

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Локомотиви»

В авторській редакції

МЕТОДОЛОГІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Методичні рекомендації до виконання контрольної роботи

ДНІПРО
2023

УДК 629.424.-83(075.8)

М 54

Укладачі:

Д. В. Бобирь, В. Н. Сердюк

Рекомендовано до друку МКФ ТІ (протокол № 6 від 23.03.2023)

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 607 від 08.05.2023)

Методологія інженерної діяльності [Текст] : методичні рекомендації до виконання контрольної роботи / уклад.: Д. В. Бобирь, В. Н. Сердюк; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро, 2023. – 28 с.

Методичні вказівки містять матеріали для вивчення та розв’язання творчих інженерних задач.

Для студентів денної та безвідривної форм навчання спеціальності «Локомотиви та локомотивне господарство».

Рис. 9. Табл. 12. Бібліограф.: 4 іменувань.

© Бобирь Д. В., Сердюк В. Н., укладання, 2023

© Українсь. держав. унів.-т науки і технол., 2023

Зміст

Передмова.....	3
Загальні вимоги до виконання контрольної роботи.....	4
Завдання на контрольну роботу	5
1. ТЕХНІЧНИЙ ОБ'ЄКТ І ТЕХНОЛОГІЯ	7
2. ІЄРАРХІЯ ОПИСУ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	8
3. ФУНКЦІОНАЛЬНО-ФІЗИЧНИЙ АНАЛІЗ ТАХОМЕТРИЧНОГО БЛОКУ БА-430.....	15
3.1. Призначення безконтактного тахометричного блока	15
3.2. Технічна функція безконтактного тахометричного блока.....	16
3.3. Конструктивна функціональна структура безконтактного тахометричного блока.....	17
3.4. Фізичний принцип дії безконтактного тахометричного блока.....	22
3.5. Технічне рішення безконтактного тахометричного блока.....	24
3.6. Проект безконтактного тахометричного блока	26
БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	27

Передмова

В курсі навчальної дисципліни «Методологія інженерної діяльності» системно розглядаються питання пов'язані зі створенням, охороною, захистом і комерційною реалізацією технічних об'єктів, а саме, системні, асоціативні та алгоритмічні методи пошуку нових рішень, автоматизація пошукового конструювання з використання комп'ютерної техніки, методи та моделі оцінки і вибору нових систем, методи прийняття рішень, художнє конструювання виробів та основи інженерного прогнозування.

Предметом дисципліни є методи створення різних технічних систем (ТС) з притаманними їм протиріччями, що створюють проблемну ситуацію, вирішення якої можливо шляхом синтезу нової системи.

Метою дисципліни є досягнення компетентностей, які ґрунтуються на зазначених в освітньо-професійній програмі (ОП), а саме:

- проводити дослідження на відповідному рівні;
- працювати в групі над великими проектами стосовно локомотивів;
- застосовувати системний підхід до вирішення інженерних проблем на основі досліджень;
- досліджувати, аналізувати та вдосконалювати технологічні процеси при експлуатації та ремонті локомотивів;
- науково обґрунтовувати вибір матеріалів, обладнання та заходів для реалізації новітніх технологій в експлуатації та ремонті локомотивів.

Для придбання навичок вирішення таких завдань (що випускник також повинен вміти добре робити!) майбутній фахівець повинен опанувати знаннями навичками вирішення творчих інженерних задач, в яких немає готової постановки, невідомий спосіб вирішення, немає близьких прикладів вирішення аналогічних завдань, а викладачеві - невідомий відповідь, зазвичай має кілька варіантів.

Основним завданням курсу «Методологія інженерної діяльності» полягає в вихованні творчих особистостей. Основна мета навчання полягає в виявленні і розкритті творчих нахилів і можливостей, про які більшість із студентів не здогадуються.

Окрім рекомендованих навчальних посібників доцільно під час вивчення курсу й виконання цієї контрольної роботи ознайомитися з такими періодичними виданнями, як журнали «Локомотив», «Інтелектуальна власність».

Загальні вимоги до виконання контрольної роботи

Контрольна робота повинна містити:

1. Вступ.
2. Призначення, умови й принципи дії заданого технічного об'єкта (ТО). (контактор, індуктивний датчик та інші., або їх елементів).
3. Функціональна структура ТО.
4. Фізичний принцип дії ТО.
5. Технічне рішення ТО.
6. Проект ТО.

Контрольна робота або індивідуальне завдання з дисципліни «Методологія інженерної діяльності» виконується студентом згідно із завданням.

Методичні вказівки, які наводяться нижче, не звільняють студента від глибокого та уважного вивчення питань, що розглядаються. Необхідне також використання навчальних посібників та конспект лекцій.

Під час виконання контрольної роботи слід дотримуватися таких положень.

Контрольна робота повинна бути виконана в зошиті, зброшурованому з аркушів формату 210×297 мм, з обов'язковими полями для зауважень рецензента. Вона повинна бути набрана на комп'ютері в текстовому редакторі не нижче Microsoft Word 6.0/7.0 for Windows шрифтом Times New Roman Cyr 14 пт або написана від руки акуратно, розбірливо та без скорочень слів.

Графіки, схеми, креслення виконуються на білому або міліметровому папері. Їх необхідно вставляти в зошит так, як і сторінки з текстом, у корінець зошита (не слід приклеювати їх до полів сторінки).

Аркуші з графіками, схемами, кресленнями вважаються сторінками контрольної роботи й мають відповідну розміщенню нумерацію сторінок.

Ілюстрації та таблиці, крім того, повинні мати окрему порядкову нумерацію. Таблиці також повинні мати назву, а ілюстрації – підписи.

Контрольну роботу або завдання необхідно підписати та вказати дату її виконання.

Після отримання прорецензованої роботи необхідно, незалежно від того, зарахована вона чи ні, виправити всі зауваження й зробити необхідні доповнення. Якщо робота не зарахована, слід у найкоротший термін виконати вимоги рецензента й вислати виправлену роботу разом з рецензією до університету для повторної рецензії. При цьому немає необхідності переписувати повністю роботу або окремі її розділи, а також виконувати виправлення по написаному тексту; усі виправлення й доповнення повинні бути зроблені на окремих аркушах і вшиті у відповідні місця роботи. Стирати або закреслювати зауваження рецензента забороняється.

У вступі необхідно коротко показати актуальність теми, роль і значення ТО в системі автоматики й автоматизації управління та регулювання силових установок тепловозів і т.д., необхідно також зупинитися на меті роботи.

У розділі «Призначення, умови і принцип дії заданого ТО», необхідно описати його роботу, навести основні характеристики, проаналізувати взаємозв'язок ТО з об'єктом на який направлена його дія.

У розділі «Технічна функція ТО» необхідно описати наступну інформацію:

- потребу, яку може задовольнити ТО;
- фізичну операцію (фізичне перевтілення, перетворення), за допомогою якої реалізуються потреби.

У розділі «Фізичний принцип дії ТО» необхідно побудувати конструктивну та потокову функціональну структури.

У розділі «Технічне рішення ТО» необхідно вказати:

- перелік основних елементів;
- взаємне розташування елементів в просторі;
- способи і засоби з'єднання і зв'язку елементів між собою;
- послідовність взаємодії елементів в часі;
- особливості конструктивного виконання елементів (геометрична форма, матеріал і т. д.);
- принципово важливі співвідношення параметрів для ТО в цілому або окремих елементів.

У розділі «Проект ТО» необхідно на відміну від ТР вказати значення параметрів ТО і всіх елементів до деталей. Проект містить всю необхідну інформацію для виготовлення та експлуатації ТО.

Завдання на контрольну роботу

У контрольній роботі студент повинен розробити одну з тем згідно варіанту.

Варіант контрольної роботи студент вибирає з табл. 1.1 за початковою літерою свого прізвища та останньою цифрою навчального шифру.

Таблиця 1.1

Завдання на контрольну роботу

Перша буква прізвища студента	Остання цифра шифру (порядковий номер по журналу)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Номер варіанта									
А-Д	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Е-К	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Л-П	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Р-Ф	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Х-Я	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

Наприклад, студент Іванов, навчальний шифр якого 051583, повинен виконати контрольну роботу за варіантом 13.

