трансформатор напруги, параметри напруги як на первинній, так і на вторинній обмотках слід встановити рівними номінальній напрузі генератора.

Дата і час (налаштування внутрішнього годинника)

Дата і час просто синхронізуються з поточними даними за допомогою комп'ютерної програми.

Лічильники

Значення наведених нижче параметрів (крім енергії в кВт·год), як правило, зміщені, і їх необхідно відрегулювати при монтажі ТСЕС, особливо якщо дисплей використовуватиметься для зчитування вимірних значень параметрів. Рахунок спрацьовувань вимикача ведеться за кількістю його замикань.

Параметр "Reset kWh counter" (Скидання лічильника кВт·год) використовується для встановлення в нуль лічильника енергії.

Готовність генератора

Вихід "Generator Ready" (Генератор готовий) призначений для передачі дискретного сигналу УВІМК./ВИМК. на адресу системи контролю, щоб вказати стан готовності чи неготовності генераторного агрегату до роботи у системі.

Вихід "Generator available" (Генератор доступний) буде в стані ON (ВКЛ.) при виконанні наступних умов:

- відсутність аварійних сигналів, що блокують запуск та синхронізацію генератора;
- генераторний агрегат встановлений у режим керування потужністю (сигнал на контакті 27 PPM);
- встановлення входу "Ready for operation" (Готовність для роботи, контакт 115 PPM).

Реле, яке використовується для індикації стану готовності генератора, має бути встановлене на виконання функції Limit (Межа).

Щоб задіяти аварійний сигнал готовності генератора, обидва релейні виходи А і В повинні бути встановлені на одне реле з функцією Limit (Межа).

Релейний вихід стану роботи

Вихід стану роботи призначений для передачі дискретного сигналу УВІМК./ВИМК. на адресу системи контролю та керування, щоб вказати стан

роботи двигуна.

Реле, яке використовується для індикації стану роботи двигуна, має бути встановлене на виконання функції Limit (Межа).

Щоб задіяти аварійний сигнал роботи двигуна, обидва релейні виходи А і В повинні бути встановлені на одне реле з функцією Limit (Межа).

Частота та напруга в нормі (f/U OK / failure)

Цей сигнал (f/U OK) використовується для вказівки моменту, коли запущений генератор готовий для синхронізації.

Синхронізація запускається, коли напруга та частота генератора виявляється всередині попередньо встановленого інтервалу необхідних значень (що задаються для режиму пуску при повному відключенні електропостачання в системі). Якщо за наявності сигналу про працюючий статус генератора напруга і частота не виявляються в межах норми, на дисплеї з'являється відповідний аварійний сигнал.

Входи, що конфігуруються для аварійних сигналів

У блоці RPM передбачено кілька дискретних входів, які за відповідного налаштування можна використовувати як входи для аварійних сигналів. Кожен із входів можна конфігурувати за класами несправності, наведеними у табл. 7.14.

Таблиця 7.14. Класи несправностей

(1) Функція	Опис
(2) Попереднє попередження ДГ	Сигнал попереднього попередження/ аварійний останов ДГ
(3) Блокування	Блокування роботи блока
(4) Спрац. вимикача	Спрацювання вимикача
(5) Спрац. вимикача і зупинка ДГ	Спрацювання вимикача і зупинка двигуна (після охолодження)
(6) Відключення	Спрацювання вимикача і зупинка двигуна (без охолодження)
(7) КЗ вимик.	Спрацювання вимикача і блокування спрацювання при повному відключенні електроживлення в системі
(8) Системний ав. сигнал	Примусове керування блоком від загального щита керування системи

Контроль напруги акумулятора

У блоці RPM передбачено функцію контролю напруги акумулятора (або

іншого зовнішнього блока живлення), підключеного до контактів 1–2 РРМ. Блок працює при напрузі живлення в діапазоні від 8 до 32 В. За відсутності цієї напруги блокується аварійний сигнал щодо зниження напруги в системі. У цьому випадку спрацьовує реле стану, з'єднане з контактами 2–3 (розмикання контактів), вказуючи, що блок перебуває у неробочому стані.

7.3.4 Релейний вихід

Реле 0 РРМ є віртуальним пристроєм (реле R0 у меню налаштування). Якщо реле налаштовано як реле аварійної сигналізації (Alarm), воно виводить на дисплей аварійні сигнали. Вихід звукового сигналу (сирени) залишається увімкненим, доки аварійний сигнал не буде квітованим.

Якщо реле налаштовано як реле аварійної сигналізації та блокування синхронізації (Alarm/sync. Block), воно виводить на дисплей аварійні сигнали. Крім того, реле блокує функцію синхронізації, поки активний стан, що призвело до появи аварійного сигналу. Вихід звукового сигналу (сирени) залишається увімкненим, поки аварійний сигнал не буде квітований.

Конфігурація реле

Наступні реле можна конфігурувати на будь-який аварійний сигнал:

- реле синхронізації, контакти 17, 18, 19;
- реле стану, контакти 3.4.

Слід пам'ятати, що реле 4 використовується для виконання функції "Розмикання вимикача", тому всі аварійні сигнали, призначені для включення даного реле, призведуть до розмикання вимикача.

Функціональне призначення реле описано у табл. 7.15.

Таблиця 7.15. Функції реле

Функція	Опис
Alarm (Аварійний сигнал)	Реле аварійної сигналізації ввімкнено, доки немає квітування процесу і не усунено аварійний сигнал, який спричинив його спрацювання. Світлодіод червоного світіння Alarm на панелі блимає або горить безперервно.

Alarm + sync. block (Аварійний сигнал + бло- кування)	Реле аварійної сигналізації увімкнено, доки не квитир. і не усунуто аварійний сигнал, який призвів до його спрацювання. При увімкненому реле блокується синхронізація, але функцію регулювання продовжують виконувати.
Limit (Межа)	Увімкнення реле аварійної сигналізації при досягненні встановленого граничного значення параметра. У цьому індикація аварійної ситуації відсутня. Після повернення значення параметра в норму після закінчення періоду затримки (параметра Off delay) реле вимикається.
Alarm / reset (Аварійний скидання)	Подібно до режиму Alarm (Аварійний сигнал), але з короткочасним скидом, якщо реле включено і в цей час виникає інший аварійний сигнал, який намагається його ввімкнути. Період вимкненого стану реле встановлюється у меню 4610.
Alarm + sync. block / Reset (Аварійний сигнал + бло- кування + скиданням)	Подібно до режиму Alarm + sync. block (Аварійний сигнал + блокування), але з короткочасним скиданням, якщо реле увімкнено і в цей час виникає інший аварійний сигнал, який намагається його ввімкнути. Період вимкненого стану реле встановлюється в меню 4610.

Огляд релейних виходів

У табл. 7.16 перераховані всі наявні релейні виходи PPM. Можливе додавання інших релейних виходів за наявності відповідної апаратури (наприклад, опція M18).

Таблиця 7.16. Релейні виходи PPM

Реле	Слот	PPM	Примітка
Реле 1	Слот №1		Відключення несуттєвих навантажень (NEL 1)
Реле 2	Слот №1		Вимкнення несуттєвих навантажень (NEL 2)
Реле 3	Слот №1		Аварійний сигнал СУМ (PMS)
Реле 4	Слот №1	Конфігурація і зняття навантаження	Сигнал розмикання вимикача включає реле 4
Реле 6	Слот №3		Операція пуску, увімкнення потужного навантаження (НС 1)
Реле 7	Слот №3		Операція пуску, увімкнення потужного навантаження (НС 2)
Реле 8	Слот №3	Межа	1 PROG

Меню техобслуговування

Меню технічного обслуговування PPM відкривається лише за допомогою кнопки швидкого доступу (JUMP). Меню потрібне під час проведення дій для технічного обслуговування установки. Під час дії аварійного сигналу меню дозволяє спостерігати всі таймери аварійних сигналів, що діють та залишилися, якщо деякі з них перебувають у стані рахування. Вибір входів та виходів дозволяє спостерігати поточний стан усіх входів та виходів, наприклад, входи завдання робочого режиму, релейні виходи та лінії розподілу навантаження.

Системи однофазні, трифазні та з розщепленою фазою

Схема з розщепленою фазою використовується, якщо в одній системі розподілу дві фази та один нейтральний провід. Зсув між фазами становить 180° . На дисплеї відображаються лінії L1 та L3. Однофазна схема використовується в системах з однією фазою та одним нейтральним проводом. На дисплеї з'являється лінія L1.

Вимкнення несуттєвих навантажень (Режим NEL)

Режим відключення груп несуттєвих навантажень (NEL) використовується для захисту шини при виникненні небезпеки повного відключення системи внаслідок високих струмів/потужності, перевантаження генераторного агрегату або за низького значення частоти на шині (рис. 7.30). Функція відключення груп NEL налаштовується на кожному блоці окремо. Це означає, що кожен із блоків виконує відключення груп несуттєвих навантажень, згідно з власними налаштуваннями. З іншого боку, суворо рекомендується програмувати всі блоки однаково, щоб досягти одноманітної роботи системи керування. Кожен блок здатний відключити дві групи несуттєвих навантажень з таких причин:

- вимірювання навантаження генераторного агрегату (високе навантаження чи перевантаження);
- вимір струму генераторного агрегату;
- вимірювання частоти на шині.

Вимкнення груп навантажень виконується окремо, тобто відключення групи 1 не має прямого впливу на відключення групи 2. Слід пам'ятати, що

відключення навантаження виконується тільки в результаті вимірювання струму/навантаження генераторного агрегату або частоти на шині. Відключення групи NEL через підвищення навантаження одного з працюючих генераторних агрегатів зменшує навантаження на шині і, в результаті, знижує частку потужності, що відбирається від працюючого генераторного агрегату. Це допомагає запобігти спрацюванню захисту з повним відключенням шини внаслідок перевантаження генераторних агрегатів. Вимкнення підвищення споживаного струму обирається за наявності індуктивних навантажень або при нестабільному коефіцієнті потужності ($PF < 0,7$), що призводить до високих струмів.

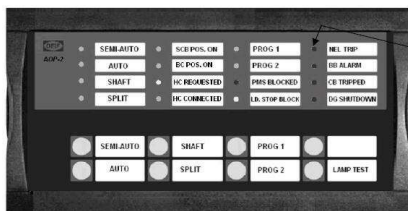


Рис. 7.30. Світлодіод червоного свідчення: вказує, що виконано відключення групи несуттєвих навантажень (NEL)

Функція захисту від перевантаження з вимкненням несучих навантажень є швидкодіючим захистом.

Відключення групи NEL через частоту на шині зменшує активне навантаження і, в результаті, знижує частку потужності, що відбирається від працюючих генераторних агрегатів. Це допомагає запобігти спрацюванню захисту з повним вимкненням шини. Для індикації відключення груп несуттєвих навантажень служить світлодіод на додатковій панелі оператора (ДПО).

7.2 Порядок роботи з функціями керування дизель-генератора

Дизель-генераторам надаються номери (1-8) для їх ідентифікації в каналі зв'язку CAN. Можлива зміна ідентифікаційних номерів за допомогою системи меню. Ідентифікаційний номер (ID) приймача завжди встановлюється 1.

7.2.1 Захист двигуна

Стандартними функціями захисту у всіх блоках дизель-генераторів з

відключенням генератора (табл. 7.17) є:

- зниження тиску олії у системі змащування;
- висока температура води у системі охолодження;
- підвищення швидкості обертання.

Таблиця 7.17. Функції захисту двигуна

Найменування сигналу	Тип сигналу	Контакт
Низький тиск олії	Двійковий вхід	Контакт 104
Висока температура води	Двійковий вхід	Контакт 105
Висока швидкість обертання	Двійковий вхід	Контакт 106
Загальний (для контактів 104–106)		Контакт 107

У схемі контролю стану використовується резистор опір 100 Ом.

Аварійні сигнали контролю стану кабелів

Аварійні сигнали стану з'єднувальних кабелів надбудовуються окремо.

Передбачена можливість їх увімкнення/вимкнення. У схемі використовується резистор опором 100 Ом. Потужність – не менше 0,25 Вт.

Магнітний датчик обертів

У блоці РРМ передбачено окремий вхід сигналу від індукційного датчика обертів двигуна.

Діапазон вхідного сигналу: до 0,70 змінного струму.

7.2.2 Послідовності пуску і останова

Приведенные ниже графики (рис. 7.31) описывают последовательности пуска генераторного агрегата.

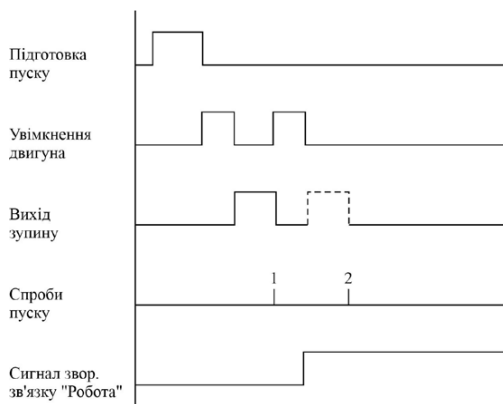


Рис. 7.31. Послідовність пуску

Якщо для завершення роботи стартера використовувався сигнал таходатчика, слід виконати відповідне налаштування за допомогою системи меню. Щоб сигнал зворотного зв'язку роботи генератора подавався через дискретний вхід, необхідно використовувати контакт 116.

Переривання послідовності запуску

Послідовність пуску переривається у ситуаціях, описаних у табл. 7.18.

Таблиця 7.18. Причини переривання послідовності запуску

Подія	Примітка
Сигнал Stop (Останов)	
Помилка при запуску	
Відсутність сигналу звор. зв'язку від стартера	Від таходатчика
Сигнал звор. зв'язку "Робота"	На дискретному вході
Сигнал звор. зв'язку "Робота"	Від таходатчика
Сигнал звор. зв'язку "Робота"	Виміряна частота вище 32 Гц. Для виконання вимірювання частоти потрібно, щоб виміряна напруга була вищою за 30 % від $U_{ном}$. Установка стану роботи генератора на основі вимірювання частоти може замінити сигнали зворотного зв'язку від таходатчика, сигнал зворотного зв'язку на дискретному вході та каналі зв'язку з двигуном
Аварійна зупинка	
Натискання кнопки Stop панелі керування	Тільки у напівавтоматичному режимі керування

Команда каналом Modbus	Тільки у напівавтоматичному режимі керування
Сигнал на дискретному вході Stop	Тільки у напівавтоматичному режимі керування

Підготовка пуску

Таймер підготовки пуску може використовуватися для виконання певних дій перед увімкненням двигуна, наприклад, для передпускового мастила або увімкнення запальної свічки. Послідовність пуску (рис. 7.32) завершується з появою сигналу зворотного зв'язку "Робота". Сигнал "Робота" служить для працюючого стану двигуна, а також для увімкнення аварійних сигналів, дія яких заборонена установкою RUN (Робота).

Оскільки вступ сигналу про роботу двигуна знімає заборону на увімкнення аварійного сигналу, рекомендується звернути особливу увагу на аварійні сигнали, що мають короткий період очікування. Прикладом такого сигналу може бути аварійний сигнал низького тиску масла. Зазвичай він налаштовується за класом несправності Shutdown (Вимкнення). Але якщо стартер вимикається при швидкості обертання 400 об/хв, а тиск масла досягає значення уставки тільки при швидкості обертання 600 об/хв, зрозуміло, що генераторний агрегат буде відключений в результаті дії даного аварійного сигналу при швидкості обертання 400 про./хв (рис. 7.33).

Додатковий дискретний вхід зворотного зв'язку

Якщо для датчика стану роботи двигуна застосовується додаткове зовнішнє реле, для виявлення роботи двигуна та відключення стартера можна використовувати додаткові дискретні входи блоку RPM. З цією метою використовується контакт 11.

При появі дискретного сигналу зворотного зв'язку "Робота" вимикається реле пуску та виконується автоматичне відділення двигуна стартера (рис. 7.34).

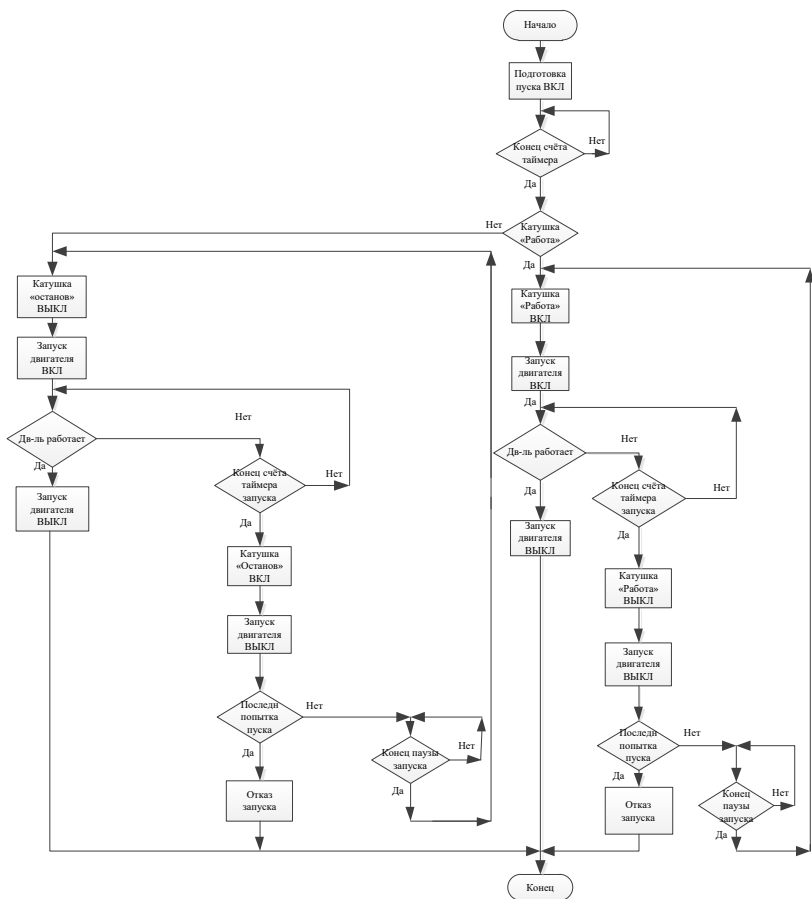


Рис. 7.32. Блок-схема послiдовнoстi автоматичнoгo зaпyскa

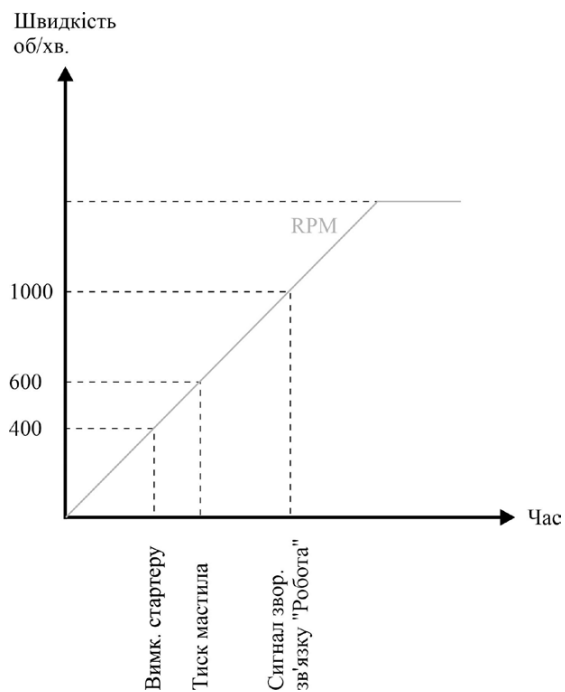


Рис. 7.33. Графік залежності частоти обертання від часу

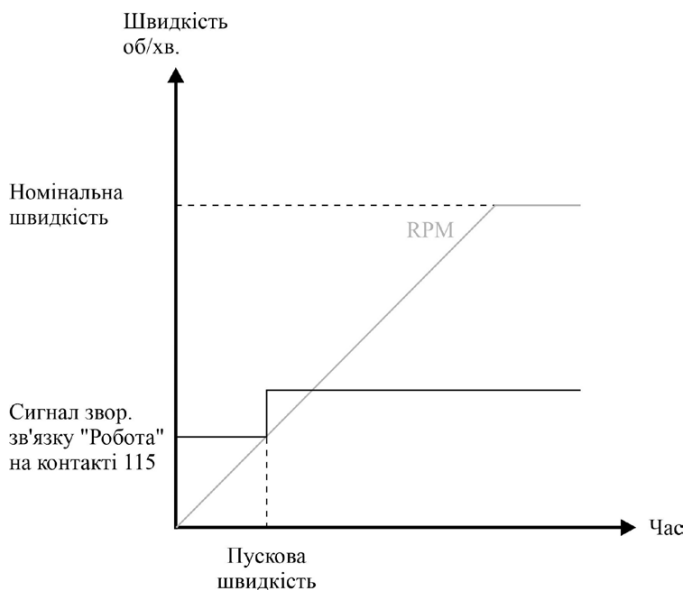


Рис. 7.34. Активація сигналу зворотного зв'язку

На графіку показано момент активації сигналу зворотного зв'язку на контакті 115 RPM при досягненні пускової швидкості двигуна.

