

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи

_____магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Система керування електроосвітленням загальноосвітньої
середньої школи села Зарванці Вінницької області»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-18м
спеціальності 141 – Електротехнічні
системи електроспоживання

_____Весельський Р. А._____

(прізвище та ініціали)

Керівник доц., к. т. н. Шулле Ю. А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент_____

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2020 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

спеціальності 141 – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. М. Й. Бурбело

“ ___ ” _____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Весельському Роману Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Система керування електроосвітленням загальноосвітньої середньої школи села Зарванці Вінницької області

керівник роботи Шулле Юлія Андріївна, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від “ ___ ” _____ 2020 року

№ _____

2. Термін подання студентом роботи “ ___ ” _____ 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан коли; відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження; відомості про джерела живлення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загальні відомості про підприємство. 2 Оптимізація системи електропостачання підприємства шляхом математичного моделювання. 3 Захист підземних комунікацій від блукаючих струмів. 4 Економічна частина дипломної роботи. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Генплан школи з розміщеними елементами СЕП, однолінійна схема трансформаторної підстанції школи схема ГРП школи, приклад керування освітленням з контролерами LIC CONTROL, приклад керування освітленням по протоколу DALI, структурна схема системи на протоколі DMX512, Система управління освітленням в комплексі з системою подачі дзвінків з використанням контролерів K2000T та датчиків K2010.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		
Нормоконтроль	Лобода Ю. В., асистент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу		
2	Синтез зовнішньої СЕП		
3	Науково дослідна частина		
4	Економічна частина		
5	Охорона праці		
6	Графічна частина	1	

Студент _____ Весельський Р. А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Шулле Ю. А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 621.311

АНОТОЦІЯ

Весельський Р. А. Система керування електроосвітленням загальноосвітньої середньої школи села Зарванці Вінницької області. МКР. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Вінниця : ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2020. – 101 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання щодо підвищення економічності системи електропостачання на етапі проектування середньої школи села Зарванці Вінницької області.

Магістерська кваліфікаційна робота отримана на основі даних, отриманих під час проходження практики на підприємстві.

В роботі розглянуто систему електропостачання підприємства в цілому, вибір кількості і потужності ТП, релейний захист та автоматика.

В науково-дослідній частині роботи розглянуто системи керування електроосвітленням.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: система електропостачання, електропостачання, системи керування.

Рисунків - 32

Таблиць - 27

Бібліографій – 31

УДК 621.311

АННОТОЦИЯ

Весельский Г. А. Система управления электроосвещением общеобразовательной средней школы села Зарванцы Винницкой области. МКР. Специальность 141 - Электроэнергетика, электротехника и электромеханика. - Винница: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2020. - 101 с.

В магистерской квалификационной работе рассмотрены вопросы повышения экономичности системы электроснабжения на этапе проектирования средней школы села Зарванцы Винницкой области.

Магистерская квалификационная работа получена на основе данных, полученных во время прохождения практики на предприятии.

В работе рассмотрена система электроснабжения предприятия в целом, выбор количества и мощности ТП, релейная защита и автоматика.

В научно-исследовательской части работы рассмотрены системы управления электроосвещением.

Рассмотрены вопросы охраны труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: система электроснабжения, электроснабжение, системы управления.

Рисунков – 32

Таблиц - 27

Библиографов – 31

ВСТУП	21
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО.....	23
2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....	25
2.1 Визначення середніх та розрахункових навантажень цехів та заводу методами коефіцієнтів використання та попиту з допомогою електронного процесора EXCEL	25
2.2 Визначення к ількості, потужності та місця розташування цехових ТП.....	28
2.3 Визначення оптимальних перерізів зовнішньої лінії живлення	31
2.4 Визначення оптимальних координат розміщення підстанцій СЕП ..	34
3 СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ В НАВАЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ	39
3.1 Управління освітленням. Способи і засоби управління освітленням	39
3.2 Принципи управління світлодіодними системами.....	50
3.3 Способи живлення світлодіодних світлових приладів	54
3.4 Керування освітлення в навчальних класах.....	56
3.5 Автоматика для управління освітленням в місцях загального користування.....	59
3.6 Аналіз використання твердотілих реле	60
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	66
4.1 Визначення капітальних вкладень	66
4.2 Річні витрати і втрати електроенергії	67
4.3 Розрахунок оплати за електроенергію	70

	19
4.4 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу. Розрахунок фонду заробітної плати	70
4.4.1 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу	70
4.4.2 Розрахунок витрат по заробітній платі	72
4.4.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються	76
4.4.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат.....	78
4.5 Розрахунок собівартості електроенергії	80
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .	82
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	83
5.1.1 Електробезпека.....	83
5.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	84
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	85
5.2.1 Мікроклімат	85
5.2.3 Виробниче освітлення	87
5.2.4 Виробничий шум.....	87
5.2.5 Психофізіологічні фактори	88
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи керування електроосвітленням в умовах впливу загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	90
5.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи керування електроосвітленням в умовах надзвичайних ситуацій	94
ВИСНОВОК.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97
Додаток А – Технічне завдання.....	100

	20
Додаток Б – Генплан школи з розміщеними елементами СЕП.....	105
Додаток В – Однолінійна схема трансформаторної підстанції школи .	106
Додаток Д - Приклад керування освітленням з контролерами LIC CONTROL.....	108
Додаток Е – Приклад керування освітленням по протоколу DALI.....	109
Додаток Ж – Структурна схема системи на протоколі DMX512	110
Додаток З – Система управління освітленням в комплексі з системою подачі дзвінків з використанням контролерів K2000T та датчиків K2010	112

ВСТУП

Електрична енергія використовується у всіх сферах життєдіяльності людини, яка має багато специфічних властивостей та безпосередньо бере участь у створенні інших видів продукції, впливу на їх якість. В умовах невиправдано енергоємної структури сучасного виробництва, його низької енергоефективності та дефіциту паливно-енергетичних ресурсів одним з найважливіших питань є підвищення ефективності використання електроенергії. Основним споживачем електроенергії є промисловість, але економія електроенергії в різних сферах є досить актуальною. В навчальних закладах велика частина електроенергії затрачається на живлення освітлювальних установок тому впровадження енергозберігаючих систем керування освітленням є досить актуальною темою.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є створення математичних моделей для системи електропостачання школи та на основі їх аналізу вибір найбільш економічного варіанту живлення. Провести аналіз СЕП школи на основі актуальних методів, при цьому виконати розрахунки зовнішньої та внутрішньої електромережі, електричних навантажень, розрахувати потужність конденсаторної установки, здійснити вибір електрообладнання та розрахувати місце розташування трансформаторних підстанцій.

Основними задачами при проектуванні СЕП являються задачі:

- вибір перерізів ліній живлення;
- вибір засобів компенсації реактивної потужності;
- задачі оптимального вибору кількості та потужності трансформаторів.

Об'єкт дослідження – зменшення витрат електроенергії в освітлювальних установках за рахунок аналізу та вдосконалення систем керування освітленням.

Предмет дослідження – є методи та засоби зменшення витрат електроенергії в освітлювальних установках.

Методи досліджень. Метою даної магістерської роботи є дослідження шляхів економії електроенергії в освітлювальних установках за рахунок впровадження сучасних систем керування ними.

Наукова новизна. Проведено аналіз застосування різних систем керування освітленням в Зарванецькій ЗОШ. Запропоновано для комутації великих груп LED світильників використання твердотільного реле, що забезпечить мінімізацію пускових струмів великих груп LED світильників.

Практична цінність. Запропоновані заходи дозволять зменшити споживання електроенергії в освітлювальних мережах школи на 20-30 % і дозволять більш ефективно використовувати електричну енергію.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

Об'єкт розташований в с. Зарванці Вінницького району Вінницької області. Він реалізований із програми Міністерства освіти і науки по програмі розвитку ОТГ «сільська школа». На даний момент завершено проектування школи і будівництво заплановане на 2021-2022 рік.



Рисунок 1.1 – Місце розташування об'єкта

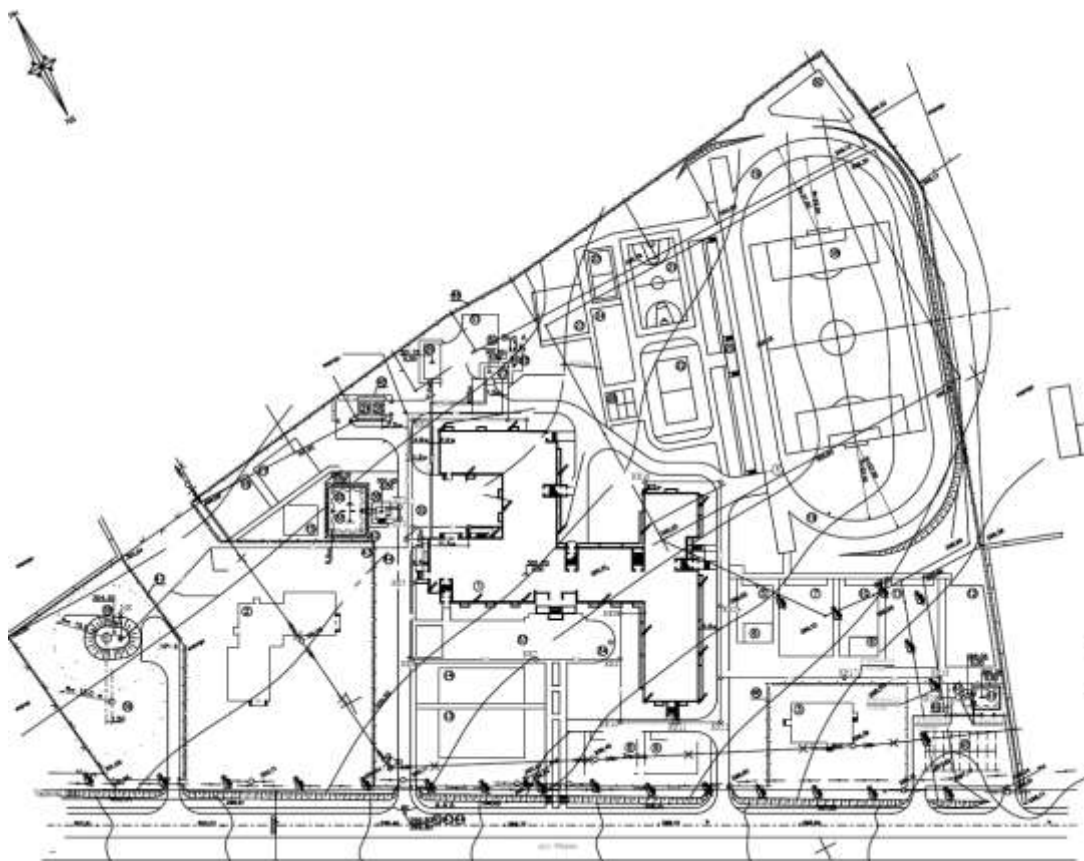


Рисунок 1.2 – План території школи

Таблиця 1.1 – Характеристика об'єктів школи

Номер на плані	Найменування та позначення	Поверховість	Кількість		Площа, м ²				Будівельний об'єм, м ³	
			Будівель	Квартир	Забудови		Загальна, що нормується		Будівлі	Всього
					Будівлі	Всього	Будівлі	Всього		
1	Школа на І-Шст. (330учнів) - проект.	2-3	1		2978,15	2978,15			28386,75	28386,7
2	Дитячі ясла-сад на 65 місць - перспектива	2	1							
3	ФАП з квартирою лікаря - перспектива	2	1							
4	Кафе " Вікторія" - існ.	1	1							
Зона відпочинку										
5	Майданчик для рухомих ігр 1 класів - проект.	—	1		118,0	118,0				
6	Тіньовий навіс - проект.	1	2		44,82	89,65				
7	Майданчик для рухомих ігр 2-4 класів - проект.	—	1		306,0	306,0				
8	Майданчик для рухомих ігр 5-9 класів - проект.	—	1		153,0	153,0				
9	Майданчик для тихого відпочинку 5-9 класів - проект.	—	1		153,0	153,0				
10	Майданчик для занять на повітрі - проект.	—	1		178,0	178,0				
Навчально-дослідна зона										
11	Ділянка квітково-декоративних рослин 1-4 класів - проект.	—	1		351,0	351,0				
12	Ділянка квітково-декоративних рослин 5-9 класів - проект.				287,0	287,0				
13	Ділянка польових і овочевих культур - проект.	—	1		341,0	341,0				
14	Плодовий сад і росадник декоративних рослин - проект.	—	1		243,0	243,0				
15	Метеорологічний і географічний майданчик - проект.	—	1		80,0	80,0				
16	Зоотваринна ділянка - проект.	—	1		176,0	176,0				
17	Теплиця із зоомайданчиком - проект.	—	1		176,0	176,0				
Фізкультурно-спортивна зона										
18	Шкільний стадіон - окреме замовл. № 5511 - проект	—	1		4172,0	4172,0				
19	Бігова доріжка 250м - окреме замовл. № 5511 - проект.	—	1		1543,0	1543,0				
20	Трибуна для глядачів - окреме замовл. № 5511 - проект.	1	1		207,0	207,0				
21	Майданчик для баскетболу - проект	—	1		476,0	476,0				
22	Майданчик комбінований для спортивних ігор - проект.	—	1		474,0	474,0				
23	Майданчик для гімнастики 1-4 класів - проект.	—	1		196,0	196,0				
24	Майданчик для гімнастики 5-9 класів - проект.	—	1		198,0	198,0				
25	Майданчик для гри в бадмінтон - проект.	—	1		120,0	120,0				

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Визначення середніх та розрахункових навантажень цехів та заводу методами коефіцієнтів використання та попиту з допомогою електронного процесора EXCEL

При розрахунку силових навантажень школи важливе значення має правильне визначення електричного навантаження елементів силової мережі. Збільшення навантаження може привести до збільшення витрат на будівництва СЕП, зниження навантаження – порушення функціонування СЕП і неможливості забезпечення нормальної роботи електроприймачів.

Середня потужність визначається методом коефіцієнта використання. Розрахункова потужність визначається методом коефіцієнта попиту.

Автоматизований розрахунок виконано в табличній формі за допомогою електронного процесору EXCEL.

Нижче подано всі опорні формули табличної форми в звичайному математичному вигляді, та через адреси відповідних комірок з використанням функцій електронного процесору EXCEL.

Складаємо електронну таблицю для обчислення не тільки розрахункових, але й середніх навантажень окремих цехів та заводу в цілому з урахуванням не тільки силового, але й освітлювального навантаження.

Опишемо математичну модель розрахунку навантажень методом коефіцієнта попиту.

P_n - номінальна активна потужність цеху ,кВт;

K_n - коефіцієнт попиту;

K_e - коефіцієнт використання;

$\cos\varphi$ -коефіцієнт потужності;

K_{no} - коефіцієнт попиту освітлення;

P_{nut} - потужність освітлення на 1 м^2 , кВт/м²;

F - площа цеху, м²;

P_{po} - розрахункова активна потужність освітлення, кВт;

Q_{po} - розрахункова реактивна потужність освітлення, квар;

P_c - середня активна потужність цеху, кВт;

Q_c - середня реактивна потужність цеху, квар;

P_p - розрахункова активна потужність цеху враховуючи навантаження, кВт;

S_p - повна розрахункова потужність цеху, кВА;

S_c - повна середня потужність цеху, кВА;

$S_{p\text{сум}}$ - повна розрахункова потужність заводу, кВА;

$S_{c\text{сум}}$ - повна середня потужність заводу, кВА;

ρ - питома густина навантаження, кВА/м².

На рисунку 2.1 подані вхідні та вихідні дані по розрахункам навантажень методом коефіцієнту попиту та коефіцієнта використання.

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Вырезать Копировать Вставить Формат по образцу Буфер обмена

Times New Roman 12 Ж К Ч Шрифт

Перенос текста Объединить и поместить в центре Выравнивание

Общий Число

Условное форматирование Форматировать как таблицу

Ф_сум =СУММ(Ф)

		Силове навантаження					Освітлювальне навантаження					Середні навантаження				Розрахункові навантаження				ρ ₀ кВА/м ²		
№	Споживач	Рн, кВт	cos	tg	Кп, в.о.	Кв	F, м2	Кпо	Рпиг. о	Кпра	tg_о	Рро, кВт	Qро, квар	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	Iс, кА	Рр, кВт	Qр, квар		Sp, кВА	Ip, кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
8	ГЦР-1 Робочу освітлення	110,20	0,75	0,88	0,60	0,5	350	0,80	0,02	1,20	0,48	5,712	2,742	60,812	51,3354	79,583	4,59472	71,83	61,054	94,2732	5,4429	0,2693521
9	ГЦР-2 Силове олектробладнання	168,35	0,75	0,88	0,60	0,5	350	0,85	0,02	1,20	0,48	5,355	2,57	89,53	76,8058	117,96	6,81047	106,4	91,653	140,406	8,1063	0,4011591
10	Котельня (№36)	14,50	0,70	1,02	0,50	0,4	30	0,85	0,01	1,20	0,48	0,428	0,206	6,2284	6,12282	8,7339	0,50425	7,678	7,6021	10,8051	0,6238	0,3601696
11	Очисні (№40)	2,00	0,72	0,96	0,27	0,23	90,97	0,85	0,01	1,20	0,48	1,299	0,624	1,75905	1,06692	2,0573	0,11878	1,839	1,144	2,16585	0,125	0,0238084
12	КНС	1,30	0,75	0,88	0,70	0,55	20	0,85	0,01	1,20	0,48	0,286	0,137	1,0006	0,76766	1,2612	0,07281	1,196	0,9396	1,52065	0,0878	0,0760324
13	Зовнішнє освітлення	5,30	0,75	0,88	0,75	0,55	100	0,60	0,01	1,10	0,48	0,924	0,444	3,839	3,01431	4,881	0,2818	4,899	3,9491	6,29253	0,3633	0,0629253
14	Всього	301,65			0,6	0,4945	940,97					14	6,722	163,169	139,113	214,42	12,3796	184,8	158,36	243,385	14,052	0,2586531

Рисунок 2.1 – Таблична форма розрахунку навантажень цехів та підприємства в цілому

Задаємо імена потрібним коміркам, а також приведемо табличну та математичну мадель розрахунку, які ми будемо використовувати для розрахунку навантажень школи.