Тему контрольної роботи студент визначає з табл. 1.2 згідно з вибраним за табл. 1.1 варіантом.

Таблиця 1.2

Теми контрольних робіт

Номер теми	Назва теми
1	2
Технічний об'єкт з система автоматичного управління (САУ)	
1	Збудженням тягових електродвигунів тепловоза ТЭМ2
2	Збудженням тягових електродвигунів тепловоза 2ТЭ10Л
3	Збудженням тягових електродвигунів тепловоза 2ТЭ10В
4	Збудженням тягових електродвигунів тепловоза 2ТЭ10М
5	Збудженням тягових електродвигунів тепловоза ТЭП60
6	Збудженням тягових електродвигунів тепловоза 2М62
7	Збудженням тягових електродвигунів тепловоза ТЭП70
8	Збудженням тягових електродвигунів тепловоза 2ТЭ116
9	Захисту від буксування тепловоза 2ТЭ10М
10	Захисту від буксування тепловоза 2ТЭ116
11	Захисту від буксування тепловоза ТЭМ2
Технічний об'єкт з система автоматичного регулювання (САР)	
12	Електропередачі тепловоза 2ТЭ10Л
13	Електропередачі тепловоза 2ТЭ10В

Продовження табл. 1.2

1	2
14	Електропередачі тепловоза 2ТЭ10М
15	Електропередачі тепловоза ТЭМ2
16	Електропередачі тепловоза ТЭП60
17	Електропередачі тепловоза 2М62
18	Електропередачі тепловоза 2ТЭ116
19	Електропередачі тепловоза ТЭП70
20	Частоти обертання і потужності дизель-генератора тепловоза 2ТЭ10В
21	Частоти обертання і потужності дизель-генератора тепловоза 2ТЭ10Л
22	Частоти обертання і потужності дизель-генератора тепловоза 2ТЭ10М
23	Частоти обертання і потужності дизель-генератора тепловоза ТЭП60
24	Частоти обертання і потужності дизель-генератора тепловоза 2М62
25	Частоти обертання і потужності дизель-генератора тепловоза 2ТЭ116
26	Частоти обертання і потужності дизель-генератора тепловоза ТЭП70
27	Температурного режиму дизеля тепловоза ТЭМ2
28	Температурного режиму дизеля тепловоза 2ТЭ10В
29	Температурного режиму дизеля тепловоза 2ТЭ10Л
30	Температурного режиму дизеля тепловоза 2ТЭ10М
31	Температурного режиму дизеля тепловоза ТЭП60
32	Температурного режиму дизеля тепловоза 2М62
33	Температурного режиму дизеля тепловоза ТЭП70
34	Температурного режиму дизеля тепловоза 2ТЭ116
35	Напруги допоміжного генератора тепловоза ТЭМ2
36	Напруги допоміжного генератора тепловоза 2ТЭ10В
37	Напруги допоміжного генератора тепловоза 2ТЭ10Л
38	Напруги допоміжного генератора тепловоза 2ТЭ10М
39	Напруги допоміжного генератора тепловоза ТЭП60
40	Напруги допоміжного генератора тепловоза 2М62
41	Напруги допоміжного генератора тепловоза 2ТЭ116
42	Напруги допоміжного генератора тепловоза ТЭП70
43	Електричного гальма тепловоза 2ТЭ116
44	Електричного гальма тепловоза 2ТЭ121

1. ТЕХНІЧНИЙ ОБ'ЄКТ І ТЕХНОЛОГІЯ

Результатами ІТ найчастіше є нові, більш досконалі і ефективні технічні об'єкти і технології або, висловлюючись мовою патентознавців, нові пристрої і способи.

Технічним об'єктом (ТО) будемо називати створене людиною або автоматом реально існуючий (існувавший) пристрій, призначений для задоволення певної потреби. До ТО можна віднести окремі машини, апарати, прилади, ручні знаряддя праці, одяг, будівлі, споруди і т. п. пристрої, що виконують певну функцію (операцію) з перетворення об'єктів живої і неживої природи, енергії

або інформаційних сигналів. До ТО будемо також відносити будь-який з елементів (агрегат, блок, вузол, деталь), з яких складаються машини, апарати, прилади і т. д., а також будь-який з комплексів взаємопов'язаних машин, апаратів, приладів. Це може бути технологічна лінія, цех, завод і т. п.

Як видно з визначення, ТО являє собою досить широке поняття. Так, наприклад, до ТО можна віднести літак і кавомолку, щоглу ЛЕП і лопату, ЕОМ і туфлі, завод і випущені їм болти і гайки.

Як синонім поняття «технічний об'єкт» в літературі часто використовують ще поняття «технічна система».

Існує ієрархічне супідрядність ТО різних рівнів. Так, наприклад, машини або верстати, які є елементами технологічної лінії або цеху, можуть бути розділені на агрегати або блоки, які, в свою чергу, складаються з вузлів і деталей. У зв'язку з цим введемо поняття над системи, які використовуються в ряді методів ІТ. Майже у будь-якого ТО існує над система, тобто іншого ТО, в який він функціонально включається або входить як окремий елемент.

Обробка речовини, енергії або сигналів являє собою виконання за допомогою ТО деякої чітко визначеної послідовності операцій. У зв'язку з цим технологією будемо називати спосіб, метод або програму перетворення речовини, енергії або інформаційних сигналів із заданого початкового стану в заданий кінцевий стан за допомогою певних ТО.

Різноманітність технологій так само велика, як і різноманітність ТО, і завдяки ІТ продовжує швидко зростати. Існують технологія видобутку вугілля відкритим способом, різні технології виготовлення болтів і гайок, технології виготовлення млинців або тортів і т. д.

У книзі розглянуто понятійна основа і методи вирішення творчих завдань, що ставляться в першу чергу до ТО. Поряд з цим наведені методологічні розробки щодо вдосконалення пристроїв підходять також для розгляду і вдосконалення технологій. Тим більше, що опис ТО відображає не тільки його структуру, а й функціонування, тобто містить більш-менш докладний опис технології, реалізованої за допомогою цього ТО.

2. ІЄРАРХІЯ ОПИСУ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Кожен ТО може бути представлений описами, що мають ієрархічну підпорядкованість. Описи характеризуються двома властивостями:

- кожний наступний опис є більш детальним і більш повно характеризує ТО в порівнянні з попереднім;
- кожний наступний опис включає в себе попереднє.

Такі властивості мають такі описи: потреба, або функція ТО; технічна функція (ТФ); функціональна структура (ФС); фізичний принцип дії (ФПД); технічне рішення (ТР); проект. Ієрархія цих описів показана на рис. 2.1. Розглянемо докладніше ці поняття.

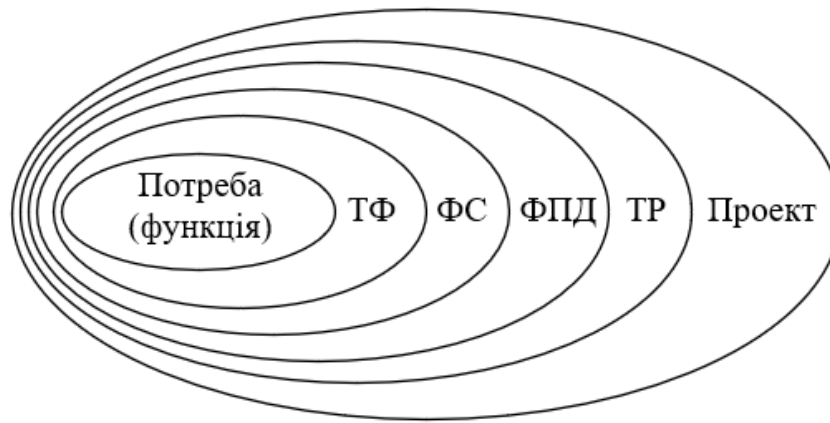


Рис. 2.1. Ієрархія описів ТО

Потреба. Це загальноприйняте і короткий опис природною мовою призначення ТО або цілі його створення (існування). При описі потреби відповідають на питання: «Що (який результат) бажано мати (отримати) і яким особливим умовам і обмеженням при цьому потрібно задовольнити?»