Аналоговий сигнал зворотного зв'язку від індукційного таходатчика можна використовувати для регулювання значення швидкості обертання для виключення реле пуску.

Нижче наведений графік (рис. 7.35) ілюструє момент виявлення сигналу зворотного зв'язку "Робота" при досягненні пускової швидкості двигуна. Заводське налаштування для вказаного параметра становить 300 об/хв.

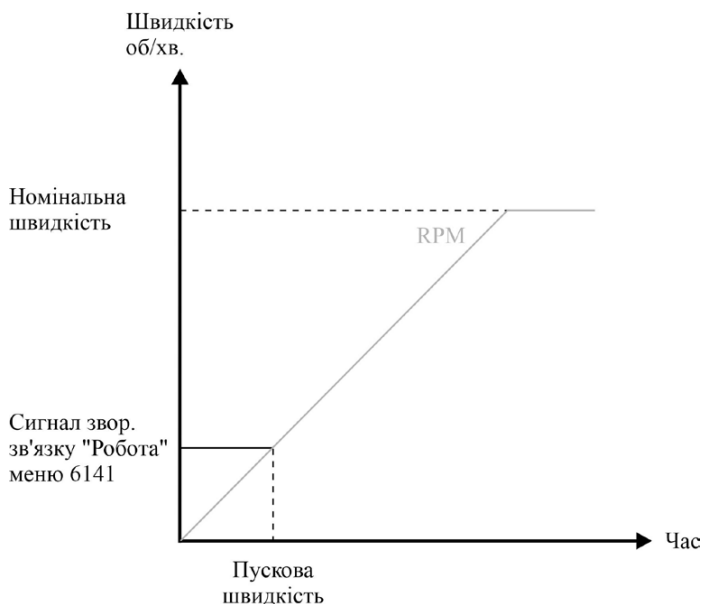


Рис. 7.35. Виявлення сигналу зворотного зв'язку "Робота"

Налаштування параметрів таходатчика

Встановлення кількості зубців на 0 призводить до виключення функції виявлення працюючого стану двигуна за допомогою таходатчика.

Працюючий стан двигуна можна виявити за сигналом зворотного зв'язку на відповідному дискретному вході, вимірювання частоти вище 32 Гц або сигналу таходатчика.

Видалення одного із джерел сигналу зворотного зв'язку не блокує функцію

виявлення працюючого стану двигуна, якщо є хоча б одне із зазначених джерел сигналу.

Послідовність зупинки

Процес нормальної або контрольованої зупинки включає етап холостої роботи двигуна та його охолодження. Запуск таймера продовженої зупинки здійснюється в момент зникнення сигналу зворотного зв'язку "Робота" двигуна. Цей таймер призначений для запобігання зчепленню двигуна зі стартером у період, коли двигун ще не зупинився, але сигнал про його роботу вже відсутній. Умовою генерування аварійного сигналу про помилку зупинки є ситуація, коли ще є сигнали напруги та частоти на генераторі, а період рахунку таймера зупинки вже минув (табл. 7.19).

Таблиця 7.19. Операції зупинки

Опис режиму зупинки	Період охолодження	Зупинка	Примітка
Зупинка в автоматичному режимі	×	×	
Сигнал або попередження ДГ	×	×	
Спрацювання вимикача та зупинки	×	×	
Виключення енергоустановки		×	Напівавтоматичний режим
Аварійна зупинка		×	Вимкнення двигуна та розмикання вимикача

Послідовність зупинки можна перервати лише протягом періоду охолодження двигуна.

Наведені на рис. 7.36 та 7.37 графіки описують послідовність зупинки генераторного агрегату. Блок-схема послідовності автоматичного зупинки зображена на рис. 7.38.

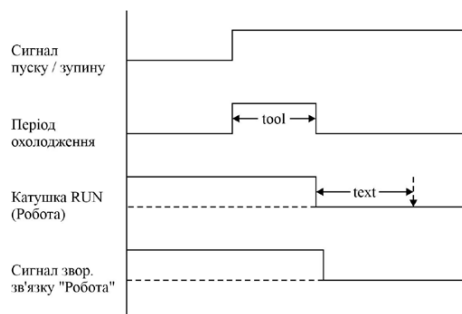


Рис. 7.36. Послідовність зупинки/Катушка RUN (Робота)

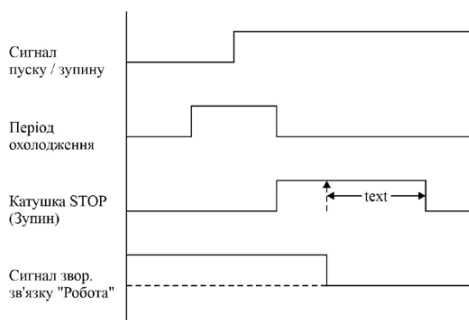


Рис. 7.37. Послідовність зупинки/Катушка STOP

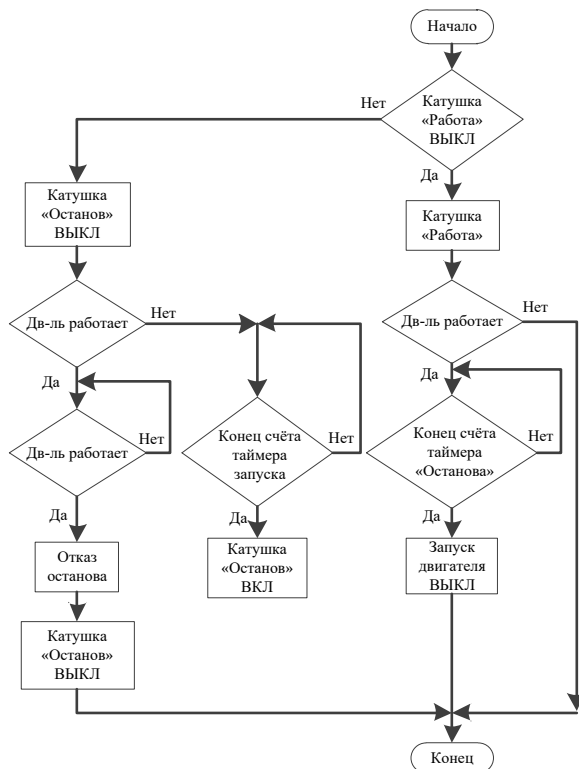


Рис. 7.38. Блок-схема послідовності автоматичної зупинки

7.2.3 Синхронізація генераторів

У ТЕСС необхідно передбачити два різні режими синхронізації – статичний та динамічний (динамічний режим вибирається за замовчуванням).

Далі термін "синхронізація" слід розуміти в сенсі "Синхронізація замикаання синхронізованого вимикача".

Динамічна синхронізація

Рис. 7.39 пояснює принцип динамічної синхронізації. У цьому прикладі швидкість обертання генератора, який синхронізується, становить 1503 об./хв., $\sim 50,1$ Гц. Під'єднаний до навантаження генератор обертається зі швидкістю 1500 об/хв, $\sim 50,0$ Гц. Це відповідає позитивній частоті ковзання 0,1 Гц для синхронізованого генератора. Мета синхронізації полягає у зменшенні різниці

по фазі між двома системами, що обертаються. Маються на увазі трифазні системи генератора та шини. На рис. 7.39 фаза L1 у системі шин постійно спрямована вертикально вгору, тоді як фаза L1 у системі генератора спрямована у різні боки у різні моменти часу через частоту ковзання.

Насправді обертаються обидві трифазні системи, але вектори, що відповідають підключеному до навантаження генератору, зображені для наочності як нерухомі, оскільки для розрахунку моменту генерування імпульсу синхронізації потрібна лише величина частоти ковзання.

Коли генератор обертається з позитивною частотою ковзання 0,1 Гц щодо шини, дві системи входять до синхронізму через кожні 10 с:

$$t_{\text{синх}} = \frac{1}{50,1 - 50,0} = 10 \text{ с.}$$

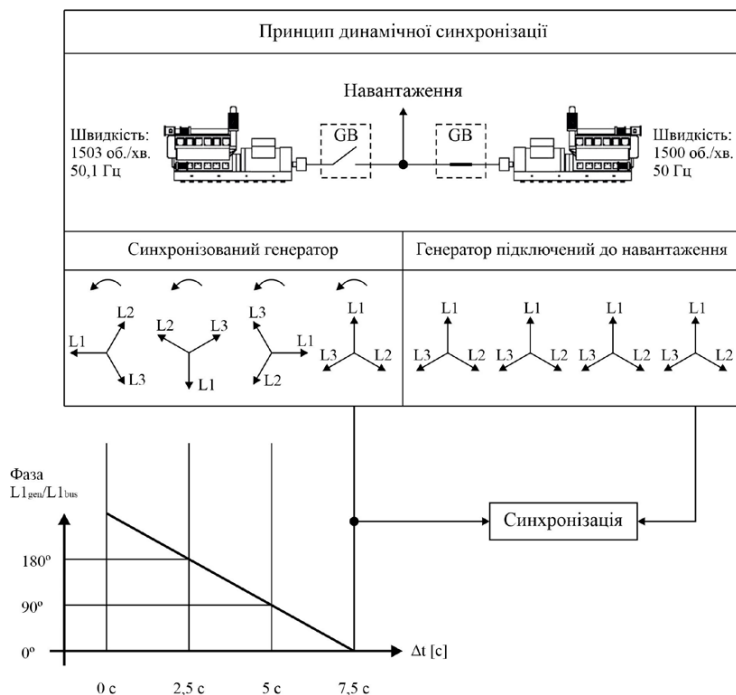


Рис. 7.39. Динамічна синхронізація

Як видно із рис. 7.39, різниця по фазі між генератором, який

синхронізується, і шиною поступово зменшується і, зрештою, зникає. Вимикач замкнутий у момент, коли генератор починає працювати синхронно до шини.

Сигнал замикання вимикача

Блок постійно розраховує момент замикання вимикача для отримання точної синхронізації. Це означає, що сигнал замикання вимикача повинен подаватися раніше, ніж момент повної синхронізації (коли фаза $L1$ спрямована вертикально вгору). Випередження подачі сигналу визначається часом замикання вимикача та частотою ковзання (час реакції вимикача становить 250 мс, а частота ковзання 0,1 Гц):

$$\text{кут замикання} = 360^\circ \cdot x \cdot t_{\text{CB}} \cdot f_{\text{ковз}};$$

$$\text{кут замикання} = 360^\circ \cdot x \cdot 0,250 \cdot 0,1;$$

$$\text{кут замикання} = 9^\circ.$$

Момент генерування імпульсу розраховується так, щоб замикання вимикача відбувалося в момент коли вектор $L1$ займає вертикальне положення. У цьому прикладі вектор напруги генератора повертається на кут 9° протягом 0,250 с.

Ширина імпульсу синхронізації визначається як час реакції плюс 20 мс.

Живлення навантаження після синхронізації

Після замикання вимикача синхронізованого генератора останній повинен взяти частину навантаження на себе, залежно від фактичного положення рейки його паливного насоса. Як видно із рис. 7. 40, при позитивній частоті ковзання генератор, що підключається, дійсно передає (експортує) потужність у навантаження. Як видно із рис. 7.41, при негативній частоті ковзання генератор, що підключається, отримує потужність від первинного генератора. Це називається " реверсивна потужність ". Для запобігання небажаним спрацюванням захисту від реверсивної потужності рекомендується налаштувати режим синхронізації з позитивною частотою ковзання.

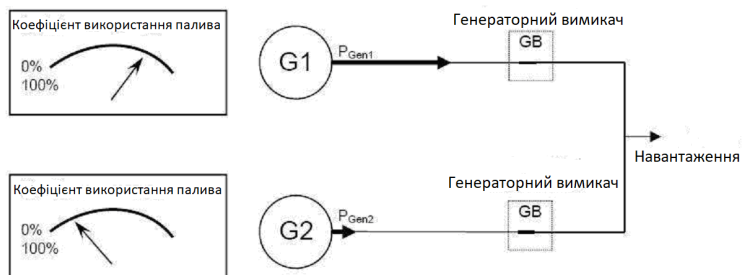


Рис. 7.40. Позитивна частота ковзання

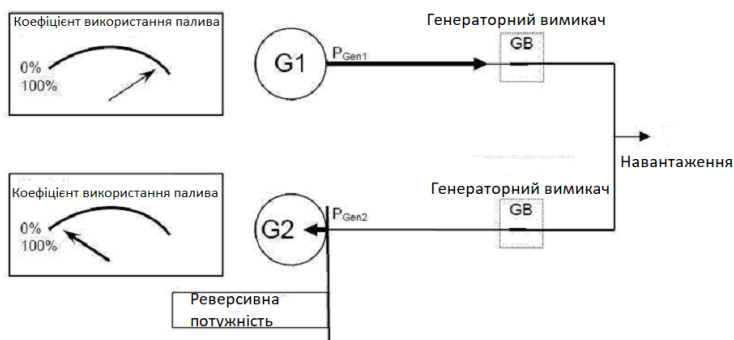


Рис. 7.41. Від'ємна частота ковзання

Очевидно, що даний вид синхронізації забезпечує відносно швидке досягнення мети завдяки присутності параметрів, що налаштовуються, мінімальної і максимальної частоти ковзання. Це фактично означає, що блок прагне довести частоту значення уставки.

Синхронізація також можлива, якщо зазначена частота знаходиться між параметрами мінімальної і максимальної частоти ковзання, що настраюються.

Динамічна синхронізація рекомендується в тих випадках, коли потрібна висока швидкодія, а генератори, що підключаються, можуть брати на себе навантаження безпосередньо після замикання вимикача.

Статична синхронізація

При статичній синхронізації швидкість обертання генераторного

агрегату, що синхронізується, дуже мало відрізняється від швидкості генератора, підключеного до шини. Ціль синхронізації полягає в тому, щоб швидкості обох генераторів точно збігалися, а фази трифазних систем генератора і шини точно відповідали один одному. Статичну синхронізацію не рекомендується застосовувати у випадках, коли у регуляторах використовуються релейні виходи. Це з відносно низькою швидкодією релейних виходів PPM.

Наведений на рис. 7.42 приклад пояснює принцип статичної синхронізації.

Фазорегулятор

У режимі статичної синхронізації контролер частоти прагне наблизити частоту генератора до частоти, що є на шині. Коли різниця за частотою досягає величини менше 50 мГц, вступає в дію фазорегулятор. Для фазорегулятора регульованим параметром служить різниця по фазі між системами генератора та шини. Сказане ілюструється наведеним вище прикладом (див. рис. 7.43).

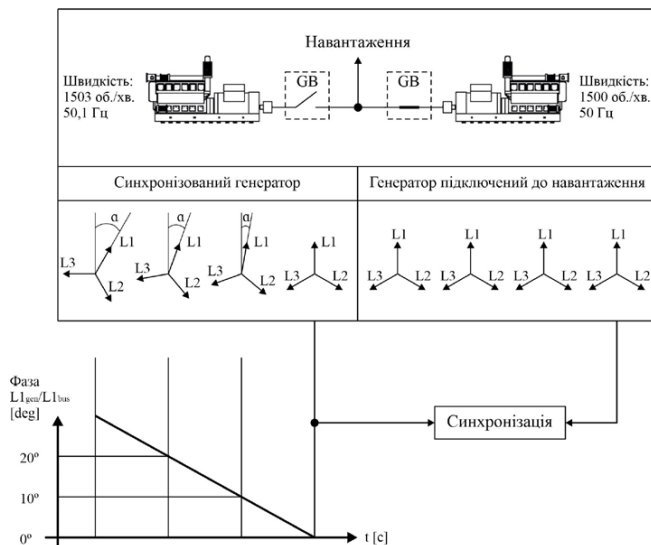


Рис. 7.42. Принцип статичної синхронізації

Сигнал замикання вимикача

Сигнал замикання повинен генеруватися в момент, коли фаза генератора $L1$, який синхронізується, як і фаза $L1$ системи шини, спрямована строго вертикально вгору. У разі статичної синхронізації облік інерційності (часу вмикання) генераторного вимикача не має суттєвого значення, оскільки частота ковзання мала або близька до нуля. Для прискорення синхронізації використовується налаштування "вікно замикання". Сигнал замикання вимикача генерується в момент, коли різниця фази між генератором і шиною ($UGENL1-UBBL1$) наближається до значення відповідної уставки. Діапазон завдання уставки $\pm 0,1...20,0$ градусів. На рис. 7.43 пояснено цей принцип.