При створенні таблиці окремим діапазнам були присвоєні ім'я згідно з шапкою таблиці. При введені нових даних в таблиці автоматично будуть перераховуватись всі розрахункові величини.

2.2 Визначення кількості, потужності та місця розташування цехових ТП

При визначенні місця розташування ТП згідно з технологічних міркувань було прийнято рішення до його розташування ближче точки приєднання.

Для автоматизованого розв'язку цієї задачі з допомогою електронного процесору EXCEL попередньо необхідно визначитись із:

- 1) маркою трансформаторів (ТМ);
- 2) середньою та розрахунковою потужністю по ЦТП S_p , S_c , кВА;
- 3) нормативним коефіцієнтом ефективності капіталовкладень в ЦТП E_c (приймаємо 0,1);
- 4) коефіцієнтом відрахувань на амортизацію в ЦТП E_a ($E_a = 0,036$);
- 5) питомою вартістю втрат потужності V_0 , грн./кВт (розраховано раніше в загальній базі даних);
- 6) кількістю трансформаторів ЦТП k_t , шт;
- 7) коефіцієнтом навантаження в нормальному режимі.

Коефіцієнт навантаження в нормальному режимі знайдемо шляхом розрахунків:

а) за таблицею G.1 ДСТУ 3463-96 знаходимо річну температуру для регіону, в якому знаходиться наше підприємство, тобто Вінницька область: $\theta = 10,7^0$;

б) за таблицею 3 знаходимо поправку для трансформаторів встановлених у приміщенні із доброю циркуляцією повітря, то із врахуванням поправки на

температуру охолоджуючого середовища який враховує кількість трансформаторів на ТП, потужності трансформаторів, та їх установці дорівнює $\theta:7^0$;

с) знайдемо значення ефективної температури: $\theta_e = \theta + 7^0 = 17,7^0$;

д) з таблиці 6 для потрібної марки трансформатора знаходимо коефіцієнт навантаження в нормальному режимі за середньорічною температурою: $k_H = 1$.

Складаємо математичну модель вибору потужності цехових ТП. Керованою змінною буде S_T - потужність трансформатора, а показником ефективності Z – річні приведені затрати в ТП.

$$Z(S_T) = B_{ТП}(S_T) + B_B(S_T), \quad (2.2)$$

де $B_{ТП}(S_T)$ - річна приведена вартість капіталовкладень.

$$B_{ТП}(S_T) = (E_e + E_a)K_{ТП}(S_T, K_T), \quad (2.3)$$

де $B_B(S_T)$ - вартість річних втрат електроенергії;

E_e – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

E_a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$K_{ТП}(S_T, k_T)$ – капіталовкладення в ТП в залежності від потужності S_T та кількості k_T трансформаторів.

$$B_B(S_T) = (\Delta P_{xx}(S_T) + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot K_s^2) \cdot K_T \cdot t \cdot \tau, \quad (2.4)$$

де $\Delta P_{xx}(S_T)$ – втрати холостого ходу трансформатора потужністю S_T ;

$\Delta P_{кз}(S_T)$ – втрати короткого замикання трансформатора потужністю S_T ;

k_T – кількість трансформаторів;

t – тариф за електроенергію;

τ – число годин максимальних втрат.

Коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_{ТП}}{S_T \cdot K_m}. \quad (2.5)$$

$$Z_{ТП}(S_m) = (E_e + E_a) \cdot K_{ТП}(S_m, k_m) + \left(\Delta P_{кз}(S_m) \cdot \left(\frac{S_{ТП}^2}{S_m^2 \cdot k_m} \right) + k_m \cdot \Delta P_{xx}(S_m) \right) \cdot t \cdot \tau \rightarrow \min$$

При розв'язанні задачі необхідно врахувати наступні обмеження:

$$S_T \cdot k_T \cdot k_n \geq S_{ТПсм}, \quad (2.6)$$

де $S_{ТПсм}$ – середня потужність ТП;

S_T – потужність трансформатора ТП;

k_T – кількість трансформаторів.

$$k_T \geq 1 \Rightarrow K_{на} \cdot S_T \geq K_{нна} \cdot S_{ТП}, \quad (2.7)$$

де $k_{па}$ – максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформатора в післяаварійному режимі згідно ДСТУ 3463-96 таблиця Н.1 для максимальної літньої температури цеху, що не перевищує 30^0 ($k_{па} = 1,3$);

$k_{нна}$ – частина навантаження ТП, яка повинна залишитись в роботі в післяаварійному режимі (погоджується з технологами $k_{нна} = 0,85$).

Для вибору потужності ЦТП складемо електронну таблицю Excel на робочому листі „ЦТП” (рисунок 2.3).

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТП ЗА МІНІМУМОМ ЗАТРАТ													
Економічні характеристики													
4	Питома вартість втрат, грн/кВт										$B_0 = 4330,80384$		
5	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										$E_e = 0,1$		
6	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										$E_a = 0,036$		
Дані нормального режиму													
9	Розрахункова потужність ТП, кВА										$S_p = 243,911502$		
10	Середня потужність ТП, кВА										$S_c = 214,421381$		
11	Кількість трансформаторів										$k_t = 2$		
12	Макс. доп. коефіцієнт навантаження т-ра в норм. режимі										$K_n = 1$		
Дані післяварійного режиму													
15	Коефіцієнт перевантаження в п. а. режимі										$K_{пп} = 1,3$		
16	Доля навантаження у п. а. режимі										$K_{пп} = 0,85$		
18	*	St, кВА	$\Delta P_{кз}$, кВт	$\Delta P_{хх}$, кВт	Ктп, т.грн	Е*К, т.грн	$\Delta P_{зм}$, кВт	$\Delta P_{пс}$, кВт	ΔP , кВт	Вв, т.грн.	З т.грн	*	X
19		63	1,28	0,24	191,565	26,05284	9,593199	0,48	10,0732	43,62505	-		-
20		100	1,97	0,33	203,425	27,6658	5,860043	0,66	6,520043	28,23703	-		-
21		160	3,1	0,51	218,9	29,7704	3,602104	1,02	4,622104	20,01743	49,78783		+
22	v	250	4,2	0,74	238,925	32,4938	1,998959	1,48	3,478959	15,06669	47,56049	v	+
23		400	5,9	0,95	286,75	38,998	1,096899	1,9	2,996899	12,97898	51,97698		+
24		630	8,5	1,31	319,05	43,3908	0,637048	2,62	3,257048	14,10564	57,49644		+
25		1000	10,5	2,1	376,45	51,1972	0,312337	4,2	4,512337	19,54205	70,73925		+
26		1600	18	2,8	468	63,648	0,209154	5,6	5,809154	25,15831	88,80631		+
27		2500	23,5	3,85	535,455	72,82188	0,111847	7,7	7,811847	33,83157	106,6535		+
28	Коефіцієнт завантаження						$k_z = 0,487823$						
29	Мінімальні затрати, тис грн						$Z_{мін} = 47,560488$						
30	Оптимальна потужність трансформатора, кВА						$S_t^* = 250$						
31	Втрати активної потужності в трансформаторі, кВт						$\Delta P = 3,47895878$						
32	Втрати реактивної потужності в ТП, квар						$\Delta Q = 16,8543539$						

Рисунок 2.3 – Вибір оптимальної потужності ТП за мінімумом затрат

При створенні даної таблиці окремим діапазнам були присвоєні ім'я згідно з математичними моделями. При зміні даних в таблиці автоматично будуть перераховуватись всі розрахункові величини.

2.3 Визначення оптимальних перерізів зовнішньої лінії живлення

Потужність даного об'єкта відносно не велика, точка приєднання відповідно ТУ умов наданих замовником. Розміщення школи не дозволяє заживити його повітряною лінією, що є економічно вигіднішим, живлення буде виконане кабельною лінією. Отже школа буде заживлений двоколовою

кабельною лінією від підстанції опори 10 кВ, що знаходиться на відстанні 0,1 км від проектованої підстанції.

Вибір оптимального перерізу кабельної лінії живлення напругою 10кВ проводиться за допомогою Excel на робочому листі «КЛЮ». Для цього створюємо електронну таблицю (рисунок 2.4), де будуть подані стандартні перерізи проводів, допустимі струми, опори та вартість КЛ, що залежать від її перерізу, а також де будуть розраховані річні приведені затрати в зовнішню лінію живлення.

Складемо математичну модель вибору оптимальних перерізів КЛ 10кВ.

Керована змінна: переріз КЛ (мм²).

Множина доступних рішень: множина всіх стандартних перерізів КЛ 10 кВ.

ПЕР – річні приведені затрати.

$$\left\{ \begin{array}{l} Z(x) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(x) + 3 \cdot I_l^2 \cdot r_0(x) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_l \rightarrow \min_{x \in X_{cm}} \\ x \geq x_{\text{дон}} \equiv k_{\text{дон}} \cdot I_{\text{дон}}(x) \geq I_l \\ x \geq x_{\text{дон}} \equiv k_{na} \cdot I_{\text{дон}}(x) \geq I_l \cdot k_l \cdot k_{нна} \\ \Delta U_n(x) \leq \Delta U_{\text{дон}} \\ \Delta U_{na}(x) \leq \Delta U_{\text{дон}} \\ x \geq x_{k3} = \frac{I_{k3} \cdot \sqrt{t_n}}{C} \\ x \in X_{cm} \end{array} \right. \quad (4.5)$$

де $B_{\text{кл}}(x)$ - витрати в КЛ перерізом X приведені до експлуатаційних;

$B_b(x)$ - річна вартість втрат електричної енергії в КЛ перерізом X ;

$k_0(x)$ – питома вартість КЛ, що залежить від перерізу і кількості ліній;

I_l – струм однієї лінії;

$I_{\text{дон}}(x)$ – допустимий струм за ПУЕ по перерізу ([1] § 1.3.13–§ 1.3.18);

$K_{\text{дон}}(x)$ - коефіцієнт допустимого навантаження ([1] § 1.3.22);

$\Delta U_n(x)$ – втрати напруги в лінії в нормальному режимі роботи;

$\Delta U_{na}(x)$ – втрати напруги в лінії перерізом x в після аварійному режимі;

$\Delta U_{\partial on}$ – допустимі втрати напруги([8] А.4.7);

$k_{\text{доп}}$ – коефіцієнт допустимого навантаження, $k_{\text{аіі}} = k_{\text{і}} \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{ао}}$;

k_c – коефіцієнт середовища. Згідно з ([1] таблиця 1.3.23) прийmemo, що для КЛ прокладених в піску вологістю 4%, що він складає $k_c = 0,75$;

$k_{\text{п}}$ – коефіцієнт прокладки, $k_{\text{п}} = 1$ – передбачає, що в траншеї прокладено по 1 кабелю([1] таблиця 1.3.26.).

k_{na} – максимальний допустимий коефіцієнт навантаження КЛ в п.а. р., приймаємо $k_{na} = 1,25$ для найважчих умов перевантаження в п.а.р. при тривалості перевантаження 6 год і $Kз = 0,8$.

$x_{kз}$ – мінімальний переріз лінії за умов термічної дії струмів к. з.;

$I_{kз}$ – струм к. з. на початку лінії;

t_n – приведений час к. з. (с) $\approx 1,8с$;

C – тепловий коефіцієнт $\frac{A \cdot \sqrt{c}}{\text{мм}^2}$ ([6], для кабелів 10кВ з АL жилами = 90).

R30														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Вибір живлячої КЛ1 10 кВ за мінімумом приведених затрат														
Економічні характеристики														
Питома вартість втрат, грн/кВт											Bo = 4330,80			
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee = 0,1			
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea = 0,040			
Дані нормального режиму														
Напруга, кВ											U = 10			
Активна розрахункова потужність споживача, кВт											P = 188,30			
Реактивна розрахункова потужність споживача, кВАр											Q = 175,22			
Розрахунковий струм окремого кабелю, А											I = 7,42			
Кількість кабелів											k = 2			
Допустима втрата напруги в КЛ, %											dУндоп = 5			
Довжина лінії, км											L = 0,3			
Коефіцієнт середовища											Kс = 0,75			
Коефіцієнт прокладки											Kп = 1,00			
Коефіцієнт допустимого навантаження											Kдоп = 0,75			
Дані аврійного режиму														
Струм к.з. на початку лінії, кА											Ikз = 3,039			
Приведений час к.з., с											tn = 1,8			
Тепловий коефіцієнт C(A*c^(1/2))/мм²											C = 90			
Мінімальний переріз лінії за умовою кз, мм²											Fкз = 45,298			
Дані післяаварійного режиму														
Коефіцієнт перевантаження КЛ у п.а. режимі											Kпа = 1,35			
Доля навантаження у п.а. режимі											Kпаа = 0,85			
*	F, мм²	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Idоп, А	Ko, гис.грн/км	dUn, %	dUna, %	dP, кВт	K, грн	E*К, грн	Вв, грн	З, грн	*	X
√	1×35	0,868	0,146	172	34,00	0,02835	0,04820	0,0861	20400,000	2856,0	373,037	3229,0	√	+
	1×50	0,641	0,137	203	48,00	0,02171	0,03690	0,0636	28800,000	4032,0	275,480	4307,5		+
	1×70	0,443	0,128	246	60,00	0,01588	0,02699	0,0440	36000,000	5040,0	190,386	5230,4		+
	1×95	0,32	0,121	293	75,00	0,01222	0,02077	0,0318	45000,000	6300,0	137,525	6437,5		+
	1×120	0,253	0,112	332	106,03	0,01009	0,01715	0,0251	63618,000	8906,5	108,731	9015,3		+
	1×150	0,206	0,108	366	152,72	0,00866	0,01472	0,0204	91632,000	12828,5	88,532	12917,0		+
	1×185	0,164	0,102	410	199,64	0,00731	0,01243	0,0163	119784,000	16769,8	70,482	16840,2		+
	1×240	0,125	0,097	470	284,05	0,00608	0,01034	0,0124	170430,000	23860,2	53,721	23913,9		+
	1×300	0,1	0,092	524	388,47	0,00524	0,00891	0,0099	233082,000	32631,5	42,977	32674,5		+
	1×400	0,0778	0,088	572	503,47	0,00451	0,00767	0,0077	302082,000	42291,5	33,436	42324,9		+
	1×500	0,0605	0,083	630	637,10	0,00389	0,00661	0,0060	382260,000	53516,4	26,001	53542,4		+
Оптимальний переріз КЛ, мм²											1×35			
Мінімальні затрати, грн.											3229,0367			

Рисунок 2.4 - Вибір оптимального перерізу живлячої КЛ 10кВ

Проектні рішення для розрахунку кабельних лінії від дочки приєднання до ТП. Прокладемо двокільцевими кабельними лінії марки АСБ 3х35 мм².

2.4 Визначення оптимальних координат розміщення підстанцій СЕП

Пошук координат розміщення ЦРП здійснюється на основі попередньо визначених координат розміщення ЦТП і точки підводу живлення. Врахування

живлячої лінії є важливим чинником, так як, в даному випадку, вона потребує великих затрат для прокладання.

Сформуємо математичну модель задачі вибору оптимальних координат ЦМ:

керовані змінні – координати розміщення ЦРП (X_0, Y_0);

область допустимих рішень – множина координат території підприємства;

ПЕР – затрати в систему електропостачання.

$$\left\{ \begin{array}{l} Z(x_0, y_0) = \left[(Ee + Ea) \cdot (\alpha_{жс} + K_0(F_{жс})) + 3 \cdot I_{жс}^2 \cdot r_0(F_{жс}) \cdot B_0 \right] \cdot k_{жс} \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) + \\ \sum_{i=1}^n \left[(Ee + Ea) \cdot (\alpha + K_0(F_i) \cdot k_i) + 3 \cdot I_i^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_i, y_i)) \rightarrow \min_{(x_0, y_0)} \\ (5.1) \\ \min_{i=1}^n(x_i) \leq x_0 \leq \max_{i=1}^n(x_i) \\ \min_{i=1}^n(y_i) \leq y_0 \leq \max_{i=1}^n(y_i) \end{array} \right.$$

де $Z(x_0, y_0)$ – річні приведені затрати;

Ee – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

Ea – коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$K_0(F_i)$ – питома вартість КЛ перерізом F_i ;

$I_{клі}$ – струм окремої КЛ від ЦМ до i -тої ЦТП;

$r_0(F_i)$ – питомий опір КЛ перерізом F_i ;

B_0 - питома вартість втрат активної потужності в КЛ;

$I_{ж}$ – струм живлячої КЛ;

$k_{ж}$ – кількість кабелів живлячої КЛ;

$\alpha_{жс}$ – складова питомої вартості на 1км живлячої КЛ незалежно від перерізу;

k_i – кількість кабелів ЦМ до i -тої ЦТП;

F_i – переріз кабельної лінії;

α – складова питомої вартості КЛ на 1 км незалежно від перерізу;

n – кількість ЦТП;

x_i, y_i – координати i -тої ЦТП;

x_0, y_0 – координати ЦМ.

При визначенні довжини кабелів враховується евклідова та неевклідова метрики, так як при щільній забудові даного підприємства можливість прямої прокладки кабелів допустима не завжди.

В даній задачі довжина живильної КЛ так і розподільних КЛ на території підприємства буде розраховано за неевклідовою метрикою, оскільки немає можливість прокладки по прямій лінії.