Якщо розглядати більш детально опис потреби, то воно повинно включати наступну інформацію:

- необхідну дію (найменування дії);
- об'єкт (предмет обробки), на яке спрямована ця дія;
- особливі умови та обмеження.

Опис потреби формалізовано можна представити у вигляді трьох компонент

$$P = (D, G, H), \quad (2.1)$$

де D – вказівка дії, виробленого розглянутим ТО і приводить до бажаного результату, тобто до задоволення (реалізації), що цікавить потреби;

G – вказівка об'єкта, або предмета обробки на який спрямована дія D ;

H – вказівка особливих умов і обмежень, при яких виконується дія D .

В табл. 2.1 наведені приклади по компонентного опису потреби.

Поряд з поняттям потреби в інженерній практиці також широко використовується поняття функції ТО. В роботі [1] було показано, що опис потреби і функції ТО тотожно збігаються. Різниця між потребою і функцією полягає в тому, що поняття потреби завжди пов'язане з людиною або автоматом (колективом людей, автоматів), які поставили завдання реалізації потреби і виконуючим проектування відповідного ТО і його виготовлення. Поняття функції завжди пов'язано з ТО, які реалізують цю потребу. У зв'язку з цим цікаво відзначити, що людина часто виступає в двох якостях: як суб'єкт, який формулює потребу, і як елемент ТО, який реалізує цю потребу. Ми будемо відрізняти ці поняття лише тим, що в описі потреби дії будемо користуватися віддієслівним іменником, а функції – дієсловом.

Приклади опису потреб

Найменування ТО	<i>D</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
Світильник	освітлення (освітлює)	приміщення (приміщення)	—
Електроплита	нагрівання (нагріває)	ємність з рідиною	—
Млин	розмелювання (розмелюють)	зерна (зерно)	на борошно
Вантажний автомобіль	перевозка (перевозити)	вантаж (вантаж)	по дорозі
Шляхопровід	забезпечення руху (забезпечує рух)	автомобілі	через переш- коди
Термометр	вимір (вимірює)	температура середовища (температура середовища)	—

У табл. 2.1 в дужках вказані описи функції.

Технічна функція (ТФ). Опис ТФ містить наступну інформацію:

- потреба, яку може задовольнити ТО;
- фізична операція (фізичне перевтілення, перетворення), за допомогою якої реалізуються потреби.

Таким чином, опис ТФ складається з двох частин

$$F = (P, Q), \quad (2.2)$$

де P – задовільнююча потреба, описувана за формулою (2.1);

Q – фізична операція.

Приклади опису фізичних операцій наведено в табл.2.2.

Опис фізичної операції (ФО) формалізовано можна уявити складеним з трьох компонент:

$$Q = (A_T, E, C_T), \text{ або } Q = (A_T \rightarrow E \rightarrow C_T), \quad (2.3)$$

де A_T , C_T – вхідний або вихідний потік (фактор) речовини, енергії або сигналів, відповідно;

E – найменування операції Коллера по перетворенню A_T в C_T .

Таблиця 2.2

Приклади опису фізичних операцій

Найменування ТО	A_T	E	C_T
Світильник	електричний струм	перетворення	світловий потік
Електроплита	електричний струм	перетворення	теплота
Млин	зерно + механічна енергія	з'єднання	борошно
Вантажний автомобіль	паливо	перетворення	рух вантажу
Шляхопровід	маса транспорту (сприймає проїжджа частина)	передача	маса транспорту (сприймають устрій моста)
Електричний термометр	температура середовища	перетворення та зрівняння	електричний струм

Це опис відповідає на питання «що» (A_T), «як» (E), «у що» (C_T) перетворюється за допомогою описуваного ТО. Число входів A_T , дій E і виходів C_T в загальному випадку довільне. Інакше кажучи, під фізичною операцією будемо мати на увазі фізичне перетворення заданого вхідного потоку, або фактора, в вихідний потік (фактор).

Функціональна структура (ФС). Переважна більшість ТО складається з декількох елементів (агрегатів, блоків, вузлів) і можуть бути природним чином розділені на частини. Кожен елемент як самостійний ТО виконує певну функцію і реалізує певну фізичну операцію (ФО), тобто між елементами мають місце два види зв'язків і відповідно два види їх структурної організації.

По-перше, елементи мають певні функціональні зв'язки один з одним, які утворюють конструктивну функціональну структуру. Конструктивна ФС є

орієнтований граф, вершинами якого є найменування елементів, а ребрами - функції елементів.

Крім функціональних зв'язків, між елементами ТО є ще потокові зв'язки, тобто елементи, реалізуючи певні фізичні операції, утворюють потік перетворених або перевтілених речовин, енергії, сигналів або інших чинників. Наприклад, в прокатному стані на вході такого потоку є заготовки перерізом 200×200 мм, а на виході – сталева стрічка товщиною 1 мм, шириною 2 м; в гідроелектростанції на вході – потік води з напором 20 м і витратою $150 \text{ м}^3/\text{с}$, а на виході – електричний струм напругою 380 В і частотою 50 Гц.

Такі потоки певним чином об'єднують і зв'язують елементи ТО і відповідно їх ФО. У складних ТО часто присутні кілька взаємопов'язаних потоків.

Взаємопов'язаний набір ФО, що реалізує один певний потік перетворень речовини, енергії або сигналів, або кілька взаємопов'язаних потоків називатимемо потоковою функціональною структурою. Потокова ФС представляє собою граф, вершинами якого є найменування елементів ТО або найменування операцій Коллера E , а ребрами – вхідні A_T і вихідні C_T потоки (фактори).

Розрізняють два різновиди потокової ФС: конкретизована потокова ФС, у якій в вершинах графа вказані найменування елементів; абстрагована потокова ФС, у якій в вершинах графа вказані найменування операцій Коллера. Абстраговану потокову ФС називають також структурою фізичних операцій. Приклади поточкових ФС і методика їх побудови викладені далі.

Таким чином, існують функціональні структури ТО двох видів: конструктивна ФС і потокова ФС, які доповнюють одна одну. При вирішенні різних прикладних задач (конструювання, навчання і т. д.) використовують або тільки конструктивну ФС, або потокову ФС, або одночасно обидва різновиди.

У потокової ФС кожен елемент реалізує певну ФО. Така реалізація відбувається на основі одного або декількох фізико-технічних ефектів.

Під фізико-технічними ефектами будемо розуміти різні додатки фізичних законів, закономірностей і наслідків з них, фізичні ефекти і явища, які можуть бути використані в технічних пристроях. Як правило, в фізико-технічних ефектах має місце певний причинно-наслідковий зв'язок між «входом» і «виходом». Фізико-технічний ефект повинен мати стандартне формалізоване (має певну структуру) опис, зручне для технічних додатків і машинної обробки.

Найбільш узагальнений якісний опис фізико-технічного ефекту складається з трьох компонент:

$$(A, B, C) \text{ або } (A \rightarrow B \rightarrow C), \quad (2.4)$$

де A – вхідний потік речовини, енергії або сигналів;

B – фізичний об'єкт, що забезпечує або здійснює перетворення A в C ;

C – вихідний потік.

Для вхідного A і вихідного C потоків, так само як і для компонент A_T , C_T у формулі (2.3), можна вказати носії потоків і їх якісні та кількісні

характеристики. У табл. 2.3 наведені приклади опису фізико технічних ефектів за формулою (2.4).

Таблиця 2.3

Приклади опису фізичних ефектів

Найменування фізико-технічного ефекту	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Закон Гука	сила	тверде тіло	лінійна деформація
Закон Джоуля-Ленца	електричний струм	провідник	теплота
Термоелектронна емісія	теплота (нагрівання)	оксидна суспензія	потік електронів
Пьезоелектричний ефект	деформація (сила)	п'єзокристал	електричне поле
Ультразвуковий капілярний ефект	ультразвук	рідина в капілярі	підйом рідини

Фізичний принцип дії (ФПД). Під ФПД будемо розуміти орієнтований граф, вершинами якого є найменування фізичних об'єктів *B*, а ребрами вхідні *A* і вихідні *C* потоки речовини, енергії і сигналів. Таким чином, у багатьох випадках ФПД легко побудувати за допомогою потокової ФС шляхом заміни найменувань елементів або фізичних операцій на найменування об'єктів *B*.