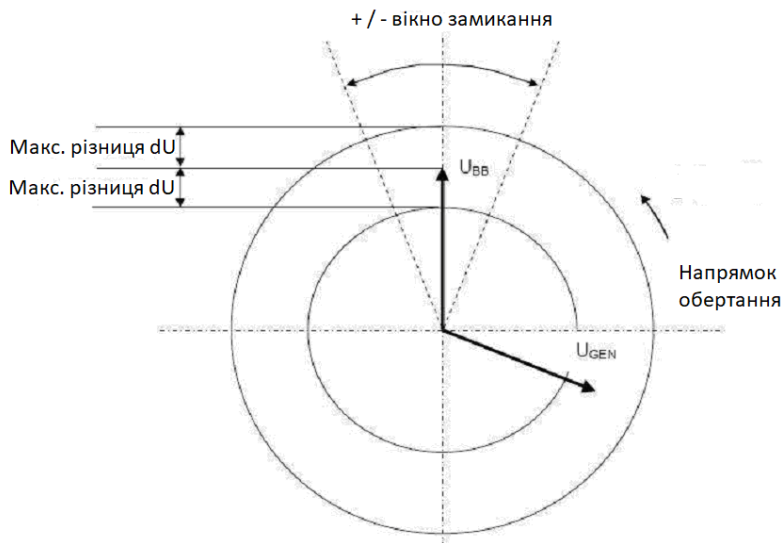


Рис. 7.43. Принцип формування сигналу замикання вимикача

Імпульс синхронізації генерується згідно з налаштуваннями, які, залежно від того, який вимикач має бути синхронізований - генераторний або мережевий, можуть відрізнятися один від одного.

Живлення навантаження після синхронізації

Використання низьких значень уставки df гарантує, що синхронізований генератор не потрапить під навантаження негайно після замикання вимикача.

Оскільки рейка паливного насоса розташовується майже на такому рівні, який необхідний для роботи генератора на частоті шини, то стрибка навантаження немає. При використанні високих значень уставки df стають справедливими зазначені зауваження щодо режиму динамічної синхронізації. Після синхронізації блок автоматично змінює уставку фазорегулятора, привівши її у відповідність до вибраного режиму роботи генераторного агрегату.

Режим статичної синхронізації рекомендується застосовувати в ситуаціях, коли наявність частоти ковзання неприйнятна, наприклад, у разі синхронізації кількох генераторів до шини без підключення навантаження.

При статичній синхронізації використовується окремий фазорегулятор, який активний лише під час синхронізації.

Сигнал замикання вимикача передається внутрішнім каналом зв'язку після успішного завершення послідовності пуску генератора (рис. 7.44).

У напівавтоматичному режимі (SEMI-AUTO) сигнал передається з дисплейного блоку.

Для готовності до синхронізації потрібно виконання наступних умов:

- сигнал зворотного зв'язку "Робота";
- напруга та частота генератора в нормі;
- керування через систему СУМ (PMS);
- відсутність аварійних сигналів системи захисту;
- відсутність аварійних сигналів попередніх фаз та положення вимикача.

Сигнал розмикання вимикача передається внутрішнім каналом внаслідок зупинки залежно від навантаження (рис. 7.45).

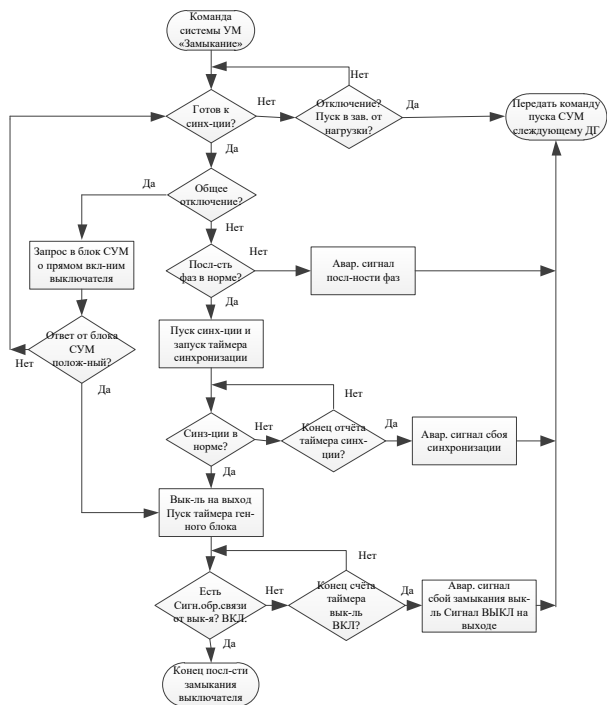


Рис. 7.44. Блок-схема последовности замыкания выключателя

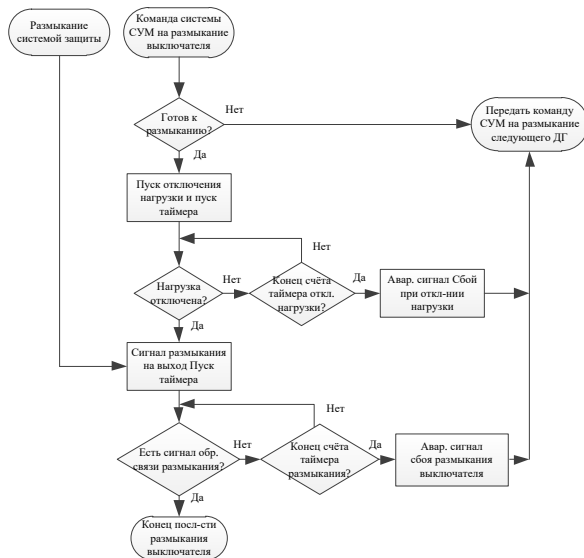


Рис. 7.45. Блок-схема послідовності розмикання вимикача

У напівавтоматичному режимі (SEMI-AUTO) сигнал передається з дисплейного блоку.

Для готовності до розмикання має виконуватися наступне:

- вимикач у замкнутому положенні;
- керування через систему СУМ;
- відсутність аварійних сигналів на зняття навантаження або розмикання вимикача.

При появі сигналу системи захисту на розмикання вимикача воно виконується негайно незалежно від режиму керування чи аварійних сигналів.

Загальні налаштування для синхронізації

Налаштування синхронізації при повному відключенні шини представляє вікно, в межах якого напруга та частота генератора приймаються як близькі до необхідних значень. Коли напруга та частота виявляються в межах заданого вікна, генератор відправляє на адресу системи керування потужністю (СУМ) сигнал про готовність до замикавання вимикача. При цьому напруга та частота повинні знаходитись у межах заданого вікна протягом деякого проміжку часу.

Помилка синхронізації

Неможливість замикання вимикача протягом заданого періоду затримки для синхронізації.

Помилка послідовності фаз

Виявлення негативної послідовності фаз генератора щодо шини.

Помилка розмикання вимикача

Така помилка має місце, якщо блок передав сигнал розмикання вимикача, а сигнал зворотного зв'язку про положення вимикача не змінився із положення ON (УВИМК.) у положення OFF (ВИМК.) протягом 2 с.

Помилка замикання вимикача

Така помилка має місце, якщо блок передав сигнал замикання вимикача, а сигнал зворотного зв'язку про положення вимикача не змінився із положення OFF (ВИМК.) у положення ON (УВИМК.) протягом 2 с.

Помилка положення вимикача

Відсутні обидва сигнали зворотного зв'язку про положення вимикача як OFF (ВИМК.), так і ON (УВИМК.) – протягом 2 с.

7.2.4 Регулювання генераторів, контроль навантаження генератора, зупинка нез'єднаних генераторів

У блоці PPM використовується пропорційно-інтегральний (ПІ) контролер. Він складається з пропорційного та інтегрального регуляторів. ПІ-регулятори легко налаштовуються та забезпечують досить малі відхилення регульованої величини.

Контролери

У складі регулятора є два контролери для регулятора швидкості і, якщо вибрано опцію D1, також два контролери для регулятора напруги AVR (табл. 7.20).

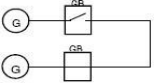
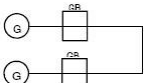
Таблиця 7.20. Контролери

Контролер	Швидкість (GOV)	Напруга (AVR)	Примітка
Частоти	×		Для контролю частоти
Потужності	×		Для контролю

			потужності
Напруги (Опція D1)		×	Для контролю напруги
Реактивної потужності (Опція D1)		×	Для контролю коефіцієнта потужності

У табл. 7.21 наведено умови активації кожного з контролерів. Налаштування контролерів повинно проводитись у зазначених у таблиці робочих умовах.

Таблиця 7.21. Умови активації контролерів

Регулятор швидкості		Регулятор напруги (AVR) (залежить від опції)		Схема
частоти	потужності	напруги	реактивної потужності	
×		(×)		
×	×	(×) (×)		

Контролер частоти (і напруги) активується під час роботи генераторного агрегату в автономному режимі або у складі автономної енергосистеми. Контролер потужності (і реактивної потужності) активується при роботі генераторного агрегату в режимі паралельної мережі.

Принцип дії

На рис. 7.46 показана схема з одним ПІ-регулятором для контролю частоти та одним ПІ-регулятором для контролю потужності енергоустановки. Вихідні сигнали кожного регулятора підсумовуються і подаються на вихідний пристрій, який в даному випадку має аналоговий вихід. Можливе також використання ШІМ або релейних виходів.

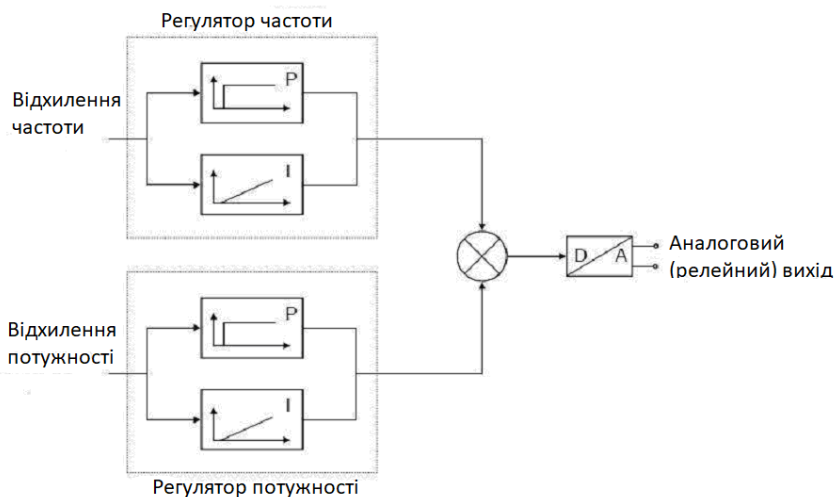


Рис. 7.46. Схема ПІ-регулятора частоти і потужності

Пропорційний регулятор

Будь-які відхилення регульованої величини викликають негайну зміну вихідного сигналу пропорційної частини регулятора. Розмір зміни визначається коефіцієнтом пропорційності k_P . На рис. 7.47 показано вихідні характеристики P для різних значень коефіцієнта k_P . Для постійного подвійного k_P величини відхилення призведе до подвоєння вихідного сигналу.

Діапазон швидкостей

Виходячи з описаної характеристики та, щоб уникнути нестабільної роботи регулятора, рекомендується використовувати повний діапазон вихідного сигналу. Надмірно вузький вихідний діапазон призводить до значних змін на виході навіть при малих відхиленнях регульованої величини. Це ілюструється наведеним нижче графіком (рис. 7.48).

ПІ - регулятор

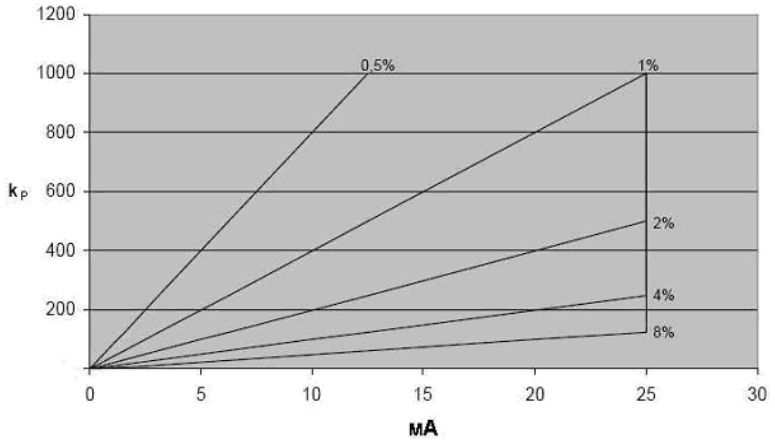


Рис. 7.47. Діаграми ПІ-регулятора

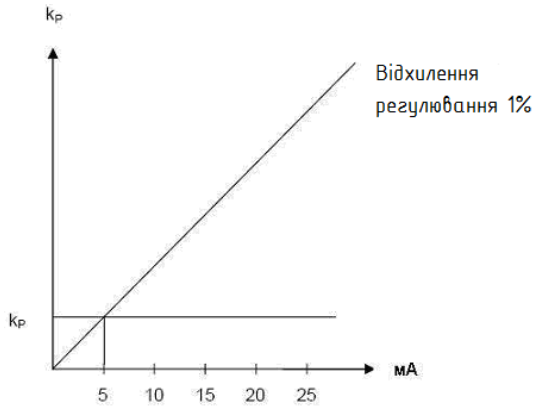


Рис. 7.48. Графік залежності

На рис. 7.47 показаний приклад з відхиленням 1 % при заданому k_p . Це відхилення призводить до зміни вихідного сигналу на 5 мА. З табл. 7.22 очевидно, що відносна зміна вихідного сигналу блоку РРМ тим більша, чим нижча межа діапазону максимальної швидкості.

Таблиця 7.22. Відносна зміна вихідного сигналу

Максимальна швидкість	Зміна вихідного сигналу	зміна вихідного сигналу в % від максимальної швидкості
10 мА	5 мА	50 ($5/10 \times 100 \%$)
20 мА	5 мА	25 ($5/20 \times 100 \%$)

Область динамічного регулювання

На рис. 7.49 показані області регулювання для різних значень коефіцієнту k_P . Чим вище значення k_P , тим вужче динамічний діапазон регулювання.

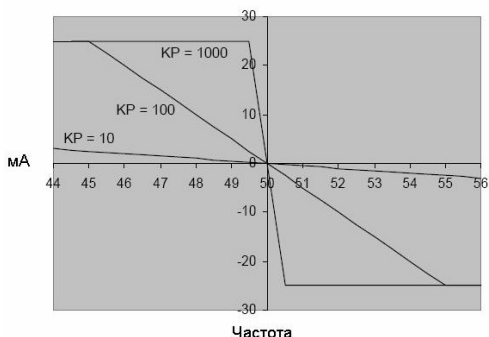


Рис. 7.49. Область динамічного регулювання

Інтегральний регулятор

Для опису дії інтегрального регулятора використовується коефіцієнт k_I , що відповідає постійній часу пристрою.

Постійна часу визначається як час відгуку інтегрального регулятора на миттєві зміни на виході пропорційного регулятора.

У наведеному прикладі в результаті дії пропорційного регулятора вихідний сигнал змінюється ступінчасто на 2,5 мА.

Постійна часу визначається як час, протягом якого сигнал досягає значення $2 \times 2,5 \text{ мА} = 5 \text{ мА}$.

Як видно з рис. 7.50 при зменшенні коефіцієнта k_I на половину значення постійна часу подвоюється.

При k_I , що дорівнює 100, постійна часу дорівнює 10 с. Зменшення k_I до

50 призводить до постійної часу, що дорівнює 20 с. У цьому прикладі значення коефіцієнта k_P дорівнює 100.

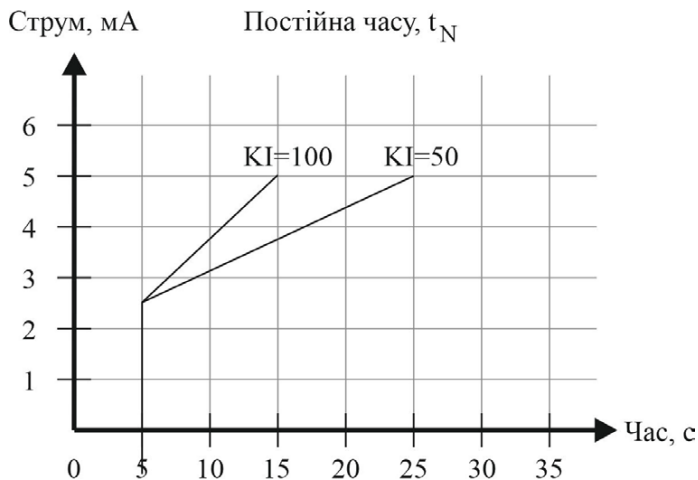


Рис. 7.50. Графік залежності

Постійна часу блоку для всіх значень коефіцієнтів k_I розраховується за такою формулою:

$$t_N = k_P \cdot 10 / k_I.$$

В табл. 7.23 вказані розрахункові значення постійної часу в секундах.

Таблиця 7.23. Розрахункові значення постійної часу

k_P	k_I			
	1	10	100	1000
1	10	1	0,1	0,01
10	100	10	1	0,1
100	1000	100	10	1
1000	10000	1000	100	10

При збільшенні коефіцієнта k_I інтегрального регулятора дія інтегруючої функції зростає. Результат – зменшення постійної часу та прискорення реакції І-регулятора. Установка k_I на 0 (постійна часу дорівнює нескінченності) рівносильна відключенню регулятора.

Не рекомендується використовувати надмірно великі значення коефіцієнта інтегрального k_I регулятора. Дія регулятора буде аналогічна

випадку з надмірно більшим коефіцієнтом k_P пропорційного регулятора.

При використанні релейних виходів для керування системою робоча характеристика регулятора має такий вигляд (рис. 7.51).

Регулювання за допомогою релейних виходів можна поділити на п'ять діапазонів (табл. 7.24).

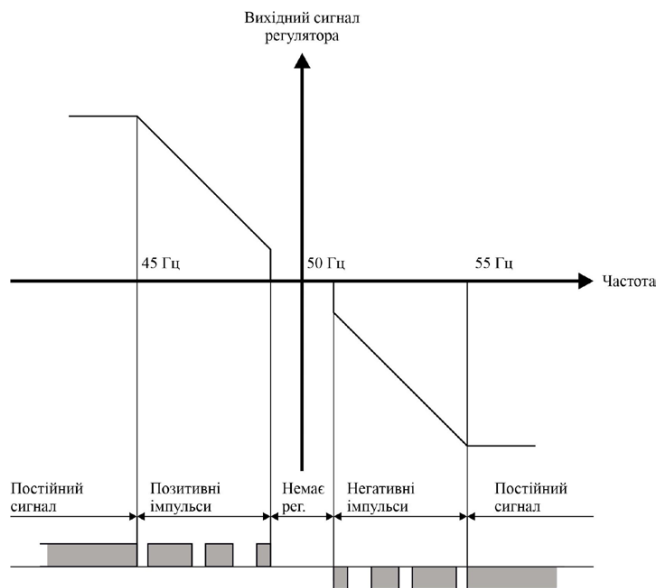


Рис. 7.51. Робоча характеристика регулятора

Таблиця 7.24. Діапазони регулювання

Діапазон	Опис	Примітка
Статичний	Постійний позитивний сигнал	Регулятор діє, але реле збільшення включено постійно з-за більшого відхилення регульованої величини.
Динамічний	Позитивний імпульс	Регулятор діє, і реле збільшення включається в імпульсному режимі, намагаючись усуненню відхилення регульованої величини.

