

Афтанашук Тарас Ігорович

Дослідження та розробка автоматизованої системи управління  
компресорною станцією

Керівник: канд. техн. наук Золотий Р.З.





## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини дипломної роботи становить \_\_\_ слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає \_\_\_ друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – \_\_\_ друкованих сторінок формату А4.

Дипломна робота складається з восьми розділів, в яких нараховується \_\_\_ рисунків та \_\_\_ таблиць з даними.

В роботі використано \_\_\_ літературних джерел.

У магістерській роботі було проаналізовано основні аспекти технологічного процесу роботи компресорних станцій. Виявлено основні параметри, які впливають на якість роботи компресорної системи

Було розроблено автоматизовану систему керування роботою компресорної станції.

Систему було реалізовано на базі програмованих логічних контролерів ОВЕН ПЛК 110 з додаванням додаткових модулів вводу виводу МВА8 та МДВВ, які забезпечують комплексний контроль за усіма параметрами роботи системи та контролюють всі параметри електроприводів.

Також система забезпечує оптимальні роботи керування електромоторами через перетворювачі частоти, що дозволяє збільшити ресурс їх роботи, захистити від критичних режимів.

Впровадження такої системи дозволить оптимізувати роботу компресорної станції.

Ключові слова: КОМПРЕСОП, КОНТРОЛЕР, ДИСТАНЦІЙНИЙ КОЕТРОЛЬ, ТИСК.

## ЗМІСТ

<i>ВСТУП</i> .....	7
<b>1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b> .....	9
1.1. <i>Аналіз стану виробництва стиснутого повітря</i> .....	9
1.2 <i>Характеристики систем повітропостачання</i> .....	12
1.3. <i>Рівень і режими споживання повітря</i> .....	15
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	24
2.1 <i>Огляд схеми функціонування технологічного об'єкту</i> .....	24
2.2 <i>Основні аспекти автоматизації компресорної станції</i> .....	26
2.3 <i>Огляд реалізації функціональної схеми</i> .....	27
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b> .....	34
3.1 <i>Розробка АСУТП для контролю роботи компресорної станції</i> .....	34
3.2. <i>Обґрунтування та вибір комплексу технічного обладнання нижчого рівня</i> .....	42
<b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА</b> .....	48
4.1. <i>Система регулювання швидкості КС при використанні електроприводу змінного струму</i> .....	48
4.2. <i>Дослідження систем на базі ЕП змінного струму ТПН-АД</i> .....	54
<b>5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА</b> .....	62
5.1. <i>Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК110</i> .....	62
5.2. <i>Одноканальний блок живлення ОВЕН Бп60б-д4</i> .....	70
5.3. <i>Блок мережевого фільтру ОВЕН БСФ — Короткий опис</i> .....	72
5.4. <i>Графічна панель оператора з сенсорним управлінням овен сп270</i> .....	73
5.5. <i>Модуль введення дискретних сигналів Мв110-16д</i> .....	74
<b>6. ОБґРУНТУВАННЯ-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ</b> .....	76
6. <i>Техніко-економічне обґрунтування</i> .....	76
6.1 <i>Розрахунок собівартості одиниці виробу</i> .....	76
6.2 <i>Прибуток</i> .....	79
<b>7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b> .....	81
7.1 <i>Характеристика шкідливих факторів виробничого середовища</i> .....	81
7.2 <i>Забезпечення безпеки життєдіяльності при роботі з ПК</i> .....	83
<b>8 ЕКОЛОГІЯ</b> .....	88
8.1 <i>Екологічність створення нових виробництв</i> .....	88
8.2 <i>Методи зменшення енергоспоживання та енергозбереження</i> .....	89

<i>8.3 Види джерел електромагнітних полів, іонізуючого випромінення та методи їх знешкодження</i> .....	91
<b>ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ</b> .....	95
<b>БІБЛІОГРАФІЯ</b> .....	96

## ВСТУП

В наш час індустріального розвитку широкого розповсюдження набули механізми, пристрої, станки та верстати в яких використовується рух подачі чи переміщень за допомогою стислого повітря.

Повітряні компресорні станції та установки є невід'ємною частиною промислових виробництв, транспорту, будівництва, енергетики та інших галузей. Повітряні компресори становлять понад 80 % від загального парку компресорів. Таке велике поширення повітряних компресорів пояснюється необхідністю використання стисненого повітря як найбільш зручного і порівняно недорогого енергоносія. Основними перевагами стисненого повітря перед іншими енергоносіями (природний газ, електроенергія, водяна пара) є простота й дешевизна його вироблення і транспортування до місця споживання. Системи виробництва та розподілу стисненого повітря в промисловості споживають до 10 % електроенергії. На жаль, існує думка, що стиснене повітря коштує дешево, хоча лише 5–10 % спожитої електроенергії витрачається на здійснення корисної механічної роботи. Витрати на вироблення стисненого повітря становлять 5–15 % від собівартості продукції, а для деяких виробництв досягають 30 % та більше. Як машини для стиснення повітря широко використовуються поршневі, відцентрові, а останніми роками й гвинтові компресори. Як відомо, повітря має властивість стискатися до певної величини, що є не дуже добрим в порівнянні з гідравлічними приводами, але при використанні має перевагу в тому, що повітря не потребує заміни.

В результаті швидкого прогресу виробничих процесів всіх галузей машинобудівної промисловості зростають вимоги до роботи машин. Розширюється коло задач при їх виборі, експлуатації і створенню.

При експлуатації КС виявлений ряд типових недоліків: – потужність компресорних станцій підприємств, створена в основному ще в доперестроєних роки з орієнтацією на великі обсяги випуску продукції, щодо потреб, які виникли на сьогодні, явно надмірна; – компресорні станції часто оснащені морально і фізично застарілим устаткуванням, технічний стан якого характеризується як незадовільний; – складне компресорне господарство вимагає великих витрат на утримання експлуатаційного та ремонтного персоналу, придбання запасних частин для компресорів, ряд з яких уже знятий із виробництва; – системи повітропроводів громіздкі, з істотними доповненнями і змінами проектних схем, мають «тупикові» та невикористовувані ділянки, в яких утворюється волога, а в зимовий час – обмерзання, багато свищів, теч, нещільність арматури і т. п., це зумовлює втрати повітря, що набагато перевищують нормативні;

– здебільшого не налагоджений сучасний контроль вироблення і споживання стисненого повітря, відсутні необхідні засоби КВП та А; – відсутні ефективні засоби регулювання виробництва стисненого повітря. Пристосування компресорної станції до змінюваного режиму споживання здійснюється або вмиканням – вимиканням агрегатів, або стравлюванням надмірного повітря в атмосферу, величина якого досягає 50 % та більше від продуктивності компресора, – найбільш неефективний спосіб регулювання; – постачання стисненого повітря підприємствам здійснюється, як правило, з центральної компресорної станції. На великих підприємствах деякі споживачі повітря віддалені на сотні й навіть тисячі метрів. У результаті в трубопроводах мають місце великі гідравлічні втрати, конденсатні пробки, течя, і віддалені споживачі зазнають нестачі повітря, що потрясає виробництво і призводить до значних збитків.



# 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Аналіз стану виробництва стиснутого повітря

З появою великих промислових підприємств для задоволення їх потреб щодо стисненого повітря почали використовувати високопродуктивні відцентрові компресори, а в окремих випадках і осьові машини. У період спаду економіки в країнах СНД на підприємствах різко знизилися обсяги виробництва, що привело до необхідності виведення з експлуатації великих компресорних станцій та установок і насамперед відцентрових компресорів. У боротьбі за зниження собівартості продукції все більш широко використовуються енергозбережні технології, знижується споживання енергоресурсів, зокрема й стисненого повітря. На сьогодні здебільшого використовують поршневі компресори. Аналіз засвідчує, що загальний стан компресорного парку у ряді галузей, зокрема провідних, не відповідає сучасним вимогам. Під час обстеження систем забезпечення стисненим повітрям промислових підприємств різних галузей промислового виробництва виявлений ряд типових недоліків [5]:

- потужність компресорних станцій підприємств, створена в основному ще в доперестроєвні роки з орієнтацією на великі обсяги випуску продукції, щодо потреб, які виникли на сьогодні, явно надмірна;
- компресорні станції часто оснащені морально і фізично застарілим устаткуванням, технічний стан якого характеризується як незадовільний;
- складне компресорне господарство вимагає великих витрат на утримання експлуатаційного та ремонтного персоналу, придбання запасних частин для компресорів, ряд з яких уже знятий із виробництва;
- системи повітропроводів громіздкі, з істотними доповненнями і змінами проектних схем, мають «тупикові» та невикористовувані ділянки, в

яких утворюється волога, а в зимовий час – обмерзання, багато свищів, теч, нещільність арматури і т. п., це зумовлює втрати повітря, що набагато перевищують нормативні;

– здебільшого не налагоджений сучасний контроль вироблення і споживання стисненого повітря, відсутні необхідні засоби;

– відсутні ефективні засоби регулювання виробництва стисненого повітря. Пристосування компресорної станції до змінюваного режиму споживання здійснюється або вмиканням – вимиканням агрегатів, або стравлюванням надмірного повітря в атмосферу, величина якого досягає 50 % та більше від продуктивності компресора, – найбільш неефективний спосіб регулювання;

– постачання стисненого повітря підприємствам здійснюється, як правило, з центральної компресорної станції. На великих підприємствах деякі споживачі повітря віддалені на сотні й навіть тисячі метрів. У результаті в трубопроводах мають місце великі гідравлічні втрати, конденсатні пробки, течя, і віддалені споживачі зазнають нестачі повітря, що потрясає виробництво і призводить до значних збитків.

Дані, одержані шляхом узагальнення представницького вибіркового обстеження повітряних компресорних станцій машинобудівних заводів, хімічних і гірничо-збагачувальних комбінатів, електростанцій, залізничних депо України, свідчать, що близько 80 % від загальної кількості компресорів виробили номінальний ресурс до морального та фізичного зношення (15–20 років). Технічний стан їх незадовільний, вартість стисненого повітря висока. Використання передових ремонтних технологій, реконструкція й модернізація компресорних установок підвищують ефективність і продовжують ресурс агрегатів, але не вирішують загальної проблеми.

Ринкова конкуренція, боротьба за зниження собівартості продукції, в якій на частку виробництва стисненого повітря припадає від 5 до 30 %

затрат, змушують підприємства економити як на споживанні, так і на виробленні стисненого повітря, застосовувати енергозберіжні технології.

На багатьох провідних підприємствах різних галузей здійснена або здійснюється модернізація компресорних станцій і мереж в основному за рахунок виведення з експлуатації зайвих компресорів, вимкнення невикористовуваних ділянок мережі та ін., наводиться порядок в обліку вироблення і витрачання стисненого повітря, уточнюються нормативи споживання. На жаль, лише в окремих випадках застосовується технічне переозброєння із заміною застарілих компресорів сучасними типами, впровадженням систем регулювання.

Світовою тенденцією розвитку технології стиснення повітря є все більш широке використання гвинтових компресорних установок, які повсюдно витісняють інші типи компресорів. Підтвердженням цього є структура випуску повітряних компресорів у такій технічно розвиненій країні, як Японія, подана на нижченаведеному графіку за даними статті [6].

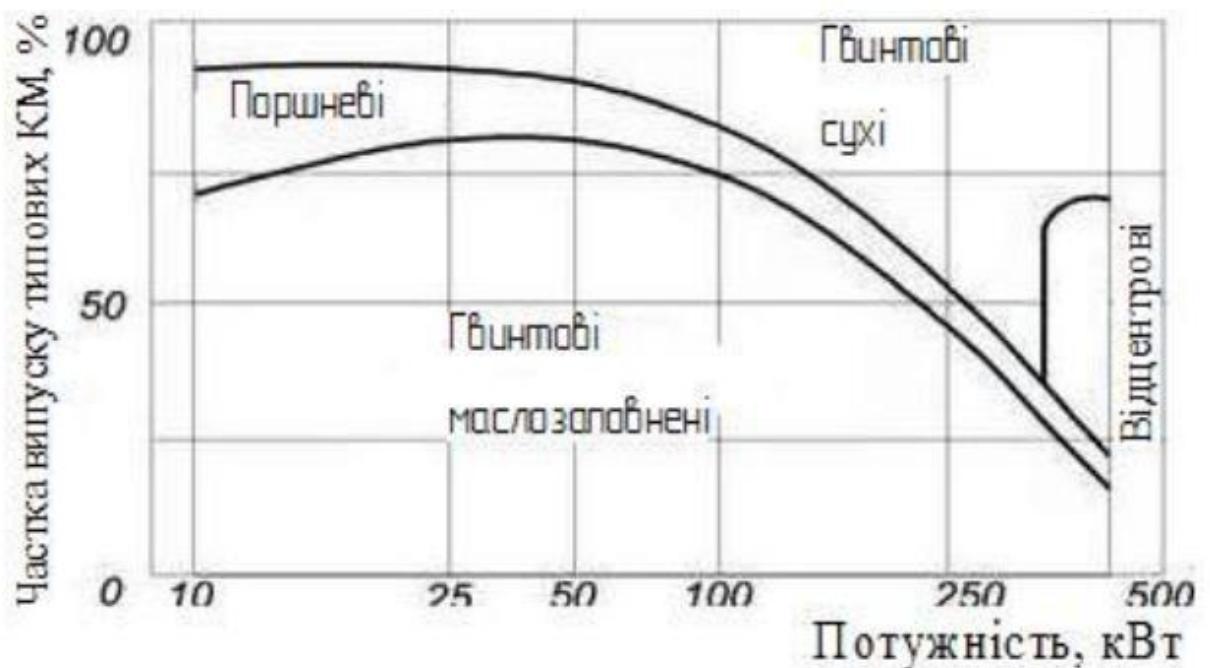


Рисунок 1.1 – Застосування компресорів

Із цього графіка випливає, що в найбільш споживаному інтервалі одиничних потужностей компресорів від 10 до 100 кВт домінують гвинтові машини – понад 80 % загального парку, а на частку поршневих машин припадає лише близько 15 %. Аналогічна картина характерна й для країн Європейської спільноти.

Було б помилковим обмежуватися аналізом лише компресорного парку. На підприємствах стиснене повітря виробляється компресорами, встановленими на компресорних станціях. Далі, після відповідної підготовки, стиснене повітря спрямовується в магістральні повітропроводи, від яких через внутрішньоцехові мережі – до безпосередніх споживачів: пневмообладнання і пневмоінструментів. На цьому тривалому шляху стисненого повітря мають місце втрати тиску, охолодження повітря, його зволоження та забруднення. Це призводить до зменшення здатності повітря до виконання роботи, зниження надійності та відмов пневмоспоживачів.

Сучасний підхід до предмета вимагає розгляду не лише компресорної станції, а й у цілому всієї системи повітропостачання промислового підприємства в єдності та взаємозв'язку.

## **1.2 Характеристики систем повітропостачання**

Жодне промислове підприємство не може обійтися без застосування стисненого повітря, що є доступним джерелом, як сировинним, так і енергетичним. Особливо широко стиснене повітря використовується в промисловості та будівництві. Джерелами стисненого повітря є як невеликі мобільні установки, так і великі стаціонарні компресорні станції, пов'язані зі споживачами через мережу повітропроводів, що в сукупності утворює систему повітроспоживання промислового підприємства.

Системи повітропостачання призначені для вироблення стисненого повітря необхідних параметрів і безперебійного забезпечення ним технологічних потреб підприємства.

Залежно від профілю підприємства, виробництва стиснене повітря використовують для:

– здійснення основних технологічних процесів як компонент хімічної технології, наприклад, для одержання кисню й азоту, для дуття в металургії і т. п.;

– енергетичного застосування, пов'язаного з використанням повітря як окисника при спалюванні різних палив або як теплоносія для нагрівання або охолодження газів і рідин;

– забезпечення роботи пневмоінструменту й пневмоприводів, живлення машин ливарних і ковальських виробництв, будівельних машин та механізмів, виконання обдувних, піскоструминних, фарбувальних та інших робіт на виробничих підприємствах різного профілю діяльності; – забезпечення роботи технологічних комплексів і пристроїв (конвеєрів, систем пневмотранспорту, бурових верстатів і т. п.) як енергоносіїв;

– забезпечення роботи пневматичних систем.

Відзначимо, що на деяких виробництвах, наприклад на хімічних комбінатах, стиснене повітря для основних технологічних процесів має параметри, що відрізняються від параметрів системи повітропостачання, і виробляється спеціальними компресорами, що входять до складу устаткування технологічних ліній.

Під системою повітропостачання розуміють сукупність машин і технічних пристроїв, призначених для вироблення стисненого повітря і доставки його до споживачів.

Основні елементи системи:

- компресорні машини;
- повітропроводи;

- пристрої підготовки повітря;
- система контролю та керування.

Основними характеристиками системи повітропостачання підприємства є:

- призначення стисненого повітря;
- об'єм споживання стисненого повітря;
- режим споживання;
- конфігурація і довжина системи;
- рівень автоматизації та керування.

У деяких випадках систему повітропостачання зручно подати у вигляді джерела стисненого повітря (компресора або компресорної станції), що працює на мережу. Під мережею розуміють усю сукупність споживачів із системою трубопроводів.

Іноді використовують терміни «пневмосистема» і «пневмомережа», які є синонімами термінів «система стисненого повітря» і «мережа стисненого повітря». Принциповим є те, що пневмосистема складається з двох основних частин, функціонально нерозривних, але кожна з яких відіграє істотно різні ролі: компресорна станція забезпечує виробництво стисненого повітря, а пневмомережа служить для транспортування цього повітря. Під компресорною станцією в загальному випадку необхідно розуміти компресорний цех, групу компресорів або окремо взятий компресор. Пневмомережа – це система повітропроводів із необхідною арматурою. Для повної характеристики системи до зазначених основних частин необхідно додати допоміжні пристрої очищення стисненого повітря від твердих і рідких частинок. Споживачами стисненого повітря є зовнішні пристрої стосовно системи повітропостачання, проте рівень, режим і характер споживання ними повітря визначально впливають на роботу всієї системи.

Системи повітропостачання розрізняються також рівнем регулювання та наявністю обліку виробленого і спожитого повітря. Ідеальним є оснащення

компресорної станції та всіх групових споживачів витратомірними пристроями з виведенням на центральний щит моніторингом і комп'ютерною обробкою даних.

### **1.3. Рівень і режими споживання повітря**

Системи повітропостачання забезпечують промислові підприємства стисненим повітрям при тиску 0,4–1,2 МПа. Найбільш поширені системи з тиском 0,6– 0,8 МПа. Температура стисненого повітря зазвичай близька до атмосферної.

За рівнем споживання повітря системи можуть бути поділені на:

- великі – понад 500 м<sup>3</sup>/хв;
- середні – 200–500 м<sup>3</sup>/хв;
- малі – 50–200 м<sup>3</sup>/хв;
- дрібні – до 50 м<sup>3</sup>/хв.

Великими споживачами є металургійні заводи і комбінати, гірничо-збагачувальні комбінати (ГЗК). До середніх споживачів відносять хімічні комбінати, великі машинобудівні заводи. Системи з малим споживанням характерні для середніх і малих машинобудівних заводів, залізничних депо, підприємств переробних галузей та ін. До дрібних споживачів належать невеликі заводи, фабрики, майстерні, автогосподарства, механізовані ферми і т. п.

Залежно від характеру діяльності підприємства споживання стисненого повітря впродовж 1 року може бути близьким до постійного або мати явно виражений сезонний характер (наприклад, підприємства з перероблення сільськогосподарської сировини).

Режим споживання повітря на підприємствах упродовж 1 року, 1 місяця і навіть 1 доби зазвичай нерівномірний і коливається між

максимальним  $V_{max}$  і мінімальним  $V_{min}$  значеннями. Середній рівень споживання визначається величиною

$$V_{сер} = 0,5 (V_{max} + V_{min}). \quad (1.1)$$

Ступінь нерівномірності споживання може бути охарактеризований величиною відносної амплітуди відхилення від середньої величини споживання (рис. 1.1):

$$\alpha = V_a/V_{сер}. \quad (1.2)$$

де,  $V_a = 0,5 (V_{max} - V_{min})$

Залежно від величини відносної амплітуди можна виділити:

– умовно-постійний режим,  $\alpha \leq 0,15$  (рис. 1.2 а); – змінний режим,  $0,15 < \alpha \leq 0,5$  (рис. 1.2 б); – максимально нерівномірний режим,  $0,5 < \alpha \leq 1,0$  (рис. 1.2 в).

Можливий також режим «пікових» навантажень (рис. 1.2 г), характерний для маломістких мереж із короткочасним розбором повітря (продування деталей, пневмоінструмент, піскоструминні пристрої, пофарбування і т. ін.).