Описи ФПД, як правило, містить зображення принципової схеми ТО, в якій в спрощено-ідеалізованій формі показані основні конструктивні елементи, що забезпечують реалізацію ФПД, і вказані напрямки потоків і основні фізичні величини, що характеризують використовувані фізико-технічні ефекти. Принципова схема полегшує подальшу розробку (конструювання) технічного рішення.

Технічне рішення (ТР). Воно являє собою конструктивне оформлення ФПД або ФС. ТР конкретного ТО, як правило, описується в вигляді дворівневої структури через характерні ознаки ТО в цілому і його елементів. При цьому використовують такі групи ознак [1]:

- вказівка (перелік) основних елементів;
- взаємне розташування елементів в просторі;
- способи і засоби з'єднання і зв'язку елементів між собою;
- послідовність взаємодії елементів в часі;

- особливості конструктивного виконання елементів (геометрична форма, матеріал і т. д.);
- принципово важливі співвідношення параметрів для ТО в цілому або окремих елементів.

Залежно від виду розглянутого ТО елементом може бути частина деталі, деталь, вузол, блок, агрегат, технічна система (ТС), комплекс ТС. При описі ТР деяких ТО може використовуватися тільки частина ознак.

ТР конкретного ТО може бути описано з будь-яким ступенем деталізації. Для цього використовують ієрархічний набір дворівневих описів ТР, тобто спочатку описують ТР пристрою в цілому, потім ТР кожного блоку, потім – кожного вузла і т. д. Опис ТР природною мовою, як правило, доповнюють його графічним зображенням.

Способи опису ТР досить добре розроблені і викладені в методичних і інструктивних матеріалах з патентознавства, оскільки у всіх патентах і авторських свідоцтвах на пристрої дається опис ТР прототипу і нового рішення. Для більшої ясності даного поняття наведемо такий приклад (фрагмент) опису ТР широко відомого ТО в електричному обладнанні локомотивів.

Тахометричний блок (рис. 2.2) складається з наступних елементів: 1 – блок тахометричний; 2 – коробка; 3 – трансформатор насичуючий; 4 – трансформатор компенсуючий; 5 – дросель фільтра; 6 – панель; 7 – панель; 8 – кутник; 9 – кришка; 10 – шайба ущільнююча; 11 – шайба ущільнююча; 12 – радіатор; 13 – радіатор; 14 – болт; 15 – шайба штопорна; 16 – шайба 17 – діод кременевий Д2346; 18 – вивід; 19 – гайка; 20 – конденсатор К-50-20-160-200; 21 – гайка спеціальна; 22 – резистор МЛТ-2-8,2 кОм $\pm$ 5%; 23 – вставка ШР20ПЧНШ8; 24 – колодка ШР20ПЧЭГ8; 25 – гвинт М3 $\times$ 8,36,019; 26 – гвинт М4 $\times$ 12,36,019; 27 – гвинт М4 $\times$ 20,36,019; 28 – гвинт М5 $\times$ 8,36,019; 29 – гвинт М5 $\times$ 12,36,019; 30 – гвинт М5 $\times$ 16,36,019; 31 – гвинт М5 $\times$ 25,36,019; 32 – гайка М3,6,019; 33 – гайка М4,6,019; 34 – гайка М5,5,019; 35 – гайка М6,5,019; 36 – шайба 4,02,019; 37 – шайба 5,02,019; 38 – шайба 3,65г,026; 39 – шайба 4,65г,026; 40 – шайба 5,65г,026; 41 – шайба 6,65г,026; 42 – шпилька М6 $\times$ 100(30)48,019.

Якщо потрібно більш детальний опис тахометричного блока, то аналогічно описують ТР виділених елементів. Наприклад, трансформатор насичуючий і т.п.

ТР являє собою як би безрозмірний опис ТО, яке може мати найрізноманітніші реалізації за параметрами. До параметрів будемо відносити розміри ТО і його елементів, кількісні характеристики входних і вихідних потоків і інші важливі вимірювані властивості ТО. Наприклад, асинхронний електродвигун при однаковому ТР має десятки модифікацій за розмірами, силі струму, напрузі, частоті, частоті обертання, потужності і іншим параметрам.

На відміну від ТР в проекті вказуються значення параметрів ТО і всіх елементів до деталей. Він містить всю необхідну інформацію для виготовлення та експлуатації ТО. Залежно від складності ТО опис проекту становить від декількох до сотень томів, ТС – це багатотомні унікальні зібрання творів,

недоступні широкому читачеві, але, як правило, відчутні у вигляді готових виробів і споруд.

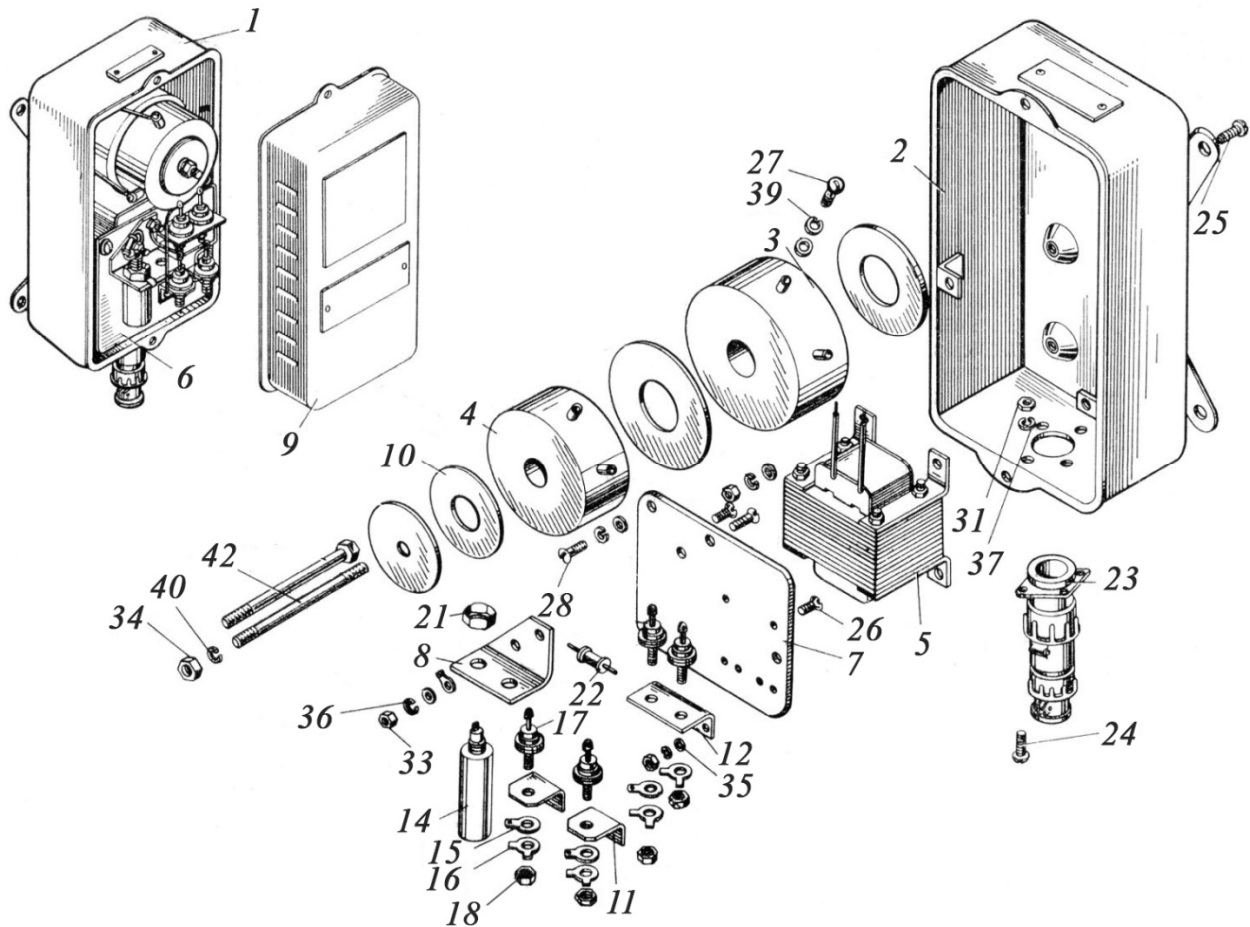


Рис. 2.2. Тахометричний блок БА-420

Слід зазначити, що тут під проектом маються на увазі робочі креслення і конструкторська документація. Для складних ТО часто попередньо розробляють менш детальні проекти (технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект і т.д.). У цих проміжних проектах ступінь детальності опису ТР зазвичай зростає від технічної пропозиції до робочих креслень. Зі зниженням складності ТО число проміжних проектів скорочується.