Мертва зона	Немає регулювання	У цій особливій зоні регулювання відсутнє. Присутність мертвої зони служить для збільшення терміну служби реле.
Динамічний	Негативний імпульс	Регулятор діє, і реле зменшення включається в імпульсному режимі, намагаючись усунення відхилення регульованої величини.

У налаштуваннях блоку PPM мінімальна ширина вказується завданням параметра 'GOV ON time' / ('AVR ON time') (час увімкнення регулятора швидкості (регулятора напруги)). Найбільша ширина імпульсів спостерігається наприкінці динамічного діапазону (у наведеному прикладі – на частоті 45 Гц).

Налаштування реле

Налаштування вихідних реле регуляторів (табл. 7.25) здійснюється при загальному налаштуванні регуляторів. До них відносяться настроювальні параметри "period" (період) та "ON-time" (час включеного стану).

Таблиця 7.25. Налаштування реле

Параметр	Опис	Примітка
Period (період)	Максимальний час включення реле	Проміжок часу між передніми фронтами двох послідовних релейних імпульсів.
ON time (час включення)	Мінімальний час включення реле	Мінімальна ширина імпульсів реле. Час увімкнення реле не може бути меншим, ніж величина параметра ON time.

Як видно з рис. 7.52, тривалість релейного імпульсу визначається відхиленням регульованої величини. Великим відхиленням відповідають імпульси великої довжини (до безперервного сигналу). Малим відхиленням відповідають короткі імпульси.

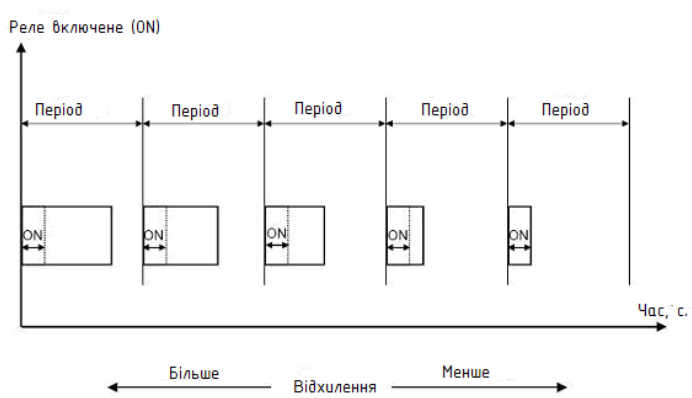


Рис. 7.52. Тривалість релейного імпульсу

Тривалість сигналу

Тривалість сигналу розраховується стосовно величини настрюваного параметра Period (період). Графіки, зображені на рис. 7.53 ілюструють дію пропорційного регулятора.

Показано приклад з відхиленням 2 % за коефіцієнта регулювання $k_P = 200$. Розрахункове значення регулювання з боку блоку становить 40 %. Можна розрахувати тривалість імпульсу, якщо задане значення періоду 2500 мс:

$$E_{\text{відхилення}} / 100 \cdot x \cdot t_{\text{період}} = 40 / 100 \cdot x \cdot 2500 = 1000 \text{ мс.}$$

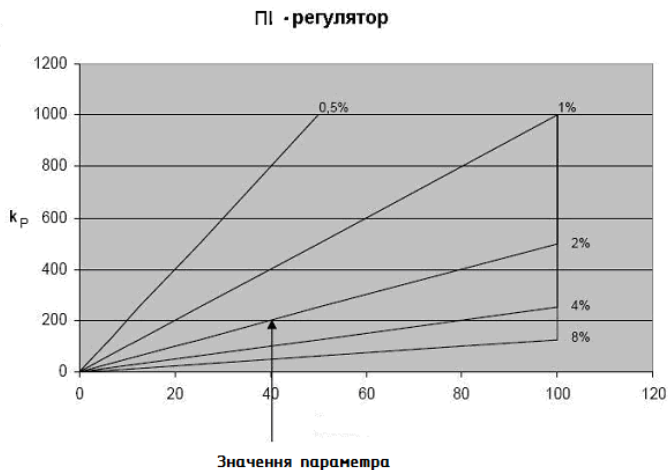


Рис. 7.53. Графіки дії пропорційного регулятора

Введене значення періоду не повинно бути меншим за параметр ON time (час включення). Керування релейними виходами здійснюється ПІ-регулятором. Дія ПІ-регулятора на релейний вихід визначається за цією ж формулою, тільки щодо постійної часу t_N .

Регулювання затримки

Запуск регулятора частоти зазвичай відбувається у момент вступу сигналу зворотнього зв'язку "Робота". У цій процедурі сигнал зворотного зв'язку часто встановлюється менше або дорівнює 30 Гц. Далі регулятор прагне довести частоту до номінального значення 50/60 Гц. В результаті перерегулювання частота генератора перевищить номінальну частоту, і процес регулювання потребує більше часу, перш ніж генератор почне працювати на номінальній швидкості. Щоб уникнути цього, можна ввести невелику (кілька секунд) затримку увімкнення регулятора (рис. 7.54). За цей період генератор встигне досягти номінальної швидкості обертання до включення регулятора. Якщо затримка не потрібна, час затримки встановлюється на 0 с.

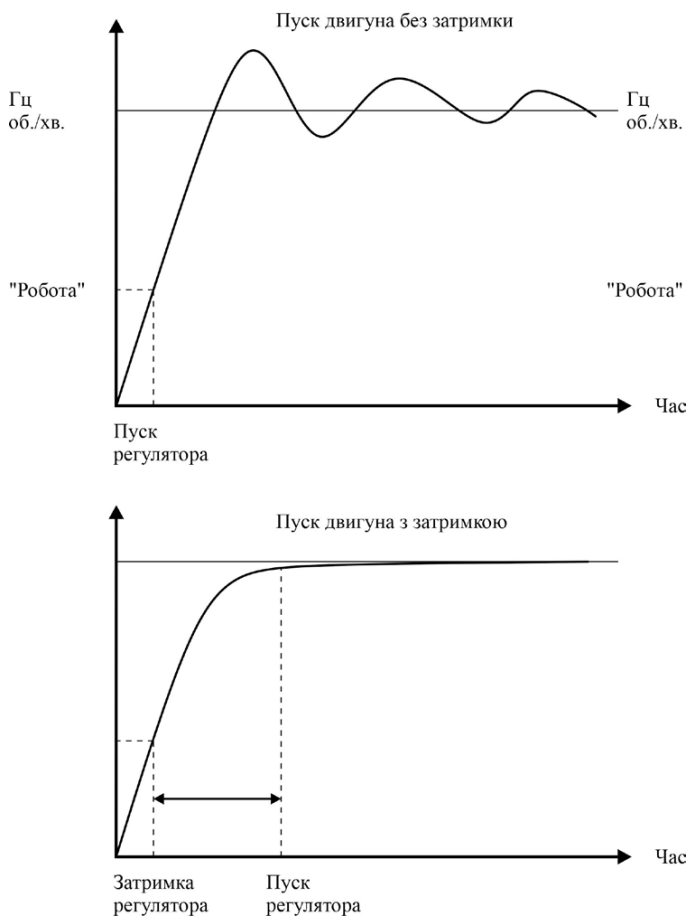


Рис. 7.54. Перехідні процеси під час пуску двигуна

Функція дозволу відноситься лише до релейних виходах. Якщо встановити її в положення OFF (ВИМК.), це не відключить функцію затримки, а відключить тільки релейні виходи. У той же час, релейні виходи можна використовувати для передачі в іншу систему сигналу про включення регулятора (релейні виходи мають бути встановлені на функцію Limit (Ліміт).

Керування навантаженням генератора

Система керування потужністю на базі блоку PPM дозволяє керувати регуляторами швидкості та напруги через релейні або аналогові виходи.

Керування регулятором швидкості

Якщо первинний двигун має механічний регулятор швидкості, це передбачає також наявність приводу керування, призначеного для дистанційного керування первинним двигуном генератора в ручному або автоматичному режимі. Отже, за допомогою двох релейних виходів блоку в поєднанні з джерелом живлення для керування можна керувати механічним регулятором швидкості генератора. Якщо первинний двигун забезпечений електронним регулятором швидкості, можна скористатися аналоговими виходами для керування регулятором швидкості. При цьому керування в ручному режимі можна здійснити через дискретні входи системи multi-line 2 або за допомогою електронного потенціометра (типу EPN-110DN або EP-Q96), з'єднаного з входами дистанційного ручного/автоматичного керування дизельним двигуном. Сигнали керування від двох релейних виходів блоку multi-line 2 можна подавати на регулятор швидкості через EPN-110DN або EP-Q96.

Налаштування регулятора швидкості

Механічні або електронні регулятори швидкості повинні бути внутрішньо налаштовані на зниження швидкості для забезпечення стабільності як у ручному, так і в автоматичному режимі керування незалежно від того, що керування здійснюється в ізохронному режимі. Для початкового налаштування рекомендується встановити параметр зниження швидкості на 4%.

Ізохронний режим

Термін "ізохронний" тут відноситься до контролю частоти незалежно від навантаження, тобто частота підтримується постійною та рівною 50/60 Гц для навантажень у діапазоні 0...100 %. Параметр зниження швидкості в регуляторі необхідний для виконання блоком функцій розподілу потужності і контролю частоти. Розподіл потужності між блоками здійснюється через аналогову лінію розподілу потужності (рис. 7.55).



Рис. 7.55. Аналогова лінія розподілу потужності

Систему керування потужністю на базі блоку PPM можна застосовувати для наступних стандартних функцій керування:

- фіксована частота (один генератор в автономному режимі);
- фіксування навантаження;
- активне розподілення потужності.

При виборі функції керування напругою/реактивною потужністю/коефіцієнтом потужності додаються наступні робочі режими:

- фіксована напруга (один генератор в автономному режимі);
- фіксована реактивна потужність (базовий варіант);
- фіксований коефіцієнт потужності;
- реактивний розподіл потужності.

Симетричний розподіл навантаження

Система керування потужністю на базі блоку PPM може забезпечувати симетричний розподіл навантаження в кожному блоці при виконанні наступних умов:

- вибрано режим PMS (СУМ);
- не вибрано режиму базового навантаження.

Симетричний розподіл навантаження є стандартним налаштуванням. У режимі симетричного розподілу навантаження всі дизель-генератори системи виробляють однакову відсоткову частку своєї номінальної потужності, встановлену на блоці контролю частоти. Блок керування кожним дизель-

генератором розраховує сумарну потужність та кількість дизель-генераторів, що беруть участь у симетричному розподілі потужності (рис. 7.56). Опорним рівнем для визначення кожним генератором потужності є сумарна потужність, розділена на кількість блоків зі зваженими коефіцієнтами залежно від потужності генератора.

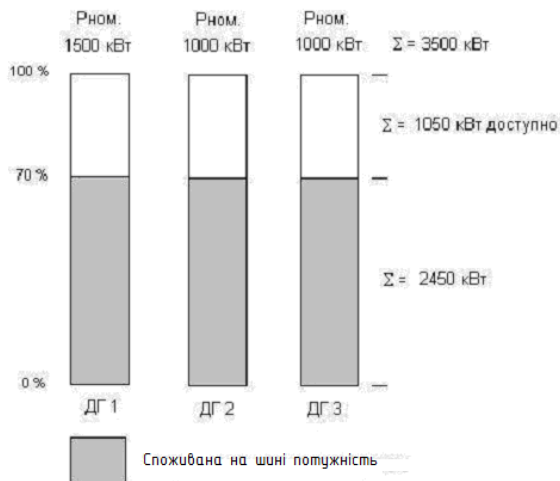


Рис. 7.56. Діаграми споживаної потужності

Якщо всі працюючі генератори мають однакову номінальну потужність, вони навантажуються на однакову активну потужність. Якщо генератори мають неоднакову номінальну потужність, їх навантаження буде пропорційне потужності. Генератори будуть навантажені на однаковий відсоток їхньої номінальної потужності.

Зупинка невідключених дизель-генераторів

Можливі ситуації, коли генераторний агрегат залишається працюючим вхолосту, наприклад, при автоматичному запуску, виникненні помилки по напрузі або частоті генератора, або при переході в автоматичний режим керування, якщо режим пуску генератора встановлено на "Півавтоматичний".

Функцією "Зупинка невідключених ДГ" можна зупинити генератори, що працюють вхолосту, після закінчення заданого періоду очікування (з метою економії палива, запобігання зносу тощо).

Генераторні агрегати з активною функцією захисту генератора не можуть бути зупинені за допомогою функції "Зупинка невідключених ДГ".

Після виділення часу очікування (60 с), що визначається внутрішнім таймером, запускається стандартна послідовність зупинки з періодом охолодження. Якщо оператору необхідний режим холостої роботи будь-якого генератора, його треба налаштувати на керування із загального щита керування (режим SWBD).

7.1 Порядок роботи з функціями керування валогенератора

Валогенератору надається номер 10 для ідентифікації в каналі зв'язку CAN. Можлива зміна ідентифікаційного номера за допомогою системи меню. Ідентифікаційний номер (ID) валогенератора завжди встановлюється 10.

7.1.1 Захист двигуна

Стандартна функція захисту валогенератора (табл. 7.26) з вимкненням генератора використовується за несправності основного двигуна (ОД).

Таблиця 7.26. Сигнали несправностей ОД

Найменування сигналу	Тип сигналу	Контакт
Несправність ОД	Двійковий вхід	Контакт 104
Конфігурований	Двійковий вхід	Контакт 105
Конфігурований	Двійковий вхід	Контакт 106
Загальний (для контактів 104–106)		Контакт 107

У схемі контролю стану використовується резистор опором 100 Ом.

Аварійні сигнали системи контролю стану

Аварійні сигнали стану з'єднувального кабелю налаштовуються окремо. Передбачено можливість їх увімкнення/вимкнення. У схемі використовується резистор опором 100 Ом. Потужність – не менше 0,25 Вт.

Оскільки система СУМ не може зупинити основний двигун при виявленні несправності валогенератора, всі класи несправності, передбачені для розмикання вимикача, автоматично встановлюються на режим AUTO

(Автоматичний).

Стан "Робота"

Сигнал про працюючий стан валогенератора використовується тільки для блокування або розблокування аварійних сигналів. У блоці валогенератора передбачені всі функції виявлення працюючого стану генератора, які є в блоці дизель-генератора. Але в ньому відсутні логіка пуску/зупинки та функції регулювання роботи генератора.

Дискретні сигнали зворотного зв'язку

Якщо для виявлення працюючого стану генератора використовується зовнішнє реле, сигнал від нього можна подавати на дискретний вхід блоку керування. З цією метою передбачено контакт 11.

Аналоговий сигнал зворотного зв'язку від таходатчика

Якщо для виявлення працюючого стану генератора використовується датчик індукції, можна відрегулювати значення швидкості обертання. Визначається для деактивації функції виявлення роботи валогенератора.

Наведений нижче графік (рис. 7.57) ілюструє момент виявлення сигналу зворотного зв'язку "Робота", досягнувши пускової швидкості двигуна. Стандартно налаштовується на 300 об/хв.

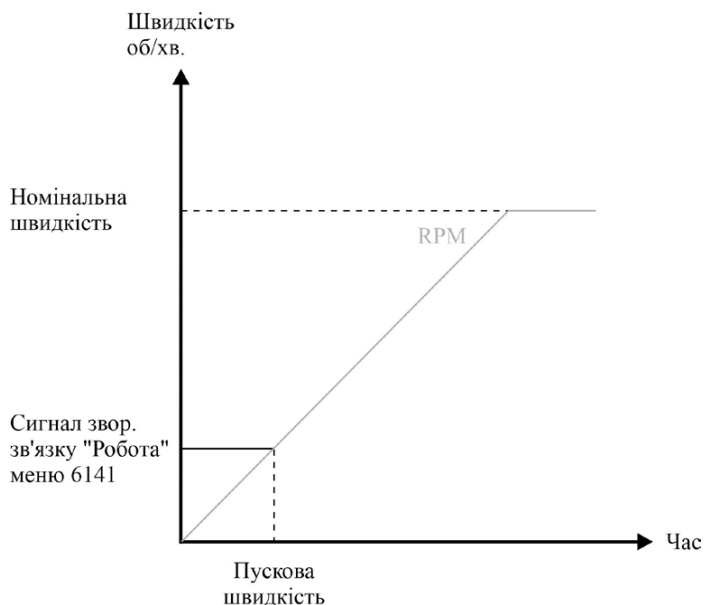


Рис. 7.57. Графік залежності частоти обертання від часу

Установка параметра кількості зубців на 0 призводить до виключення функції виявлення працюючого стану двигуна за допомогою таходатчика.

Працюючий стан двигуна можна виявити за сигналом зворотного зв'язку на відповідному дискретному вході, по вимірюванню частоти вище 32 Гц або сигналу індукційного таходатчика.

Видалення одного із джерел сигналу зворотного зв'язку не блокує функцію виявлення працюючого стану двигуна, якщо є хоча б один із зазначених джерел сигналу.

7.1.1 Синхронізація валогенератора

Для валогенератора передбачено лише динамічний режим синхронізації. У процесі синхронізації валогенератора керування частотою фактично виконується лише для генераторів, тоді як блок валогенератора контролює різницю за частотою та за результатами вимірювань визначає момент замикання вимикача.

Динамічна синхронізація

У процесі динамічної синхронізації (рис. 7.58) швидкість генератора, який синхронізується, відрізняється від швидкості обертання валогенератора. Різниця в швидкостях називається частотою ковзання. Зазвичай генератор, який синхронізується, характеризується негативною частотою ковзання по відношенню до валогенератора, тобто швидкість обертання валогенератора вище швидкості генераторних агрегатів.

Мета полягає у запобіганні передачі реверсивної потужності після синхронізації, оскільки після замикання вимикача на валогенератор із високою швидкістю обертання переноситься більша частина навантаження.

У прикладі швидкість обертання валогенератора становить 1509 об./хв, $\sim 50,3$ Гц. Під'єднаний до навантаження генератор обертається зі швидкістю 1506 об./хв, $\sim 50,2$ Гц. Це відповідає позитивній частоті ковзання 0,1 Гц для валогенератора. Мета синхронізації полягає у зменшенні різниці по фазі між двома системами, що обертаються. Маються на увазі трифазні системи генератора та шини. На рис. 7.58 фаза L1 у системі шини постійно спрямована вертикально вгору, тоді як фаза L1 у системі генератора спрямована у різні боки у різні моменти часу через частоту ковзання.