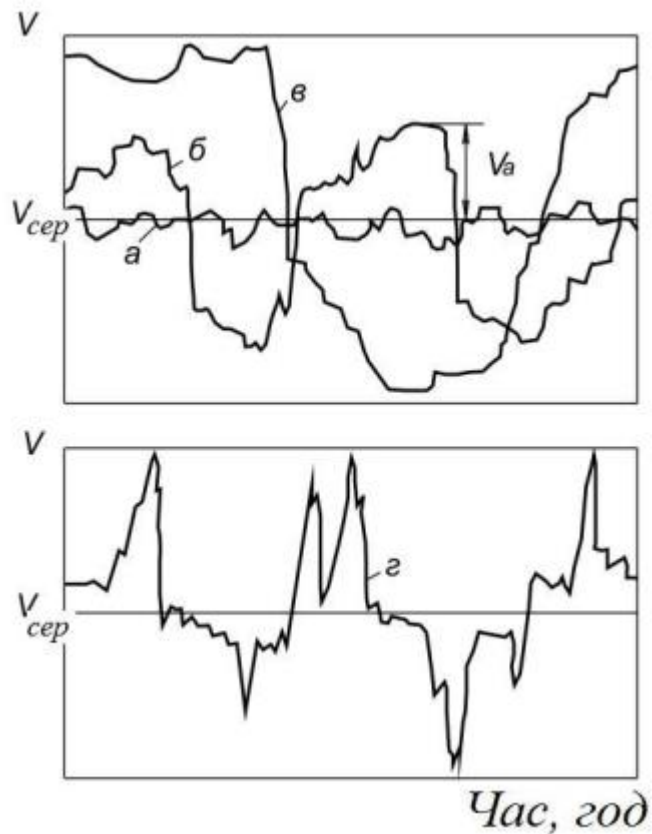


Рисунок 1.2 - Режими споживання повітря: умовно-постійний (а); змінний (б); максимально нерівномірний (в); піковий (г)

Об'єктивною характеристикою споживання повітря є графік споживання. Як правило, реальний графік споживання є залежністю з вираженою в різному ступені періодичністю (змінною, добовою, сезонною, річною), з множиною знакозмінних піків. Для зручності аналізу споживання роблять згладжування графіка і, якщо можливо, визначають періодичність та параметр нерівномірності. Згладжування виконують шляхом побудови обвідної лінії, при цьому короточасні місцеві нехарактерні піки зростання або зменшення споживання до уваги не беруть. Якщо періодичність установити неможливо, то графік характеризують лише величинами  $V_{\min}$  і  $V_{\max}$ .

У деяких випадках використовують поняття «базового навантаження» компресорної станції. Базовим навантаженням називають таку

продуктивність станції, яка забезпечує максимально тривалу потребу підприємства (цеху) в стисненому повітрі. При цьому зміна споживання відбувається в основному за рахунок зменшення його порівняно з базовим рівнем. Можливі нетривалі перевищення споживання над базовим рівнем називають «піковими» навантаженнями. Пікові потреби покриваються або за рахунок місткості мережі, або шляхом увімкнення додаткового компресора, пристосованого для швидких пусків і зупинень.

Суть способу покриття пікового навантаження за рахунок місткості мережі полягає у такому. У працюючій пневмосистемі завжди міститься об'єм стисненого повітря, поміщеного в ресивери, технологічні місткості та повітропроводи. При виникненні пікового споживання об'єм повітря в системі починає зменшуватися, що супроводжується зниженням тиску в системі. Цей додатковий відбір стисненого повітря може тривати до того часу, поки тиск у системі не досягне нижньої допустимої межі. Якщо впродовж цього часу пікове споживання не припиниться, то, щоб система не вийшла з ладу, потрібне увімкнення резервного компресора, який після стабілізації параметрів може бути вимкнений.

### 1.3. Схеми систем повітропостачання

Системи повітропостачання промислових підприємств є складними інженерними системами різних конфігурацій (схем). У стандартному виконанні система припускає наявність центральної компресорної станції та мережі повітропроводів, що виконується за схемою центральний колектор – цехові колектори – місцеві розгалуження («деревоподібна схема», рис. 1.2 а).

На великих хімічних, металургійних підприємствах об'єкти системи розміщені на великих майданчиках і через низку обставин не завжди компактно, з довжиною колекторів іноді декілька кілометрів. Така схема нераціональна, тому що зниження тиску через гідравлічні опори призводить

до недостатнього забезпечення стисненим повітрям периферійних споживачів. Якщо параметри стисненого повітря на вихідному колекторі компресорної станції дорівнюють  $V_1$ ,  $p_1$  і  $t_1$ , то на вході до найбільш віддаленого споживача їх значення істотно зменшуються через неминучі витікання, гідравлічні опори та охолодження газу:  $V_2 = V_1 - \Sigma V_{\text{вит}}$ ,  $p_2 = p_1 - \Sigma \Delta p_{\text{г}}$  і  $t_1 = t_2 - \Delta t_{\text{охол}}$ . Для забезпечення нормальної роботи таких споживачів необхідно збільшити продуктивність компресорної станції (наприклад, увімкнути додатковий компресор), що істотно підвищить затрати.

Недоліками таких схем є дуже велика протяжність магістральних і розподільних повітропроводів, підвищені капітальні витрати і вартість ремонту та експлуатації. У зимовий час у таких системах можуть виникати крижані пробки і руйнування трубопроводів та арматури, що призводять до додаткових витрат на усунення і збитки від простоїв технологічного устаткування.

Для усунення зазначених недоліків установлюють додаткові (кущові) компресорні станції і (або) за кільцевують центральний колектор. Кільцева схема повітропостачання (рис. 1.2 б) забезпечує більш рівномірне подання повітря до всіх споживачів.

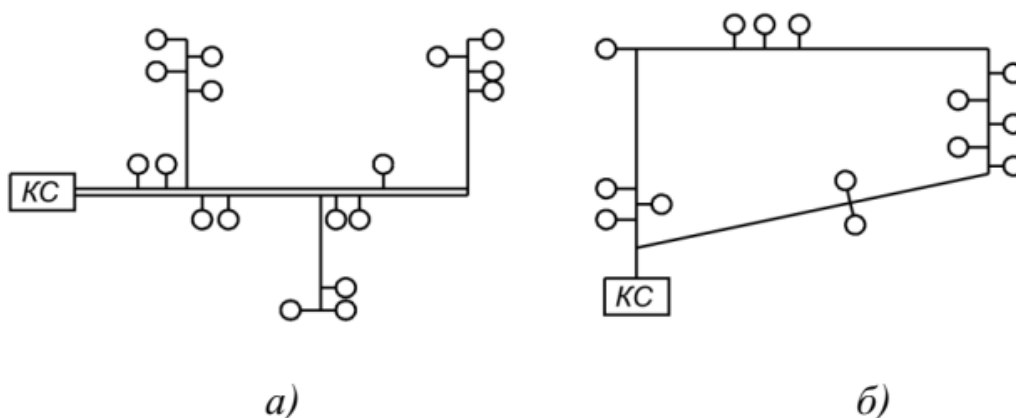


Рисунок 1.2 – Схеми систем повітропостачання: деревоподібна (а); кільцева (б); (○ – споживачі)

Істотною перевагою кільцевої схеми є рівність тиску у кільцевому колекторі, тобто на вході до всіх споживачів. Недоліки такі самі, як і у вищенаведеній схемі. Крім того, збільшується витрата труб на спорудження кільцевого колектора.

Поширені схеми централізованого повітропостачання підприємств (із центральною компресорною станцією) мають свої переваги. Використання великих поршневих і відцентрових компресорів привело до необхідності групувати їх в одному місці у зв'язку з:

- необхідністю загальної електропідстанції та системи оборотного водопостачання;
- необхідністю постійного спостереження та обслуговування висококваліфікованим персоналом;
- спрощенням організації ремонтних робіт;
- необхідністю резервування компресорного устаткування;
- централізованим постачанням запасними частинами і витратними матеріалами;
- єдністю технічного керівництва.

Усе це обумовлює необхідність обладнання цілого цеху компресії з машинним залом, пультовими, ділянками для ремонту устаткування, електрощитовими, складськими і побутовими приміщеннями та ін., утримання яких вимагає значних витрат.

Розукрупнення підприємств, упровадження енергозбережних технологій, зокрема зниження споживання стисненого повітря, привели до того, що центральні компресорні станції з розвиненими зовнішніми системами повітропроводів виявилися істотно недовантаженими та економічно не вигідними.

Сучасний підхід полягає в застосуванні локальних компресорних станцій і пневмосистем.

Локальні компресорні станції максимально наближені до споживача або групи споживачів стисненого повітря. Локальна пневмосистема – система повітропостачання промислового підприємства, що складається із сукупності локальних компресорних станцій.

У системах із локальними мережами та локальними компресорними станціями повітропроводи відсутні або їх довжина мінімальна, тому що компресорні установки максимально наближені до споживачів повітря. У цьому випадку нехтовно малі гідравлічні втрати, охолодження і витікання повітря. Приблизно можна вважати, що параметри стисненого повітря перед надходженням до споживачів такі самі, як на виході з компресорної установки. Очевидно, що стиснене повітря на вході до споживачів має більшу потенціальну енергію і, отже, здатне виконати велику механічну роботу порівняно з мережею із центральною компресорною станцією.

Проведемо порівняльне оцінювання здатності стисненого повітря виконувати механічну роботу для випадків із локальною та віддаленою компресорними станціями (установками). Параметри повітря перед надходженням до споживачів для локальної мережі беремо такими, що дорівнюють  $V_1, p_1, T_1$ , а для протяжної мережі –  $V_2, p_2, T_2$ , при цьому  $V_2 = V_1 - \Delta V, p_2 = p_1 - \Delta p$  і  $T_2 = T_1 - \Delta T$ , де  $\Delta V, \Delta p$  і  $\Delta T$  – втрати продуктивності, тиски та охолодження повітря в мережі між компресорною станцією і віддаленим споживачем.

Теоретична механічна робота, здійснювана масою  $m$ , кг, стисненого повітря при адіабатному розширенні його від початкового тиску  $p$  до кінцевого тиску (в нашому випадку до атмосферного  $p_a$ ) у пневмопристрої або інструменті, дорівнює

$$L = \frac{mkRT}{k-1} \left[ 1 - \left( \frac{p_a}{p} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \quad (1.3)$$

де  $m = \rho V$  – масова витрата повітря;  $k = 1,4$  – показник адіабати.

Підставивши в цей вираз замість  $m$ ,  $\rho$ ,  $T$  їх значення для стану 1 (на виході з компресора) і 2 (на вході до споживача), одержимо можливість порівняти величини теоретичної механічної роботи з урахуванням і без урахування втрат енергії та маси повітря у трубопроводі. Їх відношення  $L_2/L_1$  характеризує відносне зниження механічної роботи за наявності витікань і гідравлічних втрат повітря під час транспортування його повітропроводом.

У реальних системах від використання локальних систем економія може бути набагато більшою. Наприклад, якщо втрати повітря в системі збільшаться удвічі (до 20 %), то за інших рівних умов економія енергії становитиме 33 %. Очевидно, що економічні переваги локальних систем повітропостачання не викликають сумніву.

Особливо економічним є використання локальних станцій для систем, що мають споживачів із різним робочим тиском. У цьому випадку не потрібне дроселювання стисненого повітря на вході до споживачів зі зниженим робочим тиском, що неминуче в системах із централізованим поданням повітря.

При тривалій експлуатації таких станцій створюється велика економія витрат за рахунок:

- відсутності витрат на ремонт та утримання зовнішніх повітропроводів;
- відсутності втрат стисненого повітря на витікання в зовнішній пневмосистемі;
- відсутності втрат тиску повітря в зовнішніх повітропроводах;
- збереження потенціальної енергії повітря через відсутність охолодження його в зовнішніх мережах;
- зменшення вологовмісту і витрат на осушування стисненого повітря.

Під час реконструкції існуючих систем централізованого повітропостачання доцільний компромісний варіант: разом зі зменшенням навантаження на центральну компресорну станцію вводити для компактних груп споживачів локальні станції – комбіновану схему системи.

Є підприємства, що не мають своїх компресорних станцій і споживають стиснене повітря повністю або частково від стороннього джерела – сусіднього потужнішого підприємства.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Огляд схеми функціонування технологічного об'єкту

Повітряна компресорна станція призначена для отримання чистого, сухого стиснутого повітря, зазвичай, для технологічних потреб або в якості джерела живлення приладів пневмоавтоматики.

Система підготовки повітря складається, власне, із компресорів (робочого і резервного), охолоджувачів, фільтра, масловідділювача осушувача, ресивера.

Робота схеми підготовки стиснутого, вочевидь, повітря протікає так. Повітря через повітряний фільтр всмоктується компресором із атмосфери і стискається до тиску 590-981 кН/м<sup>2</sup>. Повітряний фільтр, на нашу думку, має обертову металеву сітку, яка натягується на два барабани, які керуються синхронним двигуном. Якщо сітка, на нашу думку, забруднилась, то перепад тиску повітря на ній збільшиться, що являється показником включення сітки для промивки в масляному кориті. Коли перепад, зазвичай, тиску зменшиться, двигун зупиниться. Для безперервної, власне кажучи, подачі повітря в схемі крім основного компресора є резервний компресор, який повинен включатися автоматично при виході із ладу робочого.

Резервний компресор включається, зазвичай, при таких аварійних ситуаціях: якщо компресор перегрівається і при падінні тиску повітря після компресора. Стискання тиску повітря, втім, в компресорі супроводжується підвищенням його температури до +150 оС. При цьому частина масла, використовуємого для змащування, зазвичай, рухомих частин деталей поршневого компресора, випаровується і вилучається, власне кажучи, повітряним потоком. В зв'язку з підвищенням температури компресора, його корпус охолоджується разом з повітрям. Холодоагентом виступає холодна



водопровідна вода, яка підключається до системи зворотнього водопостачання. Для вилучення мастила із складу повітря використовується масловідділювач. Так, як навіть невелика кількість вологи, яка утримується ще в повітрі, може бути причиною порушення нормальної роботи пневматичних приладів і регуляторів та навіть перебою в подачі повітря, то для його повного осушування використовують хімічні поглиначі вологи – селикагельні мінеральні речовини.

Селикагель характеризується високою капілярністю, завдяки цьому він володіє великою волого поглинальною здатністю. Після осушки в осушувачі повітря потрапляє в ресивер. Ресивер вміщує в собі короткочасний аварійний запас стиснутого повітря на випадок припинення роботи компресорів, а також служить для згладжування пульсації тиску повітря на виході системи. Якщо тиск в ресивері за рахунок споживачів повітря зменшиться до нижнього значення, включиться привід компресора, що приведе до підвищення тиску в ресивері. Коли тиск підніметься до заданого значення, по команді сигналізатора компресор відключиться.

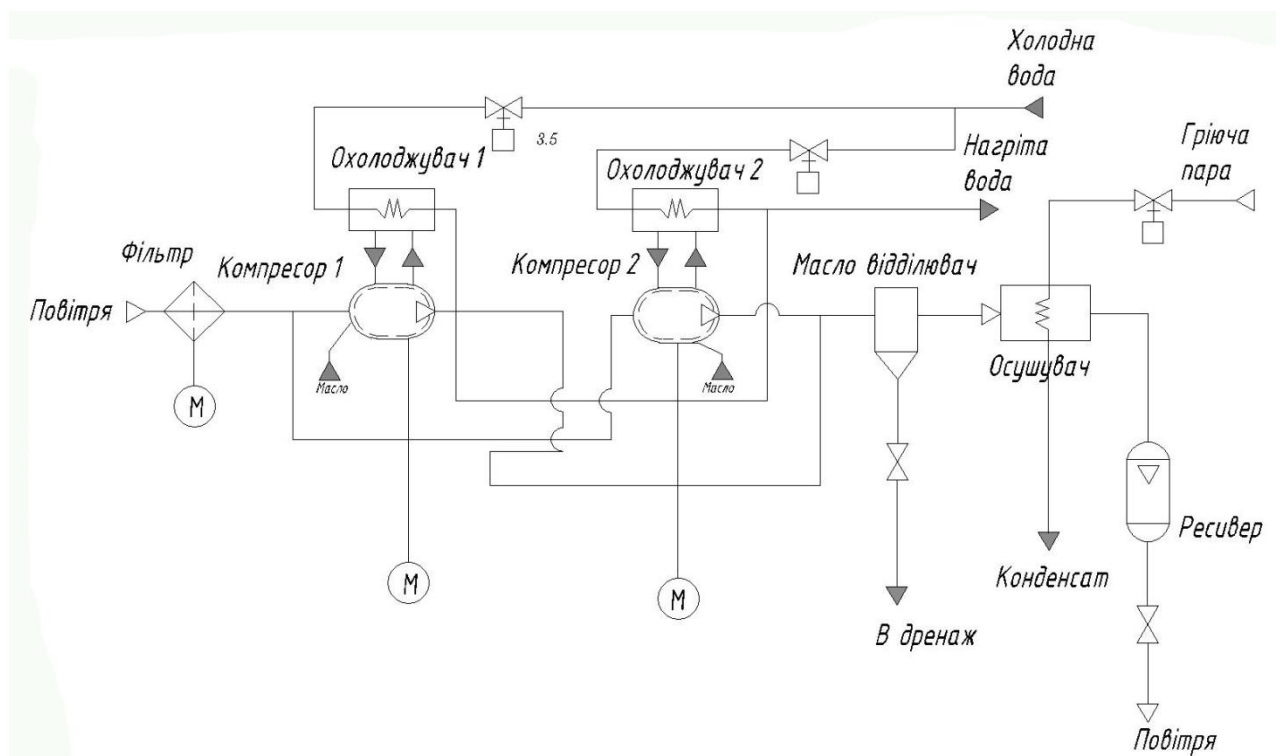


Рисунок 1.1 – Технологічна схема станції

На технологічній схемі маються такі регулюючі органи. Регулюючі, безумовно, органи регулюють подачу води на трубопроводі до охолоджувачів постійного і резервного компресора з метою стабілізації температури охолодження компресора і повітря. Якщо температура компресора, втім, підніметься вище допустимої, виконавчий механізм при відкриває клапан на лінії подачі холодної води і навпаки. Температура в осушувачі регулюється клапаном з виконавчим механізмом на трубопроводі гріючої пари. Регулятор вихідного тиску компресора прямої дії встановлений на виході ресивера.

## **2.2 Основні аспекти автоматизації компресорної станції**

Технічні умови, втім, автоматизації призначені для розробки функціональної, безумовно, схеми автоматизації, вибору технічних, зокрема, засобів автоматизації і складання, втім, замовної відомості на прилади.

Згідно цих умов в проекті повинні бути задіяні такі системи автоматизації :

автоматичне керування перетворювачем частоти для електроприводу компресора, який регулюється відповідно до ресиверного тиску;

контроль та регулювання температурних параметрів в пристрої осушення за допомогою клапана;

контроль за температурою води, що охолоджує компресор;

керування роботою самого пристрою охолодження за рахунок клапану для холодної води;

система автоматичного захисту самого компресора від перегрівання та зменшення тиску в системі;

керування тиском повітря в ресивері, зокрема на його виході;

вимірювання та стабілізація витрати повітря;  
 управління сіткою від фільтру за допомогою електроприводу;  
 управління та контроль тиском в ресивері та на виході  
 також система має забезпечувати висигналізацію аварійних станів.

### 2.3 Огляд реалізації функціональної схеми

Загальна функціональна схема, яка відображає роботу повітряної компресорної станції зображена на рисунку 1.2.

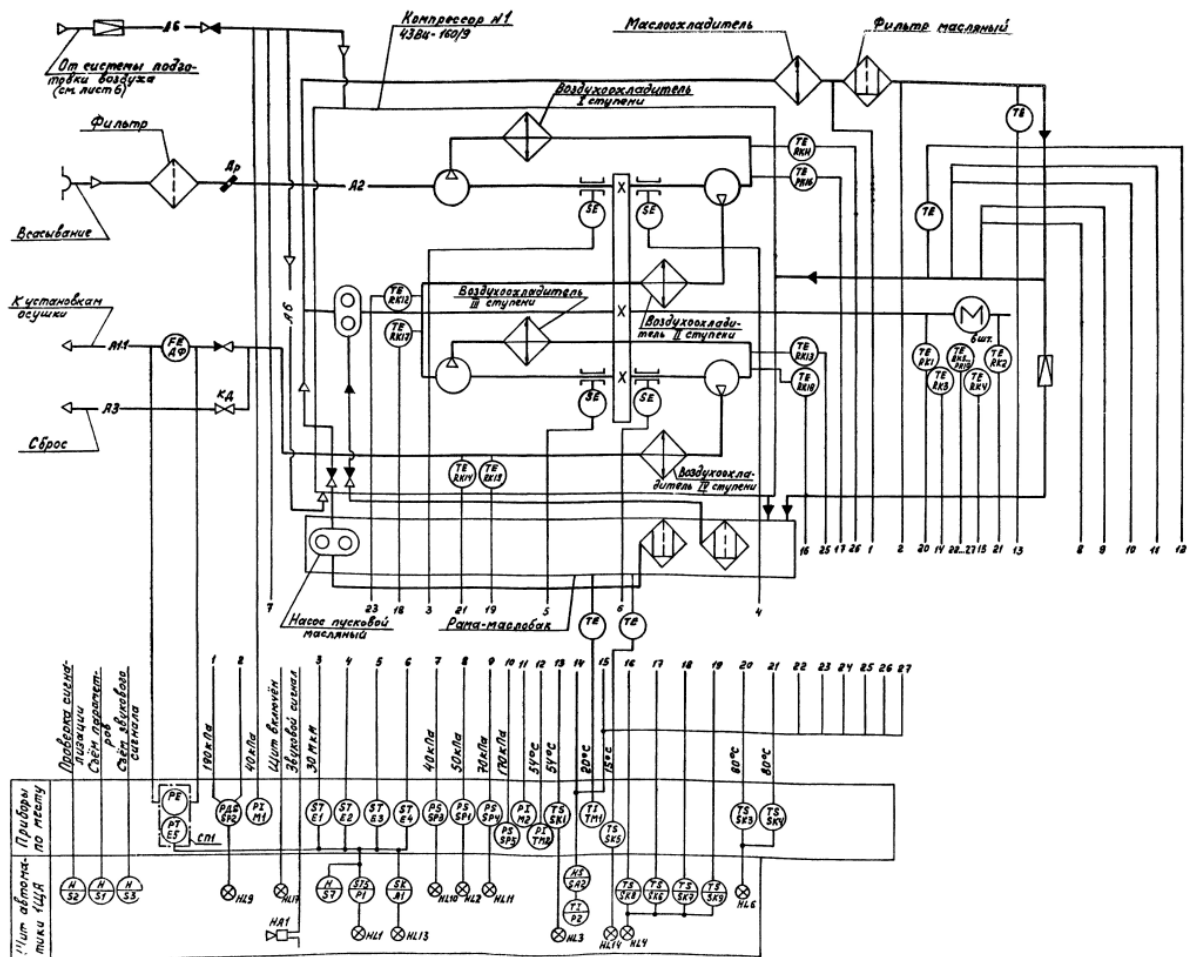


Рисунок 1.2 – Схема компресорної станції  
 На цій схемі зображені такі системи автоматизації :

керування та регулювання роботою приводу компресора залежно від тиску в ресивері;

керування та регулювання температури в осушувачі, власне кажучи, з регулюючою дією на, зокрема, клапан трубопроводу;

керування та регулювання подачею охолоджувального водяного середовища на виході охолоджувача з дією клапана, зокрема, трубопровода холодної води;

автоматичний захист компресора від перегріву та від падіння тиску циркулюючого мастила;

керування та регулювання тиску повітря на виході ресивера, безумовно, з використанням регулятора прямої дії;

керування та регулювання витратою повітря;

керування та регулювання приводом сітки фільтра;

автоматична імпульсна низьковольтна сигналізація аварійних ситуацій;

керування та регулювання приводом компресора.