3. ФУНКЦІОНАЛЬНО-ФІЗИЧНИЙ АНАЛІЗ ТАХОМЕТРИЧНОГО БЛОКУ БА-430

3.1. Призначення безконтактного тахометричного блока

Потреба – це загальноприйняте і коротке описання призначення технічного об'єкту або цілі його створення. Якщо розглядати більш детально описання потреби, то воно повинно включати наступну інформацію:

- необхідна дія, яку забезпечує даний об'єкт;
- об'єкт, на який направлена дія;
- особливі умови і обмеження.

Описання потреби формалізовано можна представити у вигляді трьох компонентів

$$P = (D, G, H), (3.1)$$

де D – вказання дії, яку виконує технічний об'єкт і призводить до бажаного результату;

G – вказання об'єкта або предмета, на який направлена дія D ;

H – вказання особливих умов і обмежень, при яких виконується дія D .

Безконтактний тахометричний блок застосовується для отримання електричного сигналу, який змінюється пропорційно частоті обертання вала дизеля.

В табл. 3.1 приведений компонентний опис потреби безконтактного тахометричного блоку.

Таблиця 3.1

Опис потреби безконтактного тахометричного блоку

Найменування ТО	D	G	H
Безконтактний тахометричний блок	безконтактний тахометричний блок	амплістат збудження	регулювання збудження

3.2. Технічна функція безконтактного тахометричного блоку

Описання технічної функції зберігає в собі наступну інформацію: потребу, яку може задовольнити технічний об'єкт; фізичну операцію, з допомогою якої реалізується потреба.

Таким чином, описання технічної функції складається з двох частин

$$F = (P, Q), (3.2)$$

де P – задовольняюча потреба, що описується за формулою (3.1);

Q – фізична операція, з допомогою якої реалізується потреба.

$$Q = (A_T, E, C_T), (3.3)$$

де A_T , C_T – вхідний і вихідний потік речовини, енергії чи сигналу, відповідно;
 E – операція Коллера по перетворенню A_T в C_T .

В таблиці 3.2 приведено опис фізичної операції для безконтактного тахометричного блоку.

Таблиця 3.2

Описання фізичної операції

Найменування ТО	A_T	E	C_T
Безконтактний тахометричний блок	змінний струм від синхронного підбуджувача ВС-652	перетворення	постійний струм, пропорційний частоті обертання колінчатого валу дизеля

3.3. Конструктивна функціональна структура безконтактного тахометричного блоку

Більшість технічних об'єктів складається з кількох елементів і можуть бути природнім чином розподілені на частини. Кожен елемент, як самостійний технічний об'єкт, виконує певну фізичну операцію. Елементи мають певні функціональні зв'язки один з одним, які утворюють конструктивну функціональну структуру. Конструктивна функціональна структура представляє собою орієнтовний граф, вершинами якого є найменування елементів, а ребрами – функції елементів.

Крім функціональних зв'язків, між елементами технічного об'єкта є ще потокові зв'язки, тобто елементи, реалізуючи певну фізичну операцію утворюють потік перетворених речовин, енергії, сигналів.

На основі табл. 3.3 будуємо конструктивну функціональну структуру безконтактного тахометричного блоку (рис. 3.1).

Крім функціональних зв'язків, між елементами ТО є ще потокові зв'язки, тобто елементи, реалізуючи певні фізичні операції, утворюють потік перетворених або перевтілених речовин, енергії, сигналів або інших чинників. Такі потоки певним чином об'єднують і зв'язують елементи ТО і відповідно їх ФО. У складних ТО часто присутні кілька взаємопов'язаних потоків.

Взаємопов'язаний набір ФО (табл. 3.4), що реалізує один певний потік перетворень речовини, енергії або сигналів, або кілька взаємопов'язаних потоків називатимемо потоковою функціональною структурою. Потокова ФС представляє собою граф, вершинами якого є найменування елементів ТО або найменування операцій Коллера E , а ребрами – вхідні A_T і вихідні C_T потоки (фактори).

Функції елементів безконтактного тахометричного блоку

Елемент		Функція	
позначення	найменування	позначення	опис
E_1	Штепсельний роз'єм	Φ_1	Приєднання блока до схеми керування на тепловозі
E_2	Конденсатор	Φ_2	Накопичення заряду
E_3	Резистор	Φ_3	Зміна величини струму
E_4	Корпус	Φ_4	Захист і об'єднання блока
E_5	Дріт	Φ_5	Проведення струму
E_6	Діод (4)	Φ_6	Пропускання струму в одному напрямку
E_7	Дросель	Φ_7	Згладжування пульсацій вихідної напруги
E_8	Насичуючий трансформатор	Φ_8	Зміна індукції
E_9	Компенсуючий трансформатор	Φ_9	Підвищення точності вимірювання частоти
E_{10}	Кришка	Φ_{10}	Закриває корпус

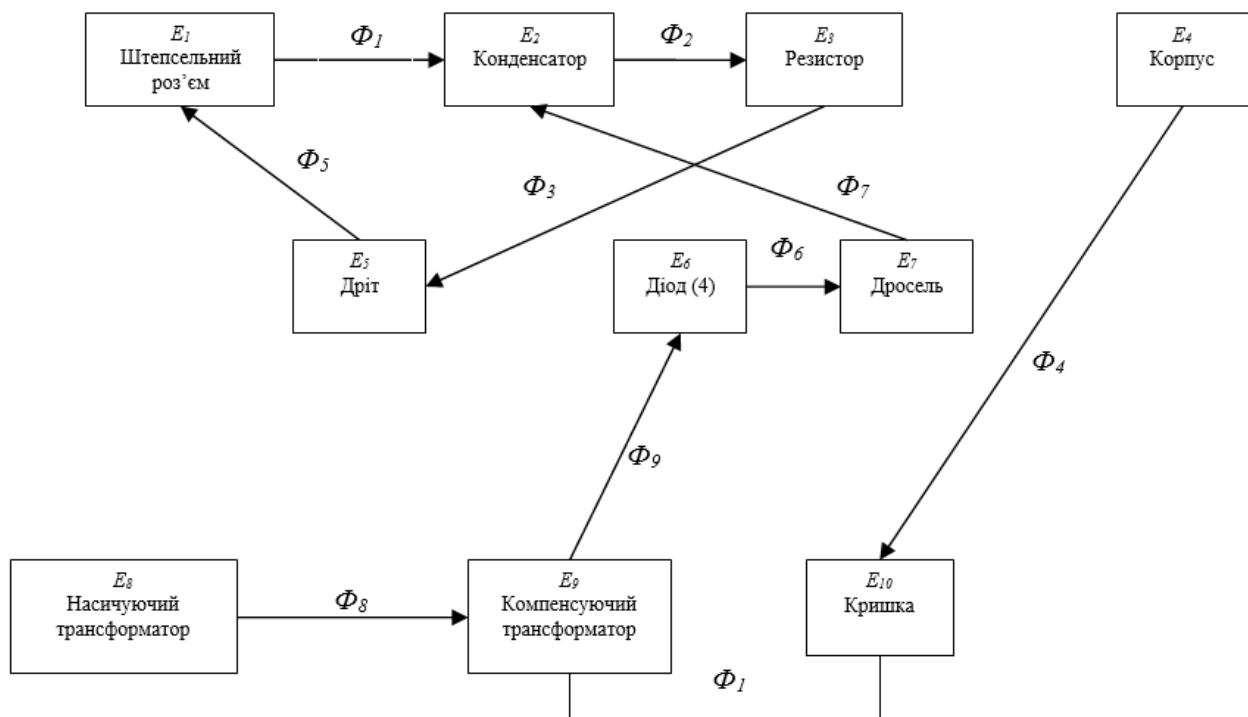


Рис. 3.1. Конструктивна функціональна структура тахометричного блоку

Розрізняють два різновиди потокової ФС: конкретизована потокова ФС, у якій в вершинах графа вказані найменування елементів (рис. 3.2); абстрагована потокова ФС, у якій в вершинах графа вказані найменування операцій Коллера (рис. 3.3). Абстраговану потокову ФС називають також структурою фізичних операцій.