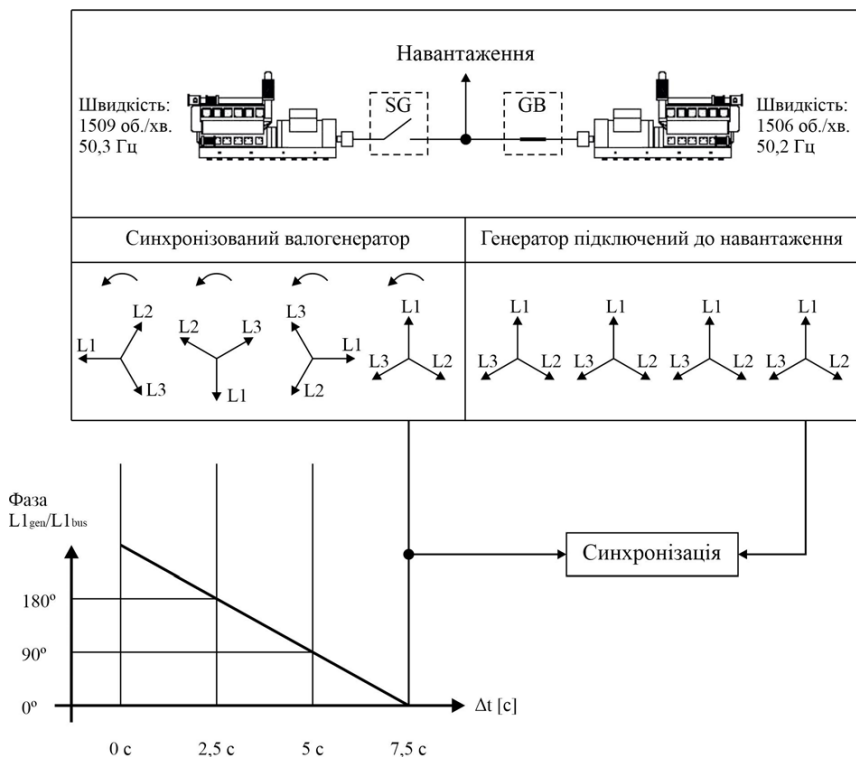


Рис. 7.58. Принцип динамічної синхронізації

Насправді обертаються обидві трифазні системи, але вектори, що відповідають підключеному до навантаження генератору, зображені для наочності як нерухомі, оскільки для розрахунку моменту генерування імпульсу синхронізації потрібна лише величина частоти ковзання. Коли генератор обертається з позитивною частотою ковзання 0,1 Гц щодо валогенератора, дві системи входять до синхронізму через кожні 10 с:

$$t_{\text{синх}} = \frac{1}{50,1 - 50,0} = 10 \text{ с.}$$

Як видно із рис. 7.58, різниця по фазі між синхронізованим валогенератором і генераторним агрегатом поступово зменшується і зникає. Вимикач замкнутий у момент, коли валогенератор починає працювати

синхронно з генераторним агрегатом.

Сигнал замикання вимикача

Блок постійно розраховує момент замикання вимикача для отримання точної синхронізації. Це означає, що сигнал замикання вимикача повинен подаватися раніше, ніж момент повної синхронізації (коли фаза L1 спрямована вертикально вгору). Випередження подачі сигналу визначається часом замикання вимикача та частотою ковзання (час реакції вимикача становить 250 мс, а частота ковзання = 0,1 Гц):

$$\text{кут замикання} = 360^\circ \cdot \alpha \cdot t_{\text{СВ}} \cdot f_{\text{ковзання}};$$

$$\text{кут замикання} = 360^\circ \cdot \alpha \cdot 0,250 \cdot 0,1;$$

$$\text{кут замикання} = 9^\circ.$$

Момент генерування імпульсу розраховується так, щоб замикання вимикача відбувалося в момент коли вектор L1 займає вертикальне положення. В даному прикладі вектор напруги генератора обертається на кут 9° протягом 0,250 с.

Ширина імпульсу синхронізації визначається як час реакції плюс 20 мс.

Живлення навантаження після синхронізації

Після замикання вимикача валогенератора останній повинен взяти частину навантаження на себе, залежно від частоти ковзання та різниці за потужністю між валогенератором та підключеними до навантаження генераторами (рис. 7.59). Описаний спосіб синхронізації дозволяє відносно швидко досягти необхідного результату завдяки можливості регулювання мінімальної та максимальної меж частоти ковзання. Іншими словами, блок завжди може досягти частоти обертання, що дорівнює заданому в системі значенню, якщо фактична частота не виходить за встановлені межі для частоти ковзання.

Сигнал замикання вимикача передається внутрішнім каналом при виборі режимів SHAFT (Валогенератор) або SLIPT (Розщеплення фаз). У напівавтоматичному режимі (SEMI-AUTO) сигнал передається з дисплейного блоку.

Для готовності до синхронізації необхідно виконати такі умови:

- наявність сигналу зворотного зв'язку "Робота";
- напруга та частота генератора в нормі;
- керування через систему СУМ;
- відсутність аварійних сигналів системи захисту;
- відсутність аварійних сигналів синхронізації, послідовності фаз або положення вимикача.

положення вимикача.

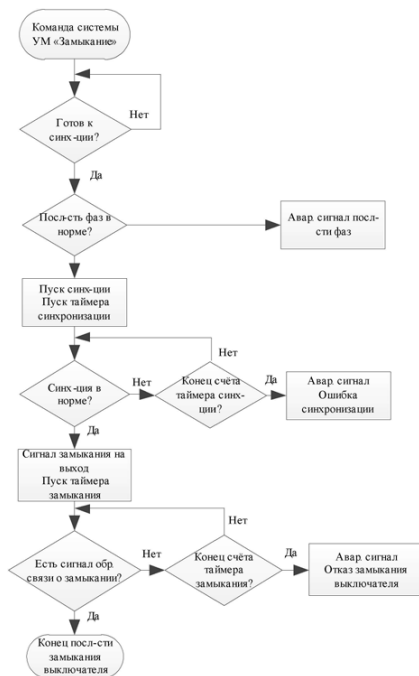


Рис. 7.59. Блок-схема послідовності замикання вимикача валогенератора (СВ)

Сигнал розмикання вимикача передається внутрішнім каналом при зміні режиму керування на AUTO (Автоматичний). У напіваавтоматичному режимі (SEMI-AUTO) сигнал передається з дисплейного блоку (рис. 7.60). Для готовності до розмикання повинні виконуватись такі умови:

- вимикач у замкнутому положенні;
- керування через систему СУМ;

• відсутність аварійних сигналів для зняття навантаження або розмикання вимикача.

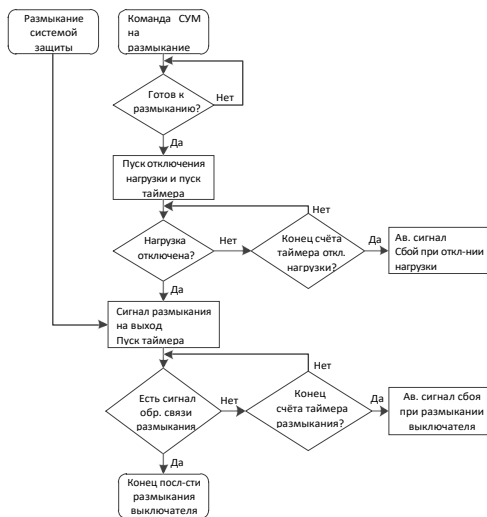


Рис. 7.60. Блок-схема послідовності розмикання вимикача валогенератора (СВ)

При появі сигналу системи захисту на розмикання вимикача воно виконується негайно незалежно від режиму керування чи наявності аварійних сигналів. Режим керування змінюється на AUTO (Автоматичний).

7.6 Порядок роботи з функціями керування шиноз'єднувальним вимикачем

Шиноз'єднувальному вимикачу надається номер 9 для ідентифікації в каналі зв'язку CAN. Можлива зміна ідентифікаційного номера за допомогою меню 7530 "Ідентифікаційний код внутрішнього зв'язку".

Ідентифікаційний номер (ID) шиноз'єднувального вимикача завжди встановлюється.

Синхронізація

Динамічна синхронізація шиноз'єднувального вимикача здійснюється як надсинхронне з'єднання працюючих дизель-генераторів, підключених до нижнього кінця шини (рис. 7.61). Це означає, що шиноз'єднувальний вимикач спрацьовує надсинхронно по відношенню до частоти шини на верхньому

кінці. Нижній кінець шини визначається як сторона шиноз'єднувального вимикача, на якому виконується підключення до шини для дизель-генератора 1. Верхній кінець відповідає тій стороні шиноз'єднувального вимикача, до якої підключено валогенератор. Необхідна частота для дизель-генераторів визначається як сума виміряної частоти на верхньому кінці шини та частоти надсинхронного з'єднання, що задається програмно. Отримана частота є опорною величиною для блоків керування генераторними агрегатами. Необхідна частота динамічної синхронізації постійно розраховується протягом процесу синхронізації шиноз'єднувального вимикача. Сигнал замикання ШСВ передається з урахуванням часу замикання ШСВ, тобто з урахуванням часу, необхідного для переходу вимикача з положення FF (ВИМК.) у положення ON (УВИМК.). Тривалість виконання команди

Сигнал на выход размыкания

обмежується відповідним таймером.

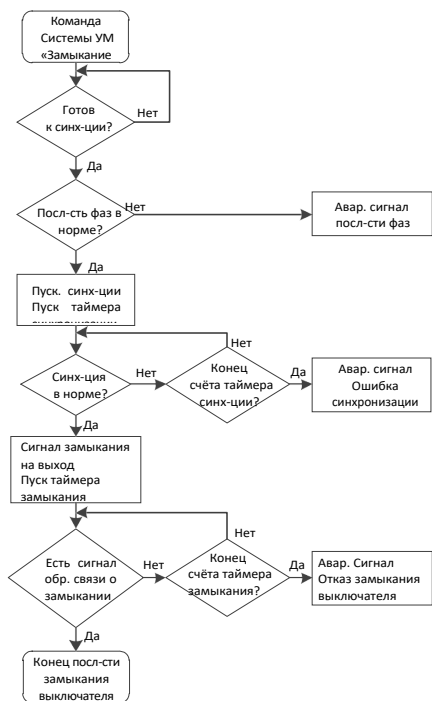


Рис. 7.61. Блок-схема послідовності замикання шиноз'єднувального вимикача

Сигнал замикання вимикача передається внутрішнім каналом при натисканні кнопки "CB ON" на дисплейному блоці в режимі SEMI-AUTO (Напівавтоматичний) або при зміні режиму керування з SPLIT (Розщеплення фаз) в режим AUTO (Автоматичний) або SHAFT (Валогенератор). Для готовності до синхронізації необхідно виконання наступних умов:

- напруга та частота в нормі (на стороні ДГ);
- напруга та частота в нормі (на стороні ВГ);
- керування через систему СУМ;
- відсутність аварійних сигналів системи захисту;
- відсутність аварійних сигналів синхронізації та послідовності фаз;
- відсутність аварійних сигналів положення вимикача. Послідовність розмикання показана на рис. 7.62.

7.6 Функції керування потужністю

Програмне забезпечення для керування потужністю енергоустановки розміщується на окремому контролері. У стандартній системі – це блок контролера ДГ 1 (рис. 7.63). Якщо система містить кілька головних блоків, у ній передбачається окремий блок СУМ. У цьому випадку можливе використання різних схем для подачі сигналів зворотного зв'язку (від потужних споживачів, системи контролю з'єднання з берегом, шиноз'єднувального вимикача тощо).

7.7.1 Призначення номерів блоків та режиму роботи енергоустановки

До включення системи в нормальному режимі керування оператор повинен присвоїти ідентифікаційні номери блокам дизель-генераторів.

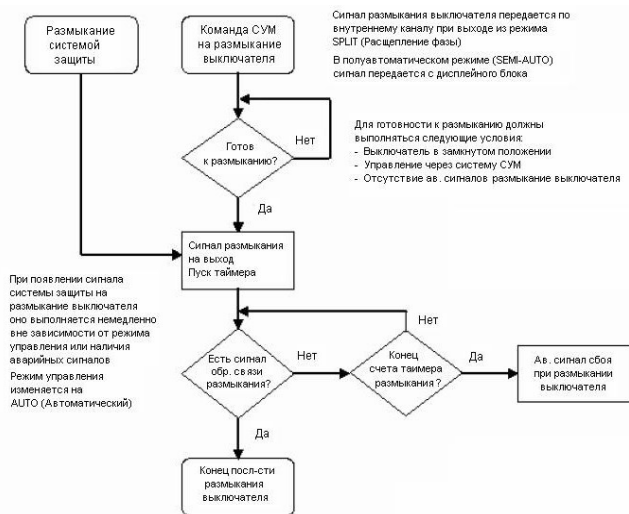


Рис. 7.62. Блок-схема последовательности розмикання шиноз'єднувального вимикача

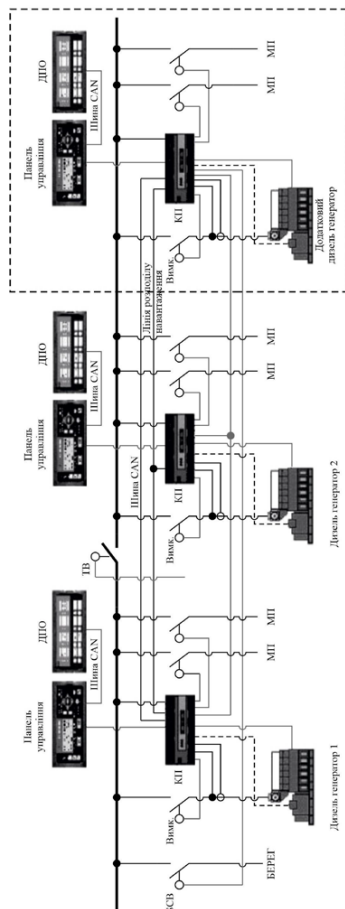


Рис. 7.63. Схема системи

Залежно від складу системи, можливі наступні режими роботи, наведені в табл. 7.27.

Таблиця 7.27. Режими роботи системи

Система 01	Система 02	Система 03
SEMI-AUTO (Напівавтомат)	SEMI-AUTO (Напівавтомат)	SEMI-AUTO (Напівавтомат)
AUTO (Автоматичний)	AUTO (Автоматичний)	AUTO (Автоматичний)
SHAFT (Валогенератор)	SHAFT (Валогенератор)	SPLIT (Розщеплення фази)

Вибір режиму енергоустановки здійснюється через додаткову панель

оператора (рис. 7.64).

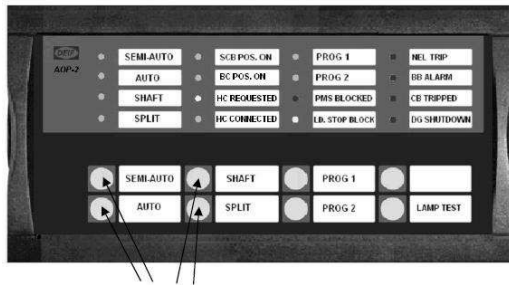


Рис. 7.64. Вибір режиму енергоустановки

Щоб вибрати потрібний режим, достатньо натиснути кнопку. Індикатором вибраного режиму є світлодіод. Режим роботи енергоустановки відноситься до системи загалом. Це означає, що неможливо вибрати різні режими енергоустановки на різних блоках керування (рис. 7.65).

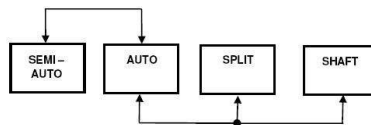


Рис. 7.65. Режими роботи системи

Режим енергоустановки SEMI-AUTO (Напіваавтоматичний) можна вибрати лише з режиму AUTO (Автоматичний).

Режим SEMI-AUTO (Напіваавтоматичний) є автоматичним режимом керування енергоустановкою, який потребує втручання оператора. У цьому режимі автоматичні послідовності, що передбачаються програмою, виконуються тільки за командами оператора, передаються шляхом натискання кнопок на дисплейному блоці керування генератором. До них відносяться: послідовність автоматичного пуску, послідовність замикання вимикача, включаючи синхронізацію та розподіл навантаження, послідовність розмикання вимикача та послідовність автоматичної зупинки. Вибір режиму SEMI-AUTO (Напіваавтоматичний) не впливає на функціонування працюючих генераторних агрегатів. Показані на рис. 7.65 кнопки керування активні лише при виборі режиму SEMI-AUTO (Напіваавтоматичний).

Налаштування генераторних блоків (рис. 7.66)

CB ON: Синхронізація вимикача. Після замикання виконується розподіл навантаження між даним генератором та іншими працюючими генераторами.

CB OFF: Зняття навантаження з генератора та розмикання вимикача (CB).

Start: Виконується послідовність автоматичного запуску.

Stop: Виконується послідовність автоматичної зупинки без періоду охолодження.



Рис. 7.66. Налаштування генераторних блоків

Система розмикає вимикачі, якщо навантаження шини дозволяє відключити генераторний агрегат; розмикання останнього вимикача можливе, тільки якщо є сигнал зворотного зв'язку від вимикача до берегової лінії енергопостачання.

Налаштування блоку шиноз'єднувального вимикача (рис. 7.67)

CB ON: Виконується синхронізація та замикання вимикача.

CB OFF: Розмикання вимикача.



Рис. 7.67. Налаштування блоку шиноз'єднувального вимикача

Режим энергоустановки AUTO (Автоматичний)

У режимі AUTO (Автоматичний) виконується повністю автоматичне керування дизель-генераторами, включеними до складу системи керування потужністю (СУМ). Генератори живлять шини і шиноз'єднувальний вимикач знаходиться в замкнутому положенні. У режимі AUTO (Автоматичний) система керування потужністю забезпечує автоматичний контроль частоти та розподіл навантаження. Навантаження шини розподіляється між працюючими генераторними агрегатами за наступними двома можливими схемами:

- симетричний розподіл навантаження;
- асиметричний розподіл навантаження.

Пуск/зупинка генераторних агрегатів в залежності від навантаження здійснюється згідно з рівнем споживаної потужності на шині, з урахуванням програмованої пріоритетності пуску/зупинки граничних уставок, що задаються для пуску/зупинки. Функція пуску/зупинки в залежності від навантаження виводить з енергосистеми будь-який генераторний агрегат з ознаками несправності та замість нього запускає резервний генераторний агрегат. Режим энергоустановки SHAFT GENERATOR (Валогенератор)

Система дозволяє увімкнути режим SG (Валогенератор) тільки при виконанні наступних умов:

- усі працюючі дизель-генератори перебувають у стані "ready for PMS stop" (готовий до зупинки системою УП);
- потужність валогенератора є достатньою для заміни всіх працюючих дизель-генераторів;
- вибраний режим AUTO (Автоматичний) для керування енергоустановкою.

У момент вибору режиму SHAFT (Валогенератор) виконується перевірка, щоб визначити, чи є напруга та частота валогенератора в допустимих межах. Якщо напруга та частота валогенератора задовольняють вимогам, запускається

процес динамічної синхронізації працюючих генераторних агрегатів параметрів валогенера. Після завершення синхронізації запускається процес перенесення навантаження від дизель-генераторів. Режим SG (Валогенератор) автоматично скасовується і вибирається режим AUTO (Автоматичний), якщо є помилка включення валогенератора.