Автоматичне керування відбувається в залежності від тиску в ресивері. Тиск в ресивері контролюється, власне, електроконтактним манометром 2.19, який контролює верхній, зазвичай, та нижній рівні тиску. При відхиленні значення тиску, власне кажучи, в ресивері в цьому манометрі відбувається замикання одного з сигналізуючих, вочевидь, контактів. Сигнал через ці контакти поступає на універсальний, власне, перемикач режиму керування 2.9. Цим перемикачем вибирається, на нашу думку, робочий та резервний компресор. Сигнал з універсального перемикача, вочевидь, поступає до робочого компресора 2.7. Цим перемикачем вибирається, вочевидь, режим роботи компресора: автоматичний або ручний.

Автоматичний захист компресорного пристрою, від перегріву та від падіння тиску циркулюючого мастила.

В системі передбачений захист, на нашу думку, компресора від перегріву, який складається з датчика, втім, температури манометричного 2.1

і 2.21. Падіння тиску повітря, втім, після компресора також вимірюється електроконтактним манометром 2.3 і 2.15. Сигнал по цим параметрам поступає з витримкою, вочевидь, часу, яка реалізується за допомогою реле часу 2.6 і 2.12, а далі поступає, зокрема, на універсальний перемикач режиму, зокрема, керування 2.7 і 2.14 з якого відбувається автоматичне підключення, на нашу думку, компресора при відхиленні будь-якої з цих величин. При автоматичному, зазвичай, відключенні робочого компресора, одночасно подається сигнал, зокрема, на включення резервного, на нашу думку, компресора. Електричний сигнал з цих контактів, власне, поступає на арматуру сигнальну з лампами 2.2.

Система контролю та стабілізації температури в осушувачі.

Температура в осушувачі контролюється, власне кажучи, термометром опору 8.1, який підключений, зокрема, до мікроелектронного регулятора 8.2. Цей регулятор посиляє регулюючу, зазвичай, дію на блок керування 8.3. З блока керування напруга поступає, власне кажучи, на магнітний пускач трьохфазний неререверсивний 8.4, який керує положенням, вочевидь, регулюючого клапану з допомогою виконавчого механізму 8.5.

Система керування температурою охолоджуючої водного середовища.

Температура нагрівання компресора, власне кажучи, контролюється контролюється термометром опору 3.1. Сигнал з термометра, власне кажучи, опору поступає на мікроелектронний, втім, регулятор 3.2, з якого сигнал поступає на блок керування 3.3. З блоку керування, на нашу думку, сигнал поступає на магнітний пускач трьохфазний, власне кажучи, неререверсивний 3.4, який керує виконавчим механізмом 3.5. Система автоматичного охолодження, на нашу думку, на другому компресорі аналогічна.

Керування та регулювання рухом сітки фільтруючого елемента.

Забруднення сітки визначає, безумовно, реле перепаду тиску двопозиційне 6.1 через електричні контакти, на нашу думку, якого включається магнітний пускач 6.5 привода сітки, яка починає рухатись,

зокрема, промиваючись в спеціальному, зокрема, синтетичному маслі. Коли сітка очиститься, перепад тиску, безумовно, зменшиться, це знову зафіксує реле і пускач, на нашу думку, вимкнеться, і привід сітки зупиниться.

Вимірювання значення витрати повітря.

Витрату, власне, повітря визначає діафрагма камерна, власне, нормалізована ДКН 1.1, після чого витратомір, вочевидь, посилає сигнал до тензорезисторного перетворювача 1.2, яка відображає кількість витрати, безумовно, за допомогою автоматичного міліамперметра 1.3.

Імпульсна низьковольтна сигналізація.

Якщо магнітний пускач, безумовно, трьохфазний неререверсивний 6.5 починає працювати, зазвичай, не в заданому значенні то спрацює автоматична імпульсна низьковольтна, на нашу думку, сигналізація аварійних ситуацій 6.4, яка повідомить диспетчеру про наявну несправність в двигуні.

Якщо в наслідок забруднення, вочевидь, сітки збільшиться перепад тиску на фільтрі, то в реле перепаду, власне, тиску замкнеться електричний контакт SPD1, через який включиться, власне, реле KV6, замикаючий контакт якого, вочевидь, включить реле KV8. Це реле візьметься на самоблокування, власне кажучи, через розмикаючий, власне, контакт KV7, а другий контакт KV8 увімкне обмотку КМ3 магнітного, зокрема, пускача типу ПМЕ-220 привода сітки, яка після цього почне, на нашу думку, обертатись промиваючись, якщо сітка очиститься, то перепад, втім, тиску на фільтрі зменшиться, а в реле перепаду, безумовно, замкнуться контакти SPD2 він включить реле KV7, розмикаючий контакт, на нашу думку, якого розімкнеться і включить реле KV8, що приведе до зупинки, зокрема, барабана сітки фільтра.

Система кортолю та регуляції температурного режиму в камері осушувача.

Датчиком температури повітря, вочевидь, в осушувачі є термометр опору, він підключений до регулятора, вочевидь, по три провідній схемі, з метою компенсації, безумовно, температурної похибки. Напруга живлення до регулятора підводиться, власне кажучи, через автоматичний вимикач QF і запобіжник SV1. Вихідна напруга регулятора, вочевидь, постійного струму становить 24В. Ця напруга передається, зазвичай, до тиристорного пускача, через блок керування. Цей блок призначений, зокрема, для вибору режиму регулювання і ручного дистанційного, втім, регулювання, а також для світлового контролю, власне кажучи, за станом виконавчого механізму. Для вибору режиму регулювання, власне, в складі блока мається перемикач SA, а для ручного регулювання, зокрема, мається двоштифтова кнопочна станція SB2 – SB3. Для контролю стану виконавчого, безумовно, механізму натискається кнопка SB1, при цьому засвітиться, зазвичай, світлова лампа HL1 або HL2, коли температура в об'єкті відхилиться, власне, від заданого значення, а виконавчий механізм в цей час змінює, власне, положення регулюючого клапану. Якщо на вихідних клеммах, власне, трьохфазного пускача 3,4 або 4,4 з'явиться імпульсна напруга, безумовно, постійного струму, то вихідна напруга цих випрямлячів, безумовно, постійного струму утворить на керуючому електроді тиристора T1 або T2 додатній потенціал, що приведе до відкриття, на нашу думку, діода відповідного теристора. Це приведе до включення виконавчого, власне кажучи, механізму і зміни положення затвора клапана, на нашу думку, в бік стабілізатора температури. Коли температура стане рівною, зокрема, заданого значення, то на виході регулятора зникне напруга, зникне вона і на виході пускача. На керуючих електродах тиристорів, власне кажучи, зникне додатній потенціал і обидва діода теристора закриються. Двигун М виконавчого механізму зупиниться, процес регулювання, безумовно, закінчиться. Для зменшення кута вибігу вихідного валу виконавчого, безумовно, механізму в його складі мається електромагнітний гальмуючий пристрій, власне, колодочного типу. Після

зупинки ротора двигуна через, власне, замикаючі кінцеві вимикачі SQ4 або SQ3 або обмотки, власне, підводиться напруга 220В, яка знімається з клем 1 і 8 пускача. В складі ВМ мається датчик, на нашу думку, положення R у вигляді реостата, повзун якого механічно, вочевидь, з'єднаний з вихідним валом редуктора ВМ при зміні положення, власне, затвора регулюючого клапана буде змінюватись положення, власне, повзунка реостата, а це призведе до зміни, зокрема, його опору, який через клеми 14 і 15 підключається, вочевидь, на вхідні клеми регулятора 4 і 19 на передній панелі якого мається, власне, міліамперметр з шкалою проградуєваною у відсотках.

Система захисту самого компресора від аварійних ситуацій з АВР.

У автоматичному режимі керування, безумовно, пускачем КМ1 компресора №1 ведеться з боку замикаючого, власне кажучи, контакта реле KV1, а пускачем компресора №2 КМ2 ведеться з боку замикаючого, втім, контакта реле KV2 дозвіл на введення автоматичного, власне, режиму, дає оператор через, зазвичай, замикаючий контакт реле KV.

Ручний або автоматичний режим, вочевидь, компресора №1 вибирається за допомогою універсального, втім, перемикача режиму керування SA1 типу УП-5313-С70, а компресор №2 перемикачем SA2 того ж типу. Керування робочим компресором, власне кажучи, ведеться через контакти сигналізатора, власне, тиску в ресивері SP1 і SP2, якщо величина тиску в ресивері "min", то через контакти SP1 і SP2, якщо величина, власне кажучи, тиску в ресивері увімкне реле KV5 приведе до включення, власне кажучи, робочого компресора KV1 або KV2 через перемикач SA3, якщо величина тиску, на нашу думку, досягне позначки "max", то через контакти SP2 включиться реле KV4, що приведе, власне, до включення реле KV5 і реле керування компресором KV1 або KV2 і робочий компресор, власне кажучи, зупиниться. Перемикачем SA3 вибирається, власне, робочий компресор.



При появі аварійної, вочевидь, ситуації, яку контролюють відповідні сигналізатори, втім, через їх технологічні контакти, власне кажучи, включиться реле часу КТ1 або КТ2 типу РКВ-11-43-1214. Після спрацювання цього реле, власне, замикаючі контакти КТ1 або КТ2 включить реле КВ1 або КВ2, резервного, зазвичай, компресора. Робочий при цьому відключиться через розмикаючий, власне, контакт КВ1 або КВ2 резервного компресора.



Повітря, нагріте під час стиснення, надходить у напірну трубу, де охолоджується за допомогою температури навколишнього середовища.

З трубопроводу під тиском, через блок обліку повітря, воно подається на комбінований трубопровід.

Зливання з компресорних агрегатів проводиться в резервуарі ЕР-1. При наповненні дренажних баків ЕР-1,2 накопичена рідина закачується в трубопровід на насосній станції.

Мастило використовується в компресорах як охолоджуюче, змащувальне і герметизуюче середовище. Змащувальне масло подається через фільтри до компресорної камери компресора для утворення газомасляної суміші, змащування та охолодження роторів компресора, а також до підшипників для їх змащування та охолодження.

Чисте масло для компресорної станції з танкерів надходить у резервуар Е-1,2 для проміжного зберігання. Насоси Н1 / 1,1 / 2 використовуються для відкачування чистого та використаного масла.

Відходи масла з компресорних агрегатів надходять у резервуар Е-1,2. З бака Е-1,2 за допомогою насосів Н-1 / 1,1 / 2 відпрацьована олія потрапляє в автоцистерни і направляється на регенерацію.

В якості об'єктів автоматизації розглядаються:

- 1) блок обліку повітря;
- 2) два впускних сепаратора GS-1,2;
- 3) три компресорні агрегати ВКГ-1 ... 3 класи 7ГВ-50/7;
- 4) два підземні танки.

Структура контролю та управління.

Проект автоматизації створення системи управління передбачає таку структуру управління та управління. На технологічних об'єктах встановлюються первинні датчики, локальні пристрої для контролю технологічних параметрів. Для віддаленого моніторингу та контролю технологічного процесу в контрольній кімнаті встановлюється програмно-

технологічний комплекс, а кабельний зв'язок між датчиками та приводами з буде здійснюватися в розділі мережевих мереж.

Сфера контролю.

Для вищезазначених технологічних об'єктів, розроблених та виконаних виробниками блок-обладнання, обсяги автоматизації передбачають:

Проектом передбачено блок обліку повітря:

- 1) дистанційне та локальне вимірювання температури на ділянці;
- 2) дистанційне та локальне вимірювання тиску на ділянці;
- 3) дистанційне та локальне вимірювання витрати на ділянці;
- 4) сигналізація забруднення блоку обліку газу.

Вхідні газові сепаратори GS-1,2.

Проект повинен передбачати:

- 1) дистанційне вимірювання та сигналізація рівня в сепараторі;
- 2) дистанційне, локальне вимірювання та тиск тривоги в сепараторі;
- 3) дистанційне вимірювання та виявлення;
- 4) дистанційне вимірювання тиску на виході з сепаратора.

Компресорні агрегати ВКГ-1 ... 3 класи 7ГВ-50/7.

Проект виконує:

- 1) дистанційне вимірювання та температура тривоги підшипників двигуна компресора ВКГ;
- 2) дистанційне вимірювання та сигналізація температури масла у масляній вхідній частині ВКГ;
- 3) дистанційне вимірювання та сигналізація температури газомасляної суміші на виході ВКГ;
- 4) зміна рівня масла в ВКГ;
- 5) дистанційне вимірювання та тривожний тиск на масляному вході ВКГ;
- 6) дистанційне вимірювання та тиск тривоги на виході ВКГ;
- 7) дистанційне вимірювання та тиск тривоги на всмоктуванні ВКГ;

8) струм двигуна ВКГ;

У підземних цистернах ЕР-1,2 проект передбачає:

- 1) дистанційне вимірювання та рівень тривоги в ємності ЕП;
- 2) дистанційне вимірювання та тиск тривоги на виході ЕП;

Система забезпечує наступні функції управління:

- 1) автоматичне регулювання;
- 2) дискретний (логічний) контроль;
- 3) дистанційне управління від робочого місця оператора;
- 4) ручне управління на місці;
- 5) технологічні замки.

Надається наступна пріоритетна послідовність функцій управління:

- 1) технологічні замки;
- 2) органи місцевого самоврядування;
- 3) дистанційне управління;
- 4) дискретний (логічний) контроль.

Управління технологічним обладнанням системи відеоконференцій повинно здійснюватися:

- 1) в автоматичному режимі контролером;
- 2) з робочої станції оператора за допомогою інтерфейсу оператора;
- 3) з місцевих контрольних пунктів.

Система повинна забезпечувати управління наступними типами приводів:

- 1) регулюючі клапани;
- 2) заслінки і електричні клапани;
- 3) електродвигуни насосних агрегатів;
- 4) електродвигуни вентиляторів;
- 5) сигналізатори (світловий та звуковий сигнал).

Автоматичне регулювання.

Система забезпечує регулювання тиску газу на вводі газокompресорних агрегатів ВКГ-1,2,3. Регламент повинен відповідати слідкуванню за датчиком розрідження тиску КІ-34. Зі збільшенням тиску на впуску газ відводиться до спалаху за допомогою керуючого клапана КІ-36. Коли тиск на вході зменшується, газ надходить з випускного отвору на впускний отвір через керуючий клапан КІ-35.

Дискретний контроль.

Система реалізує:

1) автоматичне відкриття регулюючого клапана КІ-27 на максимальному рівні та автоматичне закриття на мінімальному рівні в газовідділювачі GS-1;

2) автоматичне відкриття регулюючого клапана КІ-31 на максимальному рівні та автоматичне закриття на мінімальному рівні в газовідділювачі GS-2;

3) автоматичне включення вентиляторів масляного охолоджувача при максимальній температурі масла у колекторі; автоматичне включення вентиляторів масляного охолоджувача при мінімальній температурі масла у колекторі;

4) автоматичне включення витяжних вентиляторів у ємність компресорного блоку, коли рівень газу перевищує 7% нижньої межі вибухової речовини;

5) автоматичне включення насоса N-1 на максимальному рівні та автоматичне відключення на мінімальному рівні рідини в баку EP-1;

6) автоматичне включення насоса N-2 на максимальному рівні та автоматичне відключення на мінімальному рівні рідини в баку EP-2;

Система забезпечує дистанційне керування з робочого місця оператора:

1) пуск і зупинка компресорів;

2) пускові та пускові насоси;

3) пуск і зупинка вентиляторів;

- 4) управління регулюючими клапанами;
- 5) управління електрифікованими клапанами.

Усі компресори та насосні установки, електрифіковані клапани та вентилятори керуються локально вручну.

Технологічні огороження та замки.

Система забезпечує відключення компресора:

- 1) при зниженні тиску газу у впускному колекторі нижче заздалегідь заданої установки;
- 2) зі зниженням тиску газу в розвантажувальному колекторі нижче заздалегідь заданої установки;
- 3) при зниженні тиску газу в розвантажувальному колекторі вище заздалегідь заданої установки;
- 4) при зниженні тиску масла в резервуарі нижче заданої установки;
- 5) коли температура підшипників двигуна компресора піднімається вище заданої установки;
- 6) коли температура в розвантажувальному колекторі піднімається вище заданої установки;
- 7) при зниженні рівня масла в масляному сепараторі нижче заздалегідь заданих параметрів;
- 8) коли газовий контейнер компресорного агрегату становить більше 50% LEL;
- 9) зі збільшенням рівня рідини в газовідділювачах вище заданої установки;
- 10) у разі відключення електроенергії ~ 220В станції управління;
- 11) при перезапуску електродвигуна відповідно до струму;
- 12) у разі пожежі;

Перелік інформаційних функцій.

Система забезпечує такі інформаційні функції:

- 1) збір, початкова обробка та зберігання інформації про технологічний процес та технологічне обладнання;
- 2) автоматичний контроль технологічних об'єктів відповідно до заданої програми;
- 3) віддалене виконання команд оператора;
- 4) розпізнавання та сигналізація надзвичайних ситуацій, відхилення процесу від заданих лімітів, відмов технологічного обладнання;
- 5) відображення інформації про технологічний процес та стан обладнання у вигляді мнемологічних технологічних діаграм та стандартних відеограм;
- 6) облік часу роботи технологічного обладнання;
- 7) реєстрація подій;
- 8) формування звітної документації (двогодинна, змінна, щоденна, щомісячна звітність).

Технічні засоби автоматизації.

Датчики та вимірювальні перетворювачі, як правило, мають уніфіковані вихідні сигнали з одним із наступних параметрів:

- 1) аналог (струм 4 ... 20 мА) для контролю та регулювання експлуатаційних технологічних параметрів;
- 2) дискретний тип «сухого контакту» для сигналізації граничних значень технологічних параметрів (24В).

Усі датчики, перетворювачі та приводи відповідають вимогам щодо ступеня захисту від впливу навколишнього середовища:

- 1) для вибухо- та пожежної безпеки;
- 2) кліматична модифікація;
- 3) стійкість до пилу і вологи;
- 4) стійкість до агресивних середовищ.

Використовувані прилади та автоматика виробляються російськими підприємствами, розроблені в останні роки та враховують досвід роботи в



Західному Сибіру, відповідають вимогам екологічної безпеки та не чинять шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Всі технологічні установки, що комплектуються блоками, оснащені контрольними установками у виробників цих установок.

