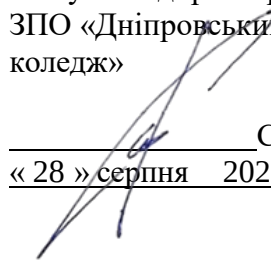


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАКЛАД ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ
«ДНІПРОВСЬКИЙ ПРОФЕСІЙНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОЛЕДЖ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з навчально-методичної роботи
ЗПО «Дніпровський професійний технологічний
коледж»

 Сергій ГОРДІЄНКО
« 28 » серпня 2026 р.



МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання індивідуальних завдань (самостійної роботи) з дисципліни

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА З ОСНОВАМИ ЕЛЕКТРОНІКИ

Рівень освіти: Фахова передвища освіта (ОПС «Фаховий молодший бакалавр»)

Галузь знань: G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність: G9 Прикладна механіка

Викладач - Володимир ПУСТОВОЙТ

Вступ та загальні методичні вказівки

Цей методичний посібник розроблено для допомоги здобувачам освіти у виконанні індивідуальних завдань самостійної роботи (СРС) з дисципліни «Електротехніка з основами електроніки в прикладній механіці». Відповідно до робочої програми, на виконання СРС відведено 36 годин, протягом яких слухач має виконати 9 практико-орієнтованих інженерних кейсів.

Мета самостійної роботи — формування навичок інженерного мислення, вміння працювати з довідковою літературою, каталогами електротехнічної продукції (DataSheets) та нормативними документами (ПУЕ).

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Кожне завдання виконується у спеціальному робочому зошиті або на аркушах формату А4 (за погодженням з викладачем). Оформлення повинно містити:

1. Назву теми та номер СРС.
2. Короткий опис виробничої ситуації (кейсу).
3. Необхідні принципові або структурні схеми, накреслені з використанням стандартних УДО (умовних графічних позначень).
4. Розгорнутий розрахунок з наведенням вихідних формул та підстановкою значень.
5. Обґрунтований інженерний висновок.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ СРС (МАКСИМАЛЬНО 10 БАЛІВ)

Бали	Критерії якості виконання
9 - 10	Повноцінне, технічно обґрунтоване розкриття теми. Розрахунки безпомилкові. Використано паспортні дані реального обладнання. Схеми накреслені охайно за стандартами.
7 - 8	Завдання виконано в повному обсязі. Розрахунки вірні, але наявні незначні неточності у виборі довідкових коефіцієнтів або дрібні відхилення в УДО на схемах.
5 - 6	Аналіз поверхневий. Відсутня прив'язка до реальних систем промислової автоматики, розв'язок має суто теоретичний характер без висновку.
0 - 4	Фрагментарне виконання. Грубі помилки в застосуванні законів електротехніки (Ома, Кірхгофа). Копіювання чужих розрахунків.

Важливо! Академічна доброчесність

Усі завдання базуються на індивідуальних варіантах (потужність, напруга, довжина лінії тощо). Якщо розрахунки та схеми в роботах двох слухачів ідентичні при різних вхідних даних — роботи анулюються і оцінюються у 0 балів без права перескладання.

СРС №1. Вибір перерізу проводів за допустимою втратою напруги

Виробнича ситуація: Необхідно здійснити живлення пульта керування координатно-розточувального верстата постійним струмом від віддаленого джерела. Довжина кабельної лінії складає L (м), струм навантаження I (А). Потрібно розрахувати падіння напруги в лінії та обрати переріз мідного провідника.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Будь-який провідник має активний опір. Під час проходження струму I через провідник з опором R , згідно із законом Ома, виникає падіння напруги $\Delta U = I \cdot R$. Якщо лінія довга, напруга, яка дійде до верстата, може виявитися нижчою за критичну межу, і апаратура управління (пускачі, реле) просто не спрацює.

Опір лінії розраховується за формулою:

$$R = \rho \cdot (2 \cdot L) / S$$

де: ρ — питомий опір матеріалу (для міді $\rho = 0.0175$ Ом·мм²/м); L — довжина лінії в один бік (множимо на 2, бо струм іде по прямому та зворотному проводу); S — переріз провідника (мм²).

АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ

1. Визначте допустиму втрату напруги. Зазвичай для кіл керування вона не повинна перевищувати 5% від номінальної напруги джерела ($\Delta U_{\text{доп}} = 0.05 \cdot U_{\text{ном}}$).
2. З базової формули виведіть вираз для знаходження мінімально необхідного перерізу провідника:

$$S_{\text{розр}} = (2 \cdot \rho \cdot L \cdot I) / \Delta U_{\text{доп}}$$

3. Підставте ваші варіантні дані (довжину та струм) і розрахуйте $S_{\text{розр}}$.
4. Зі стандартного ряду перерізів кабелів (за ПУЕ) оберіть найближчий **більший** стандартний переріз. Стандартний ряд (мм²): 0.5; 0.75; 1.0; 1.5; 2.5; 4.0; 6.0; 10.0; 16.0.
5. Зробіть перевірочний розрахунок фактичної втрати напруги з обраним стандартним кабелем.

Приклад:

Дано: $U = 24\text{В}$, $L = 25\text{м}$, $I = 15\text{А}$. Допустима втрата $\Delta U = 24 \cdot 0.05 = 1.2\text{В}$.

Розрахунок: $S = (2 \cdot 0.0175 \cdot 25 \cdot 15) / 1.2 = 10.93$ мм².

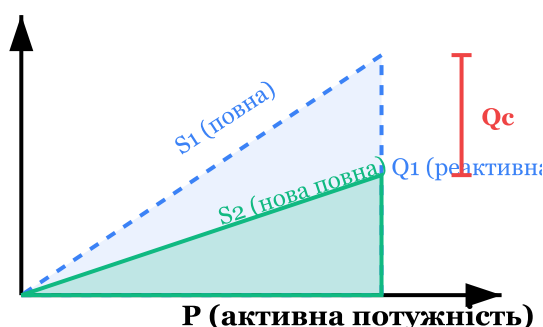
Вибір: Стандартний переріз найближчий більший — 16 мм². Обрано мідний кабель 2х16 мм².

СРС №2. Компенсація реактивної потужності ($\cos \varphi$)

Виробнича ситуація: Група токарних верстатів має сумарну активну потужність P (кВт) та низький коефіцієнт потужності $\cos \varphi_1$. Вимоги енергокомпанії — підвищити коефіцієнт до $\cos \varphi_2 = 0.95$. Необхідно розрахувати потужність конденсаторної установки.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Асинхронні двигуни верстатів споживають з мережі не лише активну потужність (P , йде на корисну роботу різання), але й реактивну (Q , йде на створення магнітного поля). Повна потужність S завантажує кабелі та трансформатори. Для зменшення реактивної потужності паралельно навантаженню підключають конденсаторні батареї.



АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ

1. За заданим початковим $\cos \varphi_1$ знайдіть відповідний кут та його тангенс ($\tan \varphi_1$) за допомогою інженерного калькулятора.
2. За заданим бажаним $\cos \varphi_2 = 0.95$ знайдіть $\tan \varphi_2$.
3. Розрахуйте необхідну реактивну потужність конденсаторної установки Q_c (кВАр) за формулою:

$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

4. Сформулюйте висновок щодо того, як зменшиться повний струм ділянки після встановлення конденсаторів, і чому це дозволить уникнути штрафів.

СРС №3. Вибір верстатного трансформатора

Виробнича ситуація: Верстат фрезерної групи потребує заміни згорілого понижувального трансформатора. Від нього живиться лампа місцевого освітлення (36 В, потужність P_1 Вт) та котушки магнітних пускачів (110 В, потужність S_2 ВА).

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У промисловості для безпечного живлення кіл керування та освітлення (щоб уникнути ураження оператора напругою 220В або 380В) використовують понижувальні трансформатори серії ОСМ (Однофазний, Сухий, Багатоцільовий). Вони можуть мати кілька вторинних обмоток з різними напругами.



АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ

1. Визначте сумарну потужність навантаження. Оскільки освітлення має коефіцієнт потужності $\cos \varphi \approx 1$, його потужність у Вт чисельно дорівнює повній потужності у ВА.

$$S_{\Sigma} = P_1 + S_2 \text{ (ВА)}$$

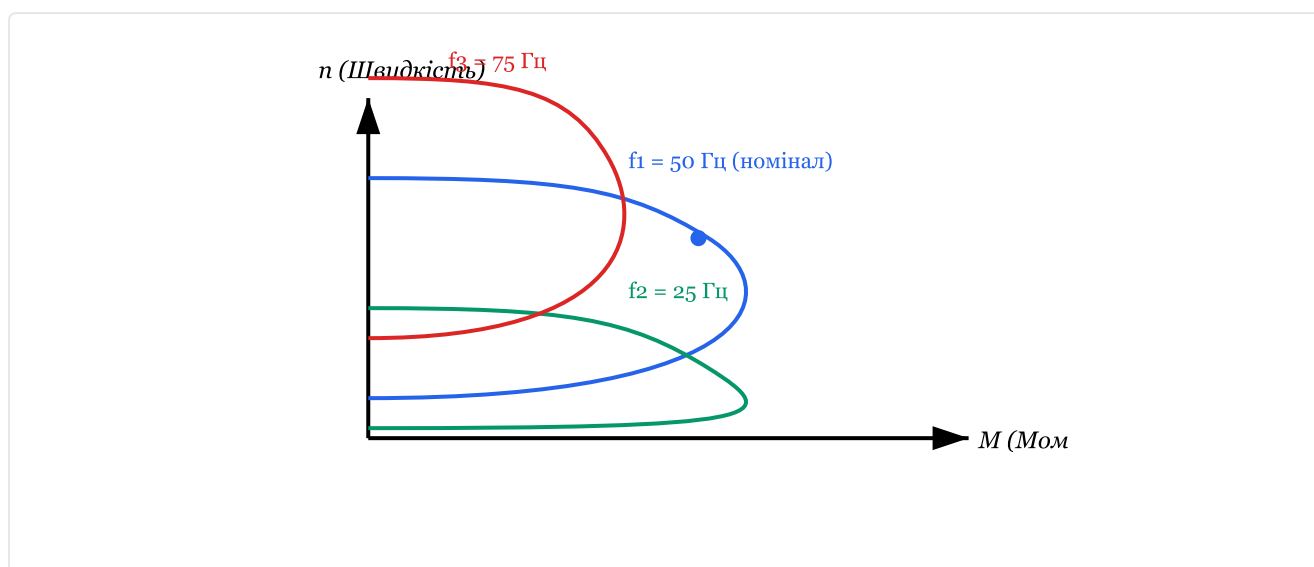
2. Отриману потужність переведіть у кіловольт-ампери (кВА), поділивши на 1000.
3. Знайдіть у довіднику найближчий **більший** номінал трансформатора ОСМ. Стандартні потужності ОСМ: 0.063, 0.1, 0.16, 0.25, 0.4, 0.63, 1.0 кВА.
4. Сформуйте повне маркування трансформатора. *Приклад: ОСМ-0.16 220/110/36.*
5. Напишіть короткий висновок про вимоги електробезпеки при експлуатації кіл 36 В у вологих цехах з металевими підлогами.

СРС №4. Механічні характеристики асинхронного двигуна

Виробнича ситуація: Токарно-гвинторізний верстат оснащено частотним перетворювачем. Необхідно побудувати ескізи механічних характеристик (залежність швидкості від моменту) при регулюванні частоти напруги живлення.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Синхронна частота обертання магнітного поля статора двигуна залежить від частоти мережі f та кількості пар полюсів p : $n_0 = (60 \cdot f) / p$. Сучасні частотні перетворювачі змінюють f (від 0 до 100 Гц і вище), що дозволяє плавно регулювати швидкість шпинделя. Важливою умовою є збереження постійного відношення напруги до частоти ($U/f = \text{const}$) для підтримки номінального моменту.



АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ

1. Обчисліть синхронну швидкість n_0 для номінальної частоти 50 Гц.
2. Перерахуйте значення n_0 для заданих у вашому варіанті частот (наприклад, 20 Гц та 80 Гц).
3. Від руки або в програмі накресліть осі координат n (вертикальна) та M (горизонтальна).
4. Побудуйте сімейство кривих, звертаючи увагу на критичний момент. Поясніть, чому при частоті вище 50 Гц максимальний момент двигуна зменшується (зона послаблення поля).