Перемикання живлення шини від дизель-генераторів на валогенератор займає деякий час, і протягом усього процесу світлодіод SHAFT блимає жовтим. Коли живлення шини здійснюється лише валогенератором, світлодіод SHAFT горить безперервно зеленим кольором. У режимі SHAFT (Валогенератор) доступні такі функції контролю:

- контроль та захист валогенератора;
- контроль навантаження.

Дозволяється підключення до шини потужних споживачів, якщо система визначить, що потужності валогенератора вистачає для забезпечення живлення прогнозованого навантаження на шині.

Режим SHAFT (Валогенератор), що діє автоматично, скасовується та вибирається режим AUTO (Автоматичний), якщо має місце наступне:

- спрацювання автоматичного вимикача валогенератора;
- перемикання шиноз'єднувального вимикача.

Оператор може скасувати режим SHAFT (Валогенератор) шляхом вибору режиму AUTO (Автоматичний). Це включає функцію автоматичного пуску/зупинки залежно від навантаження, яке дозволяє включити резервні генераторні агрегати в достатній кількості, щоб замінити потужність валогенератора. Якщо сумарної потужності дизель-генераторів недостатньо для заміщення потужності валогенератора, система автоматично повертається в режим SHAFT (Валогенератор).

При виборі режиму SHAFT (Валогенератор) із режиму SPLIT (Розщеплення фази) виконується синхронізація шиноз'єднувального вимикача, зняття навантаження з дизель-генераторів та розмикання вимикачів дизель-генераторів.

Режим энергоустановки SPLIT (Розщеплення фази). Система дозволяє увімкнути режим SPLIT (Розщеплення фази) тільки при виконанні наступних умов:

- шиноз'єднувальний вимикач, валогенератор та дизель-генератори знаходяться під керуванням системи УП;
- вибраний режим AUTO (Автоматичний) для керування энергоустановкою.

У режимі SPLIT (Розщеплення фази) панель керування поділяється на дві частини.

При переході в режим SPLIT (Розщеплення фази) з режиму AUTO (Автоматичний) замикається вимикач валогенератора. Через кілька секунд після замикання вимикача валогенератора розмикається шиноседнувальний вимикач, розташований між шиною валогенератора (ВГ) та шиною дизель-генераторів (ДГ). Керування генераторами здійснюється в автоматичному режимі, що означає, що діють уставки пуску/зупинки залежно від навантаження. При переході в режим SPLIT (Розщеплення фази) з режиму SHAFT (Валогенератор) виконується запуск та підключення до шини дизель-генератора, якому присвоєно першу пріоритетність. Через кілька секунд після замикання вимикача генератора розмикається шиноз'єднувальний вимикач, розташований між шиною валогенератора та шиною дизель-генераторів.

Керування дизель-генераторами здійснюється в автоматичному режимі пуску/зупинки залежно від навантаження. Оскільки виконання всіх умов для режиму SPLIT (Розщеплення фази) займає деякий час, протягом усього процесу світлодіод "SPLIT mode" блимає жовтим кольором. Після розмикання шиноз'єднувального вимикача світлодіод горить безперервно зеленим кольором. Таким чином, режим SPLIT (Розщеплення фази) забезпечує незалежне живлення двох окремих шин. Одним із найчастіших застосувань режиму є маневр енергопостачання.

7.7.3 Функция PROG (Программа)

Система керування потужністю на базі блоку PPU дозволяє оператору

увімкнути додаткові функції шляхом програмування зовнішніх пристроїв. Під час активації входу PROG спалахує відповідний світлодіод додаткової панелі оператора (ДПО). Якщо потрібна додаткова індикація, достатньо активувати відповідний канал входу (рис. 7.68).

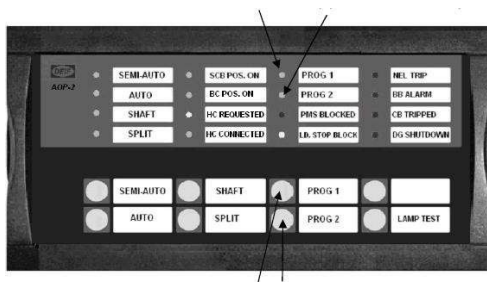


Рис. 7.68. Активація входу PROG

Оператор має можливість активувати релейний вихід (з регульованою тривалістю імпульсу) шляхом натискання кнопки PROG. Оператор може змінити текст на дисплеї на власний розсуд.

Приклади функції PROG:

- Автономні функції входу програмування;
- індикація стану зовнішнього пристрою;
- індикація сигналу зворотного зв'язку від вимикача;
- індикація вибраного режиму керування.

Релейний вихід у поєднанні з кнопкою керування: активація зовнішнього пристрою.

Час увімкнення реле задається оператором.

Дія кнопки PROG та релейного виходу PROG у поєднанні з дискретним входом PROG:

- активація зовнішнього синхронізуючого пристрою натисканням кнопки PROG;
- зміна рівня сигналу на вході PROG та увімкнення світлодіода PROG у момент замикання вимикача на шину (наприклад, при синхронізації з'єднання основної шини до берегової лінії електропостачання).

Функцію PROG можна використовувати із зовнішнім програмованим контролером для забезпечення додаткових функцій керування.

7.7.4 Вибір пріоритетності запуску

Схема (рис. 7.69) ілюструє принцип визначення пріоритетності пуску чи зупинки.

Оператор може програмувати перший пріоритет для запуску трьома можливими способами:

1. Вручну на дисплейному блоці керування потужністю.
2. Вручну, натиснувши кнопку першого пріоритету на кожному блоці ДГ.
3. Автоматично з урахуванням напрацювання у годиннику кожного генераторного агрегату.

Ручний вибір на дисплеї блоку керування потужністю (УП) здійснюється шляхом програмування послідовності пуску/зупинки для всіх генераторних агрегатів відповідно до їх пріоритетів через дисплейний блок відповідного блоку УП.

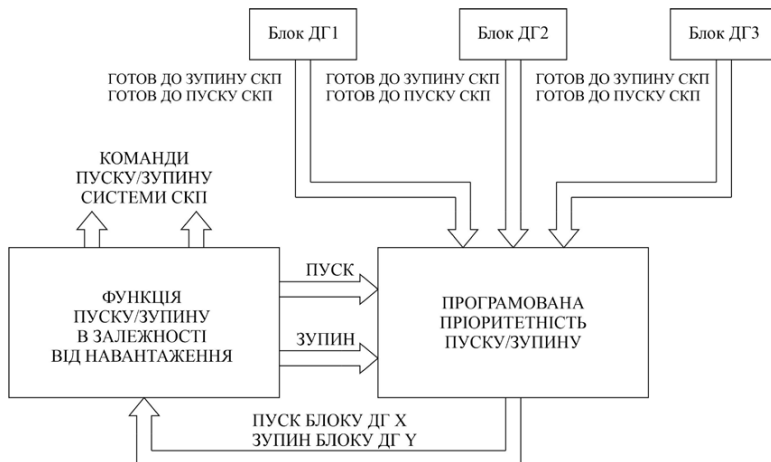


Рис. 7.69. Визначення пріоритетності пуску або зупинки

Розглянемо приклад.

Задано початкову пріоритетність 1-2-3-4. Потрібно встановити пріоритетність 3-2-4-1:

- меню 8052 (1 пріоритет ДГ №) вибрати 3;
- меню 8052 (2 пріоритет ДГ №) вибрати 2;
- меню 8052 (3 пріоритет ДГ №) вибрати 4;
- меню 8052 (4 пріоритет ДГ №) вибрати 1.

Після завершення вибору необхідно перейти в меню 8051 (меню передачі), яке надішле нові значення на пристрій калькуляції.

Цей пристрій контролює послідовність пріоритету. Наприклад, якщо оператор надішле наступну послідовність: 1-2-2-4 (два генератори з однаковим пріоритетом), калькулятор проігнорує параметр і відновить попередні налаштування пріоритетності.

Ручний вибір здійснюється натисканням кнопки "1st PRIOR" на панелі керування для генератора, якому надається перша пріоритетність пуску (рис. 7.70).



Рис. 7.70. Пріоритетність запуску

Світлодіод 1st PRIOR включається на панелі дисплейного блоку дизель-генератора, який має найвищий пріоритет. Світлодіод 1st Standby (1-й Резервний) включається на панелі дисплейного блоку резервного дизель-генератора, що має найвищий пріоритет. Це означає, що світлодіод 1st Standby (1-й Резервний) включається для дизель-генератора, який не працює, але готовий для запуску команди системи керування потужністю. Нижче наведено приклад, який пояснює зміну пріоритетності при натисканні оператором кнопки "1st PRIOR" на панелі керування дизель-генератором 4. Послідовність пріоритетності пуску відображається на панелі блоку керування потужністю до натискання кнопки 2-3-1-4, що означає:

- ДГ 2 надано пріоритет 1 для пуску (запускається в першу чергу);
- ДГ 3 надано пріоритет 2 для пуску (1-й резервний, якщо не працює);
- ДГ 1 надано пріоритет 3 для пуску;
- ДГ 4 надано пріоритет 4 для пуску (запускається в останню чергу).

Потім натискається кнопка "1st PRIOR" на панелі керування дизель-генератором 4. Після натискання кнопки дисплей панелі керування показує наступну послідовність пріоритетності – 4-2-3-1, що означає:

- ДГ 4 надано пріоритет 1 для пуску (запускається в першу чергу);
- ДГ 2 надано пріоритет 2 для пуску (1-й резервний, якщо не працює);
- ДГ 3 надано пріоритет 3 для пуску;
- ДГ 1 надано пріоритет 4 для пуску (запускається в останню чергу).

Функція пуску/зупинки залежно від навантаження змінить чергу пуску/зупинки працюючих генераторних агрегатів відповідно до їхньої нової пріоритетності.

Автоматичне присвоєння пріоритетів для пуску забезпечує рівномірне напруження в годинах для всіх генераторних агрегатів, що входять до складу енергоустановки. Сума робочих годин для кожного генератора, що накопичується, розраховується і записується в пам'ять відповідного блоку керування в реєстр "RUNNING HOURS" (Напруження в годинах). Увімкнення/вимкнення автоматичного присвоєння пріоритетності пуску виконується оператором. У режимі автоматичного присвоєння пріоритетності пуску перший пріоритет пуску присвоюється генератору, який має найменше напруження двигуна. Нижче наведено приклад, який пояснює принцип автоматичного присвоєння пріоритетності. Початкова пріоритетність запуску до включення функції автоматичного присвоєння пріоритетності 2-3-1-4, що означає:

- ДГ 2 надано пріоритет 1 для пуску; напруження у годинах = 12550;
- ДГ 3 надано пріоритет 2 для пуску; напруження в годинах = 12555;
- ДГ 1 надано пріоритет 3 для пуску; напруження в годинах = 10500;
- ДГ 4 надано пріоритет 4 для пуску; напруження в годинах = 12560.

Пріоритетність пуску після включення функції автоматичного

присвоєння пріоритетності 1-2-3-4, що означає:

- ДГ 1 надано пріоритет 1 для пуску; напрацювання в годинах = 10500;
- ДГ 2 надано пріоритет 2 для пуску; напрацювання у годинах = 12550;
- ДГ 3 надано пріоритет 3 для пуску; напрацювання в годинах = 12555;
- ДГ 4 надано пріоритет 4 для пуску; напрацювання в годинах = 12560.

Блок РРМ ДГ 1 показує найменше значення накопиченого напрацювання в годиннику.

7.7.5 Пуск/зупинка в залежності від навантаження

Функція пуску/зупинки в залежності від навантаження активного при виборі режиму керування енергоустановкою AUTO (Автоматичний), коли вимикач берегової лінії електропостачання знаходиться в розімкненому положенні. Функція пуску/зупинки призначена для передачі відповідної команди системи СУМ на основі розрахунку кількості генераторних агрегатів, необхідних для забезпечення потужності на шині, що фактично споживається. При надходженні команди пуску/зупинки від системи СУМ блоки окремих генераторів виконують пуск або зупинку відповідно до пріоритетності пуску. Розрахунок команди пуску/зупинки залежно від навантаження системи СУМ виконується на основі порівняння заданих програмою уставок для пуску/зупинки. Пуск/зупинку залежно від навантаження можна встановити за вставкою номінальної потужності (Р), вставкою повної потужності (S), а також за номінальним або відсотковим значенням цих параметрів.

7.7.6 Пуск/зупинка залежно від навантаження, пуск при повному відключенні, з'єднання потужних споживачів

Для функції ідентична для параметрів потужності (Р, кВт) і потужності (S, кВА), що здається; тому принцип дії функції описується тільки для запуску залежно від навантаження, коли в якості параметра вибрано номінальну потужність (Р). Точкою відліку для пуску в залежності від навантаження є мінімально допустиме значення потужності, яке вибирається для енергоустановки. Після досягнення цього значення виникає потреба у запуску наступного генератора (рис. 7.71). Потужність розраховується як різниця суми

номінальних потужностей усіх працюючих генераторів та корисної потужності, що відбирається від шини: уставки номінальної потужності (P): $P_{расп} = P_{ном} - P_{корисн}$. Уставка потужності, що здається, зазвичай вибирається у випадках, коли навантаження має індуктивний характер та коефіцієнт потужності нижче 0,7;

1) уставка потужності (S), що здається: $S_{расп} = S_{ном} - S_{корисн}$.

Функція пуску в залежності від навантаження виконує наступне:

- перевіряє пріоритетність запуску;
- передає команду пуску наступного доступного генератора відповідно до порядку пріоритетності.

Команда системи СУМ із запуску в залежності від навантаження передається з певною затримкою, щоб уникнути небажаних пусків резервних генераторів унаслідок короточасних змін навантаження на шині. Оператор має можливість налаштовувати уставки та таймер, які керують дією команди системи СУМ із запуску генераторів залежно від навантаження.

Зупинка в залежності від навантаження

Точкою відліку для зупинки в залежності від навантаження є максимально допустиме значення потужності, яке вибирається для енергоустановки (рис. 7.71). Після досягнення та перевищення цього значення передається команда зупинки на адресу працюючого дизель-генератора, що йде в черзі на зупинку, згідно з пріоритетністю пуску/зупинки. Оператор має можливість налаштовувати уставки та таймер, які управляють дією команди системи СУМ зупинки генераторів залежно від навантаження.

Значення параметра в кВт або кВА для зупинки в залежності від навантаження має бути вищим за значення для пуску. Значення параметра в % для зупинки в залежності від навантаження має бути нижчим за значення для пуску.

Функцію зупинки залежно від навантаження можна заблокувати для підключення до шини потужного споживача. Система ігнорує блокування зупинки залежно від навантаження, якщо споживач, що підключається до шини, не є потужним споживачем.

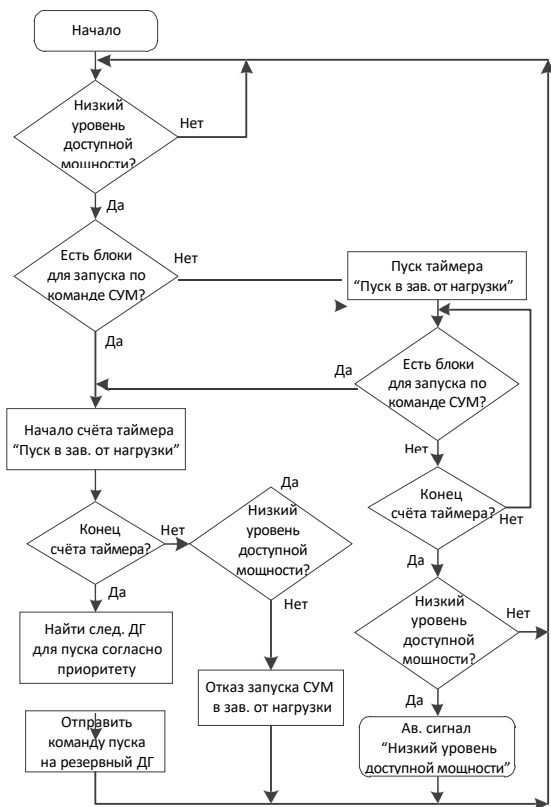


Рис. 7.72. Блок-схема пуска в зависимости от навантаження

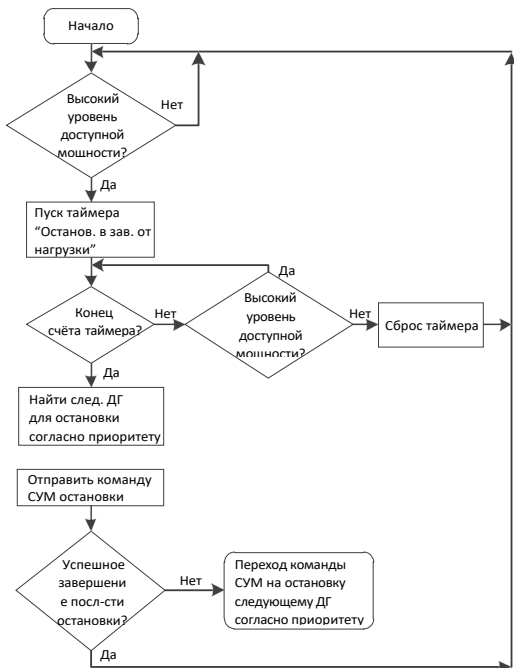


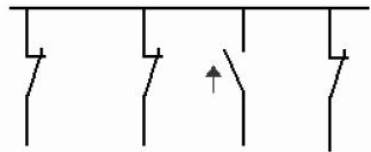
Рис. 7.72. Блок-схема зупинки в залежності від навантаження

Розрахунки пуску/зупинки в залежності від навантаження

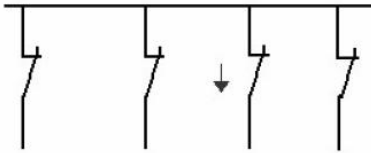
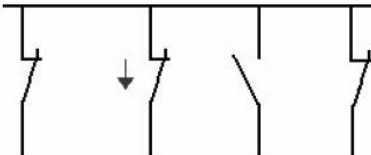
Розглянемо приклади розрахунку функції пуску залежно від навантаження (табл. 7.28) та розрахунку функції зупинки залежно від навантаження із заводськими налаштуваннями (табл. 7.29).