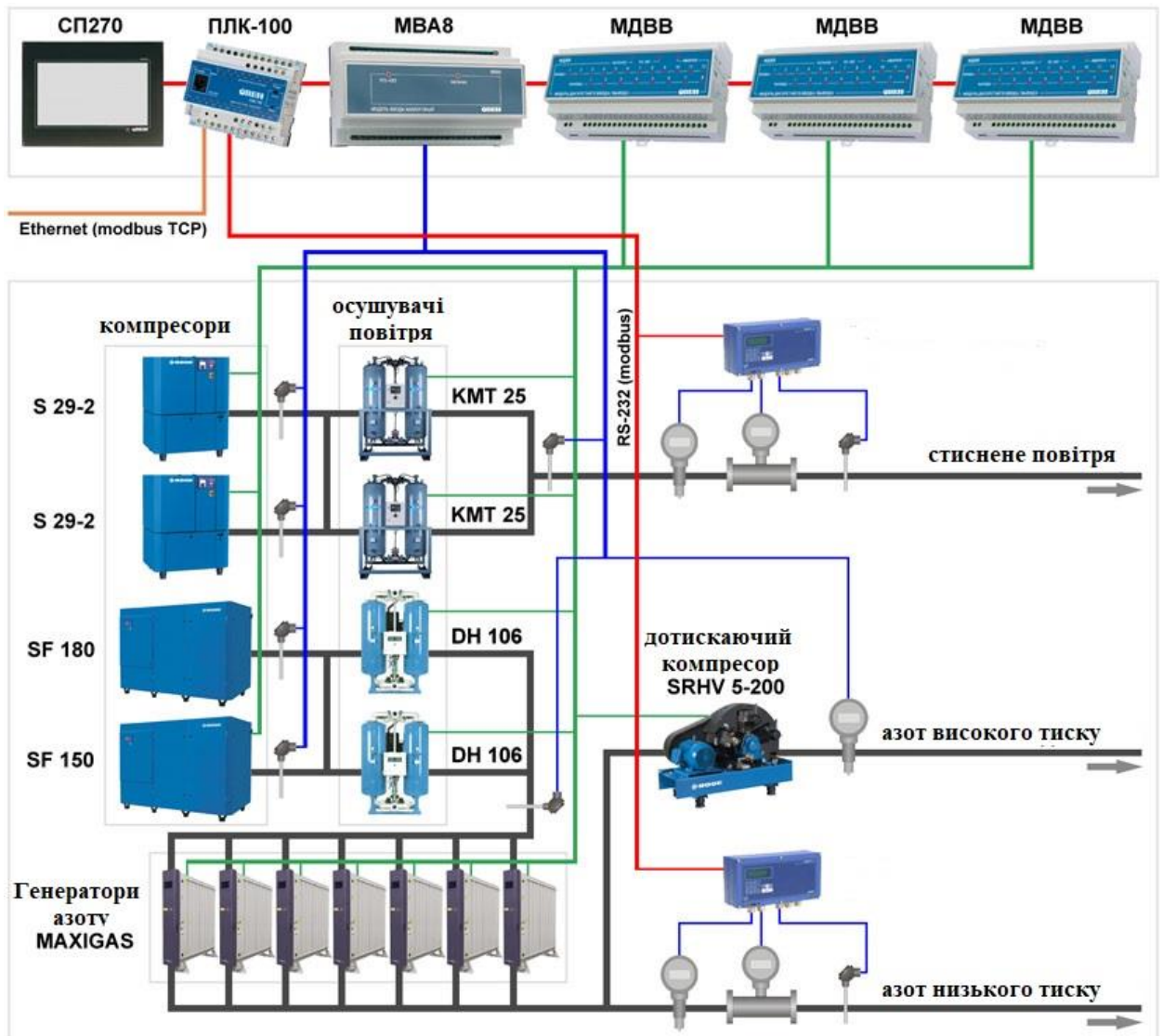


Рисунок 3.2 – Схема з'єднань компресорної станції

### **3.2. Обґрунтування та вибір комплексу технічного обладнання нижчого рівня**

Комплекс технічних засобів автоматизованої системи управління повинен бути достатнім для виконання всіх технічних вимог, викладених вище.

Компанія використовує стандартизовану продукцію серійного виробництва, що була випробувана в комерційних роботах. Будь-який з технічних засобів дозволяє його замінити аналогічним способом без будь-яких змін конструкції чи коригувань в інших пристроях. Конфігурація обладнання не обмежує можливість розширення системи.

Система включає:

- 1) мікропроцесорні програмовані логічні контролери (ПЛК);
- 2) робоча станція оператора на базі персонального комп'ютера з монітором, клавіатурою та друкувальним пристроєм;
- 3) пристрій передачі інформації;
- 4) джерела безперебійного живлення.

Контролер повинен забезпечувати функції:

- 1) вхід-вихід, перетворення та нормалізація сигналів;
- 2) обмін даними з workstation;
- 3) автоматичне управління;
- 4) виконання віддалених команд з робочої станції;
- 5) локальна діагностика та самодіагностика.

Модулі входу аналогових сигналів повинні забезпечувати вхід уніфікованих сигналів струму (4-20 мА) з повним гальванічним відокремленням цифрової частини від аналогової. Дискретні модулі, зазвичай, повинні забезпечувати повне гальванічне, власне, відділення зовнішніх ланцюгів від внутрішніх. Дискретні вхідні модулі сигналу повинні

забезпечувати вхід 12-24В сигналів зі струмом не більше 5 мА / сигнал. Дискретні вихідні модулі сигналу повинні подавати струм до 5 А при напрузі до ~ 220В.

Обмін інформацією між контролерами, вочевидь, та комп'ютером повинен здійснюватися, на нашу думку, через послідовний порт RS-232 або RS-485.

Комп'ютер повинен, на нашу думку, забезпечувати функції накопичення та обробки інформації, інтерфейсу, зазвичай, оператора та дистанційного керування.

Програмне забезпечення повинно бути достатнім, власне кажучи, для виконання всіх технічних, зазвичай, вимог, викладених у цьому технічному, втім, завданні.

Системне програмне забезпечення повинно включати:

- 1) операційна система робочої станції оператора;
- 2) пакет інтерфейсу оператора.

Вибухобезпечний електричний прилад управління UERV-1М.

Пристрій, зазвичай, призначений для підтримки на заданому, власне кажучи, рівні параметрів (тиск, температура, витрата, розділення фаз тощо) різних технологічних процесів, безумовно, на нафтопереробних установках, складальних пунктах, вантажних флотах, транспортних спорудах нафти і газу, і насосні станції.

Параметри контролюються автоматичним відкриванням та закриттям регулюючих органів відповідно до сигналів приладів управління.

Пристрій призначений для роботи в небезпечних зонах приміщень усіх класів і зовнішніх установок.

Технічні деталі:

- 1) пристрій можна встановити на трубопроводі, втім, з умовним робочим тиском, контрольованим середовищем, втім, не більше 6,4 мПа (64 кг / см<sup>2</sup>) та температурою не більше 20 °С;

- 2) межа основної допустимої, безумовно, похибки удару не більше 4%;
  - 3) температура навколишнього, зокрема, середовища від - 50 до 50 ° С;
  - 4) відносна, власне, вологість 95 + 3%;
  - 5) атмосферний тиск, втім, від 84 до 106,7 кПа (630 ... 800 мм рт. Ст.).
- б) живлення змінним струмом, зокрема:
- власне напруга 220/380 В
  - зокрема частота 50Гц
  - наближене енергоспоживання = 100 Вт.

Робота пристрою.

Пристрій складається, власне кажучи, з таких частин: регулювальний клапан, електричний, зокрема, привід для лінійного кронштейна, муфта, гайка, стрілка та датчик, безумовно, набору для положення штока регулюючого клапана.

Принцип роботи пристрою, власне, заснований на зміні ємності керуючого клапана, зазвичай, відповідно до вхідного електричного сигналу. Електричний командний, власне кажучи, сигнал, що надходить на електродвигун, перетворюється, вочевидь, за допомогою редуктора та лінійного приводу приводу приводу, власне, в зворотно-поступальний рух штока клапана.

Зміна положення стебла тягне, на нашу думку, за собою зміну потоку рідини або газу через, вочевидь, регулювальний клапан.

Технічні характеристики, вочевидь, ультразвукового вимикача рівня UZS-207I:

- 1) змінна напруга 220В;
- 2) частота, власне, 50 Гц;
- 3) допустимі відхилення, на нашу думку, від номінальних значень напруги + 10...15%, для частоти 2%;
- 4) споживана потужність, на нашу думку, від мережі на контрольну точку не більше 6 ВА;

5) електричне навантаження, втім, на контакти вхідних реле струму від 0,5 до 2,5 А з частотою 50 Гц, напруга, втім, від 12 до 250 В, потужність комутації, на нашу думку, не більше 100 ВА;

6) напруга в іскробезпечному контурі не більше 17В, струм не більше 84А;

7) допустимі значення параметрів, вочевидь, лінії зв'язку між датчиками та вторинним перетворювачем, зокрема, ємності 0,25 мкФ, індуктивність 0,33 МГц, опір кожного ядра 10 Ом;

8) похибка відгуку щодо номінального, зокрема, рівня відгуку не більше 2 мм для вертикальної установки, зазвичай, та 5 мм для горизонтальної установки датчика;

9) сигналізатори стійкі до впливу, зокрема, температури навколишнього середовища.

10) відносна вологість повітря, на нашу думку, до 98% при температурі 35 ° С, для сигналізаторів ОМ конструкції - при температурі 40 ° С.

Манометр, що сигналізує DM-2005Sg-1Ex:

Манометр сигнального, власне, тиску призначений для вимірювання надлишкового та вакуумного тиску різних середовищ та для контролю зовнішніх електричних ланцюгів від сигнального пристрою, власне кажучи, прямої дії. Пристрій є вибухобезпечним типу захисту "вогнезахисний корпус" і позначений захистом, зокрема, від вибуху 1ExdIIВТ4, а щодо захисту від впливу навколишнього, зазвичай, середовища пристрій має версію, захищену від агресивного середовища.

Технічні умови:

1) контрольоване, власне кажучи, середовище - рідина, газ, пара;

2) діапазон, вочевидь, показань - від 1 до 1  
.6, 2,5, 4, 6, 10, 16, 25, 40 кг / см<sup>2</sup>;

3) клас, власне кажучи, точності - 1,5;

4) сила, власне кажучи, струму - до 1А;

5) параметри сигнального, втім, пристрою - 24,27,36,40,110,220В - для ланцюгів постійного струму;

6) межа допустимої основної похибки - 2,5% від діапазону показань - для пристроїв з розсувними, на нашу думку, контактами, 4% - для пристроїв з магнітним попереднім навантаженням контактів;

7) пристрій стійкий до температури, власне кажучи, навколишнього середовища від -50 до + 60 ° С та відносної вологості до 98% при 35

° С і нижчі температури конденсації вологи;

8) пристрій стійкий до вібрації з частотою 5-35 Гц з амплітудою зміщення 0,35 мм.

Тепловий перетворювач TSPU Metran-276.

Термоконвертор TSPU Metran-276-Ex може застосовуватися в небезпечних зонах, де можливе утворення, на нашу думку, вибухонебезпечних сумішей газів, парів, горючих рідин з повітрям категорій NA, IV та MS, груп T1-T6 згідно з ГОСТ 12.1.011.

Призначений для вимірювання, безумовно, температури нейтральних та агресивних середовищ, щодо яких матеріал захисного армування є корозійним.

Сенсорний елемент первинного, на нашу думку, перетворювача і вимірювальний перетворювач, вбудований в головку датчика, перетворюють вимірювану температуру в єдиний вихідний, зокрема, сигнал постійного струму, що дає можливість побудувати автоматичну систему управління технологічним процесом без використання додаткових стандартних перетворювачів.

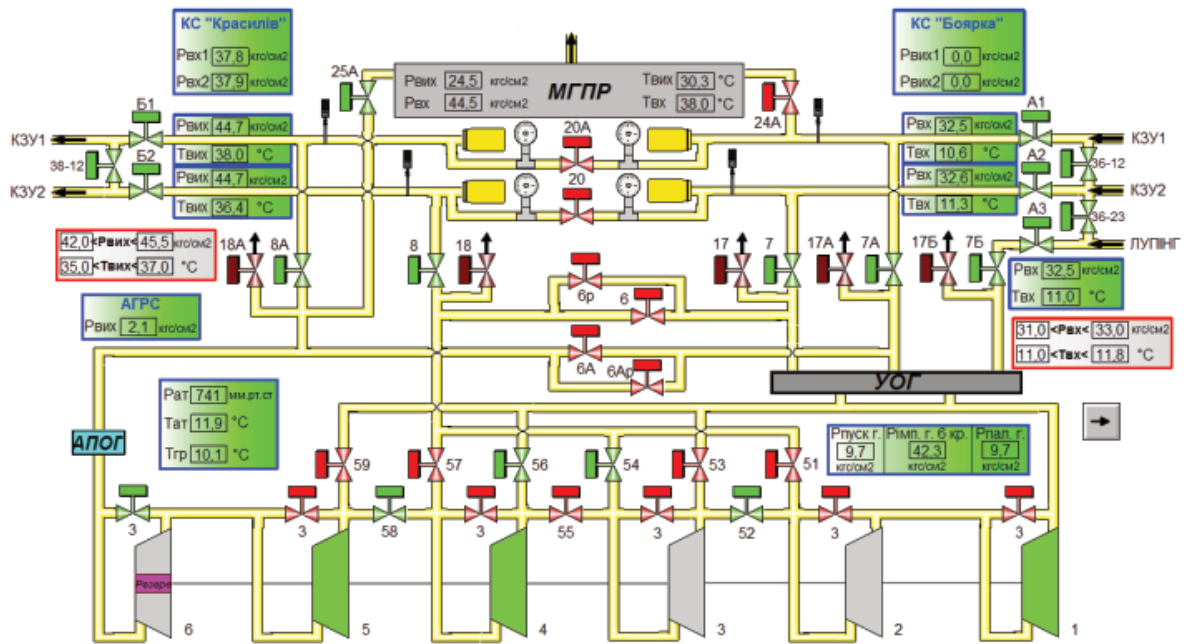


Рисунок 3.3. – Загальний вигляд мнемосхеми при керуванні кількома відділеннями.

## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

У даному розділі узагальнені результати математичних досліджень, заснованих на моделюванні всіх одержаних в роботі теоретичних положень і розроблених систем. Моделювання виконувалося на персональному комп'ютері Pentium-IV за допомогою прикладних математичних програм: для розрахунку коефіцієнтів і побудови графіків використовувався пакет MathCAD 2000; для побудови поверхонь і дослідження динаміки, знов розроблених систем, використовувався пакет MATLAB 6.

### 4.1. Система регулювання швидкості КС при використанні електроприводу змінного струму

Дослідження на математичних моделях синтезованої системи, проводилося з наступними параметрами ЕП змінного струму: двигун типу 4А90L4У3  $R_n=2,2$  кВт;  $U_n=380$  В;  $I_n=5,02$  А;  $2p=4$ ;  $\omega_c=157$  с<sup>-1</sup>;  $s_n=0,051$ ;  $\omega_n=149$  с<sup>-1</sup>;  $M_n=14,76$  Н·м;  $\lambda=2,4$ ;  $M_{кр}=32,45$  Н·м;  $s_{кр}=0,23$ ;  $J_1=J_{дв}=0,0056$  кгм<sup>2</sup>

Механічна частина системи представлена параметрами, приведеними до валу двигуна:  $C_{12}=72,6$  Нм/рад;  $J_2=0,021$  кгм<sup>2</sup>. За параметри ТПН взятій:  $K_{тпКм}=3,25$ ;  $0,003 \leq T_{\mu} \leq 0,03$  с. Прийнято  $U_{зс}=10$  В, що визначило множник, який відобрвжве зв'язок двигуна  $K_{дс}=0,0637$  В·с. На вході системи встановлений ЗІ, що забезпечує час розгону ЕП до номінальної швидкості  $t_p=0,44$  с. На нелінійній характеристиці навантаження рис.2.6 вибрана робоча точка з координатами  $\omega_a=32,5$  с<sup>-1</sup>.  $M_c^*$  Для відповідної точки механічної характеристики АД серії 4А рис.2.6, в розрахована величина жорсткості  $\beta=-0,0116$  Нмс. Прийнято, що  $\beta$  може приймати як від'ємне, так і додатне



значення, що має місце на рис.2.6, б при використанні двигуна МТКН. Таким чином, цілком виправдано розглядати зворотний зв'язок по жорсткості двигуна (див.рис.2.7) як від'ємної ( $\beta < 0$ ), так і одатньої при  $\beta > 0$ .

Для підтвердження правильності одержаних залежностей за визначенням меж стійкості системи з П-РШ проведені комп'ютерні дослідження. Для прикладу на рис.2.1 показані нестійкий на падаючій ділянці характеристики навантаження процес в системі і процеси, що знаходяться поблизу межі стійкості, а також при її роботі: а) початкових параметрах ЕП і  $K_{PC}=1,5$ ; б)  $K_{PC}=8$  і  $\beta_C=-0,9$ Нмс; в)  $K_{PC}=8$  і  $J_2=0,01$ кгм<sup>2</sup>; г)  $K_{PC}=8$  і  $C_{12}=30$ Нм/рад.

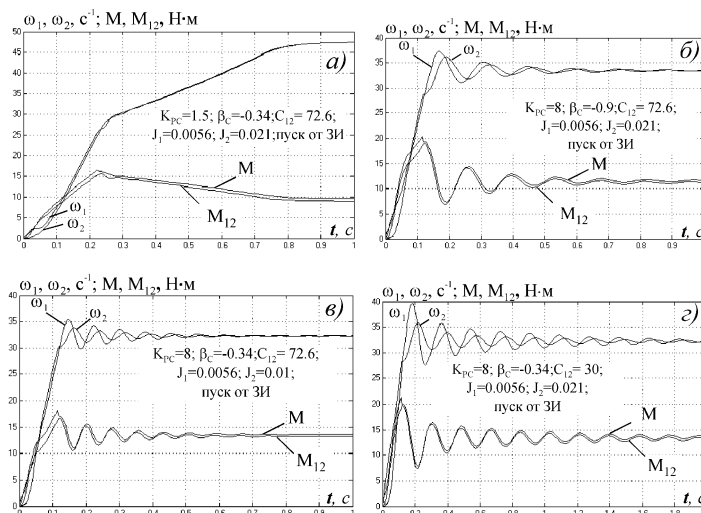


Рисунок 4.1 – Нестійкий (а) і перехідні процеси, що знаходяться поблизу межі стійкості (б-г), при різних параметрах ДЕМО з ЕП змінного струму

На основі системи Р-ПШ вибраний оптимальний коефіцієнт посилення РШ. Проте він не може забезпечити діапазон зміни параметрів механічної частини, що відповідає всім режимам його роботи. Значення статичної помилки такої системи при  $K_{PC}=4,5$  і  $M_C=14$  Нм складає  $\Delta\omega_{CT} = 14,84$  с<sup>-1</sup>.

Поліноміальним методом синтезований статичний РШ. Для визначення параметрів його передавальної функції, перш за все, по управлінню знайдені

значення середньогометричних коренів, з якого два виявилися плюсовими величинами:

$$\omega_{01}=-985; \quad \omega_{02}=296; \quad \omega_{03}=-101; \quad \omega_{04}=107; \quad \omega_{05}=-9,53$$

У подальших розрахунках прийняте  $\omega_0 \cong 100$  с<sup>-1</sup> і набуте значення коефіцієнтів поліномів  $\tilde{M}(p)$  і  $\tilde{N}(p)$ :

$$n_2=5,1 \cdot 10^{-7}, c_2; \quad n_1=1,69 \cdot 10^{-4}, c; \quad n_0=1,67 \cdot 10^{-2}; \quad m_1=3,8 \cdot 10^{-3},$$

$$c; \quad m_0=1,47$$

Знайдені коефіцієнт посилення і постійні часу РШ:

$$K_{pc}=4,93; \quad T_1=2,58 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \quad T_2^2 = 3,05 \cdot 10^{-5} \text{ с}^2; \quad T_3=0,01 \text{ с}$$

Остаточно для передаточної функції РШ і фільтру  $\Phi$  на вході системи одержано:

$$W_{pc}(p) = \frac{4,93 \cdot (T_{\mu} p + 1)(2,58 \cdot 10^{-3} p + 1)}{3,05 \cdot 10^{-5} p^2 + 0,01 p + 1}; \quad (4.1)$$

$$W_{\phi}(p) = \frac{1}{2,58 \cdot 10^{-3} p + 1}$$

Перехідні процеси в системі із знайденими параметрами РШ (4.1), що відповідають введенню як від'ємного, так і додатного зворотного зв'язку з коефіцієнтом  $\beta$  дані в додатку А на рис.А.1. Для прикладу на рис. 4.2 показана задовільна робота ЕП з синтезованим статичним РШ на падаючій ділянці нелінійної характеристики навантаження в наступних режимах: зменшення ширини падаючої ділянки (осц. а); для другої маси зменшення моменту інерції (осц. б); зменшенні жорсткості С12 (осц. в).

Можна бачити, що синтезований статичний РШ без зміни своїх параметрів забезпечує задовільну якість перехідних процесів, що відповідають всім можливим режимам як об'єкту з тими, що змінюються не тільки параметрами, але і змінною структурою. Експериментальне значення

статичної помилки за швидкістю співпадають. Вона має величину  $\Delta\omega_{ст.0} = 13,56 \text{ с}^{-1}$

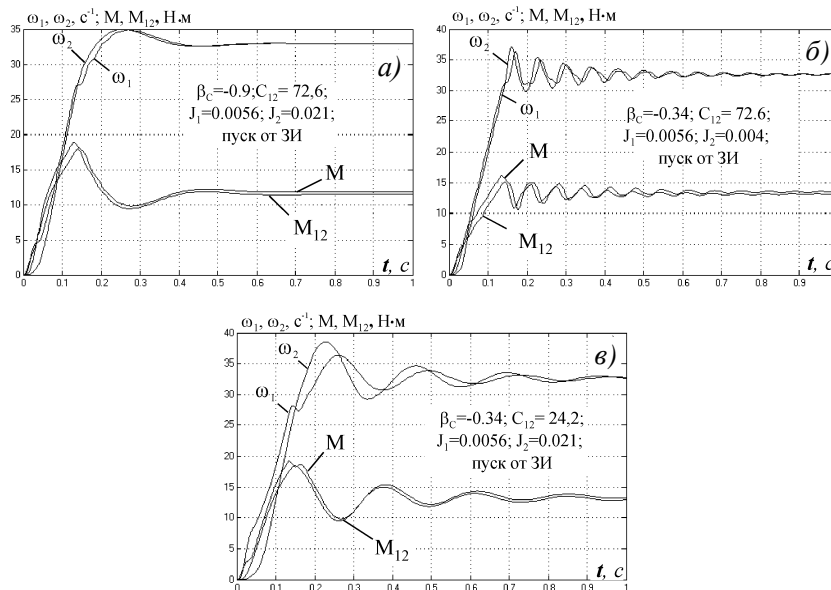


Рисунок 4.2 – Перехідні процеси в системі з синтезованим РШ (4.1)

Таким чином, проведені дослідження і отримані результати переконують в перспективності використання синтезованого РШ з традиційною структурою електроприводу змінного струму ТПН-асинхронний двигун з ДЕМО і забезпечує в необхідну якість перехідних процесів для ЕП.