Довжина лінії визначається за такими формулами:

$$L = \sqrt{(X_0 - X)^2 + (Y_0 - Y)^2} \text{ - для евклідової метрики;}$$

$$L = |X_0 - X| + |Y_0 - Y| \text{ - для неевклідової метрики.}$$

Дана задача вирішується з допомогою засобу ПОИСК РЕШЕНИЯ. Для цього попередньо створена таблична форма, яка містить необхідні дані для застосування даного засобу (рисунок 2.5).

Центр навантажень по мінімуму затрат в СЕП в просторі з неевклідовою метрикою											
Повнапоужність, що передається по КЛ, «ВА										Сжк= 243.3847928	
Напруга КЛ, «В										Ужк= 10	
Питома вартість втрат поужності, (грн/кВтг)										Во= 4330,80384	
Норматив ефективності,										Ев= 0,1	
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію для ліній розподільчої мережі,										Еакл= 0,04	
Складові питомої вартості зовнішньої лінії живлення, тис. грн/км										аж= 4,0	
Складові питомої вартості лінії живлення розподільчої мережі, тис. грн/км										а= 4,0	
Розрахунок розподільчих ліній											
ЦТП	X, м	Y, м	L, м	K	f, мм²	Ro, Ом/км	Ko, т.грн/км	I, А	Зрозн. грн		
ЦРП-ТП	72	64	104,00	2	35	0,8	34	7,44	11548,42		
Розрахунок зовнішньої повітряної лінії											
Назва	X, м	Y, м	L, м	K	f, мм²	Ro, Ом/км	Ko, грн/км	Iкл, А	Зживл. грн		
ДЖ-ТП	194,5	34	48,500	2	1x35	0,1	388,47	7,42	5336,69		
Координати центру навантажень					Xo (м)	176,00					Зсум. грн
					Yo (м)	64,00					16885,10

Рисунок 2.5 – Таблична форма, яка автоматизує вибір центру мережі 10 кВ

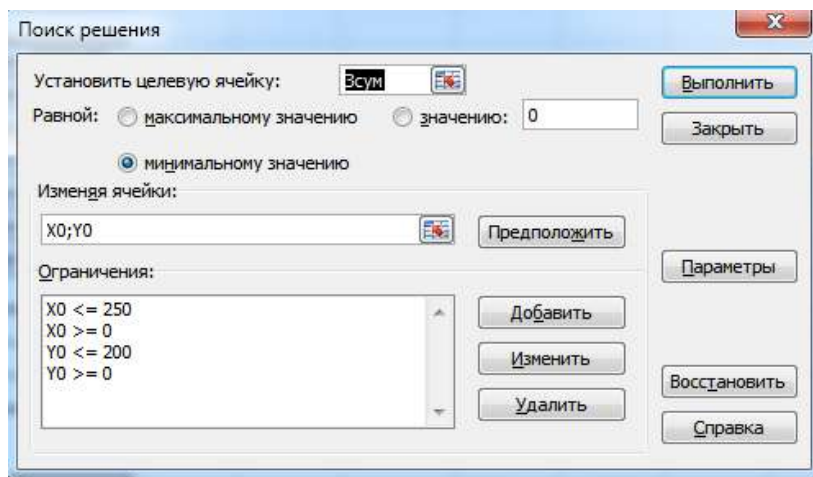


Рисунок 2.6 – Вікно засобу ПАРАМЕТРЫ ПОИСКА РЕШЕНИЯ із заданими параметрами

Координати розміщення ЦМ: $X_0=176$ м, $Y_0=64$ м.

Проектне рішення: координати розміщення ЦРП: $X_0=171$ м., $Y_0=62$ м.
місце розташування ЦРП зображення на рисунку 2.7.

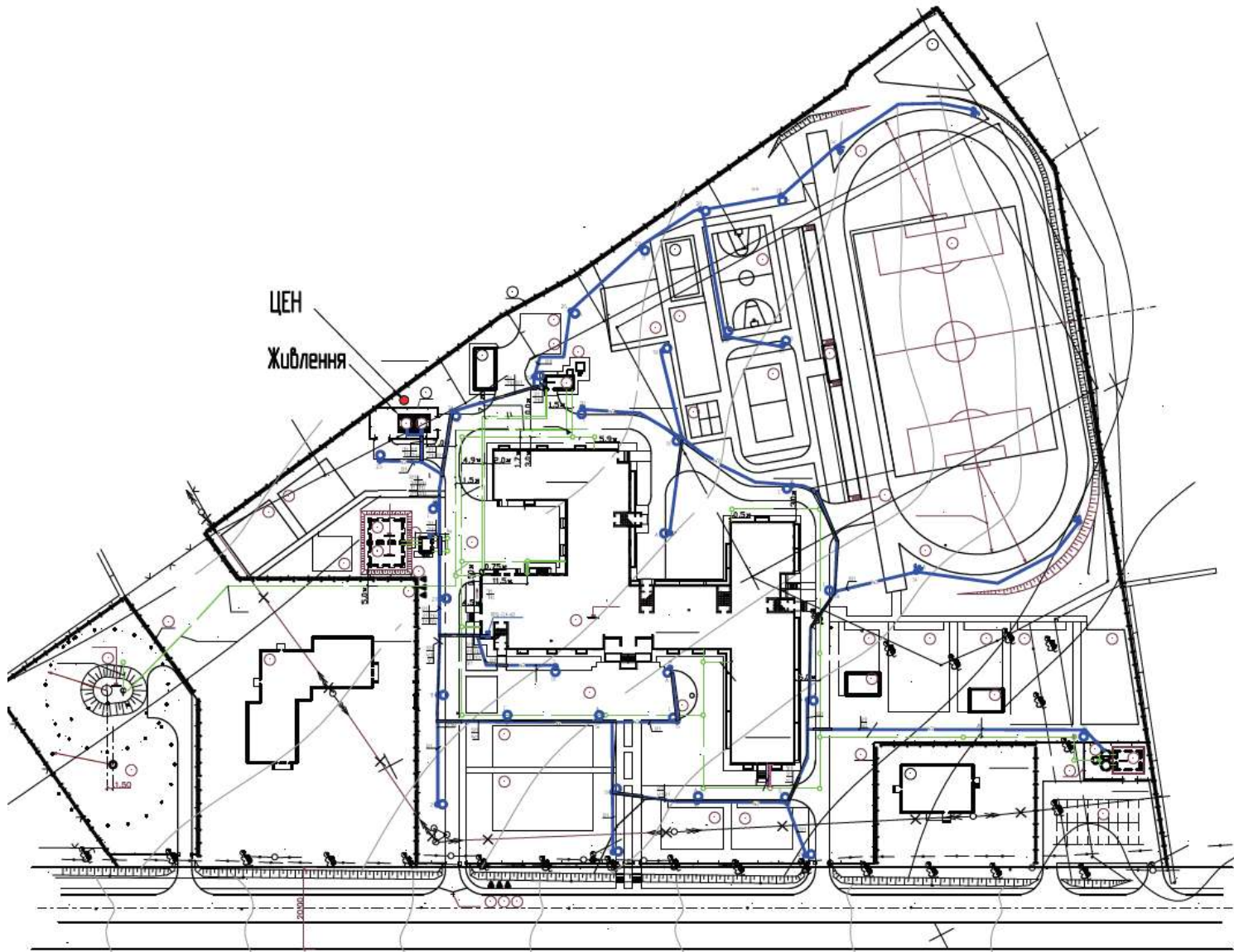


Рисунок 2.7 – Розміщення ЦТП та центру мережі на плані

3 СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ В НАВАЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

3.1 Управління освітленням. Способи і засоби управління освітленням

Правильно вибрана і здійснена система управління освітлювальними мережами призводить до більше організованого використання освітлювальної установки (ОУ), що покращує умови освітлення і тим самим призводить до підвищення продуктивності праці, зниження браку вироблюваної продукції і зменшення виробничого травматизму.

Управління освітлювальними мережами – складне технічне завдання, від рішення якого багато в чому залежать умови експлуатації ОУ, здійснення керування освітленням, а також створення передумов для раціонального витрачання електроенергії.

Раціональна система управління освітленням дозволяє істотно понизити витрат електроенергії на освітлення і здійснює включення або відключення освітлювальних приладів за наступних умов:

- залежно від рівня природної освітленості приміщень (наприклад, по сигналах фотореле);
- по досягненню певного часу доби (наприклад, по сигналах таймерів);
- при натисненні людиною кнопок управління (наприклад, входячи в під'їзд, людина натискає кнопку, яка дає сигнал на включення освітлення; відключення освітлення здійснюється автоматично через заданий інтервал часу);
- при появі сигналів від датчиків присутності.

Управління освітленням залежно від місця розташування пунктів управління може бути місцевим або дистанційним.

При місцевій системі управління включення і виключення освітлення робляться комутаційними апаратами (вимикачами, рубильниками або автоматами), встановленими в кожному з освітлюваних приміщень або на кожній з освітлюваних ділянок відкритої території.

При централізованій дистанційній системі управління усе управління освітленням зосереджене в одному або декількох місцях, наприклад на центральному диспетчерському пункті (ЦДП).

Централізоване дистанційне керування ділиться на дві системи управління. Якщо на освітлюваному об'єкті уся ОУ живиться від розподільного щита окремими лініями, то можливо централізовано управляти з пунктів живлення (ПП) усім освітленням об'єкта безпосередньо комутаційними апаратами, що встановлені на цих лініях. Така схема живлення освітлювальних мереж зустрічається зазвичай тільки на невеликих промислових об'єктах і в різних адміністративних, учбових, лікувальних і інших аналогічних будівлях.

На великих об'єктах ОУ живиться окремими лініями від розподільних пристроїв різних підстанцій. В цьому випадку для можливості здійснення централізованого дистанційного керування на кожній з освітлювальних ліній встановлюються блоки або ящики управління, дистанційне керування якими зосереджується в одному або декількох пунктах управління (наприклад, ЦДП).

Так само як і при системі місцевого управління, комутаційні апарати централізованого дистанційного керування можуть включатися і відключатися вручну або за допомогою автоматів. Таким чином, можливе управління: місцеве індивідуальне і групове; централізоване дистанційне з розподільного щита пунктів живлення (ПП) – за допомогою комутаційних апаратів, встановлених на освітлювальних лініях, що відходять, і централізоване дистанційне з пунктів управління (ПУ) – за допомогою проміжних пристроїв управління (або пристроїв, що керують струмом певної напруги контакторів або магнітних пускачів). На рисунку 3.1 схематично наведено можливі варіанти управління мережами освітлення.

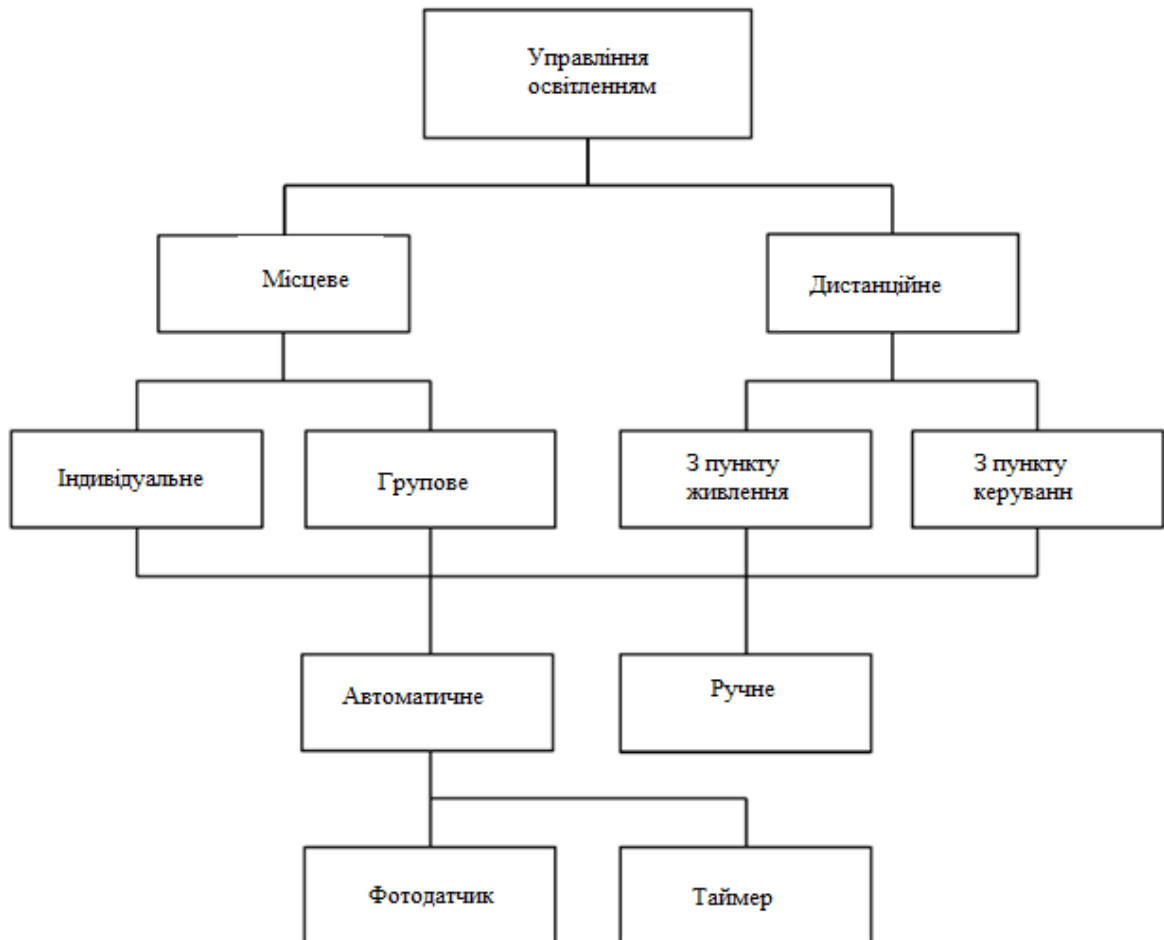


Рисунок 3.1 – Управління мережами освітлення

При місцевому груповому управлінні кожним комутаційним апаратом управляється не один, а група світильників або прожекторів. Таким чином, залежно від способу управління за допомогою місцевих комутаційних апаратів управління може бути ручним або автоматичним. При ручному управлінні включення і виключення освітлення робляться, коли це необхідно, безпосередньо обслуговуючим персоналом.

Основні засоби управління освітленням

Включення і виключення груп світильників або окремих світильників робляться вимикачами, рубильниками або автоматами. При дистанційному керуванні освітленням застосовуються додатково автомати і реле, магнітні пускачі або контактори, різноманітні блоки управління. Для контролю за

виконанням команд з пунктів управління встановлюються сигнальні лампи. Мережі управління виконуються кабелями і дротами.

Вимикачі і перемикачі. Залежно від роду захисту від дії довкілля вимикачі і перемикачі виготовляються у відкритому, захищеному і герметичному (пилевологозахищеному) виконаннях. Вимикачі і перемикачі у відкритому виконанні застосовуються при установці на панелях щитів, в закритих розподільних пристроях (шафах, щитках, ящиках); у захищеному виконанні – на стінах, колонах і інших будівельних конструкціях приміщень з нормальними умовами середовища; у герметичному виконанні – в приміщеннях сирих, заповнених і з хімічно активним середовищем.

Конструктивно вони розрізняються за способом монтажу (заднє або переднє приєднання відповідних дротів), величиною допустимих струмів і напруги, числом полюсів, схемою комутації і т. д. Для управління освітленням випускаються найрізноманітніші типи вимикачів і перемикачів. У групових мережах і струмах до 6 А і напрузі до 250 В застосовуються вимикачі і перемикачі – кнопкові, з поворотною ручкою або з перекидним руків'ям.

Рубильники і перемикачі вертикально встановлюються на панелях різних розподільних пристроїв і служать для неавтоматичних включень і виключень електричних ланцюгів.

Аналогічно вимикачам вони розрізняються за способом монтажу (з переднім або заднім підключенням дротів або кабелів), за величиною допустимого струму і напруги, числом полюсів (одно-, дво- й триполюсні). Конструктивно вони випускаються з центральним або бічним руків'ям, центральним або бічним важільним приводом. Рубильники і перемикачі з центральним руків'ям можуть служити тільки в якості роз'єднувача, тобто відключати заздалегідь знеструмлені електричні ланцюги, а з бічним руків'ям і важільними приводами – комутувати електричні ланцюги під навантаженням, що вимагається в освітлювальних мережах.

Контактори і магнітні пускачі.

Контактори виготовляються у відкритому виконанні. Магнітні пускачі випускаються у відкритому (без кожуха), захищеному, пиле-вологозахищеному і вибухозахищеному виконаннях. Найбільше застосування мають пускачі в захищеному виконанні (у кожусі), що встановлені в приміщеннях з нормальними умовами середовища. Пиле-вологозахищені пускачі випускаються з ретельно ущільненим зчленуванням корпусу і кришки і мають патрубки для введення дротів. Такі пускачі встановлюються в приміщеннях з підвищеною вологістю і запиленою і на відкритих ділянках території.

Треба зауважити, що контактори та магнітні пускачі в окремому виконанні використовуються сьогодні здебільшого в існуючих системах керування, що не пройшли реконструкцію. В сучасних системах освітлення віддають перевагу блокам управління, в склад яких входять дані апарати.

Автоматичні вимикачі забезпечують захист освітлювальних мереж від перевантаження і струмів коротких замикань, а також служать для управління освітленням, т. е. поєднують в собі одночасно функції, як апаратів захисту, так і апаратів управління.

При установці автоматів в щитках величина струму спрацьовування теплових розчіплювачів зменшується на 10 %. Тому при необхідності забезпечити захист мережі, наприклад, на струм 20 А слід застосовувати автомати з розчіплювачами 25 А.

Реле застосовуються в ланцюгах дистанційного керування освітленням.

Блоки управління. В цілях полегшення і прискорення монтажу установок дистанційного керування, замість окремих апаратів (магнітних пускачів, перемикачів, запобіжників і реле) рекомендується застосування спеціальних блоків і шаф управління заводського виготовлення.