Таблица 7.28. Розрахунок функції запуску в залежності від навантаження

ДГ 1 1000 кВт 1250 кВА ДГ 2 500 кВт 625 кВА ДГ 3 1000 кВт 1250 кВА Потребители	<i>Початкові умови</i> ДГ 1 підключен. ДГ 2 і ДГ 3 - у резерві Уставка пуска в зал. від навантаження: 90% Пріоритетність: 1 - 2 - 3. При навантаженні дизель-генератора 1 вище 90% його номінальної потужності запускається таймер пуску в залежності від навантаження. Після завершення відліку таймера виконується запуск дизель-генератор 2 і підключення його до шини.
--	---

 ДГ 1 1000 кВт 1250 кВА ДГ 2 500 кВт 625 кВА ДГ 3 1000 кВт 1250 кВА Потребители	<i>Початкові умови</i> ДГ 1 і Г 2 підключені ДГ 3 – у резерві Уставка пуска в зал. від навантаження: 90% Пріоритетність: 1 - 2 - 3. Коли споживана потужність на шині стає вище 90% потужності, запускається таймер пуска в залежності від навантаження. Після завершення відліку таймера виконується запуск дизель-генератор 3 і підключення його до шини.
---	---

Таблиця 7.29. Розрахунок функції зупинки в залежності від навантаження із заводськими налаштуваннями

 ДГ 1 1000 кВт 1250 кВА ДГ 2 500 кВт 625 кВА ДГ 3 1000 кВт 1250 кВА Потребители	<i>Початкові умови</i> ДГ 1, ДГ 2 і ДГ 3 підключені. Уставка зупинки в зал. від навантаження: 70% Пріоритетність: 1 - 2 - 3. Коли споживана потужність на шині стає нижче 70% потужності, яку забезпечують ДГ 1 і ДГ 2, запускається таймер останова в залежності від навантаження. Після завершення відліку таймера виконується відключення навантаження ДГ 3, розмикання вимикача і зупинка. ДГ 1 і ДГ 2 працюють на рівні 70% їх номінальної потужності.
 ДГ 1 1000 кВт 1250 кВА ДГ 2 500 кВт 625 кВА ДГ 3 1000 кВт 1250 кВА Потребители	<i>Початкові умови</i> ДГ 1 і ДГ 2 підключені. ДГ 3 – у резерві Уставка останова в зал. від навантаження: 70% Пріоритетність: 1 - 2 - 3. Коли споживана потужність на шині стає нижче 70% номінальної потужності ДГ 1 запускається таймер останова в залежності від навантаження. Після завершення відліку таймера виконується відключення навантаження ДГ 2, розмикання вимикача і зупинка. ДГ 1 працює на рівні 70% своєї номінальної потужності.

Пуск при повному вимкненні

Система РРМ здатна керувати функціями пуску при повному відключенні напруги в енергосистемі у таких ситуаціях, залежно від типу аварійної ситуації та статусу блоку. Функція пуску при повному вимкненні активна у всіх

режимах керування енергоустановкою.

1. Пуск при повному відключенні з нормально функціонуючою системою СУМ.

Якщо блок керування потужністю (КП) справно працює і в каналі внутрішнього зв'язку CAN останнім блоком не виявлено дефектів, керування процесом пуску при повному відключенні здійснюється блоком керування потужністю (УП).

2. Пуск при повному відключенні із блокованими функціями системи СУМ.

Якщо блок керування потужністю (УП) несправний або в каналі внутрішнього зв'язку CAN останнім блоком виявлено дефекти, керування процесом пуску при повному відключенні здійснюється локально. Щоб керувати пуском при повному відключенні було можливим у другому випадку, потрібно виконати певні електричні з'єднання, які дозволяють отримати необхідну інформацію.

1. Пуск при повному відключенні з нормально функціонуючою системою СУМ.

Послідовність пуску при повному відключенні ініціюється після отримання блоком керування потужністю сигналу "Dead busbar" (Знеструмлена шина) від усіх блоків системи через канал внутрішнього зв'язку CAN.

Оператор має можливість налаштувати такі параметри:

- кількість дизель-генераторів, які можна запустити при повному вимкненні;
- автоматична зміна режиму керування енергоустановкою на SEMI-AUTO (Напіваавтоматичний) або AUTO (Автоматичний);
- кількість спроб пуску та підключення у разі виявлення короткого замикання та відключення напруги в системі. Внутрішній сигнал "Dead busbar" (Знеструмлена шина) передається, якщо будь-який блок безперервно реєструє такі умови протягом періоду тривалістю 1 с.

Максимальне значення виміряної міжфазної напруги (UL-L) менше 20 %

номінального значення.

Вимикач відповідного блоку генератора знаходиться у положенні OFF (ВИМК.).

На блоці є 0 або 1 (на вибір) аварійний сигнал про коротке замикання в системі.

Присутність одного непідтвердженого аварійного сигналу про коротке замикання може блокувати ініціацію пуску при повному відключенні у всій системі (залежить від заданих параметрів).

У подібних випадках для ініціації пуску при повному вимкненні в системі оператор повинен підтверджувати аварійний сигнал про коротке замикання. Зникнення однієї або кількох із зазначених вище умов для ініціації послідовності пуску призводить до негайного блокування функції виявлення "Dead busbar" (Знеструмлена шина). Після встановлення системою ситуації з знеструмленою шиною, запускається послідовність пуску при повному відключенні. Активація послідовності пуску за повного відключення можлива лише за умови, що принаймні один із генераторів знаходиться під керуванням системи СУМ та "готовий" для пуску системою СУМ (рис. 7.73).

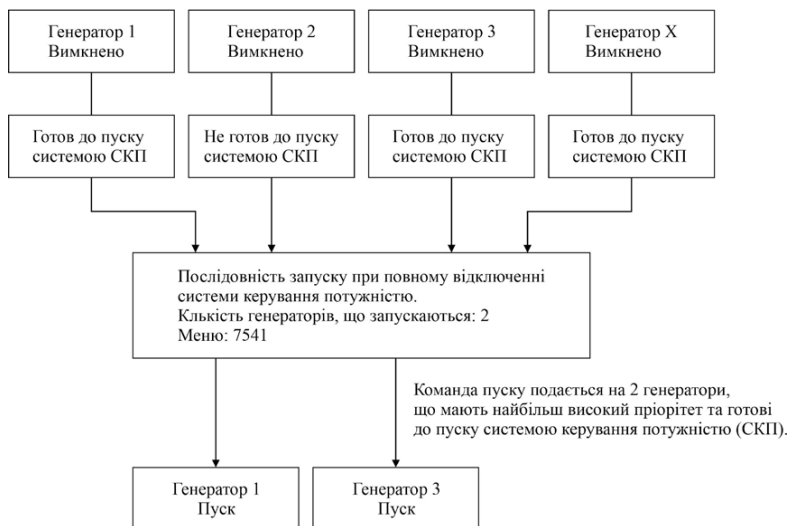


Рис. 7.73. Послідовність пуску при повному вимкненні

Послідовність пуску при повному відключенні включає послідовність автоматичного пуску із запуском генераторів з найвищим пріоритетом пуску та з другим пріоритетом пуску (якщо обрано при налаштуванні) генераторів, що мають також ознаку "Готовий до пуску системою СУМ".

Після вибору двох генераторів виконується таке:

1. Блок ДГ, який першим отримав сигнали зворотного зв'язку про нормальну роботу та нормальну напругу/ частоту генератора, негайно замикає вимикач (після отримання сигналу підтвердження від блоку керування потужністю).

2. Якщо не вдається замкнути генераторний вимикач, блок другого запущеного генератора отримує команду замикання вимикача вже без синхронізації.

3. Другий генератор, запущений при повному вимкненні, ініціює процес синхронного замикання генераторного вимикача через 2 с після встановлення нормальної напруги/частоти на шині.

4. У разі виявлення несправності протягом послідовності пуску якогось із двох вибраних генераторних агрегатів та збереження ситуації повного відключення шини, команда пуску системи керування потужністю передається наступному резервному генератору.

5. Після успішного підключення до шини одного з генераторних агрегатів ситуація пуску при повному відключенні вважається вирішеною і система повертається в режим нормального функціонування.

Якщо блоку керування потужністю не вдається встановити зв'язок з одним із генераторних блоків (передається відповідний аварійний сигнал несправності каналу зв'язку), сигнал від блоку не потрібен для ініціації послідовності пуску при повному відключенні.

Пуск при повному відключенні із блокованими функціями системи СУМ

У разі несправності блоку керування потужністю (блоку керування генератора 1) негайно активується резервна функція керування при повному відключенні (рис. 7.74). Оскільки в цьому випадку блок керування потужністю

не передає системну інформацію, потрібне зовнішнє електричне з'єднання для передачі необхідних даних для виконання функції пуску при повному вимкненні: інформація про те, що всі вимикачі знаходяться у положенні OFF (ВИМК.), і зовнішнього сигналу про зниження напруги (повне відключення) для запуску генераторів.

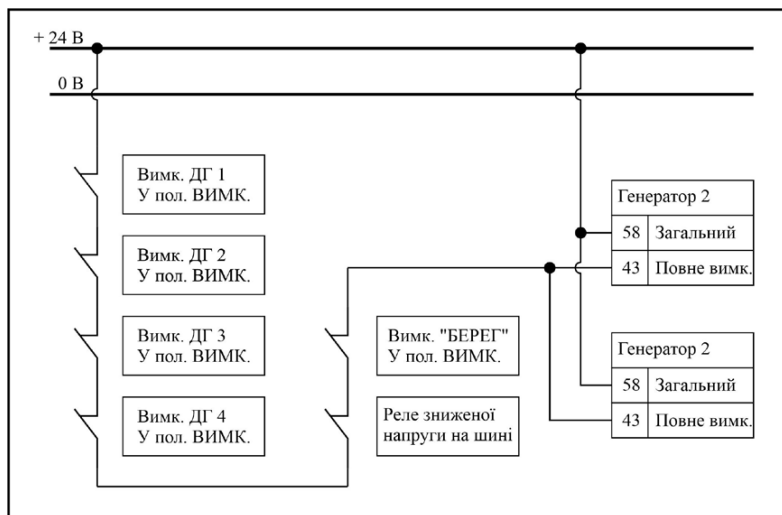


Рис. 7.74. Пуск при повному вимкненні з блокованими функціями системи СУМ

Виконується резервний пуск при повному відключенні з підключенням до шини ДГ 2. Якщо ДГ 2 недоступний, виконується пуск та підключення до знеструмленої шини ДГ 3. У разі помилки в каналі зв'язку CAN локальний дизель генератор не може визначити стан інших генераторів. Щоб запобігти одночасному замиканню двох генераторних вимикачів, виконується пуск та замикання на шину тільки для дизель-генератора 2. Якщо цей генератор недоступний, здійснюється переривання послідовності пуску при повному відключенні (рис. 7.75).

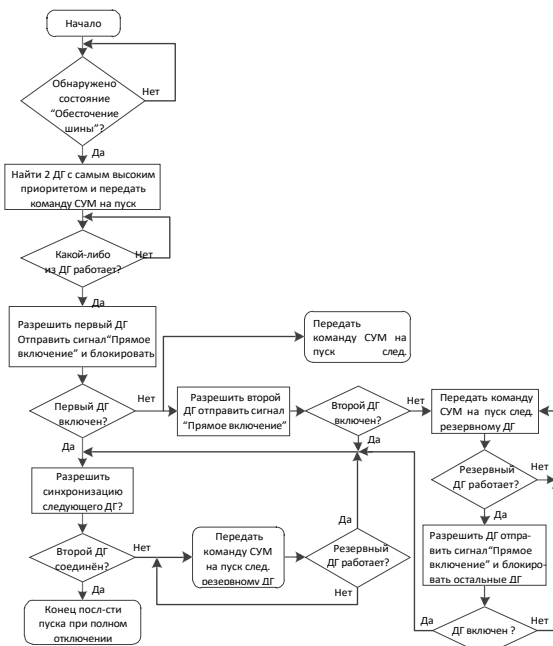


Рис. 7.75. Блок-схема пуску при повному вимкненні

У разі повного вимкнення в режимі SHAFT (Валогенератор) або SPLIT (Розщеплення фази) режим керування змінюється на AUTO (Автоматичний).

У разі повного вимкнення в режимі SEMI-AUTO (Напіваавтоматичний) режим керування не змінюється.

Для визначення стану "Знеструмлення шини" необхідно виконання наступних умов:

- генераторний вимикач у положенні OFF (ВИМК.);
- напруга на шині нижче 20% від номінального значення.

Асиметричний розподіл навантаження

При активації функції розподілу навантаження загоряється світлодіод зеленого свічення "Base load" (Базове навантаження) і на дисплеї з'являється напис "FIXED POWER" (Фіксована потужність) – рис. 7.76.

Base load – (Базове навантаження). Зелений – функція активна. Жовтий. - Скасовано.



Рис. 7.76. Розподіл навантаження

Активація функції розподілу навантаження можлива лише у випадку, якщо паралельно працюють два або більше генераторів, а режим керування енергоустановкою встановлено на AUTO (Автоматичний). На базове навантаження працює генератор із першим пріоритетом, якщо так вибрано оператором.

Якщо стан навантаження не дозволяє асиметричний розподіл, автоматично вибирається симетричний розподіл навантаження. Причиною може бути надмірно низький рівень споживаної потужності (нижче від встановленого значення) або, навпаки, надмірно велике навантаження (стан перевантаження). При виборі режиму розподілу навантаження призначений блок забезпечує живлення програмно заданого, фіксованого обсягу навантаження.

Асиметричний розподіл навантаження під час вибору рівня базового навантаження 70 %

Будь-які коливання навантаження забезпечуються всіма іншими підключеними генераторами, за винятком генератора, що живить базове навантаження (рис. 7.77). Розподіл коливань навантаження між генераторами симетричний. Оператор має можливість відрегулювати уставки, потрібні для керування в режимі несиметричного розподілу навантаження.

Автоматичне скасування функції несиметричного розподілу навантаження

Несиметричний розподіл навантаження автоматично скасовується блоком керування потужністю при виконанні наступних умов:

- генераторний агрегат "базового навантаження" виробляє понад 90%

загальної потужності на шині;

- навантаження на одному з додаткових генераторів становить нижче 2 % номінальної потужності;

- навантаження на одному з додаткових генераторів становить понад 98 % номінальної потужності;

- виявлення ситуації повного вимкнення потужності на шині;

- число керованих системою СУМ генераторних агрегатів менше 2;

- вихід із режиму AUTO (Автоматичний) керування енергоустановкою.

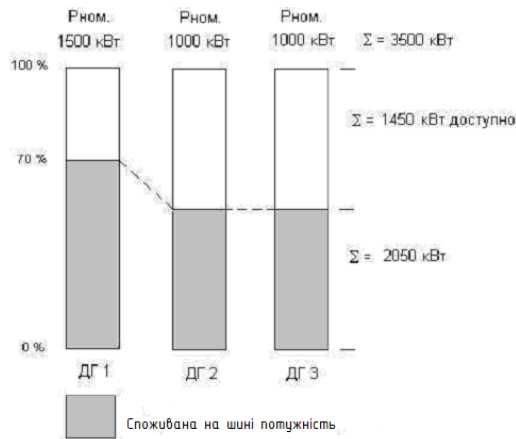


Рис. 7.77. Діаграма асиметричного режиму розподілу навантаження

При скасуванні режиму базового навантаження блоком керування потужністю з однієї з наведених причин колір світлодіода "Base load" (Базове навантаження) стає жовтим.

Поєднання потужних споживачів

При виконанні певних умов передбачено можливість підключення двох потужних споживачів (МП) у розрахунку на кожен генератор системи. Коли виникає потреба підключення потужного споживача, функція підключення МП резервує програмно задану максимально допустиму потужність на шині та блокує підключення МП до досягнення високого рівня доступної потужності на шині, що прогнозується (рис. 7.78).

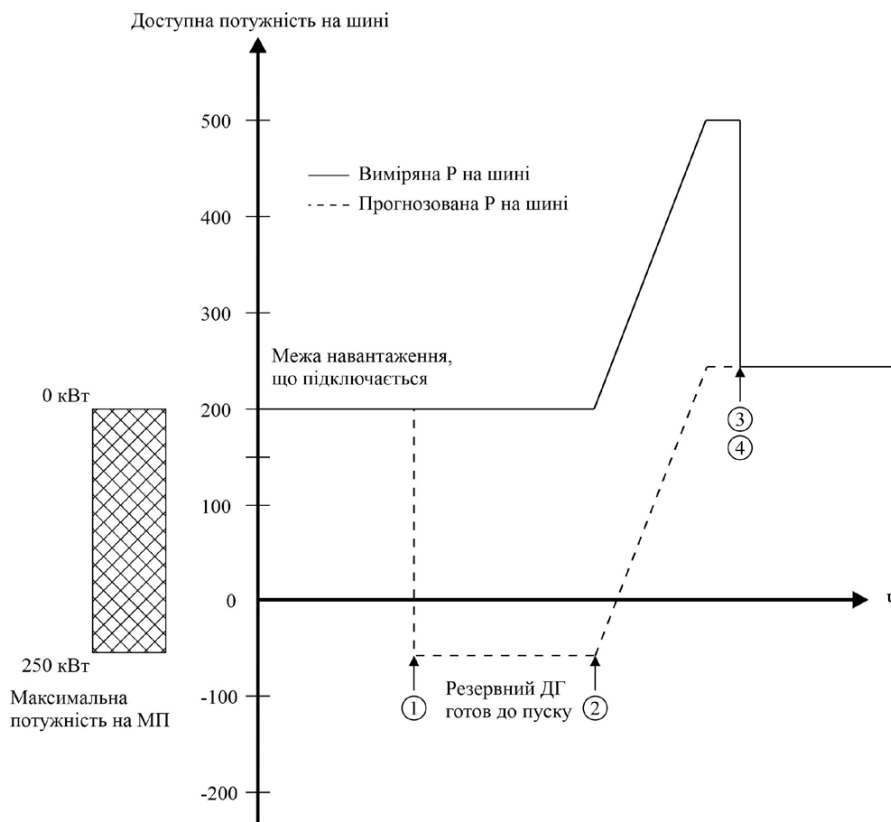


Рис. 7.78. Діаграма з'єднання потужних споживачів

Після досягнення достатнього рівня прогнозованої потужності система блокує підключення потужного споживача на заданий програмою час затримки. Затримка "DELAYACK. HC" (Затримка підключення МП) необхідна, щоб недавно запущений генераторний агрегат встиг узяти на себе частину навантаження і, таким чином, підвищив рівень доступної потужності на шині перед підключенням потужного навантаження. Потужні споживачі (МП) підключаються згідно з їхньою пріоритетністю, тобто, за одночасної вимоги підключення двох і більше МП з включенням відповідних таймерів в першу чергу підключається МП з пріоритетом 1, потім з пріоритетом 2 і т. д. МП 1 (НС 1) присвоєно найвищий пріоритет. Це означає, що при одночасному введенні вимог підключити МП 1 (НС 1) та МП 2 (НС 2) насамперед

підключається МП 1 (НС 1). Тому, якщо є кращі навантаження, їх необхідно приєднати апаратно до інтерфейсу для МП 1 (НС 1), щоб забезпечити їх обслуговування в першу чергу. При надходженні вимоги щодо підключення потужного споживача система керування потужністю забезпечує наступну системну послідовність дій:

а) резервування на шині програмно заданого рівня потужності "НС n MAX POWER" (Максимальна потужність для підключення МП);

б) передачу команди пуску наступного резервного ДГ, якщо прогнозований рівень доступної потужності нижче запрограмованого кордону "LOAD START LIMIT" (Межа підключення навантаження);

в) запуск таймера "DELAYACK. НС" (Затримка підключення МП) після досягнення на шині достатнього рівня доступної потужності;

г) передачу сигналу дозволу підключення навантаження після завершення рахунку таймера "DELAYACK. НС" (Затримка підключення МП) за умови, що виміряна потужність на шині не нижче за потрібний рівень доступної потужності.