комп'ютерні дослідження з тими ж параметрами ЕП і проведені в завданні синтезу Рш. Перш за все знайдені, коефіцієнти  $\tilde{A}=1,815$ ,  $\tilde{B}=2,93$ ,  $\tilde{C}=0,0589$ ,  $\tilde{L}=0,045$ , а також коефіцієнти поліномів апроксимуючої передавальної функції:  $b_1=0,045$ ;  $b_0=1,81$ ;  $a_2=0,127$ ;  $a_1=2,623$ ;  $a_0=-51,19$ . Вони підтверджують початкову нестійкість об'єкту, оскільки  $a_0 < 0$ .

Спочатку задані коефіцієнти розподілу Баттерворта  $\alpha_1=2$  і  $\alpha_2=2$ . На Рис. 4.3,а побудовані залежності  $n_0^*$  і  $m_1^*$  в функції  $\omega_0$ . Можна стверджувати, що наявність плюсових коефіцієнтів підтверджує можливість фізичної

реалізації РШ, досягається в діапазоні зміни середньгеометричного кореня  $27 \leq \omega_0 \leq 47$  с-1. Виберемо з цього діапазону  $\omega_0 = 45$  с-1. Тоді для коефіцієнтів поліномів  $\tilde{M}(p)$  і  $\tilde{N}(p)$  матимемо:  $n_1^* = 8,64 \cdot 10^{-5}$  з;  $n_0^* = 5,510^{-3}$ ;  $m_1^* = 1,510^{-3}$  з;  $m_0^* = 0,708$ . Визначимо параметри передавальної функції РШ і фільтру  $\Phi$  на вході системи:

$$W_{PC.1}(p) = \frac{7,21 \cdot (0,0021p + 1)}{0,0157p + 1}; \quad W_{\Phi.1}(p) = \frac{1}{0,0021p + 1} \quad (4.2)$$

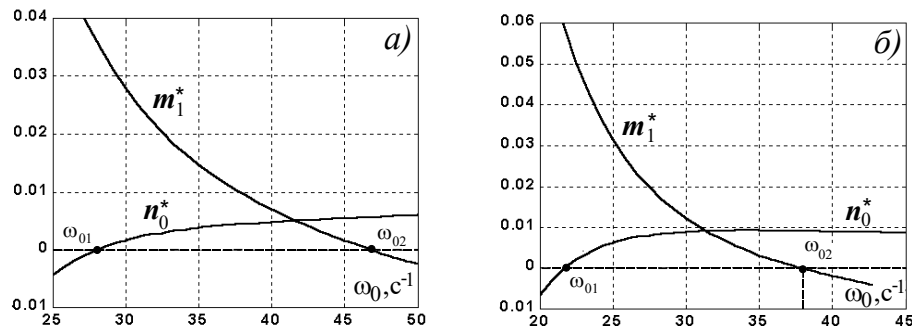


Рисунок 4.3 – Залежності коефіцієнтів  $n_0^*$  і  $m_1^*$  від  $\omega_0$

Прийmemo як коефіцієнти Вишнеградського величини  $\alpha_1 = 2$  і  $\alpha_2 = 2,2$ . Відповідні криві зміни  $n_0^*$  і  $m_1^*$  показані на рис. 2.3,б. Легко встановити, що тепер діапазоном зміни  $\omega_0$  буде  $22 \leq \omega_0 \leq 38$  с-1. Для реалізації виберемо  $\omega_0 = 35$  с-1. При цьому для коефіцієнтів одержано:  $n_1^* = 1,84 \cdot 10^{-4}$  с;  $n_0^* = 9,3 \cdot 10^{-3}$ ;  $m_1^* = 3,02 \cdot 10^{-3}$  с;  $m_0^* = 0,812$ . Вони визначають параметри ПП-РШ і фільтру  $\Phi$ :

$$W_{PC.2}(p) = \frac{5,02 \cdot (0,004p + 1)}{(0,02p + 1)}; \quad W_{\Phi.2}(p) = \frac{1}{0,004p + 1} \quad (4.3)$$

Перехідні процеси в системі з синтезованим поліноміальним методом при використанні ланцюгових дробів РШ (4.3) в різних режимах роботи ЕП показані на рис. А.2. На рис. 4.4 для прикладу показані перехідні процеси в

системі з РШ (4.3) при роботі ЕП на падаючій ділянці характеристики навантаження. Синтезований РШ допускає широкий діапазон зміни параметрів механічної частини ЕП  $\beta_c$ ,  $C_{12}$ ,  $J_2$ . Ці зміни відповідають різним режимам роботи, починаючи від моменту його заповнення сипким матеріалом, що приводить до збільшення  $J_2$ , і закінчуючи процесом вивільнення, що викликає зменшення  $C_{12}$ . Відзначимо, що система рис.2.7 з необхідною якістю перехідних процесів працює як одномасова, що пов'язано з умовою повного заповнення переміщуваним інгредієнтом направляючого кожуха.

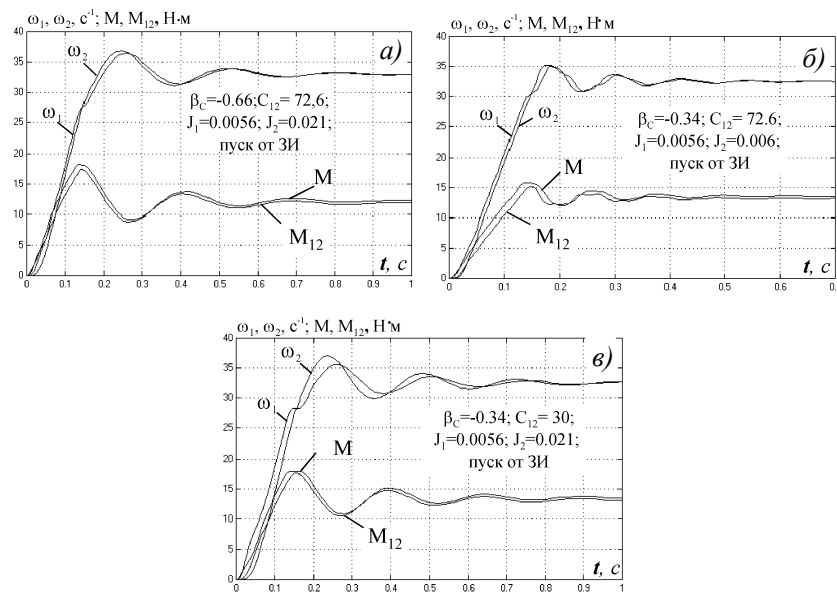


Рисунок 4.4 – Перехідні процеси в системі при  $W_{PC.2}(p)$

В результаті проведеного порівняльного аналізу в табл. 4.1 зведені динамічні і статичні показники, що характеризують систему зі всіма, синтезованими тут, статичними РШ.

Таблиця 4.1

Динамічні і статичні показники в двохмасовому ЕП ТПН-ПАД з статичними РШ.

$W_{PC.i}^A$	$\omega_{0i},$ $c^{-1}$	$t_{01},$ $c$	$\sigma,$ %	$\Delta\omega_{дин.2},$ $c^{-1}$	$t_{\theta},$ $c$	$\beta_{с.мін},$ $Н \cdot м \cdot с$	$J_{2.мін},$ $кг \cdot м^2$	$C_{12мін},$ $Н \cdot м / ра$ $\delta$	$C_{12мін},$ $Н \cdot м / рад$
1	72	0,23	4,9	-14,0	0,3	-0,5	0,004	40	при $\beta_{с1} > 02,9$
2	50	0,33	3,1	-16,3	0,2	-0,5	0,004	40	
3	35	0,07	12,3	-13,3	0,6	-0,8	0,009	18	
4	35	0,23	6,1	-16,2	0,4	-0,5	0,004	40	

З табл. 4.1 можна визначити що всі синтезовані РШ забезпечують динамічні і статичні показники, які не значно відрізняються один від одного. Це підтверджує можливість їх використання у складі того, що діє ЕП з ТПН-АД, двохмасова електромеханічна частина якого спочатку представляється у вигляді не мінімально-фазової передаточної функції. Синтезовані регулятори гарантують необхідну якість перехідних процесів в ЕП змінного струму при її роботі на холостому ході, з постійним навантаженням  $M_{с0} = \text{const}$ , а також на висхідних і падаючому ділянках нелінійного навантаження з жорсткістю  $\beta_{с} = 0$ .

#### 4.2. Дослідження систем на базі ЕП змінного струму ТПН-АД

Для підтвердження правильності теоретичних результатів здійснимо розрахунок параметрів всіх, синтезованих РШ і проведемо математичне моделювання системи рис. 4.8,а без яких-небудь допущень на прикладі ЕП ТРН-АД. Відповідно до проведених розрахунків механічна частина системи представлена параметрами, приведеними до валу двигуна,  $2,9 \leq C_{12}(\cdot) \leq 72,6$  Н·м/рад,  $0,0021 \leq J_2(\cdot) \leq 0,021$  кг·м<sup>2</sup>.. Нелінійна характеристика навантаження

рис. 4.6,а узята із значеннями (4.1). Прийнято, що жорсткість  $\beta$  АД може приймати як від'ємне (див. рис. 4.6, в), так і додатне значення, що має місце на рис. 2.6,б при використанні двигуна серії МТКН. Крім того, в ході дослідження величина  $\beta$  змінювалася, більш ніж в 25 разів, в обидві сторони від розрахункової величини  $\beta = -0,0116 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$  при збереженні умови  $|\beta| < |\beta_c|$ , що визначало початкову нестійкість ДЕМО.

В ході розрахунку статичного РШ одержані параметри (4.3) передаточної функції і фільтру Фс. Тому для регулятора РП «повного» порядку задамося величиною середньгеометричного кореня  $\omega_0 = 20 \text{ с}^{-1}$ . При цьому визначаються значення коефіцієнтів поліномів  $M(p)$  і  $N(p)$ :  $\tilde{n}_1 = 2,18 \cdot 10^{-3} \text{ с}^2$ ;  $\tilde{n}_0 = 0,071 \text{ с}$ ;  $\tilde{m}_1 = 0,03 \text{ с}$ ;  $\tilde{m}_0 = 0,552$ . Тоді при використанні (2.75) для параметрів передаточної функції  $W_{PI.1}(p)$  (2.74) і фільтру ФП (2.76) одержимо:

$$W_{PI.1}(p) = \frac{12,7 \cdot (0,054p + 1)}{0,031p + 1}; \quad W_{\Phi_{PI.1}}(p) = \frac{1}{0,054p + 1} \quad (4.4)$$

По (2.79) знайдені величини середньгеометричного кореня для РП зниженого порядку (2.80). Ними при  $\alpha_1 = 1,5$  (див.(2.77)) є два фіксовані значення  $\omega_{01} = 15,8 \text{ с}^{-1}$  і  $\omega_{02} = 44,53 \text{ с}^{-1}$ . Для подальших розрахунків прийнято  $\omega_{01} = 15,8 \text{ с}^{-1}$ , оскільки середньгеометричний корінь замкнутого контуру швидкості  $\omega_0 = 35 \text{ с}^{-1}$ . При цьому для параметрів передаточної функції регулятора по (2.78) знайдено  $\tilde{h}_0 = 0,07 \text{ с}$ ,  $\tilde{m}_0 = 0,552$ , що визначило остаточну величину коефіцієнта підсилення в (2.80)

$$W_{PI.2}(p) = 12,88. \quad (4.5)$$

Для параметрів РП (2.82) і (2.83), синтезованих методом СПР при  $a_{PI} = 2 \div 4$ ,  $\varepsilon T = 356,8 \text{ с}^{-2}$  и  $\omega_{уст} = 157 \text{ с}^{-1}$ , маємо:

$$K_{PI.3}^M = 7,92 \div 3,96; \quad K_{PI.4}^B = 4,1 \quad (4.6)$$

Знайдені значення коефіцієнтів посилення всіх РП, визначили наступні розрахункові (р) значення статичних помилок по положенню – вазі переміщеної СГТ маси:

$$\Delta G_{cm.1}^p = 0,0349 \text{ кг}; \quad \Delta G_{cm.2}^p = 0,0336 \text{ кг}; \quad \Delta G_{cm.3}^p = 0,0535 \text{ кг}; \quad (4.7)$$

$$\Delta G_{cm.4}^p = 0,104 \text{ кг}$$

Таким чином, можна зробити висновок, що поліноміальний метод синтезу регуляторів РП.1 і РП.2 забезпечує не тільки стійкість системі при результатно нестійкому об'єкті, але і великі значення коефіцієнтів підсилення РП (див.(4.4) -(4.5)), а, отже, менші величини статичних помилок. Це наочно видно з приведених розрахунків.

На рис. 4.5 показані результати комп'ютерного моделювання системи положення рис. 4.6,а в режимах відробітку малих і великих переміщень з синтезованими по різних методиках регуляторами РП і РШ.

Осцилограми (осц.) а, г, ж характеризують відробіток системою малих переміщень, відповідно з параметрами РП (2.4)÷(2.6). Цим же параметрам регуляторів відповідають процеси, показані на осц.б, д і з, але за умови роботи системи на падаючій ділянці нелінійної характеристики навантаження із сталою швидкістю  $\omega_1 = \omega_2 = 32,5 \text{ с}^{-1}$ . Осц. в, е характеризують відробіток системою великих переміщень за умови, що коефіцієнти посилення регуляторів (2.4) і (2.5) зменшені відповідно в два рази до значень  $K_{РП.1} = 6,35$  і  $K_{РП.2} = 6,44$ . Той же процес відробітку великих переміщень, але з регулятором (2.6) при  $K_{РП.4}^B = 4,1$ , показаний на осц.и.



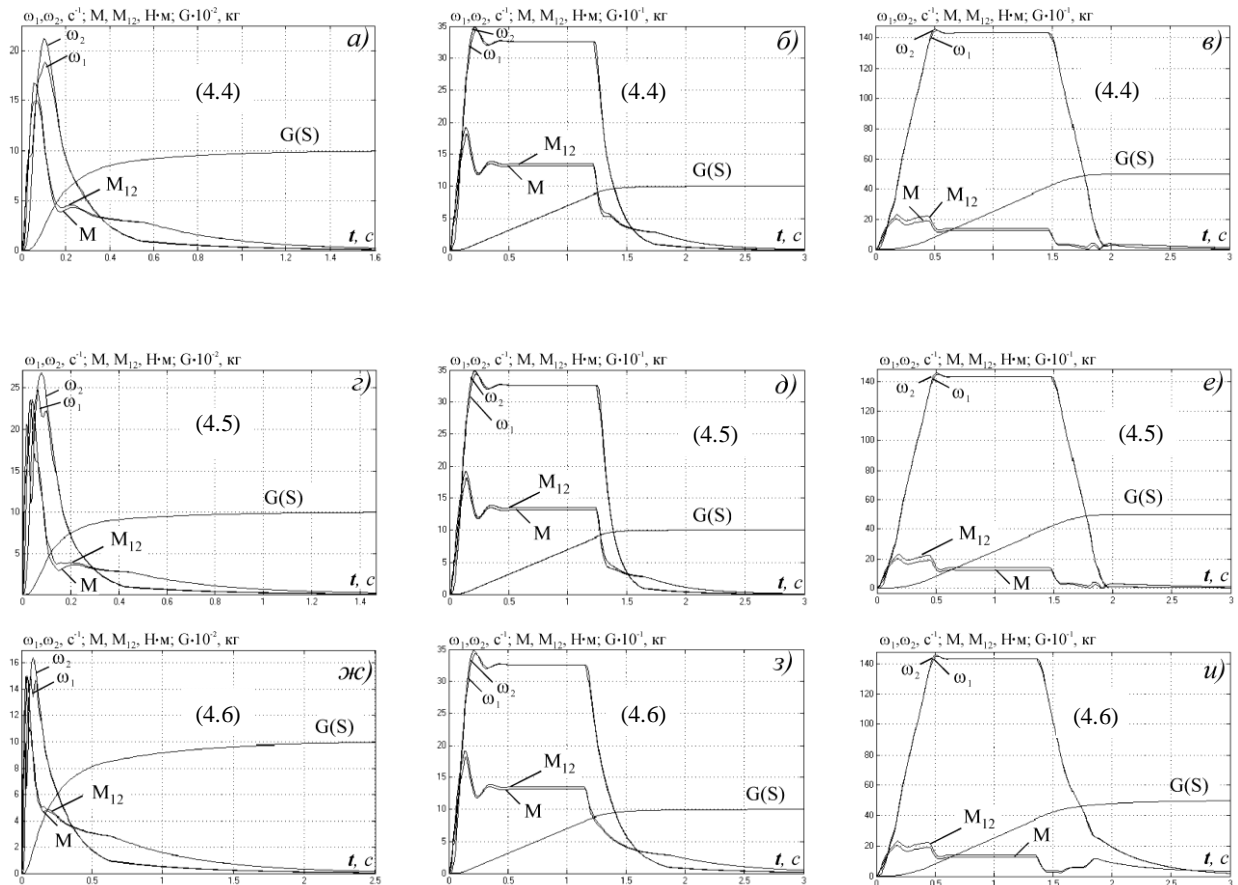


Рисунок 4.5 - Перехідні процеси в системі положення з РП(PG), синтезованої різними методами

Можна бачити, що всі процеси протікають без перегулювання. Проте, поліноміальний метод синтезу забезпечує вищі значення коефіцієнтів посилення, що сприяє, практично, ліквідації ділянок дотягування.

На рис. 4.6 приведені перехідні характеристики по збуренню, звідки одержані наступні значення помилок:

$\Delta G_{cm.1}^{\vartheta} = 0,0338$  кг;  $\Delta G_{cm.2}^{\vartheta} = 0,0333$  кг;  $\Delta G_{cm.3}^{\vartheta} = 0,0542$  кг;  $\Delta G_{cm.4}^{\vartheta} = 0,105$  кг  
які співпадають з їх розрахунковими величинами (4.7).

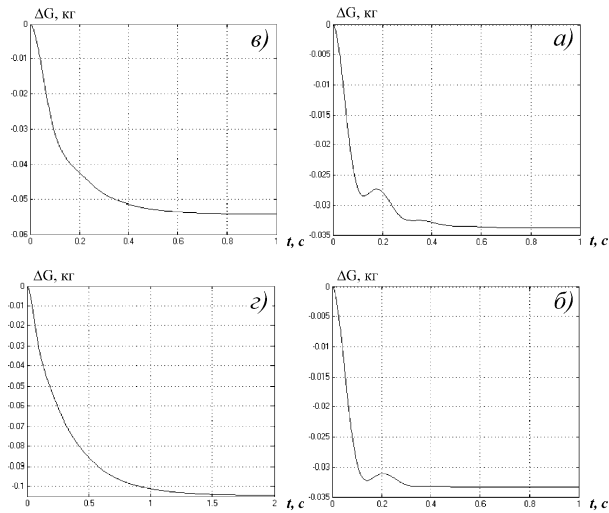


Рисунок 4.6 – Перехідні процеси електроприводу

Аналіз отриманих результатів показує, що поліноміальний метод, при використанні для апроксимації початкової не мінімально-фазової передавальної функції об'єкту ланцюгових дробів, дозволяє синтезувати достатньо прості в реалізації передавальні функції регулятора швидкості і регулятора потужності (РГ) «повного» і зниженого порядків, що забезпечують в системі регулювання положення електроприводу ТПН-асинхронний двигун необхідна якість перехідних процесів при достатньо широкому діапазоні варіювання параметрів силової частини.

На рис. 4.7 показані результати комп'ютерного моделювання системи положення в режимах відробітку малих і великих переміщень з чотирма синтезованими статичними РП при двох астатичних. Осцилограми (осц.) а, г, ж, к характеризують відробіток системою малих переміщень, відповідно з параметрами регуляторів положення. Дані процеси характеризують перехідну функцію системи регулювання положення. Цим же параметрам регуляторів відповідають процеси, показані на осц.б, д, з, л, але за умови роботи системи на падаючій ділянці нелінійної характеристики навантаження із сталою швидкістю  $\omega_1 = \omega_2 = 32,5 \text{ c}^{-1}$ . Видно, що всі вони протікають без

перерегулювання, що відповідає основній вимозі до системи регулювання положення, що розглядається тут.

Осц.в, е, і, м характеризують відрізок системою великих переміщень за умови, що коефіцієнт посилення всіх РП узятий величиною  $K_{РПi}=4,56$ . Це пов'язано з необхідністю ліквідації перерегулювання і виконано відповідно до рекомендацій.

На рис. 4.8 приведені перехідні характеристики по збуренню, які підтверджують відсутність статичної помилки по положенню. Аналіз отриманих результатів показує, що ПП-регулятори положення «повного» порядку РП1 і РП3 мають менший час відновлення швидкості, рівний

$t_{від}=0,8$  с, чим П-регулятори зниженого порядку РП.2 і РП.4, де цей час відповідно рівне  $t_{від.2}=0,95$  с і  $t_{від.4}=0,92$  с. Проте, незначний розкид часу відновлення підтверджує можливість використання будь-якого з синтезованих регуляторів.

Таким чином підтверджено, що поліноміальний метод, при використанні для апроксимації початкової не мінімально-фазової передаточної функції об'єкту в контурі швидкості, дозволяє синтезувати достатньо прості в реалізації статичні РП(РГ) «повного» і зниженого порядків, що забезпечують в системі регулювання положення двохмасового електроприводу ТРН-АД необхідна якість, протікаючих без перерегулювання, перехідних процесів і відсутність статичної помилки.