СРС №5. Пошук несправностей (Troubleshooting) двигунів постійного струму

Виробнича ситуація: На сервоприводі подачі супорта токарного верстата (двигун постійного струму) спостерігається сильне іскріння на колекторі, особливо під час реверсування. Необхідно скласти алгоритм пошуку та усунення несправності.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Двигуни постійного струму (ДПС) забезпечують відмінні динамічні характеристики (високий пусковий момент, плавне реверсування), але їхнім слабким місцем є щітково-колекторний вузол. Іскріння — це ознака поганої комутації, яка призводить до вигорання колекторних пластин.

Причина іскріння	Фізична суть проблеми	Дії механіка (рішення)
Механічний знос щіток	Графіт стерся, пружина не забезпечує належного притиску до колектора. Збільшується перехідний опір.	Перевірити довжину щіток. Замінити комплект. Притерти нові щітки по дузі колектора.
Забруднення колектора	Мідний пил та мастило замикають сусідні пластини (ламелі) колектора, викликаючи круговий вогонь.	Протерти колектор спиртом. Продорожити (заглибити) міканітову ізоляцію між ламелями.
Реакція якоря	Магнітне поле якоря спотворює головне поле. Фізична нейтраль зміщується, секція комутується в магнітному полі.	Перевірити підключення та цілісність обмоток додаткових полюсів (вони компенсують ЕРС самоіндукції).
Перевантаження верстата	Струм якоря перевищує номінальний під час різання занадто твердого металу.	Перевірити режими різання. Виміряти струм якоря струмовими кліщами.

АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ

1. У вигляді блок-схеми або покрокового списку опишіть послідовність дій механіка при виявленні іскріння.
2. Зазначте, які інструменти та прилади (мультиметр, струмові кліщі, мегаомметр) потрібні на кожному етапі.
3. Сформулюйте висновок щодо переваг сучасних безколекторних (BLDC/PMSM) сервоприводів у порівнянні з класичними ДПС.

СРС №6. Вибір апаратів захисту (Автоматичний вимикач та теплове реле)

Виробнича ситуація: Асинхронний двигун насоса змащувально-охолоджуючої рідини (ЗОР) має потужність 1.5 кВт, напругу 380 В і $\cos \varphi = 0.8$, ККД = 0.85. Підберіть номінал автоматичного вимикача та струм уставки теплового реле.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Для захисту двигунів від струмів короткого замикання (КЗ) використовують **автоматичні вимикачі** з електромагнітним розчеплювачем. Для захисту від тривалого перевантаження (наприклад, заклинив підшипник) застосовують **теплові реле**.

1. Номінальний струм двигуна розраховується як:

$$I_{\text{ном}} = (P \cdot 1000) / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta)$$

2. Пусковий струм асинхронного двигуна у 5-7 разів перевищує номінальний ($I_{\text{пуск}} = K_i \cdot I_{\text{ном}}$, де $K_i \approx 6$).

Правила вибору:

- **Теплове реле:** Струм уставки повинен бути на 5-10% більшим за номінальний. $I_{\text{уст}} = (1.05 \dots 1.1) \cdot I_{\text{ном}}$.
- **Автоматичний вимикач:** Щоб автомат не вимикався від пускового струму, струм спрацювання відсічки повинен бути: $I_{\text{відс}} \geq 1.2 \cdot I_{\text{пуск}}$. Рекомендується обирати автомати з характеристикою "C" або "D" (моторні).

АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ

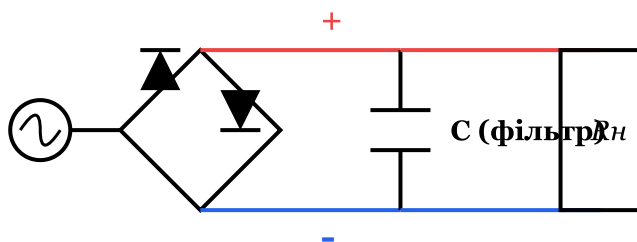
1. Обчисліть $I_{\text{ном}}$ за вашими варіантними даними (задана потужність та ККД).
2. Розрахуйте струм уставки теплового реле та виберіть з каталогу (див. Додаток) найближчий діапазон налаштування реле типу РТЛ.
3. Розрахуйте пусковий струм.
4. Підберіть стандартний автоматичний вимикач (наприклад, номінали: 4А, 6А, 10А, 16А) з характеристикою C, який би витримував розрахований пусковий струм без хибних спрацювань.
5. Зробіть висновок про різницю між тепловим та електромагнітним захистом.