Освітлювальні щитки випускаються конструктивно дуже багатьох типів.

Відмінність їх визначається:

- родом захисту від зовнішнього середовища;
- системою освітлювальної мережі, для якої вони призначаються;

- типами встановленої на них захисної і комутаційної апаратури;
- кількістю груп, що відходять.

По захисту від дії зовнішнього середовища щитки підрозділяються на відкриті, захищені, захищені з ущільненням, пиле-вологозахищені і вибухозахищені.

Щитки випускаються або тільки з апаратами захисту, або з апаратами управління і апаратами захисту разом.

Освітлювальні щитки тільки з апаратами управління промисловістю не випускаються, і необхідності в таких щитках, як правило, немає. В якості апаратів управління в освітлювальних щитках застосовуються імпульсні реле, реле часу та інші. Як захисні апарати використовуються автомати, що виконують одночасно і функції апаратів управління. Окрім вказаної апаратури, щитки можуть мати ще додатково ввідні рубильники, вимикачі або автомати.

Це дозволяє вимкнути щиток від магістральної живлячої мережі для проведення профілактичного і поточного ремонту або одночасного вимкнення або вмикання усіх світильників, підключених до усіх груп цього щитка.

За способом установки розрізняються щитки навісного або втопленого виконання. Є також щитки у вигляді шаф, що вільно стоять. Сигнальні лампи. Сигналізація стану освітлення може здійснюватися різною сигнальною апаратурою. Є п'ять варіантів виконання ламп, що відрізняються один від одного тільки кольором світлофільтру (скляного ковпачка): опалового, зеленого, червоного, жовтого і синього.

Механічні вимикачі з імпульсною РЕЛЕ.

Сучасний спосіб управління освітленням. Вимикач управляє імпульсним реле, яке в свою чергу комутує світильник. Імпульсне реле має два стійких стани: включено і вимкнено. Перемикання станів відбувається при короткочасному замиканні керуючого контакту, наприклад, через механічний вимикач. Перевагою є те, що дана схема дозволяє управляти світильником з необмеженої кількості вимикачів. Якщо в кімнаті є більше ніж дві точки, з яких потрібно управляти світлом, наприклад, вітальня з виходом в їдальню і на

терасу, то імпульсна реле дозволить вам реалізувати зручне управління. Крім цього, імпульсні реле мають можливість подачі команди "ВИМКНУТИ ВСЕ" і "ВКЛЮЧИТИ ВСЕ". Це дуже зручно, якщо у вашому приміщенні встановлено багато груп світла або для виключення всього світла в будинку, коли ви йдете. Також, імпульсна реле дозволяє комутувати світильники великої потужності і світлодіодні LED світильники з великим пусковим струмом.

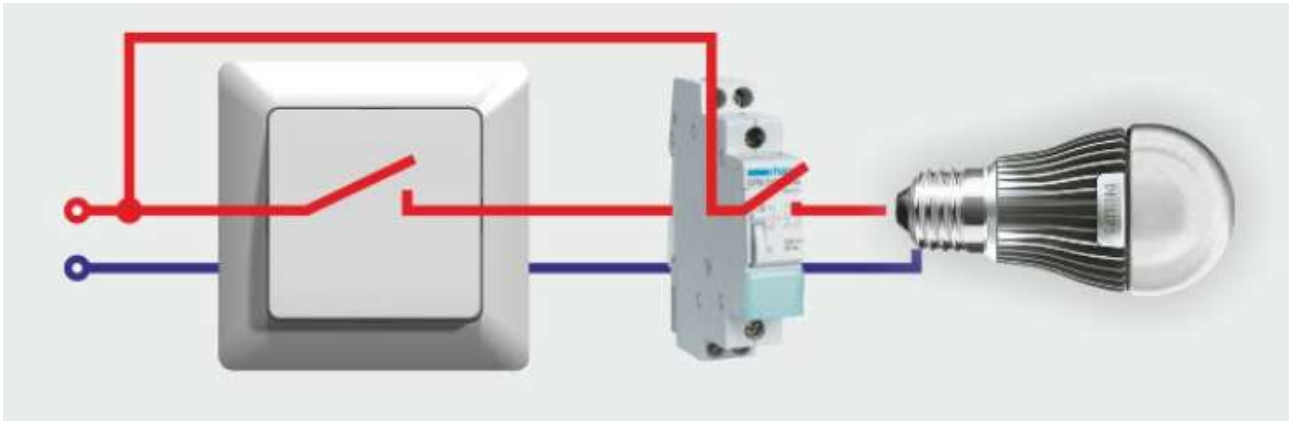


Рисунок 3.2 – Приклад використання імпульсного реле

Управління освітленням з контролерами LIC CONTROL

Забезпечує недороге вирішення питання автоматизації управління 16 групами освітлення офісу, квартири, будинки. Дозволяє реалізувати централізоване управління з необмеженої кількості вимикачів без прохідних вимикачів або імпульсних реле. Також, за допомогою цього контролера можна управляти освітленням через Інтернет з комп'ютерів, планшетів або смартфонів. Може працювати з операційними системами Windows, Mac OS, Android, Linux.

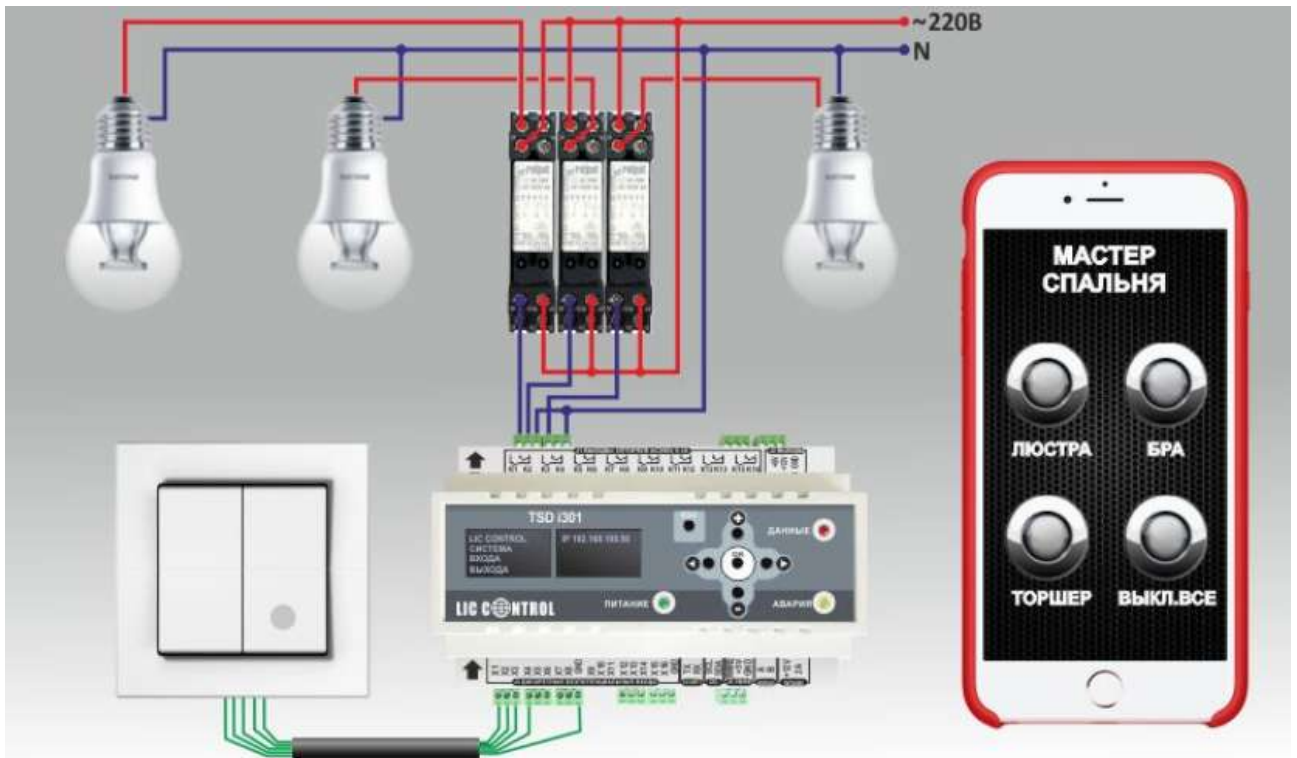


Рисунок 3.3 – Приклад керування освітленням з контролерами LIC CONTROL

Управління освітленням по протоколу DALI

Забезпечує недороге вирішення питання автоматизації управління великою кількістю груп освітлення будинку, офісу, магазину, промислового підприємства або складу з можливістю дистанційного контролю через Інтернет з комп'ютерів, планшетів або смартфонів. Може працювати з операційними системами Windows, Mac OS, Android, Linux.

З огляду на той факт, що більшість якісних драйверів сучасних LED світильників підтримують протокол DALI, цей варіант управління освітленням стає найбільш зручним. Всі драйвера з підтримкою протоколу DALI забезпечують диммірованіе LED світильників.

Принцип управління світильниками по протоколу DALI складається в наступному. На кожен драйвер з підтримкою DALI по силовому кабелю постійно подається напруга 220В. За сигнальному, 2-х жильному кабелю до драйверів від контролера передаються команди управління - включити, вимкнути, збільшити або зменшити яскравість і т.д. Контролери управління

можуть встановлюватися в електричний щит або монтуватися прямо в коробку вимикача. Світильники і контролери об'єднуються в групи по 64 шт. Кожен світильник має свою унікальну адресу. З будь-якого вимикача в мережі можна подати команду на будь-який з світильників в групі на його адресу. Крім індивідуальних команд, в мережі можна подавати і групові команди, керуючи кількома світильниками паралельно. Цим забезпечується максимальна гнучкість управління освітленням, що особливо актуально для великих приміщень - офісів, магазинів, складів. Серйозним плюсом такого управління є можливість істотного зниження витрат на електроенергію за рахунок автоматизації включення - вимикання світла в залежності від освітленості і / або присутності людей в приміщенні.

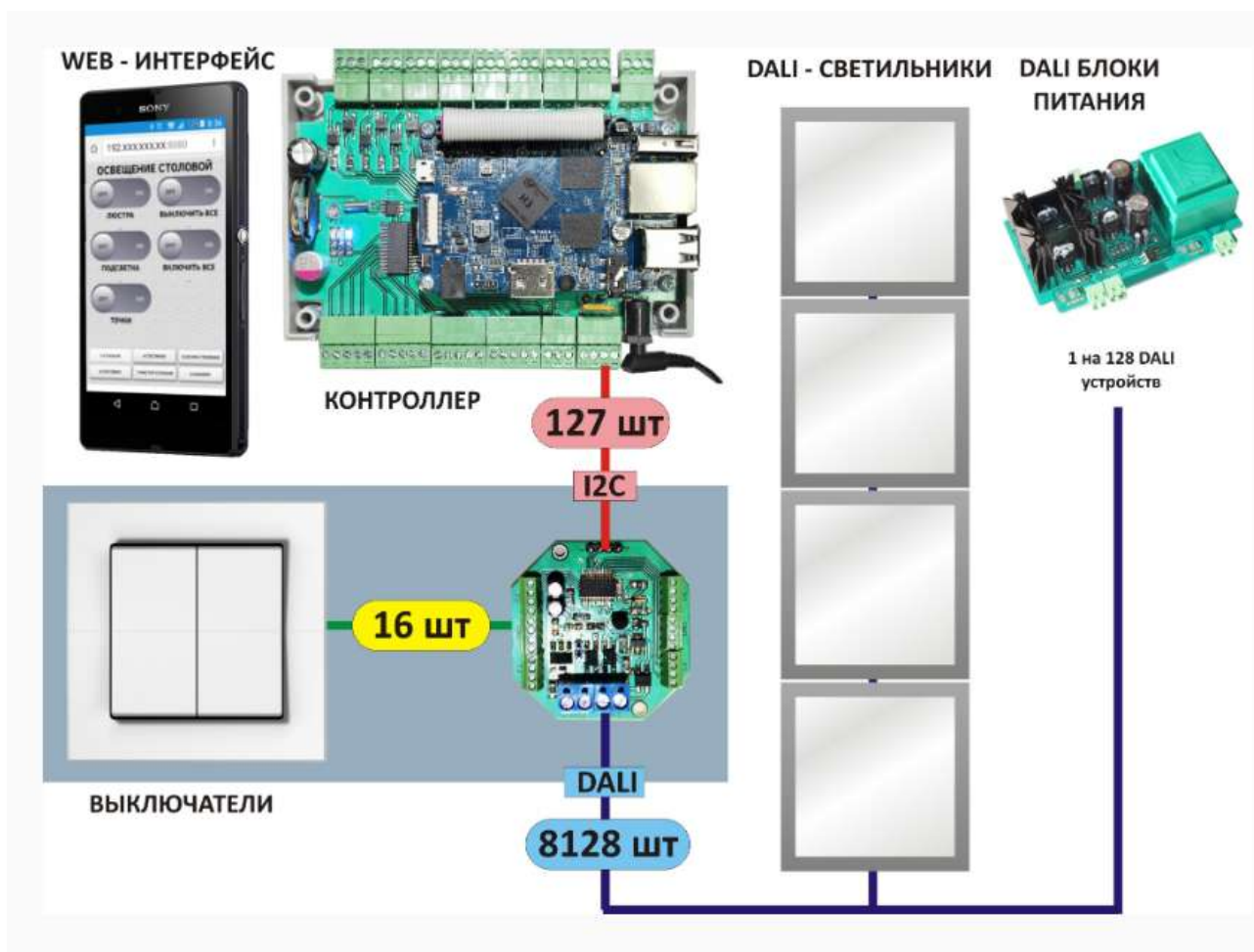


Рисунок 3.4 – Приклад керування освітленням по протоколу DALI

Управління освітленням по протоколу DMX512

Якщо для освітлення вашого приміщення використовуються потужні світлодіоди, світлодіодні лампочки і / або стрічки і вам необхідно управляти їх включенням і яскравістю, вам буде корисна ця стаття.

Класичний спосіб управління світлодіодним освітленням передбачає використання блоків живлення (драйверів) до яких підключаються світлодіоди, світлодіодні лампочки і / або стрічки. У свою чергу, ці блоки живлення через вимикач підключаються до мережі 220 В. Управління освітленням в цьому випадку зводиться до включення і виключення блоку живлення.

Кнопки вимикача і кнопки смартфона клікабельні - можете клікнути на них мишкою, щоб побачити, як працює система.

Кнопка вимикача клікабельна - можете клікнути на неї мишкою.



Рисунок 3.5 – Класичне керування світильниками

Використовуючи такий спосіб, ви не можете регулювати яскравість світіння світлодіодів. Також при включенні блоків живлення можуть виникати потужні імпульси струму, які руйнують вимикач і викликають електромагнітні перешкоди і коливання (миготіння) напруги в мережі 220В. Цей спосіб управління прийнятний, якщо мова йде про 1-2 груп освітлення або декоративного підсвічування невеликої потужності до 100-150Вт. У разі, якщо потрібно керувати великою кількістю груп світлодіодного освітлення більшої потужності (від 150Вт) з можливістю централізованого управління і зміни яскравості через комп'ютер або смартфон можна скористатися технологією DALI або DMX512.

Структурна схема такої системи на протоколі DMX512 виглядає наступним чином.

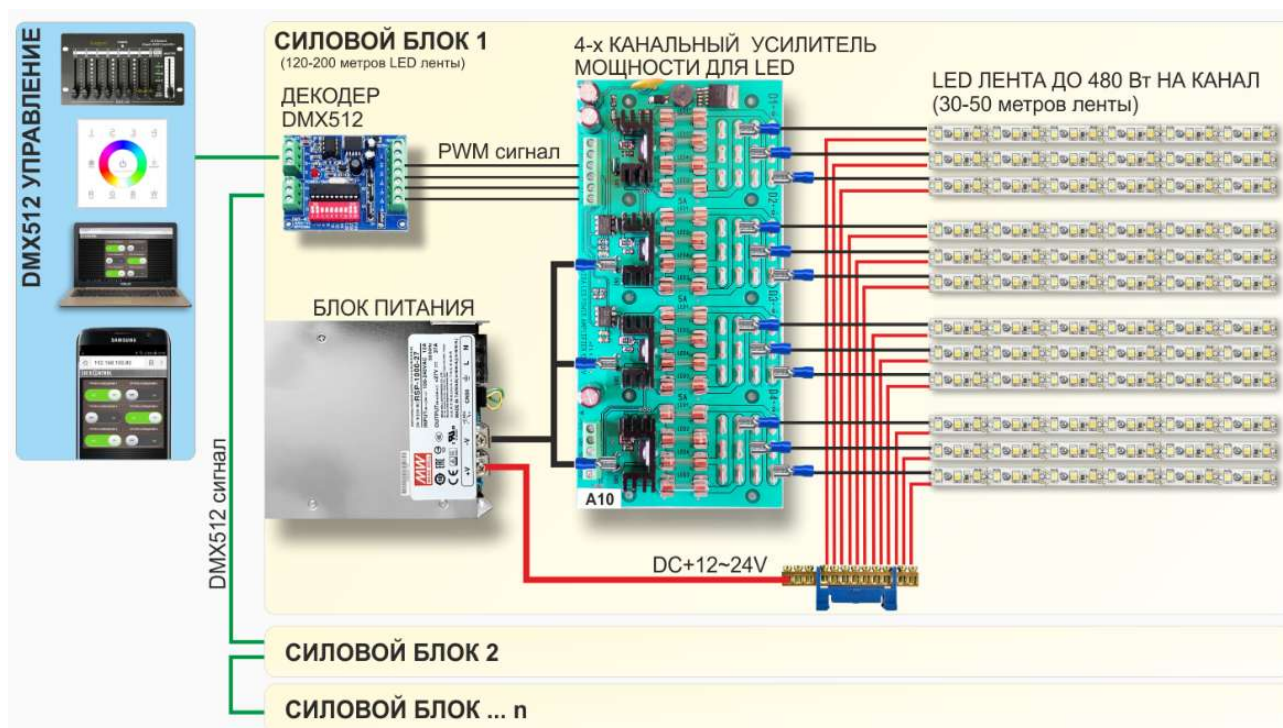


Рисунок 3.6 – Структурна схема системи на протоколі DMX512

Управління світлодіодним стрічки на ARDUINO

Нижче наводиться принципова схема управління чотирма групами освітлення на світлодіодним (LED) стрічці за допомогою мікроконтролера Arduino Nano з приміненієм технології PWM. Дана схема дозволяє управляти включенням / виключенням і яскравістю кожної групи освітлення а також автоматизувати цей процес. Одне натискання на клавішу вимикача включає / вимикає групу світла. При тривалому натисканні яскравість буде змінюватися циклічно (більше-менше-більше). Також, допрацювавши програму можна замість вимикачів підключити датчики руху і датчики освітленості. При використанні світлодіодним (LED) стрічки потужністю 10 Вт / м ви зможете управляти чотирма відрізками стрічки по 2.5м кожен при харчуванні 12В.