Таблиця 3.4

Описання фізичних операцій елементів тахометричного блоку

№ елемента та/або об'єкту ФС	Найменування елемента та об'єкту ФС	ФО				
		Вхід A_T	Номер джерела	Операція Коллера K	Вихід C_T	Номер приймача
1	Штепсельний роз'єм	електричний струм	5	проведення	електричний струм	—
2	Конденсатор	електричний струм	6	накопичення	електричний струм	3
3	Резистор	електричний струм	6	проведення	електричний струм	5
4	Корпус	постійна маса	10	проведення	сила реакції кришки	10
5	Дріт	електричний струм	3	проведення	електричний струм	1
6	Діод	електричний струм	9	проведення / не проведення	електричний струм	7
7	Дросель	електричний струм	6	перетворення	електричний струм	2
8	Насичуючий трансформатор	електричний струм	0-1	зміна	електричний струм	9
9	Компенсуючий трансформатор	електричний струм	8	зміна	електричний струм	6
10	Кришка	—	—	—	—	—

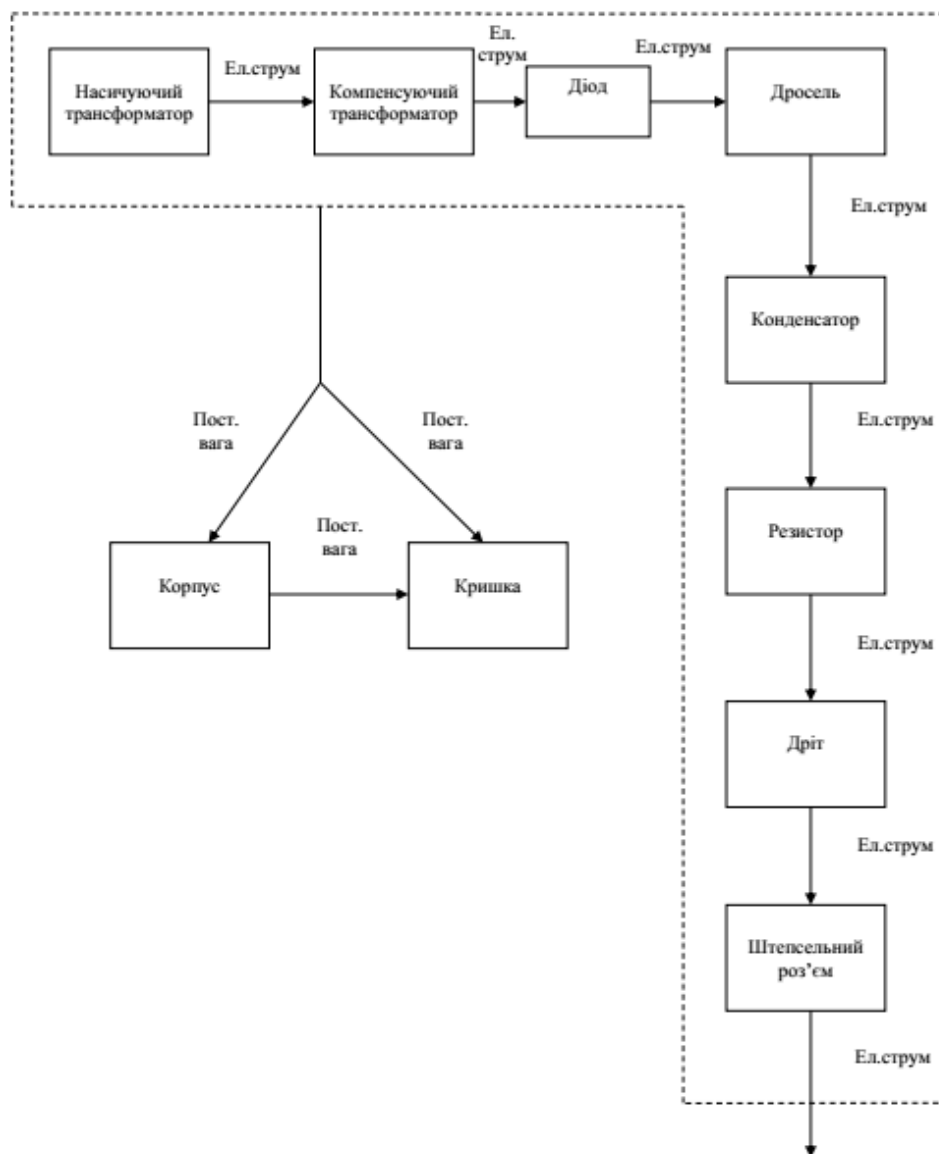


Рис. 3.2. Поточкова ФС безконтактного тахометричного блока

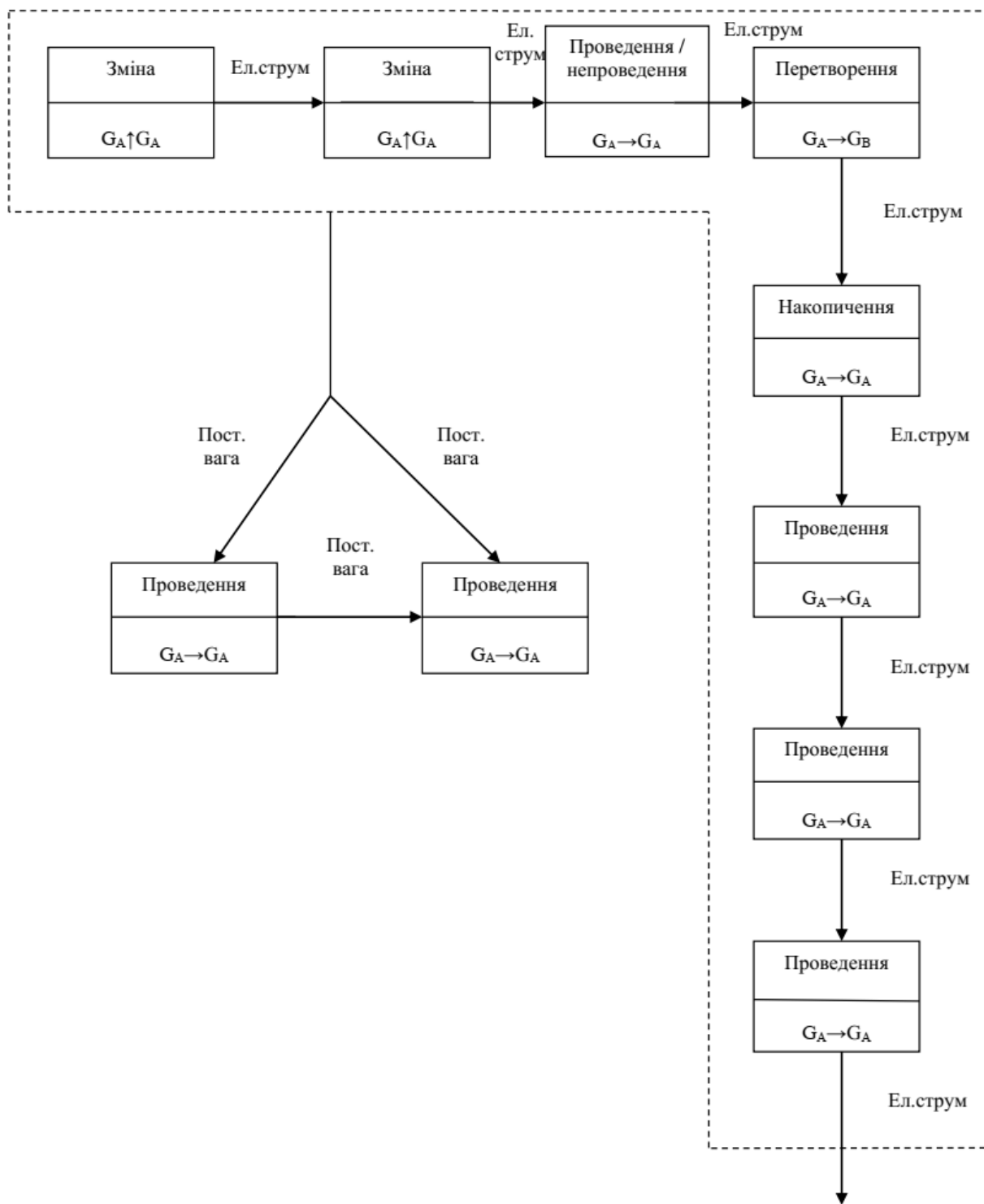


Рис. 3.3. Абстрагована потокова ФС безконтактного тахометричного блока

3.4. Фізичний принцип дії безконтактного тахометричного блоку

Елементарна фізична операція (ФО) – це така фізична операція, яка може бути реалізована за допомогою одного фізико-технічного ефекту (ФТЕ).

Фізико-технічний ефект – різні положення закону закономірностей і наслідків з них, фізичні ефекти і явища, які можуть бути використані в технічних приладах.

Для опису фізичного принципу дії розглядуваного ТО необхідно мати поточкову ФС, яка складається тільки з елементарних ФО.

Таблиця 3.5

Описання ФТЕ, що діють в безконтактному тахометричному блоці

Номер елементарної ФО і ФТЕ	Компоненти опису ФТЕ			Найменування ФТЕ
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	
1	електричний струм	провідник	електричний струм	закон Ома
2	електричний струм	провідник	електричний струм	закон Ома
3	електричний струм	провідник	електричний струм	закон Ома
4	постійна вага	тверде тіло	Сила реакції	ефект рівноваги сил