СРС №7. Випрямлячі та згладжувальні фільтри

Виробнича ситуація: Розробка джерела постійної напруги для живлення оптичних датчиків верстата. Випрямлена напруга $U_d = 24$ В, струм навантаження I_d (А). Розрахувати ємність згладжувального конденсатора.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У промисловій автоматичі найпоширенішою є однофазна мостова схема випрямлення. Вона складається з 4-х діодів. Після випрямлення напруга є пульсуючою. Щоб датчики працювали коректно, пульсації необхідно згладити за допомогою електролітичного конденсатора, підключеного паралельно навантаженню.



АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ

1. Визначте допустиму амплітуду пульсацій напруги ΔU (зазвичай для електроніки вона становить 5% від вихідної напруги, тобто $\Delta U = 0.05 \cdot U_d$).
2. Розрахуйте необхідну ємність конденсатора за спрощеною інженерною формулою:

$$C = I_d / (2 \cdot f_n \cdot \Delta U)$$

де f_n — частота пульсацій. Для мостової схеми вона вдвічі більша за частоту мережі ($f_n = 100$ Гц).

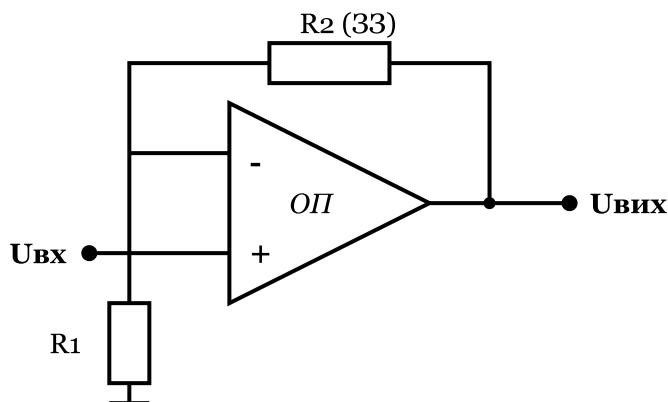
3. Переведіть отриманий результат з Фарад у мікрофаради (мкФ), помноживши на 10^6 .
4. Виберіть стандартний номінал електролітичного конденсатора (напр., 1000 мкФ, 2200 мкФ, 4700 мкФ) з робочою напругою не менше 35 В.

СРС №8. Операційні підсилювачі (ОП) в системах вимірювання

Виробнича ситуація: Сигнал з тензодатчика (вимірює зусилля різання на різці) становить $U_{\{vx\}}$ (близько 10-50 мВ). Для коректної роботи АЦП контролера ЧПК необхідно підсилити цей сигнал до $U_{\{вих\}} = 5$ В. Розрахуйте опори зворотного зв'язку ОП.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Операційний підсилювач (ОП) — це основа аналогової електроніки в системах ЧПК. Залежно від підключення резисторів, він може підсилювати, додавати, інтегрувати або порівнювати сигнали. Для узгодження датчиків найчастіше застосовують **неінвертувальний підсилювач**, який має високий вхідний опір і не навантажує датчик.



АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ

1. Розрахуйте необхідний коефіцієнт підсилення $K = U_{\{вих\}} / U_{\{vx\}}$ (зведіть напруги до однакових одиниць виміру, наприклад, вольтів).
2. Запишіть формулу коефіцієнта підсилення для неінвертувальної схеми:

$$K = 1 + (R_2 / R_1)$$

3. Задайтеся опором резистора R_1 (зазвичай обирають стандартне значення в діапазоні 1 кОм – 10 кОм).
4. Виразіть та розрахуйте опір резистора зворотного зв'язку $R_2 = R_1 \cdot (K - 1)$.
5. Зробіть висновок, чому важливо використовувати ОП з низьким рівнем власних шумів для роботи з мілівольтовими датчиками.