Якщо використовувати стрічку і блок живлення на 24В, довжина стрічки в кожній групі може збільшитися до 5м. Потужність блоку живлення для підключення чотирьох груп стрічки повинна бути не менше 250 Вт.

Обмеження по потужності підключаються стрічок обумовлено нагріванням силового MOSFET транзистора IRF540. Якщо йому забезпечити додаткове охолодження, наприклад за допомогою радіатора, можна збільшити довжину і / або потужність підключається стрічки.

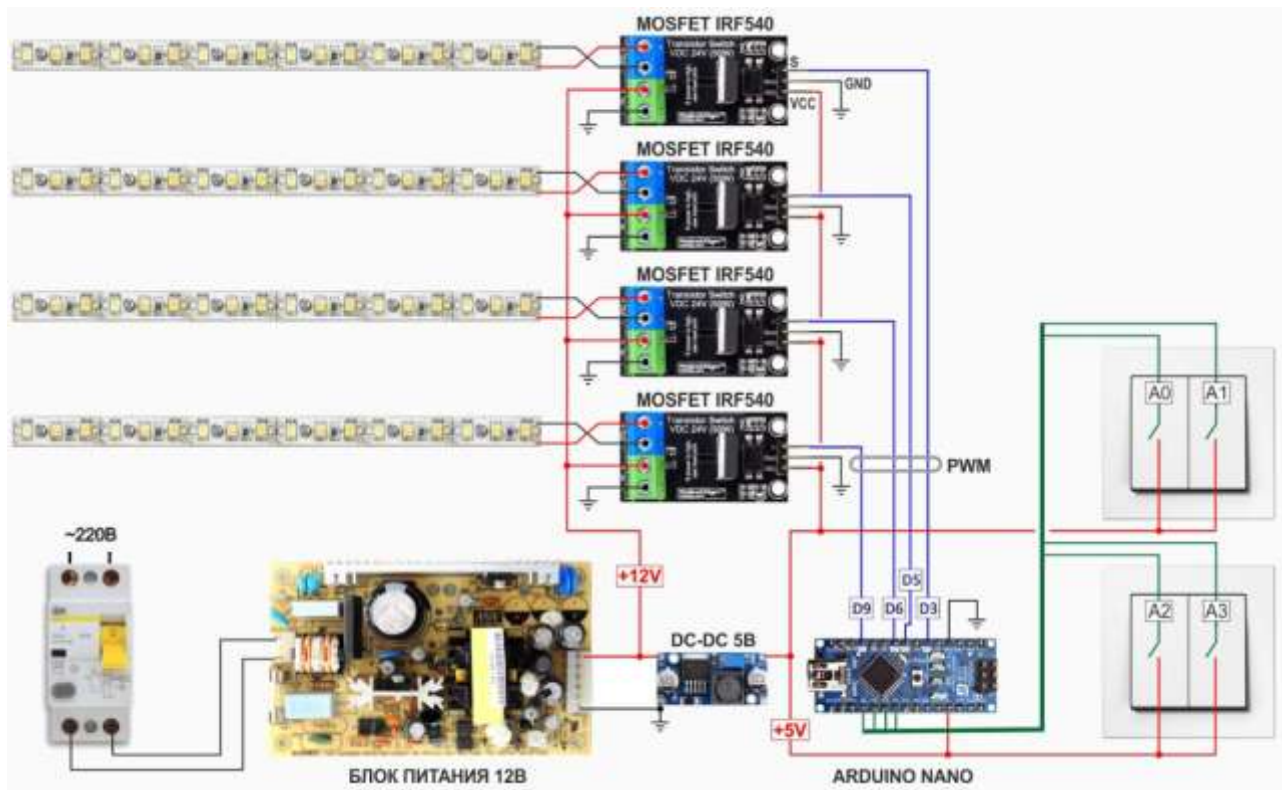


Рисунок 3.7 – Приклад керування ЛЕД стрічками на ARDUINO

3.2 Принципи управління світлодіодними системами

Кінець ХХ століття ознаменувався появою принципово нових електричних джерел світла – світлодіодів (у іноземній літературі зазвичай званих LED – Light Emitted Diode).

Світлодіод – це напівпровідниковий прилад, що генерує (при проходженні через нього електричного струму) оптичне випромінювання, яке у видимій області сприймається як одноколірне (монохромне). Колір випромінювання визначається як використовуваними напівпровідниковими матеріалами, так і легуючими домішками. Напівпровідник – це матеріал, який пропускає електричний струм в одному напрямі. Випромінювання в цих джерелах

генерується не за рахунок нагрівання, як в лампах розжарювання, і не за рахунок електричного розряду, як в МГЛ, а за рахунок виділення енергії електронами при проходженні струму через кордон металу і напівпровідника.

На відміну від усіх інших джерел світла, випромінювання світлодіодів не містить теплових (інфрачервоних) і ультрафіолетових променів. Тому світлодіоди не нагрівають предмети і не викликають їх вицвітання. Розміри їх дуже малі, що дозволяє легко перерозподіляти світловий потік в просторі за допомогою відбивачів або лінз.

Останнім часом отримали широке поширення білі світлодіоди – своєрідний гібрид світлодіода і люмінесцентної лампи. Це монохроматичний синій діод, покритий шаром люмінофора, який під дією синього випромінювання світлодіода випромінює колір в широкій області спектру – від зеленого до червоного. При змішенні з власним випромінюванням світло діода виходить світло, яке людським оком сприймається як дуже близький до звичайного денного світла, іноді з невеликим зміщенням у бік холодних тонів.

Останніми роками ефективність світлодіодів істотно зросла. Нині вона досягає залежно від кольору 110 лм/Вт і більше (для порівняння, краща світловидатність у ламп може досягати в лабораторних умовах 330 лм/Вт). Типовий світлодіод споживає струм 15-20 мА при робочій напрузі 1,7-4,6 В. Передача кольорів знаходиться в межах $Ra > 80$.

Однією з основних переваг світлодіодного освітлення є його здатність легко і ефективно піддаватися управлінню. Окрім досягнення різних візуальних ефектів, адміністрування може привести до економії енергії і тривалішого терміну служби світлодіодних систем освітлення, використовуючи різні методи для регулювання інтенсивності світла.

Бурхливе зростання кількості світлодіодних джерел світла супроводжується таким же бурхливим розширенням асортименту інтегральних схем, призначених для управління живленням світлодіодів.

Будь-які застосування, від ручного ліхтарика до інформаційних табло на стадіонах, вимагають точного управління стабілізованим струмом. При цьому

часто буває необхідно в реальному часі змінювати інтенсивність випромінювання світлодіодів. Розглянемо основи теорії світлодіодів і найбільш популярні методи димірування.

Світлодіодні драйвери

Струм світлодіода збільшується сильніше, ніж напруга, що подається на нього. Отже, навіть невеликі зміни напруги можуть привести до великих змін струму, що може привести до виходу світлодіода з ладу. На рисунку 3.2 зображена типова вольт-амперна характеристика світлодіода.

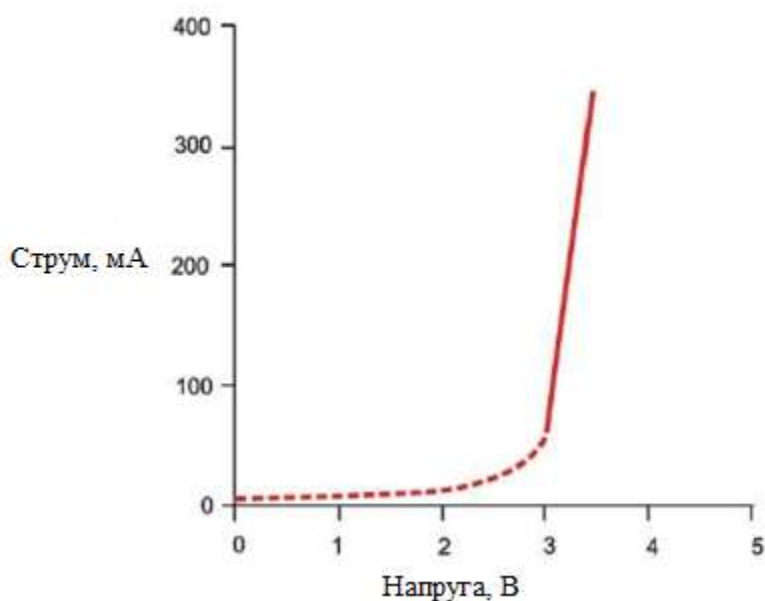


Рисунок 3.2 – Вольт-амперна характеристика світлодіода

Щоб підключити світлодіодний світловий прилад до джерела напруги, такого як електромережа або батарея, і не пошкодити при цьому світлодіодні джерела світла, необхідно контролювати споживану потужність так, щоб світло діоди могли безпечно її використати. Цю функцію виконує світлодіодні драйвери.

Світлодіодний драйвер – це електронний пристрій, що перетворює джерело напруги на джерело струму та підтримує струм на постійному рівні, незважаючи на зміни вхідної напруги.

Світлодіодний драйвер захищає світлодіоди від звичайних коливань напруги, а також від перенапружень і стрибків напруги.

Число значення сприйманої яскравості випромінювання світло діода може бути легко виміряне в одиницях поверхневої щільності світлового потоку, що називаються силою світла та виражаються в канделах (кд). Сумарна потужність світлового випромінювання світлодіода виражається в люменах (лм). Важливо розуміти, також, що яскравість світлодіода залежить від середньої величини прямого струму.

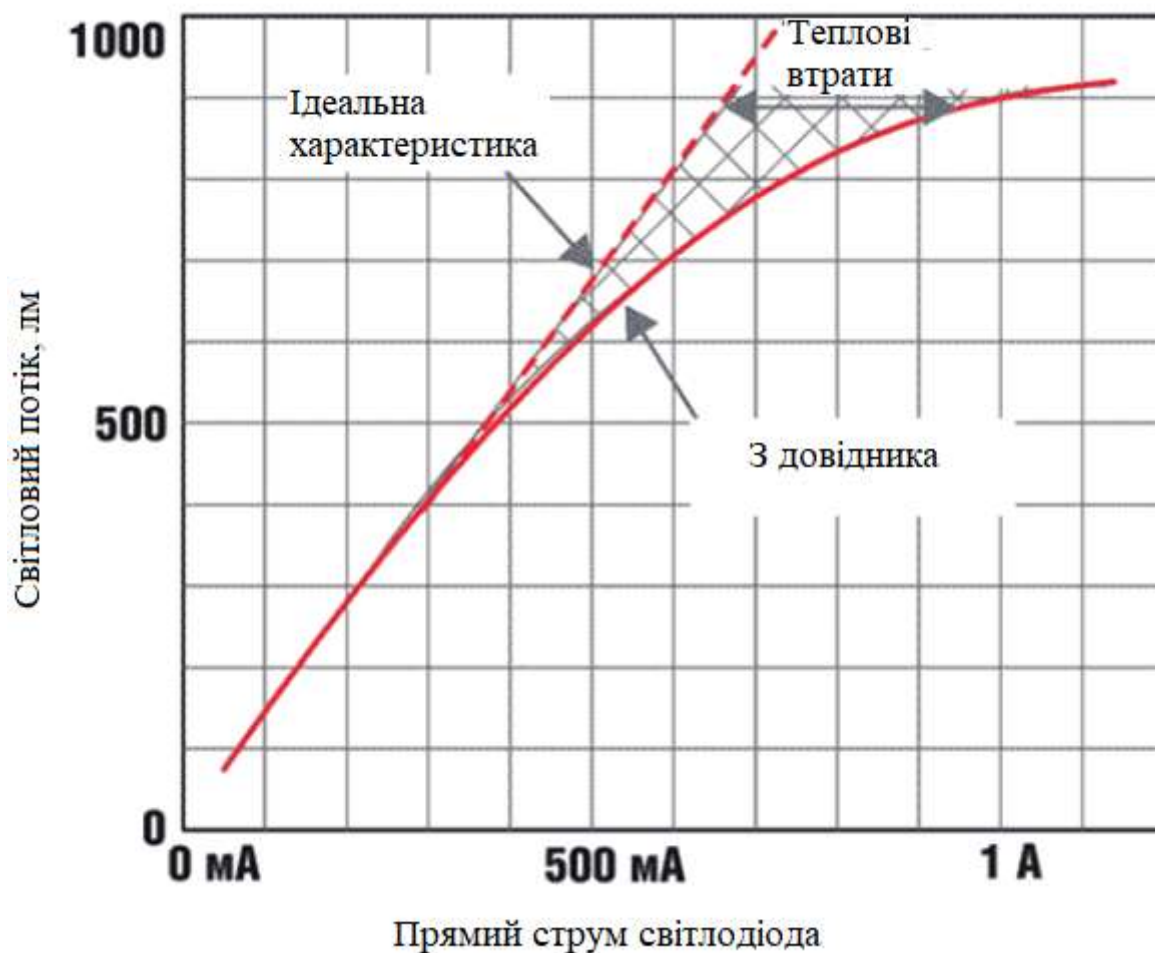


Рисунок 3.3 – Залежність світлового потоку від струму через світлодіод

На рисунку 3.3 зображений графік залежності світлового потоку деякого світлодіода від прямого струму. При виході струму за межі лінійної ділянки ефективність світлодіода зменшується, нелінійність починає проявлятися при збільшенні IF.

При роботі поза лінійною областю значна частина потужності, що підводиться до світлодіода, розсіюється у вигляді тепла. Це витрачене даремно тепло перевантажує драйвер світлодіода.

Світлодіодні світильники, в яких використовуються світлодіодні драйвери, підключаються до джерела живлення так само просто, як і традиційні світильники. Все більша кількість вбудованих драйверів для світлодіодних світильників білого світла дозволяє регулювати світловий потік.

3.3 Способи живлення світлодіодних світлових приладів

Спосіб живлення світлодіодних світлових приладів вибирається для кожної конкретної сфери застосування, виходячи з їх експлуатаційних характеристик, зручності використання і вартості. Існує три варіанти електроживлення:

- низьковольтна живляча мережа;
- вбудоване джерело живлення;
- інтегроване джерело живлення.

Низьковольтна живляча мережа

Низьковольтні світлодіодні світлові прилади вимагають відповідних джерел живлення або трансформаторів, що перетворюють мережеву напругу в низьку і спеціальної кабельної мережі. Низьковольтні системи мають досить низький ККД, оскільки в процесі перетворення мережевої напруги в низьке відбувається втрата електроенергії під час перетворення, фільтрації і стабілізації струму. Проте для деяких сфер застосування низьковольтні системи є переважними. У гнучких системах, мобільних пристроях і в індустрії розваг широко використовують низьковольтні освітлювальні прилади, що часто поєднуються з театральними пристроями для управління світлом і звуком. Низьковольтні світлові прилади іноді вибирають з естетичних міркувань, наприклад, при оформленні сцени, коли неприпустимо використати кабелі. В цьому випадку він може живитися від батарей, а для управління їм можуть використовуватися безпроводні радіоконтролери.

Типова схема підключення низьковольтних світлових приладів – «зірка», коли кожен прилад або група приладів підключається безпосередньо до

низьковольтного джерела живлення за допомогою одного силового кабелю, часто за допомогою спеціального кабелю для конкретної моделі (рис. 3.3).

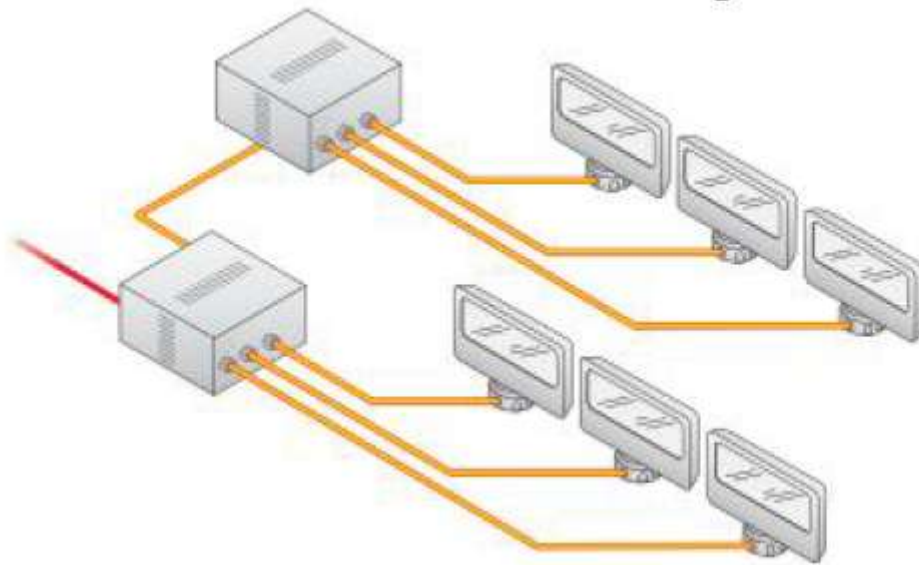


Рисунок 3.4 – Низьковольтна система живлення

Вхід джерела живлення підключається до електромережі. Кількість світлових приладів, що підключаються до одного джерела живлення, обмежується такими чинниками, як споживана потужність, відстань між світловими приладами і джерелом живлення, а також кількістю виходів джерела живлення.