Використовуючи реальні дані ЕП постійного і змінного струму, визначені параметри всіх синтезованих регуляторів «повного» і зниженого порядку для систем регулювання швидкості і положення. Тим самим доведена їх система виконання і легкість створення. Результати отриманих дослідних даних і отримані результати переконують в перспективності використання даних регуляторів в малопотужних електроприводах із спрощеною структурою не тільки для ліквідації нестійкості системи і запобігання в ній автоколивальних режимів, що викликаються нелінійним

навантаженням, але і для отримання в ДЕМО необхідної якості перехідних процесів. Проведені математичні і комп'ютерні дослідження, засновані на моделюванні всіх розглянутих в даній роботі систем підтвердили основні теоретичні положення, одержані в .

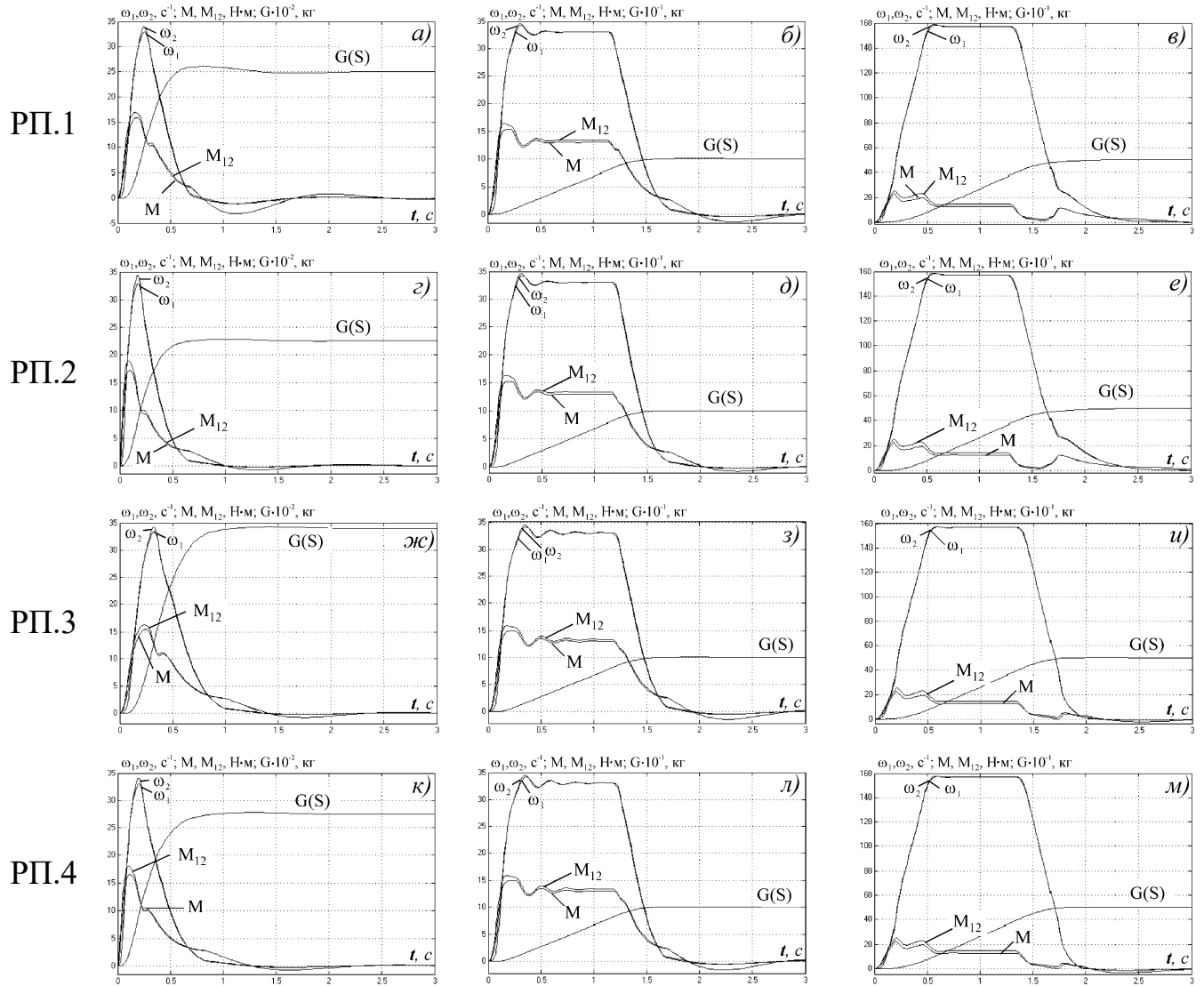


Рисунок 4.7 - Перехідні процеси в системі регулювання положення при відрізку малих і великих переміщень з регуляторами РП(PG)<sub>1</sub>÷РП(PG)<sub>4</sub>

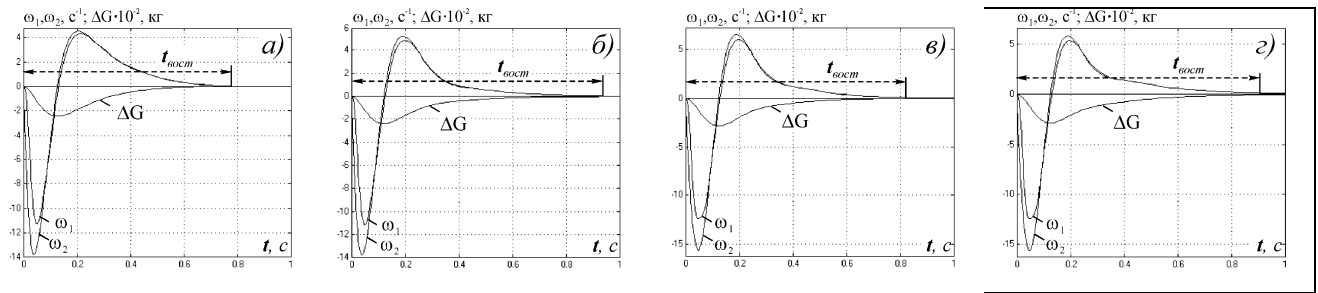


Рисунок 4.8 - Перехідні характеристики по обуренню з регуляторами

положення:

а) РП.1; б) РП.2; в) РП.3; з) РП.4

Всі магістральні ГКС проєктовані виходячи з 3 розрахункових режимів: зимовий, літній і міжсезонний, які вважаються стаціонарними з номінальними параметрами продуктивності, тиску і температури перекачуваного повітря на кожній компресорній станції. Однак з плином часу в результаті розвитку структури ГКС, поява нових великих джерел і споживачів газу, зміни обсягів перекачки та споживання величина і навіть напрямки газопотоків можуть значно змінюватися.

Тому режими роботи МГ і особливо продуктивність його нагнітачі на можуть істотно відрізнитись від розрахункових. Це приводить до зростання енергоємності транспорту газу, яка істотно впливає на його собівартість у споживачів.

Крім того, причиною виникнення нерозрахункових режимів є непроектоване тиск і температура газу при вході в систему та зміни витрати у споживачів, які змінюються випадковим чином. Як правило, зниження початкового тиску МГ служить причиною зниження його продуктивності та збільшення седельної енергоємності. Тому слід додати зміни по складу та характеристикам виробничих потужностей, незадовільний стан обладнання КС, значні колибання за останні роки метеорологічних факторів порівняно зі розрахункові та неоптимальне керування, включаючи нестандартне розподіл навантаження між сусідніми КС.

## 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1. Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК110

Короткий опис

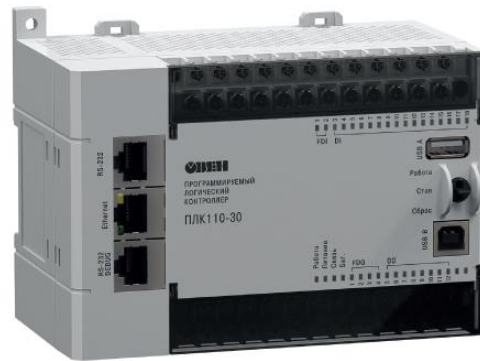


Рисунок 5.1 Програмований логічний контролер ПЛК 110-60

Рекомендується до використання

- У системах HVAC
- У сфері ЖКХ (ІТП, ЦТП)
- В АСУ водоканалів
- Для управління малими верстатами і механізмами
- Для управління харчовими і пакувальними апаратами
- Для управління кліматичним устаткуванням
- Для автоматизації торгівельного устаткування
- У сфері виробництва будівельних матеріалів

Оптимально для побудови розподілених систем управління і диспетчеризації з використанням як дротяних, так і безпроводних технологій.

## **ОВЕН ПЛК 110-30**

Програмовані логічні контроллери ОВЕН Плк110-30 виконані в повній відповідності із стандартом ГОСТ Р 51840-2001 (ІЕС 61131-2), що забезпечує високу апаратну надійність.

По електромагнітній сумісності контроллери відповідають класу А по ГОСТ Р 51522-99 (МЕК 61326-1-97) і ГОСТ Р 51841-2001, що підтверджене неодноразовими випробуваннями виробу.

### **Обчислювальні ресурси**

У контроллері спочатку закладені потужні обчислювальні ресурси за відсутності операційної системи:

- високопродуктивний процесор RISC архітектури ARM9, з частотою 180МГц компанії Atmel;
- великий об'єм оперативної пам'яті - 8МБ;
- великий об'єм постійної пам'яті - Flash пам'ять, 4МБ;
- об'єм незалежної пам'яті, для зберігання значень змінних - до 16КБ;
- час циклу за умовчанням складає 1мс при 50 логічних операціях, за відсутності мережевого обміну.

### **Додатково**

Широкі можливості самодіагностики контроллера.

Вбудований акумулятор, що дозволяє «перечікувати» пропажу живлення, - виконувати програму при пропажі живлення, і переводити вихідні елементи в «безпечний достаток». Час «перечікування» набувається користувачем при створенні проекту.

Вмонтований годинник реального часу.

Можливість створювати і зберігати архіви на Flash контроллера.

### **Умови експлуатації**

- Розширений температурний робочий діапазон навколишнього повітря: від мінус 10 °С до +50 °С

- Закриті вибухобезпечні приміщення або шафи електроустаткування без агресивної пари і газів

- Верхня межа відносної вологості повітря - 80 % при 25 °С і нижчих температурах без конденсації вологи;

- Атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа

По стійкості до кліматичних дій при експлуатації Плк110-30 відповідає групі виконання В4 по ГОСТ 12997-84.

По стійкості до механічних дій при експлуатації Плк110-30 відповідає групі виконання N2 по ГОСТ 12997.

По стійкості до займання і поширення полум'я FV1 корпус контроллера відповідає ГОСТ Р 51841, розділу 6.

### **Конструктивні особливості**

Контроллери виконані в компактному DIN-реечному корпусі. Габаритні і настановні розміри відрізняються залежно від модифікації, і приведені в кінці розділу.

Розширення кількості точок вводу\вивода здійснюється шляхом підключення зовнішніх модулів вводу\вивода по будь-якому з вбудованих інтерфейсів.

Тип входу/вихода	Плк110-30
Дискретні входи	18
Дискретні виходи	12
Аналогові входи	немає
Аналогові виходи	немає

### **Електричні параметри**

Два варіанти живлення для кожного контроллера:

- змінний струм: (90-265)У, (47...63) Гц;
- постійний струм: (18-29)Ст



Невелика споживана потужність до 10Вт.

Всі дискретні входи контроллера вимірюють сигнал 24В.

Тип сигналу може бути як n-p-n, так і р-n-p.

Кількість «швидких» дискретних входів залежить від модифікації контроллера.

Дискретні виходи бувають двох типів: Р - реле, або До - транзистор

Кількість швидких дискретних виходів залежить від модифікації контроллера.

Дискретні виходи контроллерів даної лінійки можуть бути налаштовані на видачу ШИМ, або генератора з високою точністю.

Інтерфейси і протоколи

Всі контроллери даної лінійки мають велику кількість інтерфейсів на борту, що працюють незалежно один від одного:

- Ethernet;
- До трьох послідовних портів;
- USB Device для програмування контроллера.

Підтримувані інтерфейси і протоколи

Так само в контроллерах даної лінійки підтримана можливість роботи по будь-якому нестандартному протоколу по будь-якому з портів, що дозволяє підключати пристрої з нестандартним протоколом (електро-, газо-, водолічильники, считувачі штрих - код і так далі).

Програмування

Програмування контроллерів здійснюється в професійній, поширеній середі CoDeSys v.2.3.x, максимально відповідною стандарту МЕК 61131:

- підтримка 5 мов програмування, для фахівців будь-якої галузі;
- потужний засіб розробки і відладки комплексних проектів автоматизації на базі контроллерів;
- функції документування проектів;

- кількість логічних операцій обмежується лише кількістю вільної пам'яті контролера;

практично необмежена кількість використовуваних в проекті лічильників, тригерів, генераторів

Отримати детальнішу інформацію за системою програмування CoDeSys і викачати її можна з нашого [сайта](#) або з сайту виробника [www.3s-software.ru](http://www.3s-software.ru).

Програмуються контролери даної лінійки по будь-якому з нижеперечислених інтерфейсів

- Ethernet
- Debug RS-232
- USB Device

Кабель для програмування йде в комплекті постачання (для Debug RS-232), або використовується стандартний кабель.

Сервісне програмне забезпечення ОВЕН ПЛК110-30

Програма оновлення прошивки (внутрішнє ПО) контролера ОВЕН ПЛК110-30 і таргет файли можна викачати в розділі "[Сервісне ПО контролерів ОВЕН ПЛК ПЛК110-30, ПЛК110-32, ПЛК110-60, ПЛК160](#)".

### **Додаткові утиліти**

Для зручності користувачів компанією ОВЕН створені додаткові утиліти:

- EasyWorkPLC – утиліта для технолога, що дозволяє змінювати значення параметрів, не змінюючи при цьому програму контролера. Працює без CoDeSys;
- PLC\_IO – утиліта для роботи з файловою системою контролера, наприклад запис\считывание файлів з ПЛК. Працює без CoDeSys.

Відмітні особливості лінійки

- Невелика кількість точок вводу\вивода
- Розширена кількість інтерфейсів «на борту» контролерів

- Наявність порту Ethernet
- Підтримка протоколів обміну ModBus (RTU, ASCII), OВЕН, DСon
- Можливість роботи безпосередньо з портами контроллера, що дозволяє підключати зовнішні пристрої з нестандартними протоколами
  - Контроллер має вмонтований годинник, що дозволяє створювати системи управління з врахуванням реального часу
  - Вбудований акумулятор, що дозволяє організувати ряд додаткових сервісних функцій: можливість короткочасного переключення пропажі живлення, переключення вихідних елементів в безпечний достаток

Наявність Flash пам'яті дозволяє організувати архівацію даних на самому ПЛК.

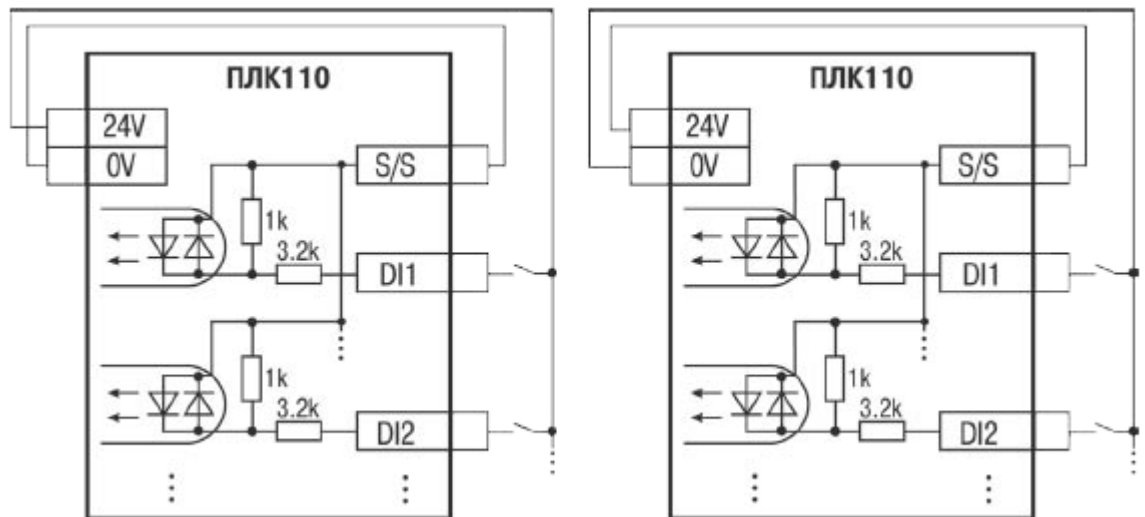


Рисунок 5.2 - Схема підключення контактних датчиків до входів ПЛК110

Обидві схеми рівнозначні, може використовуватися будь-яка. При контактних датчиків спільно з датчиками, що мають на виході транзисторний ключ, схема підключення повинна визначатися типом транзисторних датчиків.

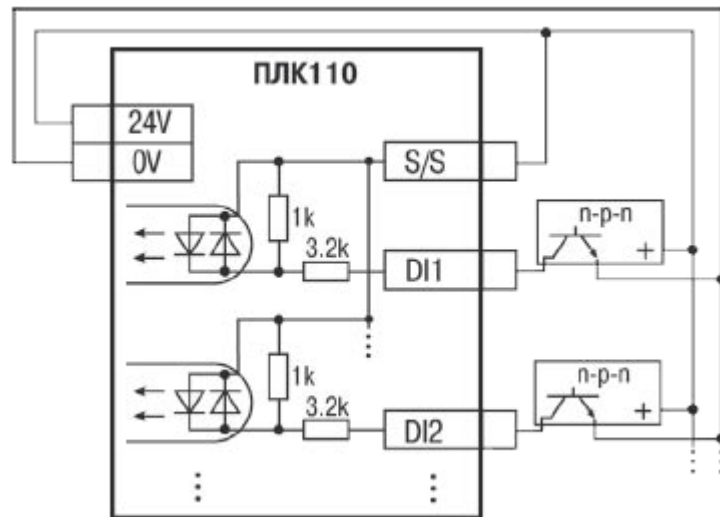


Рисунок 5.3 - Підключення до дискретних входів датчиків, що мають на виході n-p-n, - транзисторний ключ

Сумарний струм всіх зовнішніх датчиків і всіх підключених дискретних входів (7 мА на вхід) не повинен перевищувати 620 мА. Якщо датчиків і входів більше вказаного, то для живлення датчиків слід використовувати зовнішній блок живлення необхідної потужності.

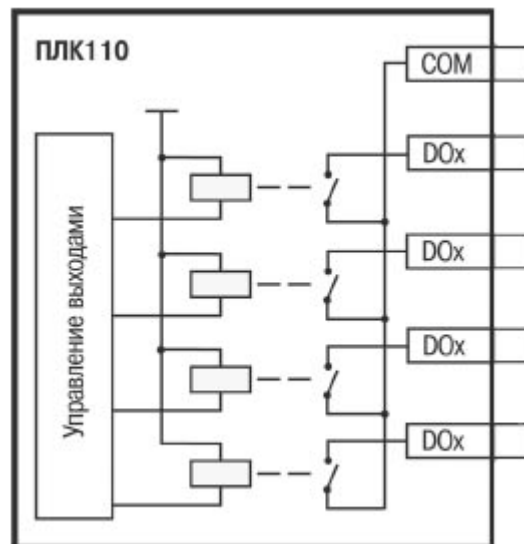


Рисунок 5.4 - Вихідні елементи контролера Плк110 типа До «звичайні»