При надходженні вимоги підключення потужного споживача на панелі ДПО спалахує жовтий світлодіод "НС REQUEST" (рис. 7.79).

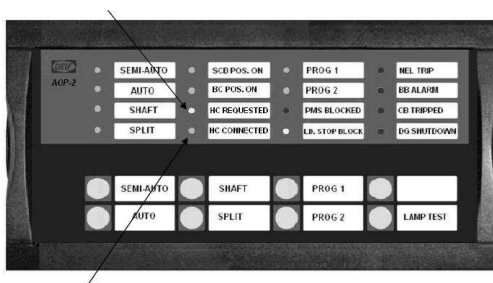


Рис. 7.79. Настроювання індикації підключення потужного споживача

Світлодіод "НС CONNECTED" зеленого світіння є індикатором підключення потужного споживача. Оператор має можливість настроїти рівень прогнозованої потужності споживання окремо для кожного з двох потужних споживачів на кожному генераторному агрегаті.

Сигнали зворотного зв'язку від потужних споживачів

Система керування потужністю на основі блоку PPU може обробити два типи сигналів зворотного зв'язку від потужних споживачів:

- дискретний сигнал зворотного зв'язку;
- аналоговий сигнал зворотного зв'язку.

Обидва типи сигналів зворотного зв'язку обробляються функцією умовленого підключення потужних споживачів.

Зміна типу сигналу зворотного зв'язку виконується на блоці керування ДГ для кожного генераторного агрегату за допомогою параметрів, наведених нижче.

Характеристика МП

Тип сигналу зворотного зв'язку вибирається, виходячи з характеристики потужного споживача, яка може бути двох типів:

- МП зі змінним навантаженням (variable load) – необхідно контролювати за допомогою сигналу зворотного зв'язку аналогового типу;
- МП із фіксованим навантаженням (fixed load) – необхідно контролювати за допомогою сигналу зворотного зв'язку дискретного типу.

Запуск потужних споживачів із фіксованим навантаженням

Зумовлене підключення потужних споживачів із фіксованим навантаженням контролюється через наступний апаратний інтерфейс, наведений у табл. 7.30.

Таблиця 7.30. Апаратний інтерфейс

Найменування сигналу	Тип сигналу	Розташування
START REQ. HC 1 (Підключить МП 1)	Дискретний вхід	Контакт 44
START REQ. HC 2 (Підключить МП 2)	Дискретний вхід	Контакт 45

HC 1 CONNECTED (МП 1 підключен)	Дискретний	Контакт 46
HC 2 CONNECTED (МП 2 підключен)	вхід	Контакт 47
HC no.1 FIXED LOAD (МП 1 фікс. навантаження)	Дискретний	Контакт 48
HC no.2 FIXED LOAD (МП 2 фікс. навантаження)	вхід	Контакт 49
	Дискретний	
	вхід	
START ACK. HC 1 (Підтвердження підкл. МП 1)	Релейний вихід	Контакт 57/58
START ACK. HC 2 (Підтвердження підкл. МП 2)	Релейний вихід	Контакт 59/60

Активація відповідного дискретного входу запускає послідовність підключення МП (рис. 7.80). Сигнал підтвердження пуску відправляється системою керування потужністю за наявності на шині достатнього рівня прогнозованої доступної потужності.

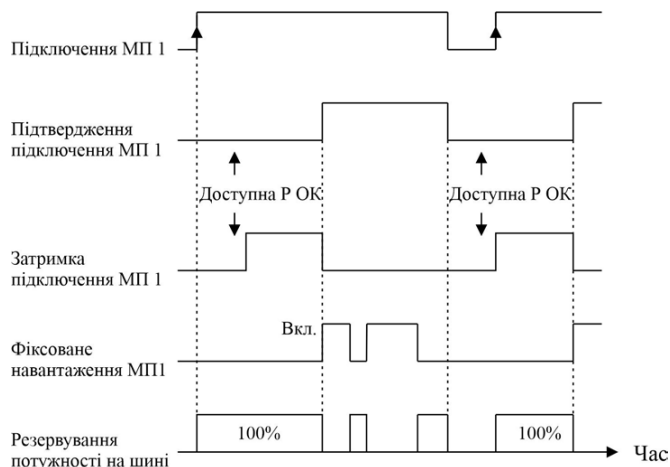


Рис. 7.80. Активація дискретного входу
Пуск потужних споживачів із змінним навантаженням

Підключення потужних споживачів із змінним навантаженням контролюється через наступний апаратний інтерфейс (табл. 7.31).

Таблиця 7.31. Апаратний інтерфейс потужних споживачів із змінним навантаженням

Найменування сигналу	Тип сигналу	Розташування
START REQ. HC 1 (Підключити МП 1)	Дискретний вхід	Контакт 44
START REQ. HC 2 (Підключити МП 2)	Дискретний вхід	Контакт 45
HC 1 CONNECTED (МП 1 підключен)	Дискретний вхід	Контакт 46
HC 2 CONNECTED (МП 2 підключен)	Дискретний вхід	Контакт 47
HC no.1 VARIABLE LOAD (МП 1 зм. навантаж.) HC no.2 VARIABLE LOAD (МП 2 зм. навантаж.)	Аналоговий вхід Аналоговий вхід	Контакт 98 (+) / 99 (□) Контакт 100 (+) / 101 (□)
START ACK. HC 1 (Підтвердження підкл. МП 1)	Релейний вихід	Контакт 57/58
START ACK. HC 2 (Підтвердження підкл. МП 2)	Релейний вихід	Контакт 59/60

Активация відповідного дискретного входу запускає послідовність підключення МП (рис. 7.81). Резервування потужності на шині завершується зі зникненням сигналу на вході команди на підключення: замкнутий контакт (CC), розімкнений контакт (OC).

Сигнал зворотного зв'язку рівня потужності

Вхід для сигналу зворотного зв'язку рівня потужності призначений для датчика з вихідним сигналом у діапазоні 4...20 мА, що відповідає навантаженню 0...100 % (рис. 7.82). Можна відрегулювати лише рівень навантаження 100%. Налаштування здійснюється в меню 8200 для МП 1 і в меню 8210 для МП 2. Наприклад, якщо навантаження МП становить 400 кВт, калібрування датчика має відповідати $0...400 \text{ кВт} = 4...20 \text{ мА}$, а в меню 8200 для потужності вводиться значення 400 кВт.

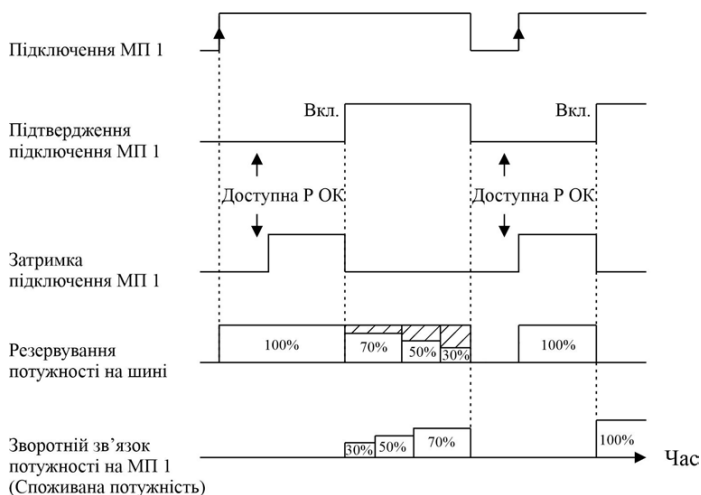


Рис. 7.81. Активація дискретного входу

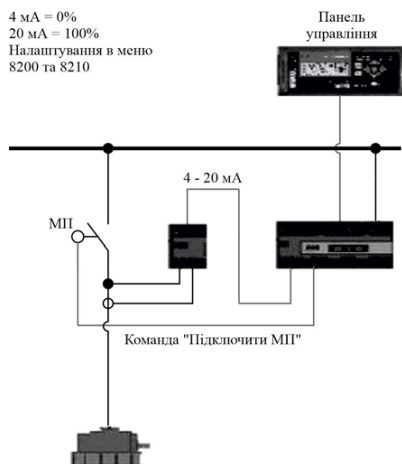


Рис. 7.82. Реалізація зворотного зв'язку рівня потужності

Блок керування потужністю передає сигнал підтвердження підключення за наявності на шині доступної потужності на рівні достатньому для нормальної роботи МП. Тривалість сигналу підтвердження ON (ВКЛ) становить 2 с. Щоб уникнути перевантаження шини під час роботи на потужне навантаження, постійно контролюється споживана МП потужність (за сигналом зворотного зв'язку рівня потужності). Ця інформація використовується для зниження

резервованої на шині потужності з максимального значення до рівня фактично споживаної МП потужності. З метою оптимізації рівня резервованої потужності розрахунок виконується постійно. Система дозволяє блокувати функцію зупинки залежно від навантаження протягом усього періоду, доки до шини підключено потужне навантаження. Функція блокування зупинки в залежності від навантаження автоматично ігнорується, якщо на шині відсутні підключені потужні навантаження (НС). При включенні блокування функції зупинки, залежно від навантаження на панелі ДПО, спалахує жовтий світлодіод "LD STOP BLOCK" (рис. 7.83).

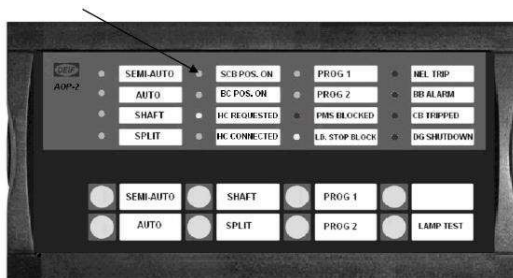


Рис. 7.83. Індикація підключення МП із змінним навантаженням

7.7.4 Контроль з'єднання з береговою лінією електропостачання та положення шинного вимикача

Для індикації положення вимикача з береговою лінією електропостачання на панелі ДПО служить зелений світлодіод "SCB POS. ON" (Вимикач у положенні УВІМК.) – рис. 7.84.

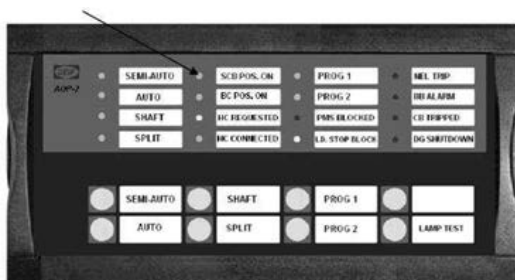


Рис. 7.84. Індикація з'єднання з береговою лінією

З'єднання з береговою лінією електропостачання виконується вручну з щита керування.

Послідовність перемикання шини з дизель-генераторів на берегову лінію електропостачання:

1. Вибрати режим керування енергоустановкою SEMI-AUTO (Напівавтоматичний).
2. Зменшити навантаження на шині до рівня, який може підтримуватись одним дизель-генератором.
3. З панелі дисплейного блоку відключити дизель-генератори від шини (на цьому етапі відключення останнього дизель-генератора неможливо).

1. Вибрати режим керування із загального щита керування (SWBD) для всіх дизель-генераторів.
2. Вручну відключити останній генератор від шини із загального щита керування (SWBD) – створюється ситуація повного відключення шини.
3. Встановити вимикач зв'язку з береговою лінією в положення ON.
4. Вибрати режим керування системою керування потужністю (PMS) для всіх дизель-генераторів.
5. Виконати зупинку всіх працюючих дизель-генераторів з дисплейного блоку.

Перемикання шини з дизель-генераторів на берегову лінію електропостачання:

1. Вибрати режим керування енергоустановкою SEMI-AUTO (Напівавтоматичний).
2. Запустіть один дизель-генератор.
3. Встановити вимикач зв'язку з береговою лінією в положення OFF (ВИМК.) (Система автоматично замкне вимикач дизель-генератора, оскільки запускається послідовність при повному відключенні шини).

Коли вимикач зв'язку з береговою лінією знаходиться в положенні ON (ВКЛ), керування системою примусово здійснюється із загального щита

керування (SWBD), а автоматичні функції системи керування потужністю блокуються.

Контроль за положенням шинного вимикача

Система керування потужністю на базі блоку PPU дозволяє контролювати положення шинного вимикача (якщо є в системі енергоустановки). Для індикації положення вимикача використовується зелений світлодіод

"BC POS. ON" (Шинний вимикач у положенні УВІМК.) на панелі ДПО (рис. 7.85).

Коли шинний вимикач знаходиться в положенні OFF (ВИМК.), керування системою примусово здійснюється із загального щита керування (SWBD). Шинний вимикач може розташовуватися у будь-якій точці системи.

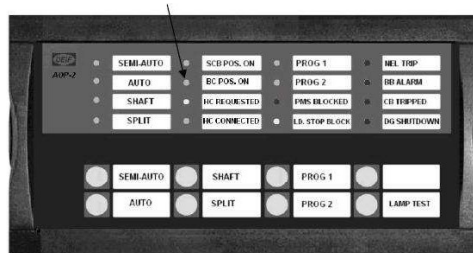


Рис. 7.85. Індикація положення шинного вимикача

7.7.4 Особливості внутрішнього каналу зв'язку

Канал CAN, що використовується в системі, призначений лише для внутрішнього зв'язку. З'єднання з іншими системами зв'язку не допускається. Якщо потрібний зв'язок із зовнішньою системою, необхідно вибрати додаткову панель керування зв'язком (одна з опцій Н). Призначення контактів представлено у табл. 7.32.

Контакти 128 та 131 всередині з'єднані.

Контакти 129 та 132 всередині з'єднані.

Контакти 130 та 133 всередині з'єднані.

Контакти 129 та 132 призначені для з'єднання екрана кабелю, але не заземлюючого дроту (GND).

Електричні з'єднання шини CAN на рис. 7.86.

Таблиця 7.32. Призначення контактів

Контакт	Призначення	Опис
126	Не використовується	Шина CAN
127	Не використовується	
128	CAN-L	
129	Екран кабеля	
130	CAN-H	
131	CAN-L	
132	Екран кабеля	
133	CAN-H	

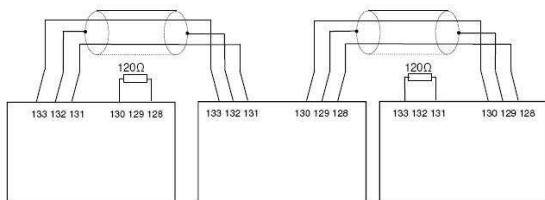


Рис. 7.86. Електричні з'єднання шини CAN

7.7.5 Особливості зовнішнього каналу зв'язку

Зовнішній канал необхідний для зв'язку із зовнішньою системою контролю та аварійної сигналізації або з контролером двигуна. У табл. 7.33 наводиться короткий опис контактів шини. Повний опис системи зв'язку, наданих можливостей та протоколів, що використовуються, можна знайти в паспорті контролера.

Таблиця 7.33. Modbus RTU (опція H2)

Контакт (Слот # 8)	Призначення	Опис
29	Дані + (A)	Modbus RTU, RS485
30	Екран кабеля	
31	Дані (B)	
32	Не використовується	
33	Дані + (A)	
34	Не використовується	
35	Дані (B)	
36	Не використовується	

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Руководство по установке, сервису и техническому обслуживанию генераторов переменного тока STAMFORD [Текст]. – 2004. – 34 с.
2. Толстов, А. А. Устройство и эксплуатация судовых син- хронных генераторов [Текст]: учебное пособие для курсан- тов и студентов морских вузов / А. А. Толстов. – Одесса : ОНМА, 2006. – 150 с.
- 3 <http://www.bookasutp.ru>
- 4 <http://www.RealLab.ru>

ЗМІСТ

Передмова

1. Суднові синхронні генератори з регуляторами напруги
 - 1.1 Генератори STAMFORD
 - 1.2 Безщітковий синхронний генератор Siemens
2. Контролери у складі систем автоматизації суден
 - 2.1 Програмовані логічні контролери
 - 2.2 Типи ПЛК
 - 2.3 Архітектура ПЛК
 - 2.4 Характеристики ПЛК
 - 2.5 Приклади типових ПЛК
 - 2.6 Пристрої збору даних
3. Комп'ютер як елемент систем автоматизації
 - 3.1 Комп'ютер як контролер
 - 3.2 Робоча станція (термінал) оператора
 - 3.3 Промислові комп'ютери
4. Пристрої введення-виведення у складі систем автоматизації
 - 4.1 Введення аналогових сигналів
 - 4.2 Модулі введення струму та напруги
 - 4.3 Виведення аналогових сигналів
 - 4.4 Введення дискретних сигналів
 - 4.5 Виведення дискретних сигналів
 - 4.6 Введення частоти, періоду та рахунок імпульсів
5. Пристрої виявлення подій та збору даних
 - 5.1 Електромеханічні кінцеві вимикачі
 - 5.2 Індуктивні безконтактні датчики
 - 5.3 Ємнісні безконтактні датчики
 - 5.4 Фотоелектричні датчики
 - 5.5 Датчики та реле тиску, вакуумні вимикачі
6. Людсько-машинний інтерфейс
 - 6.1 Призначення людино-машинного інтерфейсу
 - 6.2 Огляд потреб користувачів
 - 6.3 Дискретне керування та індикація
 - 6.4 Графічні дисплеї та термінали
 - 6.5 Промислові комп'ютери для станцій supervisory керування
 - 6.6 Програмне забезпечення засобів людино- машинного інтерфейсу
 - 6.7 Діалогові засоби, вбудовані у продукти
7. Система керування судновою електростанцією на базі контролерів фірми DEIF
 - 7.1 Загальні відомості про контролерів PPM у складі системи керування судновою електростанцією
 - 7.2 Загальні вимоги та рекомендації до комплектності системи керування судновою електростанцією
 - 7.3 Стандартні функції системи керування судновою електростанцією

7.4 Порядок роботи з функціями керування дизель-генератора

7.5 Порядок роботи з функціями керування валогенератора

7.6 Порядок роботи з функціями керування шиноз'єднувальним
вимикачем

7.7 Функції керування потужністю

Рекомендована література

Для нотаток

Для нотаток

Для нотаток

Навчальне видання

ЖУК Дмитро Олександрович
ЖУК Олександр Кирилович
ЧЕКУНОВ Володимир Костянтинович
КОЗЛОВ Максим Олегович
НОСОВСЬКИЙ Андрій Миколайович

ЕЛЕМЕНТИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Навчальний посібник

Комп'ютерне верстання *В. В. Москаленко*
Коректор *О. Є. Вакула*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 15,1. Тираж 100 прим. Вид. № 53. Зам. № 2701-04.
Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025
E-mail : publishing@nuos.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.