Інтегроване джерело живлення

Інтеграція джерела живлення є принципово іншим методом забезпечення електроживлення. Інтегроване джерело живлення впроваджується безпосередньо в схему світильника для створення ефективного силового каскаду, що об'єднує в собі перетворення мережевої напруги і стабілізацію струму світлодіода. За допомогою введення єдиного силового каскаду всередину світлодіодного світильника можна уникнути значних втрат електроенергії, які є в низьковольтних схемах з декількома силовими каскадами.

В цьому випадку користувачі можуть отримати багато переваг, що включають збільшення енергоефективності системи, зниження витрат на установку, експлуатацію і обслуговування.

3.4 Керування освітлення в навчальних класах

Відповідно до прийнятих в Україні типовими рішеннями по освітленню шкіл стандартні класи обладнані світильниками з люмінесцентними лампами 2хЛБ-40 (сьогодні це, як правило, 2х36Вт) в кількості 12 шт (світильники у дошки до уваги не беруться). При цьому розрахункова освітленість на рівні парти дорівнює 300 лк, що нижче діючої сьогодні норми в 400 лк.

Стандартні світильники, що мають електромагнітні пускові пристрої (дросель + стартер), споживають на 20% більше електроенергії, ніж сумарна потужність їх ламп. Це відбувається через втрати енергії на нагрів дроселів. Цей факт відомий вже давно і неодноразово перевірений практичними вимірами. В результаті стандартному світильнику з двома люмінесцентними лампами потужністю 36Вт споживає з мережі:

$$2 \times 36 \text{Вт} + 20\% = 86 \text{Вт}.$$

Загальне енергоспоживання системи освітлення стандартного класу становить:

$$12 \text{ шт} \times 86 \text{Вт} = 1\,032 \text{ Вт або } 20,7 \text{Вт} / \text{кв.м.}$$

Широко застосовуються в нашій країні лампи потужністю 36Вт, 18Вт застарілої серії Т8 мають невисоку світловіддачу - близько 70 лм / Вт, термін служби 8 000 годину, значний рівень спаду світлового потоку в період експлуатації - до 30% і заборонені до застосування в більшості європейських країн.

Найкраща альтернатива для навчальних закладів сьогодні - сучасні люмінесцентні лампи серії Т5 потужністю 35Вт. Вони мають світловіддачу 104 лм / Вт (як світлодіоди), термін служби 24 000 годину, спад світлового потоку всього 5% через 10 000 годину експлуатації та містять в 10 разів менше парів ртуті. Високий індекс передачі кольору (більше 80) дозволяє людському оку правильно сприймати кольору предметів.

Модернізація системи загального освітлення класу передбачає виконання таких заходів:

1. Заміну старих світильників з лампами Т8 2х36Вт новими серії К22-135У з лампами Т5 1х35Вт з функцією плавного регулювання потужності в діапазоні 2-100% в кількості 12 шт на клас;
2. Установку датчиків освітленості К2110, плавно регулюють потужність штучного освітлення в залежності від рівня сонячного світла, що проникає в клас через вікна.

Світильники з'єднуються в суцільну світлову лінію, забезпечуючи високу рівномірність освітлення. Довжина світильника - 1500 мм, тому по довжині класу їх потрібно встановити 4 шт замість 6 шт 2х36Вт довжиною 1200 мм.



Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд світильників і «світловий лінії»

Загальне енергоспоживання нової системи освітлення стандартного класу складе:

$$12 \text{ шт} \times 35\text{Вт} = 420 \text{ Вт.}$$

Система регулювання з датчиками освітленості К2110 забезпечує додаткову економію в розмірі, як мінімум, 20%. В результаті енергоспоживання одного класу складе: $420\text{Вт} - 20\% = 336 \text{ Вт}$ або $6,7 \text{ Вт} / \text{кв.м}$, тобто скоротиться в 3 рази.

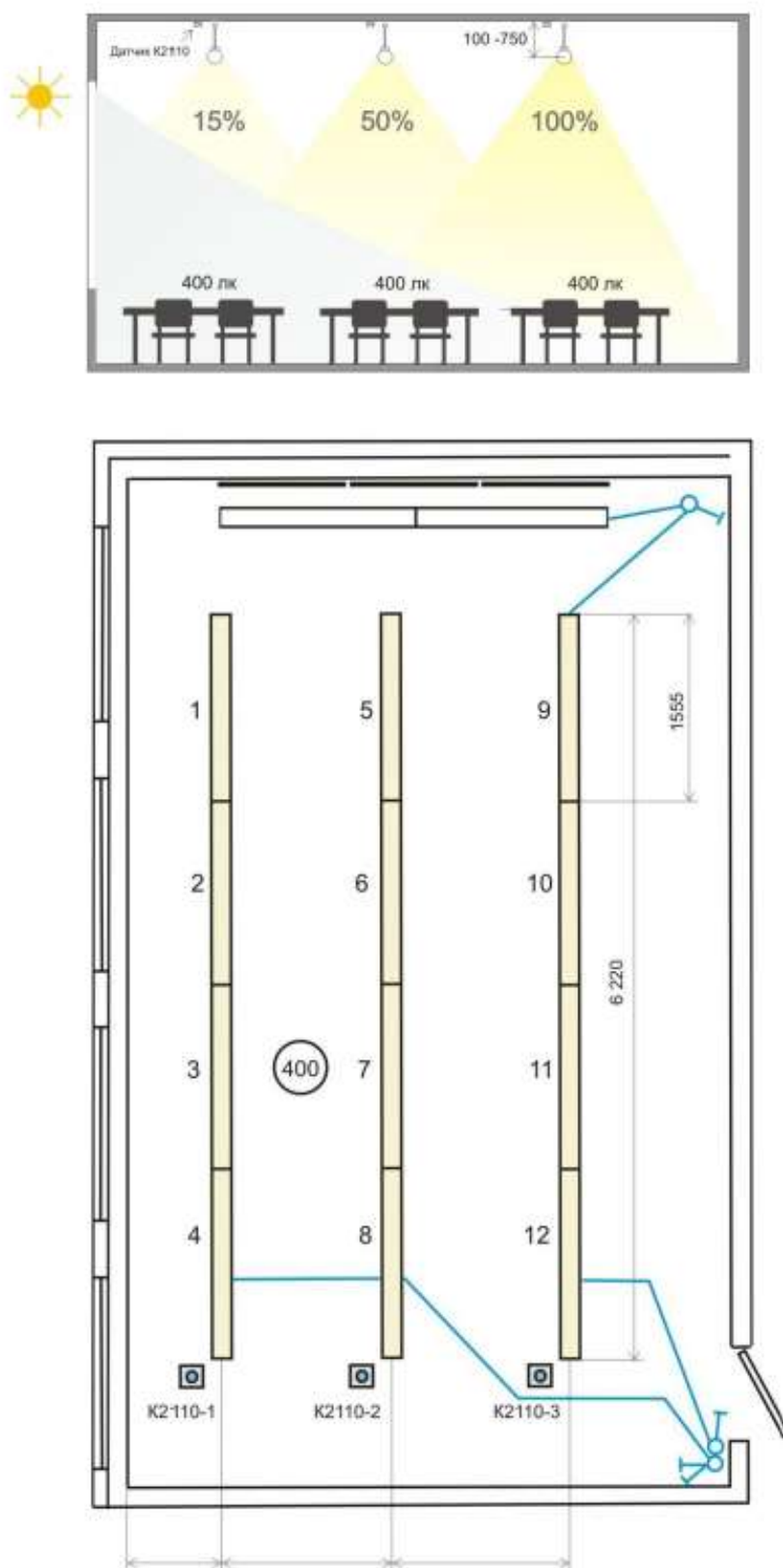


Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд світильників і «світлові лінії»

Освітленість на рівні парт за результатами фактичних замірів складає 400 лк (крайні парти) - 530 лк (центр).

3.5 Автоматика для управління освітленням в місцях загального користування

Для зниження споживання електроенергії система управління автоматично переводить освітлення коридорів, холів і зон відпочинку в економічний режим роботи під час уроків. Для цього по закладеному в комп'ютері розкладом дзвінків (програма «Шкільний дзвінок») спеціальний контролер управління освітленням перемикає відповідні світильники в режим зниженої потужності (10-20% від номінального значення).

Якщо систему доповнити датчиками руху, то в разі появи в коридорі людини під час уроку, світловий потік відповідної групи світильників плавно збільшиться, створюючи можливість комфортного пересування. Під час перерви все освітлення МОП працює в режимі повної потужності.

Передбачений зв'язок з системою пожежної сигналізації будівлі - при виникненні пожежі освітлення МОП автоматично перемикається в режим номінальної потужності для забезпечення нормальної евакуації людей з будівлі школи.

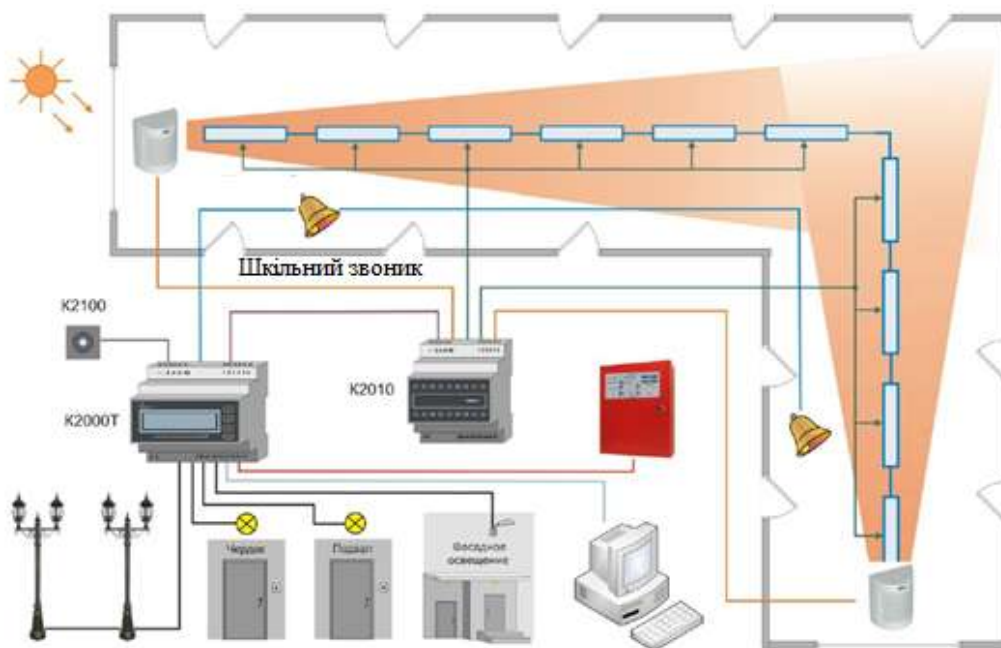


Рисунок 3.7 – Система управління освітленням МОП в комплексі з системою подачі дзвінків

3.6 Аналіз використання твердотілих реле

Твердотільні реле (ТТР) - напівпровідниковий пристрій, що застосовується для створення контакту між низьковольтними і високовольтними ланцюгами, є сучасною альтернативою традиційним пускачів і контакторів. Застосовується в побутовій техніці, Промавтоматика, автомобільній електроніці. Ці пристрої можуть мати різні конструкції і схеми підключення, розраховані на застосування в певній групі приладів. На відміну від електромеханічних аналогів електронні комутатори не мають частин, що труться, а їх основними вузлами є: сімістори, тиристори, транзистори.

структура

У схему твердотільного реле входять:

- Вхід - первинний ланцюг, основні функції якої - прийом і передача сигналу пристрою, комутуючого навантаження.

- Тригерна ланцюг - може бути окремим елементом або входити в пристрій оптичної розв'язки твердотільного реле.

- Оптична розв'язка - ізолює вхідну і вихідну ланцюга змінного струму. Конструкція опторозв'язки визначає тип електронного комутатора і принцип його дії.

- Перемикаюча ланцюг - служить для передачі напруги на навантаження.

- Ланцюг захисту - може бути внутрішній або зовнішній, запобігає появі позаштатних режимів і помилок.

Принцип роботи твердотільних реле

Основне завдання, яке вирішується застосуванням твердотільних реле, - керівництво автоматикою в мережах з напругою 12-480 В, комутація приладів з індуктивним навантаженням. Рядове виконання комутатора має на увазі наявність двох контактів обслуговується мережі і двох керуючих проводів. При збільшенні кількості фаз число контактів і керуючих проводів збільшується.

Замикання і розмикання контактів, при яких подається або припиняється подача напруги на навантаження, здійснюються за участю активатора твердотільного реле. Його функції виконують:

- в пристроях на змінному струмі - напівпровідники тиристори або сімістори;
- в споживачах постійного струму - транзистори.

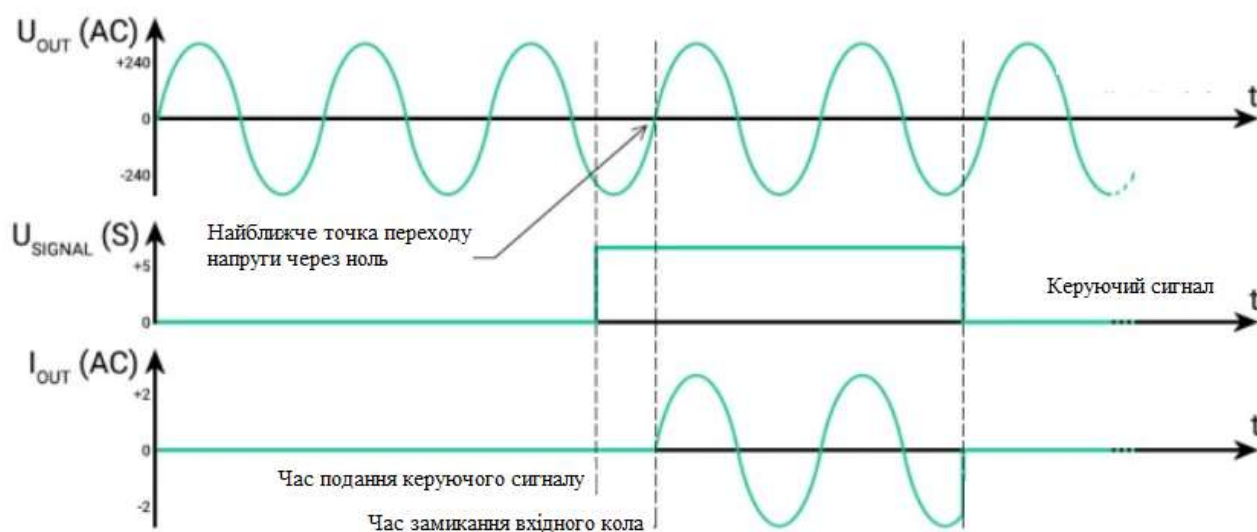


Рисунок 3.8 – Принцип роботи твердотілого реле

Якщо в електромеханічному реле при відключенні контакти знаходяться в повністю розімкненому стані, то в твердотільному комутаторі відсутність струму в ланцюзі забезпечують напівпровідникові прилади. При високій напрузі вони можуть давати струми «витоку», що знижують ефективність роботи споживачів.

Характеристики твердотільних реле

Ці напівпровідникові пристрої мають комплекс переваг, що забезпечує популярність їх застосування в сучасній електроніці та автоматичності:

- мале енергоспоживання - на 90% менше, в порівнянні з електромагнітними реле;
- компактні габарити, що забезпечують зручне транспортування і монтаж;
- конструкція, стійка до механічних впливів;
- високу швидкодію, завдяки якому пристрій вигідно відрізняється від електромеханічних комутаторів;
- безшумність;

- тривалий робочий період, відсутність потреби в проведенні періодичного техобслуговування;
- включення ланцюга без електромагнітних завад;
- забезпечення надійної ізоляції між вхідними і комутаційними ланцюгами;
- сумісність з більшістю компонентів логічних інтегральних схем без використання підсилювачів сигналу, буферів, драйверів.

Основними недоліками цього приладу є: висока ціна, необхідність використання радіаторів охолодження та дорогих запобіжників, ймовірність появи відтоків «витоку» в відключеному стані.

Основні області застосування

Твердотільні реле ефективні при необхідності комутації індуктивного навантаження. Вони застосовуються:

- в системах, що регулюють температуру за допомогою Тена;
- для забезпечення постійного термічного режиму техпроцесу;
- для комутування керуючих ланцюгів;
- в ланцюгах зміни швидкості обертання електродвигуна;
- для контролю нагріву, забезпечення нормальних робочих режимів трансформаторів та інших приладів;
- в освітлювальних ланцюгах для регулювання рівня освітлення - на концертах, дискотеках, шоу.

Ці напівпровідникові пристрої можуть використовуватися як в побутових приладах, так і в автоматичі, для функціонування якої потрібно трифазну напругу.

Різновиди твердотільних реле

Ці напівпровідникові пристрої поділяються за типом навантаження на одно- і трифазні. Однофазні твердотільні реле працюють зі струмами 10-120 А, 100-500 А, фазовий управління здійснюється аналоговими сигналами. За допомогою трифазних твердотільних реле керують струмом відразу на трьох фазах. Робочий інтервал струму - 10-120 А. Різновидом трифазних моделей є комутатори реверсивного типу. Їх відмінності: безконтактна комутація та

особливе маркування. Ці пристрої ефективно з'єднують і роз'єднують кожну ланцюг окремо. Захисні компоненти запобігають помилкові спрацьовування. Трифазні пристрої мають більш тривалий експлуатаційний період, в порівнянні з однофазними.