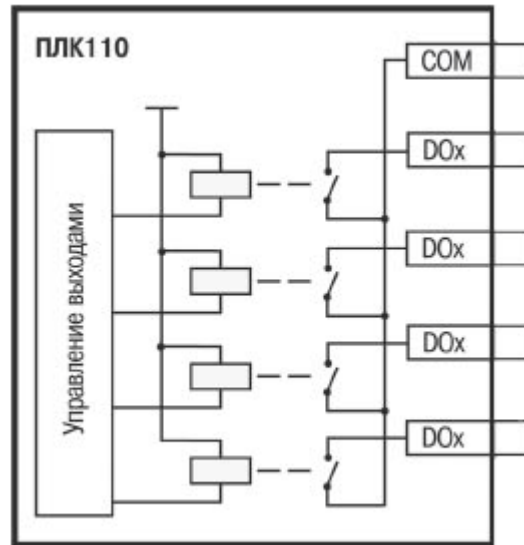


Рисунок 5.5 - Вихідні елементи контролера Плк110 типа Р

#### Схеми кабелів ОВЕН Плк110-30

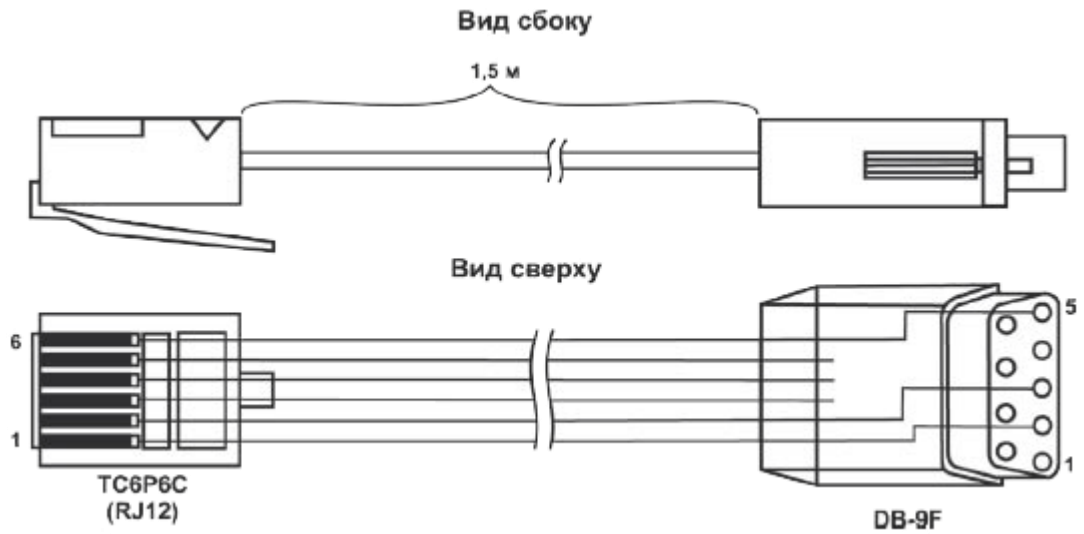


Рисунок 5.6 - Схема кабелю програмування Кс1, що входить в КОМПЛЕКТ ПОСТАЧАННЯ

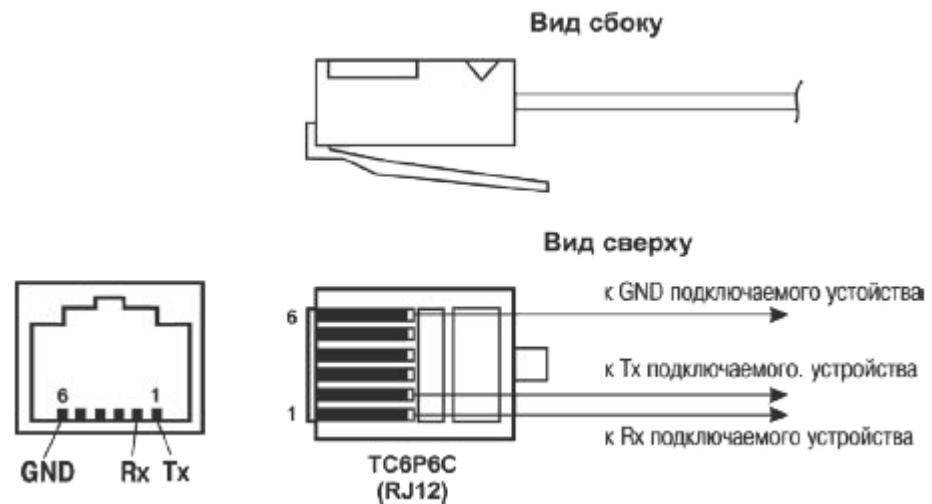


Рисунок 5.7 Схема кабелю для підключення до порту RS-232 і Debug RS-232

## 5.2. Одноканальний блок живлення ОВЕН Бп60б-д4

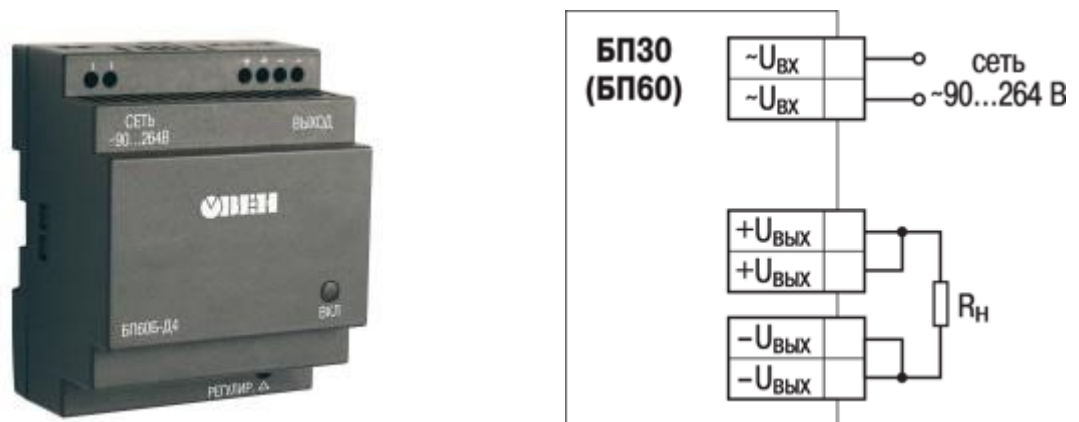


Рисунок 5.8 - Одноканальний блок живлення ОВЕН Бп60б-д4 та схема його вмикання

### Призначення блоку живлення

Блок живлення Бп60 призначений для живлення|харчування|стабілізованою напругою постійного струму різних широкого спектру

радіоелектронних пристроїв (релейної автоматики, контролерів, датчиків і тому подібне).

Застосовується для побудови систем електроживлення різної складності, у тому числі розподілених.

Блок живлення Бп60б-д4 випускається в корпусі с кріпленням на DIN-рейку типу Д4.

Технічний опис блоку живлення

Перетворення змінної (постійної) напруги в постійну стабілізовану напругу.

Обмеження пускового струму

Захист від перенапруження і імпульсних перешкод на вході

Захист від перевантаження, короткого замикання і перегріву

Регулювання вихідної напруги за допомогою внутрішнього підстроєчного резистора в діапазоні  $\pm 8\%$  від номінальної вихідної напруги із збереженням потужності

Індикація про наявність напруги на виході

### 5.3. Блок сетевого фильтра ОВЕН БСФ — Короткий опис

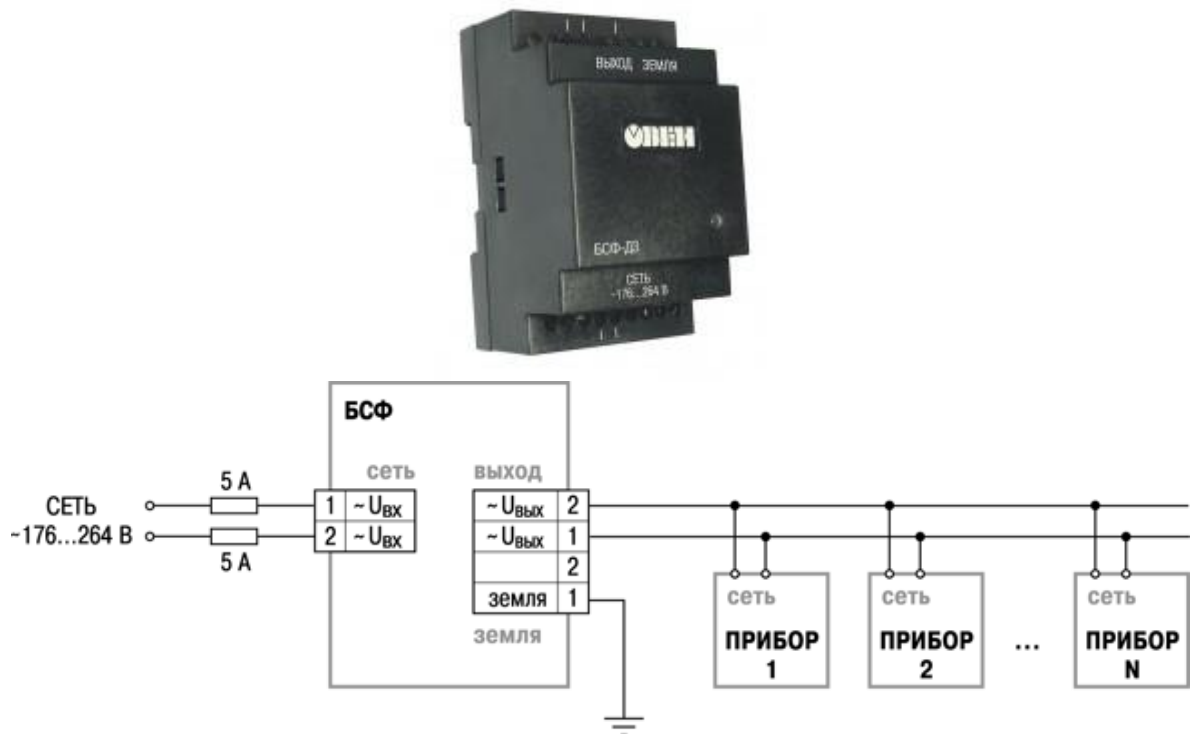


Рисунок 5.9 - Блок сетевого фильтра ОВЕН БСФ та схема його вмикання

Призначення блоку мережевих фільтрів ОВЕН БСФ призначені для захисту двопровідної мережі змінного струму, що живить прилади і датчики, від імпульсних і високочастотних перешкод. Блоки випускаються в корпусах, призначених для кріплення на DIN-рейку 35 мм.

Блоки випускаються в двох модифікаціях:

ОВЕН Бсф-д2-0,6 – корпус Д2, 36x90x58 мм максимальний струм навантаження 0,6 А;

ОВЕН Бсф-д3-1,2 – корпус Д3, 54x90x58 мм максимальний струм навантаження 1,2 А.

Основні функції захист електроустаткування від дії перешкод, проникаючих з мережі



Захист мережі від емісії перешкод підключеного працюючого електроустаткування

Ослаблення імпульсних перешкод

Придушення високочастотних перешкод

#### 5.4. Графічна панель оператора з сенсорним управлінням овен сп270

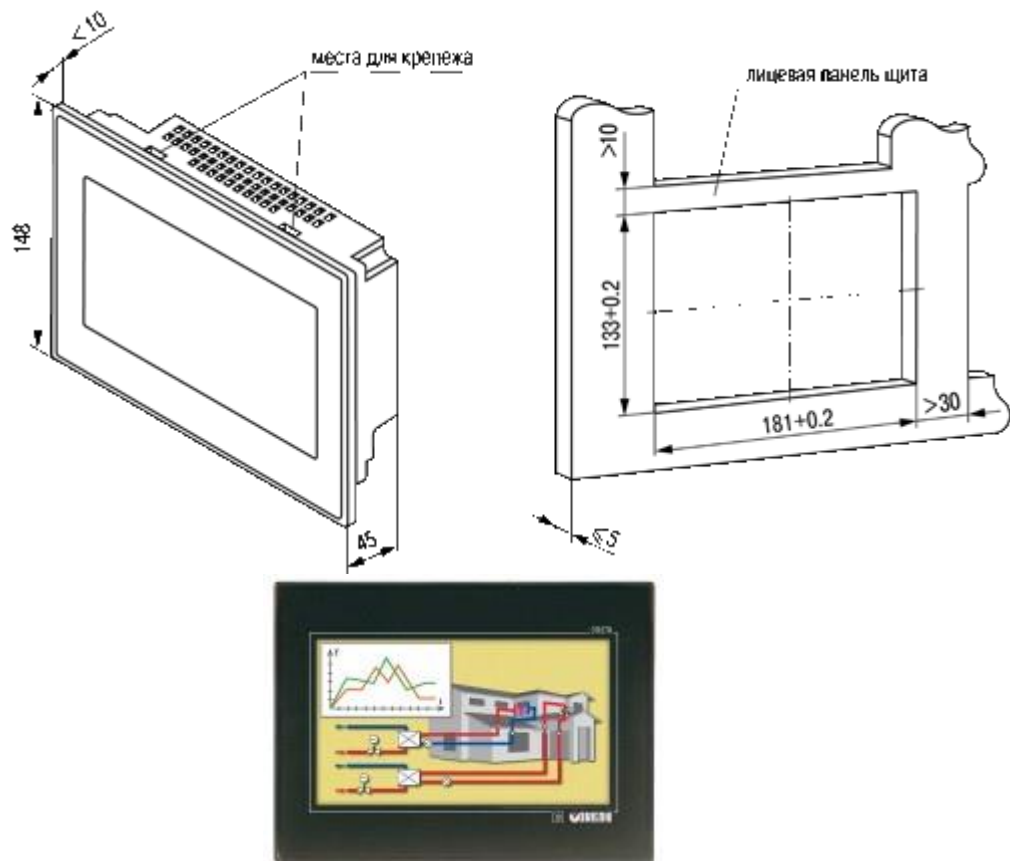


Рисунок 5.10 - Графічна панель оператора з сенсорним управлінням овен сп270

Основні функціональні можливості панелі оператора овен сп270

- Графічний дисплей з діагоналлю 7 дюймів і дозволом 480x234 пікселя
- Кількість кольорів – 256, тип дисплея – tft
- Сенсорне управління екраном

- Два незалежні порти rs-232 і rs-485 для зв'язку із зовнішніми пристроями
- Підтримка поширених протоколів обміну modbus rtu, modbus ascii
- Можливість роботи одночасно в двох режимах master і slave
- Живлення від джерела напруги 24 в
- Безкоштовна програма «Конфігуратор сп200»
- 

### 5.5. Модуль введення дискретних сигналів Мв110-16д

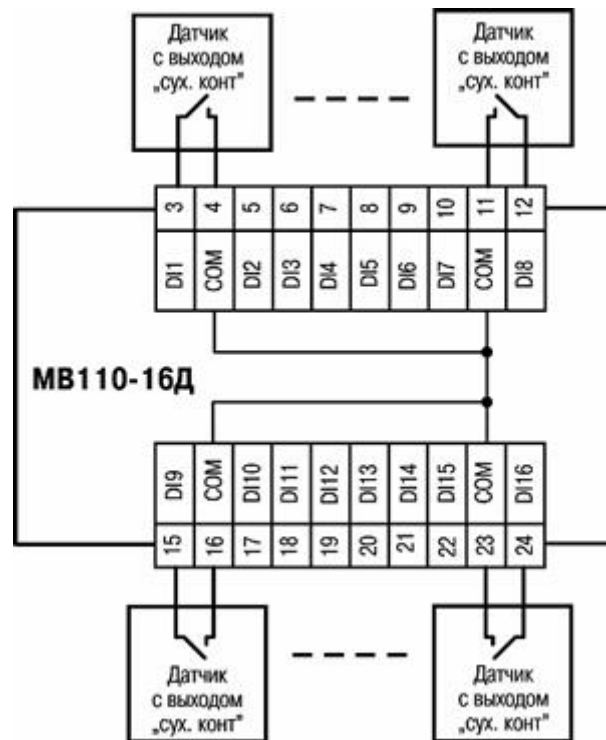


Рисунок 5.11 - Модуль введення дискретних сигналів Мв110-16д

Призначення модуля введення дискретних сигналів Мв110-16д

Прилад призначений для збору даних з вбудованих дискретних входів з передачею їх в мережу RS-485.

Вбудовані дискретні входи можуть працювати в режимі лічильників імпульсів частотою до 1 кГц Мв110 працює в мережі RS-485 по протоколах ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Мв110 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майсте мережі, наприклад, ПК із запущеною на ній SCADA-системою, контроллер або регулювальник.

До Мв110 надається безкоштовний OPC-драйвер і бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підключенні приладу до SCADA-систем і контроллерів інших виробників.

Конфігурація Мв110 здійснюється на ПК через адаптер інтерфейсу RS-485/RS-232 або RS-485/USB (наприклад ОВЕН АС3-м або Ас4) за допомогою програми «Конфігуратор М110», що входить в комплект постачання.

Прилад відповідає вимогам по стійкості до дії перешкод відповідно до ГОСТ Р 51522 для устаткування класу А.

Основні особливості модуля введення дискретних сигналів Мв110-16д

- 16 каналів дискретного введення, без ізоляції
- Типи сигналів: беспотенціальні («сухі») контакти, транзисторні ключі n-p-n типа
- Частота вимірів: до 1 кГц, мінімальна тривалість імпульсу 0.5 мс
- Лічильник імпульсів для кожного каналу
- Напруга живлення:  $\sim 220$  У і  $=24$  У (універсальне джерело живлення).

## **6. ОБГРУНТУВАННЯ-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

### **6. Техніко-економічне обґрунтування**

Розробка будь-яких технічних рішень пов'язана з визначеними витратами, що здійснюються на всіх стадіях процесу «дослідження – виробництво - експлуатація». Витрати бувають одноразові і поточні. У даній роботі розраховуються поточні витрати, тобто собівартість виробу.

У роботі спроектований контролер на базі сигнального процесора.

#### **6.1 Розрахунок собівартості одиниці виробу**

Собівартість - це сума витрат на виробництво і реалізацію одиниці продукції. Вона відбиває вартість спожитих фондів (матеріали, що комплектують, амортизації будинків і фондів).

Собівартість - зовнішній показник, тому що від неї залежить прибуток і рентабельність.

Розрахунок собівартості може вироблятися декількома способами:

калькулювання;

укрупнені методи (параметричний, питомих ваг, агрегатний і інші).

Найбільш точний і прогресивний метод - калькулювання. На підставі нормативів прямих статей витрат (матеріали, покупні вироби, зарплата) визначається собівартість продукції.

Калькуляція собівартості містить наступні статті витрат:

- Матеріали.
- Покупні вироби.
- Основна заробітна плата робітників виробництва.

- Додаткова зарплата робітників виробництва.
- Відрахування у фонд соціально-страхових програм.
- Витрати на зміст і експлуатацію устаткування.
- Загальновиробничі витрати.
- Адміністративні витрати.
- Інші виробничі витрати.
- Витрати на збут.
- Прибуток.
- Повна собівартість.
- Нижче приводиться методика розрахунку всіх статей витрат.
- Розрахунок основних матеріалів

Таблиця 6.1

## Розрахунок вартості основних матеріалів

Найменування	Одиниця виміру	Норма витрати	Ціна за одиницю матеріалу, грн	Су-ма, грн
Текстоліт	кг	0,1	1,3	0,13
Припій	кг	0,2	0,3	0,6
Каніфоль	кг	0,15	0,3	0,045
Провід	м	10	1,2	12
Разом				12,775
Транспортно-заготівельні витрати				1,53
Разом з урахуванням транспортно-заготівельних витрат				14,305

## Розрахунок вартості покупних виробів

Таблиця 6.2

## Покупні комплектуючі вироби і напівфабрикати

Найменування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
1	2	3	4
Операційний посідсилювач	2	0,70	1,40
Конденсатори	5	0,30	1,50
Резистори	5	0,03	0,15
РАЗОМ			2,05

## Розрахунок основної зарплати

Таблиця 6.3

## Розрахунок основної зарплати робітників виробництва

Види робіт	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Трудомісткість, Н-ч	Сума зарплати, грн
Травлення друкованих плат	4	1,26	4	5,04
Свердління друкованих плат	3	1,134	1,5	1,7
Монтаж друкованих плат	6	1,68	10	16,8
Штампувальні	3	1,134	8	9,07
Слюсарні	4	1,26	10	12,6
Складальні	5	1,426	8	11,42
Інші				11,33
Основна з/п робітників виробництва				67,96

## Розрахунок додаткової заробітної плати

Додаткова заробітна плата виробничих робітників ЗД дорівнює 10% від основної заробітної плати ЗО

$$З_д = З_о \cdot 0,1 \quad (6.1)$$

Тоді

$$З_д = 0,1 \cdot 67,96 = 6,796 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні потреби

Відрахування на соціальні потреби складають 36,5 % від суми основної і додаткової заробітних плат, і визначається по формулі:

$$З_{\text{ВІДР}} = (З_о + З_д) \cdot 0,365 = (67,96 + 6,796) \cdot 0,365 = 27,286 \text{ грн} \quad (6.2)$$

Витрати на утримання та експлуатацію устаткування.

Витрати на утримання та експлуатацію устаткування - 70% від основної заробітної плати.

$$ВУЕУ = 0,7 \cdot З_о = 0,7 \cdot 67,96 = 47,57 \text{ грн} \quad (6.3)$$

Загальновиробничі витрати.

Загальновиробничі (ЗВ) витрати складають 60 % від основної заробітної плати

$$ЗВ = 0,6 \cdot З_0 \quad (6.3)$$

$$ЗВ = 0,6 \cdot 67,96 = 40,78 \text{ грн.}$$

Інші виробничі витрати

Інші виробничі витрати ЗІН складають  $1,8 \div 2$  % від суми всіх попередніх статей витрат.

$$З_{\text{ІН}} = (14,305 + 2,05 + 67,96 + 6,796 + 27,286 + 47,57 + 40,78) \cdot 0,02 = 4,13 \text{ грн.}$$

Адміністративні витрати

Адміністративні витрати (АВ) складають 80 % від основної заробітної плати:

$$АВ = 0,8 \cdot З_0 = 0,8 \cdot 67,96 = 54,37 \text{ грн.} \quad (6.5)$$

Витрати на збут

Виробнича собівартість  $C_{\text{ВИР}}$  дорівнює сумі всіх попередніх статей витрат з обліком інших виробничих витрат.

$$C_{\text{ВИР}} = \sum Z + Z_{\text{ІН}} \quad (6.6)$$

$$C_{\text{ВИР}} = 206,477 + 4,13 = 210,607 \text{ грн.}$$

Витрати на збут продукції складають 2,5 % від виробничої собівартості  $C_{\text{ВИР}}$ .

$$В_{\text{ЗБ}} = C_{\text{ВИР}} \cdot 0,025 \quad (6.7)$$

$$В_{\text{ЗБ}} = 210,607 \cdot 0,025 = 5,265 \text{ грн.}$$

Повна собівартість  $C_{\text{П}}$  розраховується по формулі:

$$C_{\text{П}} = C_{\text{ВИР}} + В_{\text{ЗБ}} \quad (6.8)$$

$$C_{\text{П}} = 210,607 + 5,265 = 215,87 \text{ грн.}$$

## 6.2 Прибуток

Прибуток (П) складає  $20 \div 25$  % від повної собівартості:

$$П = 0,22 \cdot C_{\text{П}} = 0,22 \cdot 215,87 = 47,49 \text{ грн.} \quad (6.9)$$

Ціна виробу

Ціна виробу Ц<sub>ВИР</sub> визначається як сума повної собівартості і прибутку:

$$Ц_{ВИР} = C_{П} + П \quad (6.10)$$

$$Ц_{ВИР} = 215,87 + 47,49 = 263,36 \text{ грн.}$$

$$ПДВ = Ц_{ВИР} \cdot 0,2 \quad (6.11)$$

$$ПДВ = 263,36 \cdot 0,2 = 52,67 \text{ грн.}$$

Ціна реалізації Ц<sub>Р</sub> визначається з формули:

$$Ц_{Р} = Ц_{ВИР} + ПДВ \quad (6.12)$$

$$Ц_{Р} = 263,36 + 52,67 = 316,03 \text{ грн.}$$

Оптимізація обсягу виробництва

1. Визначимо перемінні витрати на виріб (В<sub>ПВ</sub>):

$$В_{ПВ} = М + П_{ВИР} + З_0 + З_{ВИДР} + 0,7 \cdot ВУЕУ \quad (6.13)$$

$$В_{ПВ} = 14,305 + 2,05 + 67,96 + 27,286 + 0,7 \cdot 47,57 = 178,01 \text{ грн.}$$

2. Визначимо постійні витрати (В<sub>ПОС</sub>) на річний обсяг виробництва

А<sub>Г</sub> = 200 одиниць продукції:

$$В_{ПОС} = (C_{П} - В_{ПВ}) \cdot А_{Г} \quad (6.14)$$

$$В_{ПОС} = (215,87 - 178,01) \cdot 200 = 7572 \text{ грн.}$$

3. Визначимо точку беззбитковості:

$$А_{кр} = В_{ПОС} / (Ц_{ВИР} - В_{ПВ}) \quad (6.15)$$

$$А_{кр} = 7572 / (263,36 - 178,01) = 89 \text{ шт.}$$

Побудова графіка беззбитковості

На осі ординат відкладається величина постійних витрат В<sub>ПОС</sub>. Отриману крапку з'єднуємо з крапкою, що має координати (А<sub>Г</sub>, С<sub>П</sub>·А<sub>Г</sub>), С<sub>П</sub>·А<sub>Г</sub> – повна собівартість річного випуску продукції. Далі крапку початку координат з'єднуємо з крапкою, що має координати (А<sub>Г</sub>, Ц·А<sub>Г</sub>), Ц·А<sub>Г</sub> – обсяг продажів у вартісному відношенні. Крапка перетинання обох прямих – А<sub>кр</sub> – відповідає річному випуску, при якому відбувається досягнення беззбитковості виробництва.