5	електричний струм	провідник	електричний струм	закон Ома
6	електричний струм	провідник	електричний струм	закон Ома
7	електричний струм	провідник	електричний струм	закон Ома
8	електричний струм	провідник	електричний струм	закон Ома
9	електричний струм	провідник	електричний струм	закон Ома
10	постійна вага	тверде тіло	сила реакції	ефект рівноваги сил

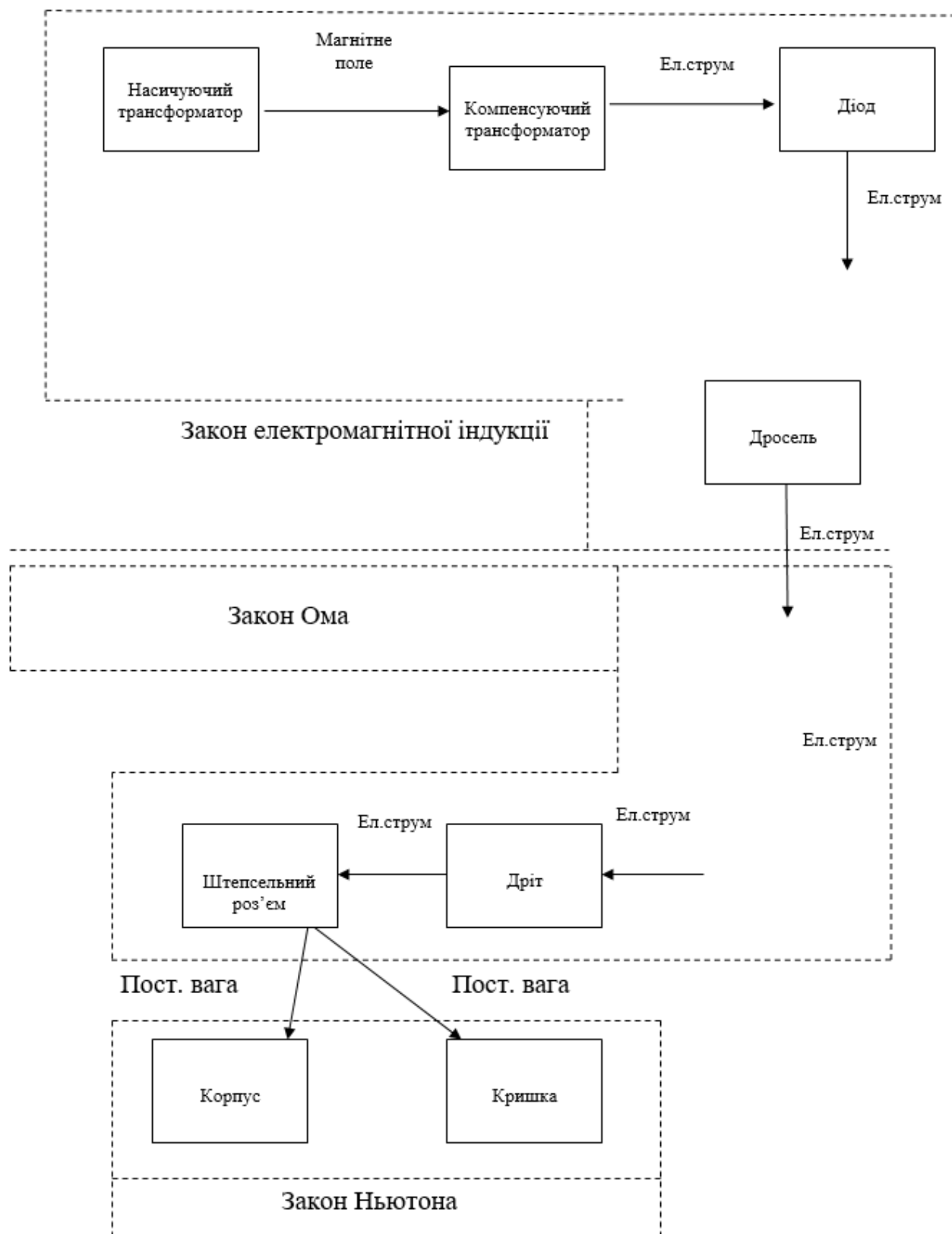


Рис. 3.4. Фізичний принцип дії безконтактного тахометричного блока

3.5. Технічне рішення безконтактного тахометричного блока

Технічне рішення (ТР) представляє собою конструктивне оформлення ФПД або ФС. Технічне рішення безконтактного тахометричного блоку БА-420, як правило, описується в вигляді дворівневої структури через характерні признаки ТО в цілому та його елементів

Таблиця 3.6

Перелік елементів безконтактного тахометричного блоку

Найменування	Кількість
Котушка	1
Сердечник	1
Дросель	1
Штепсельний роз'єм	1
Дріт	1
Резистор	1
Діод	4
Корпус	1
Кришка	1
Конденсатор	2
Болт М12×50	4
Болт М8×30	1
Болт М8×20	1

Сигнал, пропорційний частоті обертання валу дизеля, на тепловозах типу 2ТЕ116 формується за допомогою безконтактного тахометричного блоку (рис. 3.5).

Основним вузлом БТ є насичуючий трансформатор, із осердям з пермалою, що має прямокутну петлю гістерезису. Як відомо, у звичайного (ненасиченого) трансформатора вторинна напруга пропорційна первинній. У насичуючому трансформаторі, при перемагнічуванні осердя змінним струмом (рис. 3.6, а) два рази протягом одного періоду досягається насичення (рис. 3.6, б).

При зміні магнітного потоку в осердді буде індукуватися е.р.с. у вторинній обмотці E_2 . При насиченні осердя ($\Phi = \text{const}$) е.р.с. у вторинній обмотці не індується. Таким чином, форма е.р.с. у вторинній обмотці буде мати вид імпульсів різної полярності (рис. 3.6, в). Після випрямлення імпульси напруги будуть мати однаковий знак (рис. 3.6, г). Площа кожного імпульсу не залежить від частоти первинної напруги і майже не залежить від величини цієї напруги.