За характером контрольованого і комутованого напруги розрізняють твердотільні реле:

Постійного струму. Надійні, виготовляються зі світловою індикацією, мають широкий діапазон робочих температур: від -30°C до $+70^{\circ}\text{C}$.

Змінного струму. Для таких напівпровідникових пристроїв характерні: безшумність роботи, низький рівень електромагнітних завад, високу швидкодію, енергозберігаючі характеристики.

З ручним керівництвом. У цих моделях режим роботи можна налаштовувати самостійно.

Класифікація твердотільних реле по способу комутації:

- пристрою для забезпечення миттєвого спрацьовування;
- моделі для комутації слабоіндуктивних, редукованих, ємнісних навантажень;

- з наявністю управління по фазах - використовуються для освітлювальних приладів і нагрівальних елементів.

Різновиди по конструкції:

- розроблені для монтажу на DIN-рейки;
- універсальні, монтується на перехідні лінійки.

Які параметри важливі при виборі твердотільних реле?

Ці напівпровідникові пристрої набувають відповідно до запланованої області застосування. При покупці враховують:

- потужність - запас потужності повинен перевищувати величину, необхідну для обслуговування певного обладнання, в кілька разів, якщо модель використовується для запуску асинхронного двигуна, то запас повинен складати 6-10 разів;

- матеріал виготовлення корпусу, його відповідність умовам, в яких буде експлуатуватися пристрій;

- габарити корпусу;
- тип кріпильних елементів;
- моментальне або поступове швидкодію;
- наявність додаткових експлуатаційних можливостей;
- енергоспоживання;
- бренд.

Види запобіжників для твердотільних реле

Для збереження працездатності цих пристроїв їх використовують в комплексі з різними типами запобіжників, що розрізняються між собою за експлуатаційними характеристиками. Ці пристрої коштують досить дорого, їх ціна порівнянна з вартістю самого реле. Однак такі витрати виправдовуються надійністю роботи приладів.

g R - швидко реагують, працюють в широкому діапазоні потужностей.

g S - придатні для повного інтервалу струмів.

a R - ефективні для захисту від коротких замикань.

Меншим захисним діапазоном мають запобіжники класів B, C, D, але і коштують вони набагато дешевше, в порівнянні з перерахованими вище аналогами.

Особливості підключення твердотільного реле

Включити прилад в загальний ланцюг можна самостійно. Монтаж полегшує відсутність пайки. Прилад під'єднують гвинтовими кріпильними елементами.

При проведенні монтажних робіт необхідно:

- уникати попадання металевих предметів, забруднень, пилу;
- НЕ надається механічні дії на корпус;
- розміщувати систему на безпечній відстані від легкозаймистих предметів;
- перед пуском пристрою в роботу перевірити правильність підключень.

- Під час експлуатації не можна торкатися до корпусу пристрою, щоб уникнути опіків. При нагріванні моделі під час роботи до температури, що перевищує $+ 60^{\circ} \text{C}$, рекомендується встановлювати її на радіатор охолодження. В основному високий нагрів відбувається при частих включеннях електронного комутатора.



Рисунок 3.9 – Загальний вигляд твердотілого реле з радіатором

Можливі схеми підключення твердотільних реле

Існує безліч варіантів підключення твердотільного реле, конкретний спосіб вибирається, в залежності від характеристик підключається навантаження.

Найбільш прості і поширені схеми:

Нормально відкрита. Навантаження знаходиться під напругою в присутності сигналу управління.

Нормально закрити. Навантаження знаходиться під напругою при відсутності керуючого сигналу.

Схеми підключення контактів трифазних твердотільних реле - «зірка» без нейтралі і з нейтраллю, «трикутник».

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

4.1 Визначення капітальних вкладень

Загальний розмір капіталовкладень у схему електропостачання підприємства може бути розрахований по наступним формулах:

а) для електричних ліній, грн.:

$$K_{л} = (K_{пит} \cdot k_{л} + K_{прок}) \cdot L, \quad (4.1)$$

де $K_{пит}$ – питома вартість на 1км лінії, грн./км; $K_{прок}$ – питома вартість прокладки, грн./км; $k_{л}$ – кількість ліній; L – довжина лінії електропередачі, км.

$$K_{л1} = (K_{пит} \cdot k_{л} + K_{прок}) \cdot L = (47,92 \cdot 2 + 2,73) \cdot 0,3 = 29,511 \text{ (тис.грн)} \quad (4.2)$$

Для інших ліній розрахунки робляться аналогічно, результати розрахунків заносимо в таблицю 4.1;

Таблиця 4.1 – Розрахунок капіталовкладень для електричних ліній

Назва лінії	Марка кабелю	Кіл-ть	Довжина, км	$K_{пит}$, тис.грн	$K_{прок}$, тис.грн	$K_{л}$, тис.грн
Живлення - ТП1	АСБ 3х35	2	0,3	47,82	2,73	29,511
Всього						29,511

б) для електричних підстанцій, тис. грн.:

$$K_{пс} = \sum_{i=1}^l n_i \cdot K_{оді} + K_{пост}, \quad (4.3)$$

де $K_{оді}$ - вартість однієї трансформаторної підстанції (ТП) із трансформаторами визначеного діапазону потужності; n - кількість ТП даного виду, шт.; l - число різновидів ТП у схемі електропостачання; $K_{пост}$ - постійні витрати, що мало залежать від потужності підстанції і зв'язані з устроєм території, з створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла і т.д.

Визначимо капіталовкладення для ТП1, тис.грн.:

$$K_{\text{тп1}} = 214 + 71,79 = 285,79 \text{ (тис.грн.)} \quad (4.4)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок капіталовкладень для цехових ТП

№	Тип тр-ра	Кількість т-рів	К _{од} , тис.грн	К _{пост} , тис.грн	К _{тп} , тис.грн
КТП-1	ТМ-250	2	153	71,79	224,79
Всього					224,79

При плануванні розвитку існуючих мереж нерідко виконується реконструкція і модернізація: змінюються траси, напруги окремих ланцюгів, замінюється провід, опори і т.д. На підстанціях демонтуються старі і монтуються нові трансформатори, виконується заміна силового устаткування, приладів і вимикачів. Найчастіше потрібне перекомпонування підстанції, переробка будівельної частини, фундаментів для устаткування.

У цих випадках необхідно складати об'єктні кошториси, для чого використовують дані споріднених проектів, довідкові і нормативні матеріали.

4.2 Річні витрати і втрати електроенергії

Показники витрати і втрат потрібні для визначення собівартості 1 кВт·год. електроенергії, що споживається підприємством.

Річні витрати активної електроенергії промислового підприємства визначаються як сума витрат електроенергії силових і освітлювальних споживачів з урахуванням втрат у лініях і трансформаторах. У даному випадку рекомендується виконувати розрахунок кількості корисної електроенергії виходячи з установленної потужності електроспоживачів цехів, коефіцієнта попиту і числа годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{\text{аі}} = P_{\text{р}} \cdot T_{\text{мі}}, = K_{\text{п}} \cdot P_{\text{ном}} \cdot T_{\text{мі}}, \quad (4.5)$$

де P_p - розрахункове (тривале максимальне) навантаження підприємства, кВт; T_m - річна кількість годин використання максимуму активного навантаження, год; K_{π} - коефіцієнт попиту по активній потужності групи електроспоживачів.

Річна кількість годин використання максимуму активної потужності по галузях промисловості при різному числі робочих змін приводяться в галузевих інструкціях і довідкових матеріалах. Величина T_m у середньому за рік складає: для освітлювальних навантажень - 1500...2000 год.; для однозмінних підприємств - 2000...3000 год.; для двозмінних - 3000...4500 год. і тризмінних 4500...8000 год.

Річна витрата активної електроенергії для продуктового вальцовочного відділення, кВт·год/рік:

$$E_a = 163 \cdot 3000 = 489000 \text{ (кВт год./рік)}. \quad (4.6)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок річних витрат активної електроенергії промислового підприємства

Назва ТП	Число змін	T_m , год	P_p , кВт	E_a , кВт·год/рік
ТП	1	3000	163	489000
Всього				489000

Кількість електроенергії, розрахована вище, не враховує втрат у внутрішньозаводській розподільній мережі. Тому для визначення повної потреби підприємства в електроенергії необхідно до отриманого результату додати її втрати в лініях і трансформаторах.

Розрахунок втрат електроенергії в лініях, кВт·год./рік:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot I_M^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.7)$$

де I_M - максимальний струм у лінії, А; R - активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом.

$$R = r_0 \cdot L, \quad (4.8)$$

де r_0 - питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км.

Необхідно пам'ятати, що для двох паралельно працюючих ліній активний опір зменшується вдвічі, отже, у два рази нижче будуть і втрати електроенергії;

τ - час максимальних втрат, год./рік. Його величина визначається по заданій кількості годин використання максимуму T_M і характеризується наближеними значеннями.

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{3000}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 1574.$$

Розрахунок проводимо в табличній формі.

Таблиця 4.4 – Розрахунок втрат електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	I_M , А	R , Ом	τ , год./рік	$R_{\text{пит}}$, Ом/км	$\Delta E_{\text{л}}$, кВт·год.
Живлення - ТП1	АСБ 3x35	2	0,3	23	0,462	1574,83776	1,54	2309,323193
Разом								2309,323193

Втрати енергії групи однакових паралельно включених трансформаторів можуть бути визначені по формулі, кВт·год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\phi}}{S_n}\right)^2 \cdot \tau, \quad (4.9)$$

де n - число трансформаторів у групі; $\Delta P_{\text{к}}$ і $\Delta P_{\text{хх}}$ номінальні (табличні) втрати відповідно короткого замикання і холостого ходу, кВт; T_p - час роботи трансформаторів, год/рік.

Розрахунок заносимо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок втрат в трансформаторах

№	Тип т-ра	К-сть	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_n , кВА	ΔE_T , кВт·год./рік
ТП	ТМ-250	2	0,74	2,6	234	400	13665,43351
Разом							13665,43351

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год/рік:

$$E = E_a + E_l + E_T \quad (4.10)$$

$$E = 489000 + 13665 + 2309 = 1736414 \text{ (кВт·год/рік)}. \quad (4.11)$$

4.3 Розрахунок оплати за електроенергію

Плата за електроенергію розраховуємо по одноставковому тарифі .

Визначимо плату за спожиту електроенергію за визначений період, грн./рік:

$$Ц = v \cdot E, \text{ (грн)}, \quad (4.14)$$

$$Ц = 2,76 \cdot 1736414 = 4792504,728 \text{ (грн)}, \quad (4.15)$$

де E - кількість електроенергії, що споживається, врахована по лічильнику; v – тарифна плата за електроенергію, $v = 2,76$ грн./кВт·год.

4.4 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу.

Розрахунок фонду заробітної плати

4.4.1 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу

Витрати підприємства на зарплату визначаються на основі розрахунку чисельності експлуатаційних і ремонтних робочих. Основним критерієм при цьому є кількість і вигляд електрообладнання загальнозаводської частини енергогосподарства. Персонал, що обслуговує електроприймачів виробничих цехів, можна віднести до робітників цих підрозділів.

Кількість робітників, необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоустаткування і мереж, визначається виходячи з трудомісткості робіт, що виконуються. При цьому рекомендується скористатися нормативами системи ППР обладнання і мереж промислової енергетики.

Персонал для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{тр}} = \frac{T_{\text{тр}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (4.18)$$

$$N_{\text{тр}} = \frac{217,53}{1900 \cdot 1,1} = 0,1. \quad (4.19)$$

Експлуатаційні робітники, чол.:

$$N_{\text{обсл}} = \frac{T_{\text{обсл}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (4.20)$$

$$N_{\text{обс}} = \frac{2060}{1900 \cdot 1,05} = 1,03, \quad (4.21)$$

де $T_{\text{тр}}$ - річна планова трудомісткість поточного ремонту, люд-год; $\Phi_{\text{д}}$ - дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робочого в рік; звичайно приймається рівним 1850-1900 год; $K_{\text{вн}}$ - плановий коефіцієнт виконання норм для даної категорії робітників. При розрахунках можна брати для ремонтного персоналу його значення 1,10, а для експлуатаційного - 1,05; $T_{\text{обс}}$ - річна планова трудомісткість технічного обслуговування з обліком трудозатрат на огляди (перевірки, іспити), створювані як самостійні операції, люд-год.

Планова трудомісткість відповідного виду робіт T ($T_{\text{тр}}$, $T_{\text{обс}}$) залежить від кількості однотипного устаткування, трудомісткості одиниці цих робіт і числа їх повторень протягом року.

Згідно ПУЭ приймаємо $N_{\text{тр}} = 2$ люд., $N_{\text{обс}} = 1$ люд.

Планову трудомісткість, люд.-год/рік:

$$T_{\text{тр}} = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot \beta_p \cdot h, \quad (4.22)$$

де Π - число ремонтів даного виду в рік, на одиницю обладнання; $t_{\text{норм}}$ - норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год; β_p - поправочний коефіцієнт; h - кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить цьому виду ремонтних робіт.

Для вимикачів, люд.-год/рік:

$$T_{\text{прі}} = 1 \cdot 11 \cdot 0,67 \cdot 6 = 44,22 \quad (4.23)$$

Слід зазначити, що норми тривалості міжремонтних періодів і зв'язані з ними розрахункова кількість ремонтів у рік у системі ППР розроблені стосовно до енергоустаткування, що працює в двох змінах, тобто при $K_{\text{см}} = 2$. При іншій змінності вводиться поправочний коефіцієнт:

$$\beta_p = \frac{2}{K_{\text{см}}} = \frac{2}{3} = 0,67. \quad (4.24)$$

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год/рік:

$$T_{\text{обс}} = 12 \cdot t_{\text{тр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.25)$$

де 12 - число місяців у році; $t_{\text{тр}}$ - планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год; $K_{\text{ср}}$ - коефіцієнт складності ремонту, що показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс.; h - кількість обладнання в групі.

4.4.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Основою для розрахунку фондів заробітної плати є системи, що застосовуються при оплаті праці, чисельність експлуатаційного і ремонтного персоналу, діюча тарифна система. Плановим фондом заробітної плати

називається сума коштів, що повинна бути нарахована працівниками енергогосподарства за роботу в час планового періоду. З метою планування фонд заробітної плати робітників підрозділяється на годинний, денний і місячний (річний).

Виплата, зв'язана з фактично обробленим часом або виконаною роботою, утворюють основну заробітну плату. В її склад входять: фонд прямої заробітної плати, премії відрядникам і святкові дні, оплата бригадирам за керівництво бригадою, доплата за навчання учнів.

Суми, не зв'язані з виплатами за фактично вироблений час, являє собою додаткову заробітну плату. Це доплати підліткам за скорочений робочий день, оплата перерв у роботі матерів, що годують дітей, оплата відпусток і часу виконання державних обов'язків, виплата вихідних, доплата за вислугу років і ін.

Впровадження в нашій країні нових умов оплати праці дозволяє підвищити мінімальну заробітну плату трудящих, збільшити тарифні ставки і посадові оклади працівників.

Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників в дипломному проекті рекомендується використовувати почасово-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну. Преміювання експлуатаційних робітників здійснюється за безаварійну і надійну роботу енергообладнання і мереж, економію енергоресурсів. Ремонтний персоналу преміюється за високоякісне і своєчасне виконання ремонтних робіт.

Величина премії (відповідно категоріям енергоперсоналу) може бути прийнята в розмірі 20 і 25%. У цих умовах фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, грн./рік:

$$\Phi_T = H_{\text{обс}} \cdot \beta_H \cdot t_{\text{чз}} \cdot \Phi_D, \quad (4.26)$$

$$t_{ч9} = ((K3 + K5)/2) \cdot C_I = ((1,18 + 1,36)/2) \cdot 27,12 = 34,44; \quad (4.27)$$

$$\Phi_T = 5 \cdot 0,9 \cdot 34,44 \cdot 1900 = 56139,3 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.28)$$

де Φ_T - заробітна плата робітників-погодинників по тарифу; $N_{обс}$ - число експлуатаційного персоналу по списку, люд.; β_n - коефіцієнт використання річного номінального фонду робочого часу (можна приймати рівним 0.9); $t_{ч9}$ - годинна тарифна ставка, що відповідає середньому тарифному розряду експлуатаційних робітників, рівному 3,5 розряду; Φ_d - ефективний фонд часу одного робітника в рік, год;

б) для робітників, що виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується по нормативній трудомісткості робіт, грн./рік:

$$\Phi_c = T_{тр} \cdot t_{чр}, \quad (4.29)$$

$$\Phi_c = 118,80 \cdot 35,66 = 4236,4 \text{ (грн./рік)} \quad (4.30)$$

де Φ_c - відрядна заробітна плата ремонтників, грн/рік; $t_{чр}$ - годинна тарифна ставка відрядників, що відповідає середньому розряду ремонтників, прийнята рівна 4,5 розряду;

$$t_{чр} = ((K4 + K5)/2) \cdot C_I = ((1,27+1,36)/2) \cdot 27,12 = 35,66; \quad (4.31)$$

$T_{тр}$ - сумарна річна планова трудомісткість поточного ремонту всіх груп енергообладнання і мереж, люд. - год.