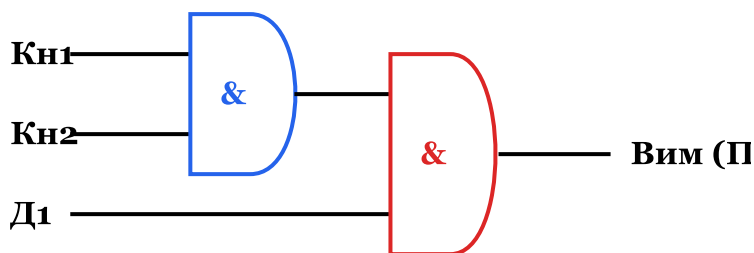
СРС №9. Основи цифрової логіки в пневматиці/ЧПК

Виробнича ситуація: Проектування логіки безпечної роботи пневматичного преса. Щоб уникнути травм, прес повинен опускатися лише тоді, коли оператор одночасно натискає дві кнопки (Кн1 і Кн2 – зайняті обидві руки) **ТА** є сигнал від датчика (Д1), що деталь встановлена правильно.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Програмовані логічні контролери (ПЛК) оперують цифровими сигналами (1 - є сигнал, 0 - немає сигналу). Робота будується на базових логічних вентилях:

- **I (AND)** — кон'юнкція. Видає "1" тільки якщо на всіх входах "1".
- **АБО (OR)** — диз'юнкція. Видає "1" якщо хоча б на одному вході "1".



АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ

1. Запишіть логічне рівняння системи. Підказка: $Y = Kn1 \cdot Kn2 \cdot D1$.
2. Побудуйте таблицю істинності (Truth Table) для трьох змінних (Кн1, Кн2, Д1). Таблиця повинна містити $2^3 = 8$ рядків комбінацій нулів та одиниць.

Кн1	Кн2	Д1	Вихід (Y)
0	0	0	0
0	0	1	0
...заповнити самостійно всі 8 станів...			
1	1	1	1 (Прес працює)

Додатки для виконання розрахунків

Нижче наведено витяги з довідкових таблиць (ПУЕ та каталоги виробників), необхідних для виконання індивідуальних розрахунків.

ДОДАТОК А. ДОПУСТИМІ ТРИВАЛІ СТРУМИ ДЛЯ МІДНИХ ПРОВОДІВ (ВИТЯГ З ПУЕ)

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм для відкритої прокладки (1 провід), А	Струм для прокладки в трубі (2 проводи), А
1.0	17	15
1.5	23	18
2.5	30	25
4.0	41	32
6.0	50	40
10.0	80	55
16.0	100	80

ДОДАТОК Б. ДІАПАЗОНИ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ РЕЛЕ СЕРІЇ РТЛ

Типономінал реле	Діапазон регулювання струму неспрацювання, А	Для контакторів ПМЛ величини
РТЛ-1007	1.50 - 2.60	1-ша величина (до 10А)
РТЛ-1008	2.40 - 3.60	1-ша величина
РТЛ-1010	3.80 - 6.00	1-ша величина
РТЛ-1012	5.50 - 8.00	1-ша величина
РТЛ-1014	7.00 - 10.00	1-ша величина
РТЛ-2053	13.00 - 19.00	2-га величина (до 25А)
РТЛ-2055	18.00 - 25.00	2-га величина

Порада від викладача:

Інженерія — це не лише сухі цифри. Під час виконання розрахунків завжди аналізуйте результат. Якщо для живлення датчика на 5 Ампер ви отримуєте кабель товщиною з руку (100 мм²) — розрахунок виконано невірно. Перевіряйте розмірності (мілі-, мікро-, кіло-) та використовуйте здоровий глузд.



**ДНІПРОВСЬКИЙ
ПРОФЕСІЙНИЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
КОЛЕДЖ**

ЗАКЛАД ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ

Документ містить ознайомчий фрагмент.

**Повна версія доступна в електронній
бібліотеці закладу після входу в особистий
кабінет студента.**