Тому середнє значення напруги на виході трансформатора, що насичується, буде залежати від кількості імпульсів в одиницю часу, тобто від частоти змінного струму.

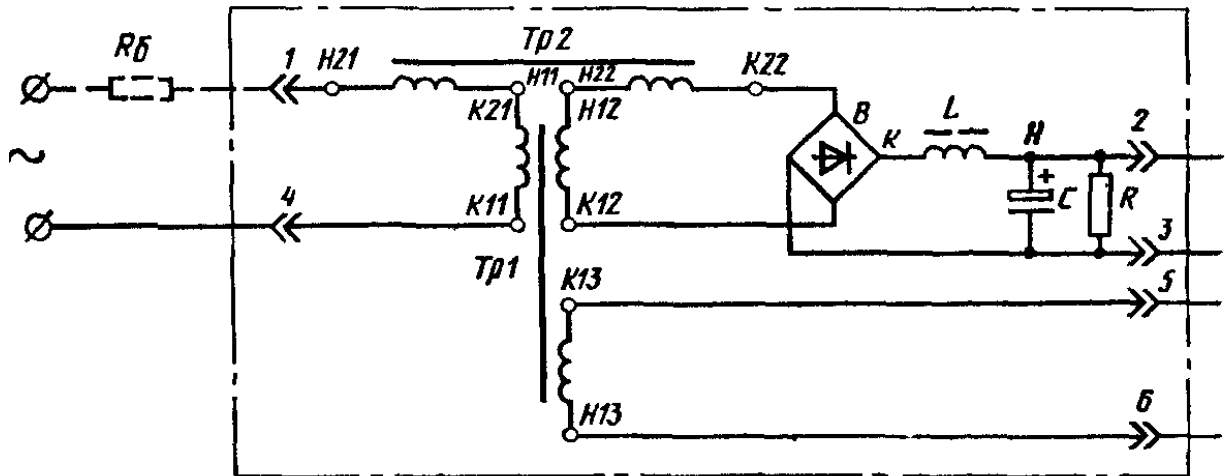


Рис. 3.5. Принципова електрична схема безконтактного тахометричного блоку БА-430:

$Tp1$ – насичуючий трансформатор; $Tp2$ – компенсуючий трансформатор; $R_б$ – баластовий резистор; B – випрямний міст; L – дросель; C – конденсатор; $L-C-R$ – згладжувальний фільтр

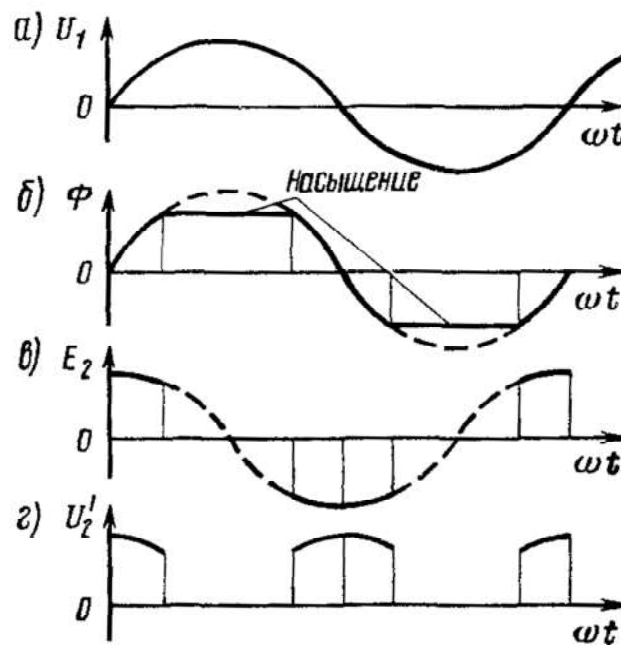


Рис. 3.6. Пояснення принципу роботи насичуючого трансформатора

Розглянутий принцип дії насичуючого трансформатора, ілюструється його характеристикою (рис. 3.7), з якої видно, що при малих значеннях первинної напруги U_1 їхня вторинна напруга U_2 росте пропорційно первинному. Потім при насиченні вторинна напруга залишається майже незмінною, залежною лише від частоти живлення.

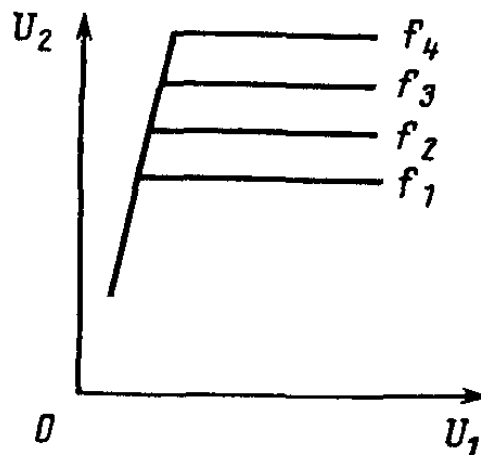


Рис. 3.7. Характеристика насичуючого трансформатора при різних частоті живлення

3.6. Проект безконтактного тахометричного блоку

В проекті вказуються значення параметрів ТО і всіх елементів до деталей (табл. 3.7). Він містить всю необхідну інформацію для виготовлення та експлуатації ТО. Залежно від складності ТО опис проекту становить від декількох до сотень томів, тобто проекти ТС – це багатотомні унікальні зібрання творів, недоступні широкому читачеві, але, як правило, відчутні у вигляді готових виробів і споруд.

Таблиця 3.7

Перечень елементів безконтактного тахометричного блоку та їх характеристики

Найменування	Позначення	Матеріал	Маса	Кількість
1	2	3	4	5
Котушка	8TX.551.058	Мідь ГОСТ 1051-73	0,284	1
Сердечник	8TX.551.058	Сталь 3 ГОСТ 1051-73	0,150	1
Дросель	5TX.505.073	Мідь ГОСТ 1412-70	0,285	1
Штепсельний роз'єм	6TX.740.009	Чавун сірий СУ21-40 ГОСТ 1412-70	0,125	1

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5
Дріт	8ТХ.235.075	Мідь ГОСТ 1051-73	0,12	1
Резистор	-	Проволока П-3 ГОСТ 9389-75	0,05	1
Діод	2ТХ.999.007.3	Германій ГОСТ 2517-75	0,062	4
Корпус	8ТХ.064.568	Чавун сірий СУ21-40 ГОСТ 1412-70	1,6	1
Кришка	8ТХ.064.568	Чавун сірий СУ21-40 ГОСТ 1412-70	0,5	1
Конденсатор	5ТХ.740.007	Папір, фольга	0,1	2
Болт М12×50	ГОСТ 7795-70	Круг М12 ГОСТ 2590-71	0,0573	4
Болт М8×30	ГОСТ 7796-70	Круг 7-3а ГОСТ 7417-75	0,0132	1
Болт М8×20	ГОСТ 7796-70	Круг 7-3а ГОСТ 7417-75	0,0254	1

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кузнецов Ю. М. Теорія розв'язання творчих задач. – Київ: ТОВ «ЗМОК ПП ГНОЗИС», 2003. – 294 с.
2. Кузнецов Ю. М., Луців І. В., Дубиняк С. А. Теорія технічних систем / Під ред. Кузнецова Ю. М. – Київ: «Тернопіль», 1997. – 310 с.
3. M. Brunelli, "Introduction to the Analytic Hierarchy Process", Springer Briefs in Operations Research, 2015. – 152 p.
4. John W. Satzinger, Robert B. Jackson, Stephen D. Burd, "Systems Analysis and Design in a Changing World", Cengage Learning, 2018. – 245 p.

Навчально-методичне видання

Бобирь Дмитро Валерійович
Сердюк Володимир Никандрович

МЕТОДОЛОГІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
Методичні рекомендації до виконання контрольної роботи

В авторській редакції
Комп'ютерна верстка Д. В. Бобирь

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк¹₂₇. Обл.-вид. арк.¹₃₁.
Електронне видання

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 1201, м. Дніпро, 49010.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010