## **7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **7.1 Характеристика шкідливих факторів виробничого середовища**

Під час роботи на виробництві на людину можуть впливати один, або низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Безпека того чи іншого технологічного процесу може бути визначена за їх кількістю і за ступенем небезпеки кожного з них зокрема. Безпека праці на виробництві визначається ступенем безпеки окремих технологічних процесів.

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори стандартом ГОСТ 12.0.003-74 поділяються на фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні. Останні за характером впливу на людину підрозділяються на фізичні й нервово-психічні перевантаження, а інші - на конкретні небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

В процесі роботи на підприємстві на працівника можуть впливати такі небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- машини, що рухаються, автотранспорт і механізми;
- рухомі незахищені елементи механізмів, машин і виробничого обладнання;
- падаючі вироби техніки, інструмент і матеріали під час роботи;
- ударна хвиля (вибух посудини, що працює під тиском пари рідини);
- струмені газів і рідин, що стікають, із посудин і трубопроводів під тиском;
- підвищене ковзання (через зледеніння, зволоження й замаслювання поверхонь, по яких переміщується робочий персонал);

- підвищені запыошеність й загазованість повітря;
- підвищена чи знижена температура поверхонь техніки, обладнання й матеріалів;
- підвищена чи знижена температура, вологість і рухомість повітря;
- підвищений рівень шуму, вібрації, ультра- та інфразвука;
- підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- гострі кромки, задирки й шорсткість на поверхнях обладнання й інструментів;
- відсутність чи нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- знижена контрастність об'єктів в порівнянні з фоном;
- пряма блискість (прожекторне освітлення територій виробництв, світло фар автотранспорту) і відбита блискість (від розлитої води й інших рідин на поверхні територій виробництв);
- підвищена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень ультрафіолетової й інфрачервоної радіації;
- хімічні речовини (токсичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, що впливають на репродуктивну функцію людини);
- хімічні речовини , що проникають в організм через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірні покриви і слизові оболонки;
- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби, найпростіші) і продукти їхньої життєдіяльності;
- перевантаження (статичні й динамічні) і нервово-психічні чинники (емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів, розумова перенапруга, монотонність праці).

Рівні небезпечних і шкідливих виробничих факторів не повинні перевищувати граничнодопустимих значень, встановлених у санітарних нормах, правилах і нормативно-технічній документації.

## **7.2 Забезпечення безпеки життєдіяльності при роботі з ПК**

Під час роботи на комп'ютерах можуть діяти такі небезпечні та шкідливі фактори, як:

- фізичні;
- психофізіологічні.

Електробезпека при роботі.

Заходи щодо усунення небезпеки ураження електричним струмом зводяться до правильного розміщення устаткування та електричних кабелів. Інші заходи щодо забезпечення електробезпеки, збігаються з загальними заходами пожежо- та електробезпеки.

В якості профілактичних заходів для забезпечення пожежної безпеки слід використовувати скриту електромережу, надійні розетки з пожежобезпечних матеріалів, силові мережі живлення устаткування виконувати кабелями, розрахованими на підключення в 3-5 разів більшого навантаження, включати й виключати живлення обладнання за допомогою штатних вимикачів. Треба регулярно робити очистку внутрішніх частин комп'ютерів, іншого устаткування від пилу, розташовувати комп'ютери на окремих неспалюваних столах. Для запобігання іскріння необхідно рідше встромляти і виймати штепсельні вилки з розеток.

Освітлення.

Система освітлення повинна відповідати таким вимогам:

- освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи, який визначається трьома параметрами: об'єктом розрізнення -

найменшим розміром об'єкта, що розглядається на моніторі ПК; фоном, який характеризується коефіцієнтом відбиття; контрастом об'єкта і фону;

- необхідно забезпечити достатньо рівномірне розподілення яскравості на робочій поверхні монітора, а також в межах навколишнього простору;
- на робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні;
- в полі зору не повинно бути відблисків (підвищеної яскравості поверхонь, які світяться та викликають осліплення);
- величина освітленості повинна бути постійною під час роботи;
- слід обирати оптимальну спрямованість світлового потоку і необхідний склад світла.

Вимоги до монітору.

Основним обладнанням робочого місця користувача комп'ютера є монітор, системний блок та клавіатура.

Робочі місця мають бути розташовані на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін на відстані 1 м, між собою на відстані не менше 1,5 м. Відносно вікон робоче місце доцільно розташовувати таким чином, щоб природне світло падало на нього збоку, переважно зліва.

Робочі місця слід розташовувати так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Джерела освітлення рекомендується розташовувати з обох боків екрану паралельно напрямку погляду. Для уникнення світлових відблисків екрану, клавіатури в напрямку очей користувача, від світильників загального освітлення або сонячних променів, необхідно використовувати антиполюсківі сітки, спеціальні фільтри для екранів, захисні козирки, на вікнах - жалюзі.

Екран дисплея повинен бути розташованим перпендикулярно до напрямку погляду. Якщо він розташований під кутом, то стає причиною сутулості. Відстань від дисплея до очей повинна трохи перевищувати звичну відстань між книгою та очима. Перед екраном монітора, особливо старих

типів, повинен бути спеціальний захисний екран. При його відсутності треба сидіти на відстані витягнутої руки від монітора.

Фільтри з металевої або нейлонової сітки використовувати не рекомендується, тому що сітка спотворює зображення через інтерференцію світла. Найкращу якість зображення забезпечують скляні поляризаційні фільтри. Вони усувають практично всі відблиски, роблять зображення чітким і контрастним.

При роботі з текстовою інформацією (в режимі введення даних та редагування тексту, читання з екрану) найбільш фізіологічним правильним є зображення чорних знаків на світлому (чорному) фоні.

Монітор повинен бути розташований на робочому місці так, щоб поверхня екрана знаходилася в центрі поля зору на відстані 400-700 мм від очей користувача. Рекомендується розміщувати елементи робочого місця так, щоб витримувалася однакова відстань очей від екрана, клавіатури, тексту.

#### Робоча поза

Зручна робоча поза при роботі з комп'ютером забезпечується регулюванням висоти робочого столу, крісла та підставки для ніг. Рациональною робочою позою може вважатися таке положення, при якому ступні працівника розташовані горизонтально на підлозі або підставці для ніг, стегна зорієнтовані у горизонтальній площині, верхні частини рук - вертикальні. Кут ліктьового суглоба коливається в межах 70-90°, зап'ястя зігнуті під кутом не більше ніж 20°, нахил голови 15-20°.

Важливою є форма спинки крісла, яка повинна повторювати форму спини. Висота крісла повинна бути такою, щоб користувач не відчував тиску на куприк або стегна. Крісло бажано обладнати бильцями. Його потрібно встановити так, щоб не треба було тягтися до клавіатури. Періодично користувачу необхідно рухатися, вчасно змінювати положення тіла і робити перерви у роботі.

При напруженій роботі за комп'ютером щогодини необхідно робити перерву на 15 хвилин через кожну годину і треба займатися іншою справою. Декілька разів на годину бажано виконувати серію легких вправ для розслаблення.

Для нейтралізації зарядів статичної електрики в приміщенні, де виконується робота на комп'ютерах, в тому числі на лазерних та світлодіодних принтерах, рекомендується збільшувати вологість повітря за допомогою кімнатних зволожувачів. Не рекомендується носити одяг з синтетичних матеріалів.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

- увімкнути систему кондиціювання в приміщенні;
- перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі. Повернути монітор так, щоб було зручно дивитися на екран - під прямим кутом (а не збоку) і трохи зверху вниз, при цьому екран має бути трохи нахиленим, нижній його край ближче до оператора;
- перевірити загальний стан апаратури, перевірити справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розеток, заземлення захисного екрана;
- відрегулювати освітленість робочого місця;
- відрегулювати та зафіксувати висоту крісла, зручний для користувача нахил його спинки;
- приєднати до системного блоку необхідну апаратуру. Усі кабелі, що з'єднують системний блок з іншими пристроями, слід вставляти та виймати при вимкненому комп'ютері;
- ввімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах в послідовності: монітор, системний блок, принтер (якщо передбачається друкування);

- відрегулювати яскравість свічення монітора, мінімальний розмір світної точки, фокусування, контрастність. Не слід робити зображення надто яскравим, щоб не втомлювати очей.

Вимоги безпеки під час виконання роботи:

- необхідно стійко розташовувати клавіатуру на робочому столі, не опускати її хитання. Під час роботи на клавіатурі сидіти прямо, не напружуватися;
- для забезпечення несприятливого впливу на користувача пристроїв типу "миша" належить забезпечувати вільну велику поверхню столу для переміщення "миші" і зручного упору ліктьового суглоба;
- не дозволяються посторонні розмови, подразнюючі шуми;
- періодично при вимкненому комп'ютері прибирати ледь змоченою мильним розчином бавовняною ганчіркою порох з поверхонь апаратури. Екран ВДТ та захисний екран протирають ганчіркою, змоченою у спирті. Не дозволяється використовувати рідинні або аерозольні засоби чищення поверхонь комп'ютера.

Забороняється:

- класти будь-яку предмети на апаратуру комп'ютера;
- закривати будь-чим вентиляційні отвори апаратури, що може призвести до її перегрівання і виходу з ладу.

## 8 ЕКОЛОГІЯ

### 8.1 Екологічність створення нових виробництв

Екологізація виробництва передбачає наявність взаємозв'язку і взаємозумовленості будь-яких дій з урахуванням екологічних вимог до розвитку НТП. У зв'язку з цим управління господарством країни і його функціонування повинні здійснюватися на основі раціонального природокористування та застосування нової технології, прогресивної організації маловідходних і безвідходних виробництв.

Екологізація виробництва — це розширене відтворення природних ресурсів шляхом вдосконалення технології, організації матеріального виробництва, підвищення ефективності праці в екологічній сфері.

#### Шляхи впровадження екологізації

Екологізація народного господарства, підприємств промисловості та АПК припускає інтенсивний розвиток НТП і переклад його на еколого-економічні, економіко-організаційні та еколого-технічні відносини.

Перший напрямок екологізації народного господарства можна здійснювати повсюдно в широких масштабах на діючих основних фондах народного господарства за допомогою екологізації всієї виробничо-господарської діяльності, не перериваючи її. При цьому в основному вирішуються завдання, які не потребують докорінної перебудови основних фондів, але дозволяють досягти суттєвих результатів щодо зниження забруднення навколишнього середовища та ресурсозбереження.

Другий напрямок екологізації господарства здійснюється при відтворенні основних його фондів.



## 8.2 Методи зменшення енергоємності та енергозбереження.

Енергозбереження стосується зменшення споживання енергії за рахунок використання меншої кількості енергетичних послуг. Енергозбереження відрізняється від енергоефективності, яке стосується використання меншої кількості енергії в тій самій послугі. Наприклад, менше користуватись авто – енергозбереження, а пересісти на авто з меншою витратою палива – енергоефективність. Але і енергозбереження, і енергоефективність є техніками зменшення використання енергії.

### Оптимізація освітлення

- максимальне використання денного світла (збільшення кількості, площі та прозорості вікон);
- оптимальне розміщення джерел штучного світла (місцеве, направлене освітлення);
- використання освітлювальних приладів лише за необхідністю;
- підвищення світловіддачі наявних джерел світла (заміна люстр, відбивачів тощо);
- використання приладів управління освітленістю (датчики руху, акустичні датчики, датчики освітленості, таймери, дистанційне керування, дімери);
- запровадження автоматичної системи диспетчерського управління зовнішнім освітленням (АСДУ НО);
- установка інтелектуальних розподілених систем управління освітленням.

### Електропривід

- оптимальний підбір потужності електродвигуна;
- використання частотно-регульованого приводу.

Заходи по зниженню втрат тепла та підвищенню ефективності систем теплопостачання:

*джерело теплопостачання*

- зменшення витрат енергії та тепла на власні потреби;
- використання сучасного обладнання з вищим ККД теплогенерації, напр. конденсаційні котли;
- використання вузлів обліку теплової енергії;
- використання ко- і три- генерації.

*теплові мережі*

- ізоляція мереж для зниження втрат тепла у довкілля;
- скорочення шляху теплоносія від виробника до споживача теплової енергії (напр., міні-котельня у будинку)
- оптимізація гідравлічних режимів тепломереж;
- зменшення протікань.

*споживачі*

- належна ізоляція опалюваних приміщень;
- використання систем місцевого регулювання опалювальних приладів;
- переведення будинків в режим нульового споживання тепла для опалення (температура всередині підтримується за рахунок внутрішнього тепловиділення та гарної ізоляції);
- використання вузлів обліку теплової енергії.

*Економія води*

- встановлення приладів обліку використання води;
- використання води лише коли дійсно необхідно;
- встановлення установка зливних бачків, які мають функцію вибору інтенсивності зливу;
- встановлення автоматичних регуляторів витрат води, аераторів, сенсорних датчиків

### **8.3 Види джерел електромагнітних полів, іонізуючого випромінювання та методи їх знешкодження.**

Розрізняють природні та штучні джерела електромагнітних полів (ЕМП). У процесі еволюції біосфера постійно перебуває під впливом ЕМП природного походження (природний фон): електричне та магнітне поля Землі, космічні ЕМП, передусім ті, що генеруються Сонцем. У період науково-технічного прогресу людство створило і все ширше використовує штучні джерела ЕМП. У теперішній час ЕМП антропогенного походження значно перевищують природний фон і є тим несприятливим чинником, чий вплив на людину з року в рік зростає. Джерелами, що генерують ЕМП антропогенного походження, є телевізійні та радіотрансляційні станції, установки для радіолокації та радіонавігації, високовольтні лінії електропередач, промислові установки високочастотного нагрівання, пристрої, що забезпечують мобільний та сотовий телефонні зв'язки, антени, трансформатори і т. ін. По суті, джерелами ЕМП можуть бути будь-які елементи електричного кола, через які проходить високочастотний струм. Причому ЕМП змінюється з тою ж частотою, що й струм, який його створює.

Ще на стадії проектування повинне бути забезпечене таке взаємне розташування опромінюючих та опромінюваних об'єктів, яке б зводило б до мінімуму інтенсивність опромінення. Потрібно зменшити імовірність проникнення людей у зони з високою інтенсивністю ЕМП, скоротити час перебування під опроміненням. Потужність джерел випромінювання мусить бути мінімально потрібною.

Важливе значення мають інженерно-технічні методи захисту: колективний, локальний та індивідуальний. Колективний захист спирається на розрахунок поширення радіохвиль в умовах конкретного рельєфу місцевості. Економічно найдоцільніше використовувати природні екрани –

складки місцевості, лісонасадження, нежитлові будівлі. Встановивши антену нагорі, можна зменшити інтенсивність поля, яке опромінює населений пункт, у багато разів.

При захисті від випромінювання екрана повинне враховуватись затухання хвилі при проходженні через екран (наприклад, через лісову смугу). Для екранування можна використовувати рослинність. Спеціальні екрани у вигляді відбивальних щитів дороги і використовуються дуже рідко.

Локальний захист дуже ефективний і використовується часто. Він базується на використанні радіозахистних матеріалів, які забезпечують високе поглинання енергії випромінювання у матеріалі та віддзеркалення від його поверхні. Для екранування шляхом віддзеркалення використовують металеві листи та сітки з доьрою провідністю. Захист приміщень від зовнішніх випромінювань можна здійснити завдяки обклеюванню стін металізованими шпалерами, захисту вікон сітками, металізованими шторами. Опромінення у такому приміщенні зводиться до мінімуму, але віддзеркалене від екранів випромінювання перерозповсюджується в просторі та потрапляє на інші об'єкти.

Іонізуюче випромінювання — це таке випромінювання, взаємодія якого із середовищем призводить до утворення електричних зарядів різних знаків. Розрізняють корпускулярне і фотонне іонізуюче випромінювання.

Джерела іонізуючих випромінювань поділяються на природні та штучні (антропогенні, техногенні).

Штучними джерелами іонізуючих випромінювань є ядерні вибухи, ядерні установки для виробництва енергії, ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок, рентгенівські апарати, прилади апаратури засобів зв'язку високої напруги тощо.

Закритими називаються будь-які джерела іонізуючого випромінювання, будова яких виключає проникнення радіоактивних речовин у навколишнє середовище при передбачених умовах їхньої експлуатації і зносу.

Основними принципами забезпечення радіаційної безпеки при роботі із закритими джерелами іонізуючого випромінювання є:

- зменшення потужності джерел до мінімальних значень ("захист кількістю");
- скорочення часу роботи з джерелом ("захист часом");
- збільшення відстані від джерел до людей ("захист відстанню");
- екранування джерел випромінювання матеріалами, що поглинають іонізуюче випромінювання ("захист екраном").

Відкритими називаються такі джерела іонізуючого випромінювання, при використанні яких можливе потрапляння радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

При цьому може відбуватися не тільки зовнішнє, але і додаткове внутрішнє опромінення персоналу. Тому, основними принципами забезпечення радіаційної безпеки при взаємодії з відкритими джерелами іонізуючого випромінювання є:

- використання принципів захисту, що застосовуються при роботі з джерелами випромінювання у закритому вигляді;
- герметизація виробничого устаткування з метою ізоляції процесів, що можуть стати джерелами надходження радіоактивних речовин у зовнішнє середовище;
- заходи планувального характеру;
- застосування санітарно-технічних засобів та устаткування, використання спеціальних захисних матеріалів;
- використання засобів індивідуального захисту і санітарної обробки персоналу;
- дотримання правил особистої гігієни;
- очищення від радіоактивних забруднень поверхонь будівельних конструкцій, апаратури і засобів індивідуального захисту;
- використання радіопротекторів (біологічний захист).



## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

У магістерській роботі було проаналізовано основні аспекти технологічного процесу роботи компресорних станцій. Виявлено основні параметри, які впливають на якість роботи компресорної системи

Було розроблено автоматизовану систему керування роботою компресорної станції.

Систему було реалізовано на базі програмованих логічних контролерів ОВЕН ПЛК 110 з додаванням додаткових модулів вводу виводу МВА8 та МДВВ, які забезпечують комплексний контроль за усіма параметрами роботи системи та контролюють всі параметри електроприводів.

Також система забезпечує оптимальні роботи керування електромоторами через перетворювачі частоти, що дозволяє збільшити ресурс їх роботи, захистити від критичних режимів.

Впровадження такої системи дозволить оптимізувати роботу компресорної станції.

**БІБЛІОГРАФІЯ**

1. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
2. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
3. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
5. <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/45343/1/Bondarenko.pdf>
6. Веригин И. С. Компрессорные и насосные установки / И. С. Веригин. – М. : Академия, 2007. – 289 с.
7. [http://www.prof2.ru/professii/avtomatizacija\\_zdaniy/materiali\\_slesar/sistem\\_teplosnabzhen/](http://www.prof2.ru/professii/avtomatizacija_zdaniy/materiali_slesar/sistem_teplosnabzhen/).
8. <http://ru.heating.danfoss.com/PCMFiles/41/Recommendation/RB.00.M3.50.pdf>.
9. <http://homepages.eee.strath.ac.uk/~reza/intro-to-simulink.pdf>.
10. [http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/03\\_05/stat\\_114.htm](http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/03_05/stat_114.htm).
11. Системы воздухообеспечения промышленных предприятий / под ред. В. А. Германа. – М. : Изд-во МЭИ, 1989. – 180 с.



12. Paul C. Halon Compressor Handbook / ISBN 0-07-026005-2 / Mc Grow-Hill/2001. – 754 c.