Фонд основної заробітної плати, грн/рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0.05+0.01+\alpha), \text{ (грн/рік)}; \quad (4.32)$$

$$\Phi_{от} = 56139,3 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 70735,51 \text{ (грн/рік)}; \quad (4.33)$$

$$\Phi_{oc} = 4236 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 5549 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.34)$$

де Φ – тарифний фонд Φ_t експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_c ремонтного персоналу, грн/рік;

0.01 – частка доплат за роботу у святкові дні;

0.05 – частка доплат за роботу в нічний час;

α - частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% по відношенню до фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з обліком додаткової заробітної плати складе, грн/рік:

$$\Phi_{об} = \Phi_o \cdot 1,15; \quad (4.35)$$

$$\Phi_{обт} = 70735,518 \cdot 1,15 = 81345,84 \text{ (грн/рік);} \quad (4.36)$$

$$\Phi_{обс} = 6382 \cdot 1,15 = 11686,10 \text{ (грн/рік);} \quad (4.37)$$

де Φ_o - фонд основної заробітної плати відповідно експлуатаційних або ремонтних робітників грн/рік.

З метою утворення фонду зайнятості, фонду соціального і пенсійного страхування виділяються нарахування за рахунок засобів підприємства на заробітну плату. З цих фондів кошти витрачаються на виплату по тимчасовій утраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку трудящих, оздоровчі заходи для дітей працівників і інше.

Щоб визначити витрати по заробітній платі $C_{зп}$, необхідно у величині сумарного фонду по кожій категорії енергоперсоналу врахувати відрахування на соціальне страхування $\beta_{соц}$, грн/рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{соц} + \beta_{пенс} + \beta_3}{100}\right) \quad (11.38)$$

$$C_{зпт} = 81345,8457 \cdot \left(1 + \frac{4 + 32 + 1.5}{100}\right) = 109816,89 \text{ (грн/рік);} \quad (11.39)$$

$$C_{\text{зпо}} = 6382 \cdot \left(1 + \frac{4 + 32 + 1.5}{100}\right) = 8615 \text{ (грн/рік)}. \quad (12.40)$$

4.4.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок потреби необхідної на рік кількості основних матеріалів для усіх видів ремонтів і технічного енергетичного обслуговування устаткування і мереж виробляється на підставі трудомісткості річного плану ППРОСПЕ і приведених норм витрати матеріалів. Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, підприємство саме їх розробляє і затверджує.

З метою спрощення планування в системі витрата матеріалів віднесена до 100 люд.-год. трудомісткості усіх видів ремонтів, включаючи технічне обслуговування. Таким чином, знаючи трудомісткість плану, легко розрахувати потреби матеріалів.

Річна вартість матеріалів для поточного ремонту кожного виду устаткування мереж, грн/рік:

$$C_{\text{мтр}} = 0,01 \sum_{i=1}^f T_{\text{трі}} \sum_{j=1}^q m_{\text{трі}} \cdot \Pi_{\text{mj}} = 11589 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.41)$$

де - 0,01 - коефіцієнт приведення; f - кількість груп устаткування і мереж у схемі електропостачання; $T_{\text{трі}}$ - трудомісткість поточного ремонту i -ої групи енергоустаткування, люд.-год; q - число різновидів матеріалів; $m_{\text{трі}}$ - норма витрати j -го виду матеріалу на 100 люд.-год трудомісткості поточного ремонту i -ої групи устаткування і мереж; Π_{mj} - ціна одиниці матеріалу, грн.

Аналогічно проводиться розрахунок планової вартості матеріалів для здійснення технологічного обслуговування устаткування і мереж, грн/рік:

$$C_{\text{мто}} = 0,01 \sum_{i=1}^f T_{\text{трі}} \sum_{j=1}^q m_{\text{трі}} \cdot \Pi_{\text{mj}} = 18914,32 \text{ (грн/рік)}. \quad (4.42)$$

Розрахунок трудомісткості спрощується при виконанні його в табличній формі. Тому що вартість конкретного виду матеріалу являє собою добуток

норми його витрати на ціну, то доцільно по кожному виду устаткування і мереж визначити підсумкову вартість усіх матеріалів, а потім її помножити на трудомісткість поточного ремонту чи технологічного обслуговування. Дані розрахунків заносимо до таблицю 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок трудомісткості

Матеріал	Ціна матеріалу,	Норми витрат матер. на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування	Вартість матеріалу, грн.
	грн.		
Силові трансформатори		250	250
Сталь сортова, кг	13,38	5,00	66,92
Провід установлюваний, м	5,55	1,00	5,55
Мідь-алюміній (гола), кг	124,62	36,00	4486,32
Картон електроізоляційний, кг	60,09	1,20	72,10
Лакотканина (ширина 700мм), м	166,64	0,15	25,00
Кабельний папір, кг	49,14	0,50	24,57
Стрічка кіперна, кг	600,86	2,50	1165,84
Стрічка тафтяна, кг	446,38	12,00	5356,57
Стрічка азбестова, м	13,15	0,04	0,53
Лаки ізоляційні, кг	71,88	0,80	57,50
Емалі ґрунтові, кг	78,85	2,00	157,69
Масло трансформаторне, кг	24,36	0,30	7,31
Бензин, кг	12,36	0,60	7,42
Розчиники кг	34,83	0,70	24,38
Маслостійка гума, кг	89,35	0,30	26,81
Гума профільна, кг	89,35	0,12	10,72
Припій олов'яно-свинцевий, кг	850,63	0,02	17,01
Припій мідно-фосфорний, кг	158,12	0,02	3,16
Електроди, кг	29,37	0,10	2,94
Засоби кріплення, кг	37,41	1,50	56,12
Дріт кручений,	4,88	0,12	0,59
Матеріали обтиску, кг	48,72	0,30	14,62
Разом:			11589,66
Кабельні лінії			
Сталь сортова, кг	13,38392	2	26,76784
Електроди, кг	29,39424	0,1	2,939424
Разом:			29,707264

Розрахунок вартості матеріалів включених у норму витрати.

Таким чином, можна розрахувати витрати по обслуговуванню електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зп.те}} + C_{\text{мто}}, \quad (4.43)$$

$$C_{\text{обс}} = 109816 + 189202 = 299019 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.44)$$

витрати по їхньому поточному ремонті, грн/рік:

$$C_{\text{тр}} = C_{\text{зп.тр}} + C_{\text{м.тр}}, \quad (4.45)$$

$$C_{\text{тр}} = 12967 + 13783 = 26751 \text{ (грн/рік)}. \quad (4.46)$$

4.4.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Основні фонди в процесі експлуатації піддаються фізичному і моральному зносу. Це вимагає безупинного їхнього відтворення, а також виконання капітальних ремонтів і модернізації. Засоби, призначені для повної заміни і часткового відновлення основних фондів, називаються амортизаційними відрахуваннями. Вони включаються в собівартість виготовленої на даному підприємстві продукції і реалізуються при її продажі.

Амортизаційні відрахування визначаються від первісної вартості ОФ по нормах. Норма амортизації являє собою встановлений у плановому порядку щорічний відсоток погашення вартості відповідних ОФ за рахунок амортизаційних відрахувань.

Для визначення річного амортизаційного фонду необхідно знати вартість амортизаційних ОФ (величину капіталовкладень), розрахованих у попередніх розділах.

Амортизаційні відрахування, грн/рік:

$$C_a = \sum_{i=1}^f P_{ai} \cdot K_i; \quad (4.47)$$

$$C_a = 0,06 \cdot 254,301 = 15258 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.48)$$

де f – число груп енергоустаткування і мереж; P_{ai} – норма амортизації для даної групи; K_i – капіталовкладення в i -ту групу устаткування системи електропостачання, грн.

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат, виділяються інші витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частина загальнозаводських витрат. Їх можна приймати в розмірі 20 – 30% суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = \beta_{\text{п.р}} \cdot (C_{\text{обс}} + C_{\text{тр}} + C_a); \quad (4.49)$$

$$C_{\text{пр}} = 0,25 \cdot (299019 + 26751 + 15258) = 85257 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.50)$$

де $\beta_{\text{п.р}}$ - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передачі і розподілу електроенергії зведемо їх в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Визначення відрахувань і інших витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації обладнання	299019,4619	70,14528698
Витрати на поточний ремонт	26751,19122	6,275410883
Витрати на амортизацію	15258,06	3,579302132
Інші витрати	85257,17827	20
Разом	426285,8914	100

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = C + C_{\text{п}},$$

де Π - плата за електроенергію енергосистемі; C_{Π} - річні витрати підприємства по передачі електроенергії.

$$C_{\text{сум}} = 426285 + 4792504 = 5218790,62 \text{ (грн./рік)}.$$

4.5 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість - це всі грошові витрати підприємства на виробництво і реалізацію продукції. Для підрахунку продукції усі витрати плануються по статтях калькуляції (витрат).

Особливістю визначення собівартості електроенергії є те, що при цьому враховуються не тільки витрати на її трансформацію і передачу, але і вартість енергії, що купляється. Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}}}{E_a}, \quad (4.51)$$

$$S = \frac{5218790}{1752388,757} = 303 \text{ (грн./кВтгод)}, \quad (4.52)$$

де $C_{\text{сум}}$ - величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік; E_a - річна кількість корисної споживаної підприємством електроенергії, тобто без обліку втрат у лініях і трансформаторах, кВт.год/рік.

Для наочності результати калькулювання собівартості кіловат-години споживаної підприємством електроенергії рекомендується звести в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Основні показники електроспоживання

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	1736414	кВт·год.
Річне споживання електроенергії із втратами	E	1752388,757	кВт·год.
Плата за електроенергію	P_1	4836592,968	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_p	426285,8914	грн.
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	5262878,86	грн.
Собівартість електроенергії	S	303,0889442	коп/кВт·год.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випусковій магістерській роботі розробляється система керування електроосвітленням загальноосвітньої середньої школи села Зарванці Вінницької області та розглянуті умови праці при її експлуатації. Охорона праці належить до соціально-економічних систем, головним завданням яких є врахування громадських та особистих інтересів людей. Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні росту ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму і профзахворювань. Економічне значення охорони праці визначається ефективністю заходів з покращення умов і підвищення безпеки праці та є економічним виразом соціальної значущості охорони праці.

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. Це забезпечить не лише безпечність умов праці, а й створить відповідний настрій всередині колективу.

На електротехнологічний персонал, який обслуговує обладнання системи освітлення загальноосвітньої середньої школи, впливають наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, у відповідності з їх класифікацією [ГОСТ 12.0.003-74]:

1) фізичні:

- рухомі машини та механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;

- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;

- підвищена і понижена температура повітря робочої зони;

- підвищений рівень шуму на робочому місці;

- підвищена та понижена рухомість повітря;

- підвищена та понижена вологість повітря;

-небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини;

- нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- пряма і відбита блискіть.

2) психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, монотонність праці).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Електробезпека

Живлення силового обладнання школи та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по безпеці електротравматизму – без підвищеної небезпеки, у зв'язку з відсутністю небезпечних умов з електробезпеки. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

5.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

При роботі, яка зв'язана з дотиком до струмоведучих частин світильників, необхідно на автоматичному вимикачі повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автомати невидатного типу, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності

на їх зажимах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами.

В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, зборок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізольованим проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, зборок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає наряд (розпорядження).

Забороняється знімати загородження обертаючих частин електродвигуна на електроінструменті під час його роботи.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень - умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури поверхонь, які оточують людину, та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінювання. Категорія робіт, що виконується оперативно-ремонтним персоналом – Па – пов'язано з постійною ходьбою і перенесенням невеликих вантажів масою до 1 кг.

За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичні умови визначаємо як допустимі.

Таблиця 5 1 - Допустимі параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середньої важкості: Па	17-23	75	не > 0,3
Теплий	Середньої важкості :Па	18-27	65 при 26 °С	0,2-0,4

Необхідно, щоб в приміщеннях була постійна циркуляція повітря або встановлений кондиціонер. Влітку при значних вологовтратах і значному часі опромінення інфрачервоною радіацією споживають охолоджену до 15-20°C підсолену (0,5 % HCl) газовану воду. Вживання підсоленої води запобігає згущенню крові, сприяє утриманню її в організмі, покращує самопочуття й підвищує працездатність. Із заходів особистої профілактики після теплових навантажень рекомендуються гідропроцедури.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³[24].

Таблиця 5.2- Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню

області. Необхідно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (зернистість), тим вище небезпека.

Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, це повинне прийматися в увагу при прибиранні пилу.

5.2.3 Виробниче освітлення

Так як вже вище було зазначено, що роботи проводяться всередині приміщення. Робітник працює з об'єктами, розмір яких не перевищує 1 мм, отже, характеристику зорової роботи вважаємо середньої точності, тобто найменший розмір об'єкту розрізнення від 0,5 до 1 мм, розряд зорової роботи IV, підрозряд в (контраст об'єкта розрізнення з фоном - середній і великий, характеристика фона - середній). Тому потрібно забезпечити величину штучної комбінованої освітленості в 400 люкс, загальної – 200 люкс. Тому є обов'язковим встановлення світлодіодних ламп, що працюють в умовах широкого діапазону температур.

Нормоване значення коефіцієнта природної освітленості КПО згідно ДБН В.2.5-28-2006 визначається за формулою:

$$e_N = e_H \cdot m_N \quad (5.1)$$

де e_N – значення КПО;

m_N – коефіцієнт теплового клімату, $m_N = 0,9$ – при орієнтації вікон на північ;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

Природне: $e_N = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4 \%$,

суміщене: $e_N = 0,9 \cdot 0,9 = 0,8 \%$.

5.2.4 Виробничий шум

Шум – це безладне поєднання звуків різної частоти та інтенсивності. Джерелами шуму являється вентилятори, електродвигуни, трансформатори, транспортні засоби на прилеглих вулицях тощо.

Нормування виробничого шуму виконується з врахуванням тих особливостей, що в залежності від частоти організм людини по-різному реагує на шум однакової інтенсивності. Цех відноситься до приміщень з II класом шумів, допустимі норми шумів для цього класу наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3- Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку

Вид трудової діяльності, обоче місце	Рівні звукового тиску, дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								
	1,5	3	25	50	500	1000	2000	4000	8000
На постійному робочому місці	107	95	87	82	78	73	73	71	69

Заходи захисту від шуму, метою яких є зниження рівнів шуму нижче нормованих, можна розділити на три основних напрямки:

1. Заглушення шуму в джерелах, що здійснюється при проектуванні машин і технологічного процесу;
2. Попередження розповсюдження шуму-ізоляція випромінювача і поглинання шуму;
3. Будівельні та організаційні заходи. Контроль рівня шуму згідно ГОСТ 12.1.003-83 повинен виконуватись не менше одного разу на рік. Згідно ГОСТ 12.1.003-83 захист від шуму повинен виконуватись розробкою шумонебезпечної техніки, використанням методів і пристроїв колективного захисту за ГОСТом 12.4.051-78, а також будівельно-акустичними методами. Основними методами колективного захисту є зниження шуму в джерелі його виникнення та на шляху розповсюдження.

5.2.5 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу,

затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Перебування в незручній та/або фіксованій позі більше 50% часу роботи. Знаходження в позі стоячи більше 80% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): не більше 1500

Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: більше 300

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

По горизонталі: більше 12

Інтелектуальні навантаження: Евристична (творча) діяльність, що вимагає вирішення складних завдань при відсутності алгоритму; особисте керівництво в складних ситуаціях

Зміст роботи: Сприймання сигналів з наступною комплексною оцінкою взаємопов'язаних параметрів. Комплексна оцінка всієї виробничої діяльності, Контроль та попередня робота з розподілу завдань іншим особам, Робота в умовах дефіциту часу та інформації з підвищеною відповідальністю за кінцевий результат

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) більше 75

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи більше 300

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження більше 25

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів менше 50%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) більше 25

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за функціональну якість кінцевої продукції, роботи, завдання. Неправильні рішення можуть викликати пошкодження обладнання, зупинку технологічного процесу, можливу небезпеку для життя

Ступінь ризику для власного життя – Можливий

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Можливий

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 8 годин

Змінність роботи Однозмінна робота в денний час

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, на протязі 1 год

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи керування електроосвітленням в умовах впливу загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Система керування електроосвітлення може використовуватись як у мирний час так і в особливий період. На неї можуть справляти значний вплив надзвичайні ситуації різного типу. До таких НС можна віднести: стихійні лиха (повені, шторми, блискавка, урагани, зливи, ожеледиця), іонізуючі випромінювання, ЕМІ та багато інших. Тому при забезпеченні роботи даної системи слід використати найвищий рівень захисту від тої чи іншої НС, оскільки кожна НС справляє свій вплив на дану систему керування .

В апаратурі системи керування електроосвітленням радіація викликає оборотні і необоротні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів схеми, що приведе до пошкодження вузлів. В елементній базі системи внаслідок дії іонізуючих випромінювань можлива зміна всіх електричних та експлуатаційних характеристик.

Ступінь ураження ЕМІ залежить в основному від амплітуди наведеного імпульсу напруги чи струму та електричної міцності обладнання. ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи електросхем, викликає коротке замикання в

пристроях. Найчастіше отримують пошкодження вхідні кола електронних блоків. Всі ці пошкодження можуть призвести до виходу з ладу вузлів і елементів системи керування електроосвітленням. Також, проходячи через елементи, потік електронів створює в них вільні носії електричних зарядів, в результаті переміщення яких виникає помилковий імпульс, який призводить до помилкового спрацювання системи.

Таким чином, в даній частині розділу необхідно виконати дослідження безпеки роботи та провести розробку заходів по підвищенню безпеки роботи системи керування електроосвітленням в умовах дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу.

Дослідження безпеки роботи системи керування електроосвітленням в умовах впливу іонізуючого випромінювання

В електронній апаратурі застосовують елементи, до складу яких входять такі матеріали: метали, неорганічні метали, (в основному діелектрики), провідники і різноманітні сполуки (діелектрики, смоли і т.д.) серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань, оскільки їм властива концентрація вільних носіїв.

Робота та експлуатація системи керування електроосвітленням в умовах іонізуючих випромінювань може призвести до втрат працездатності при визначених рівнях випромінювання. Система електропостачання складається з багатьох компонентів основними з яких є: транзистори, резистори, конденсатори, мікросхеми. Приймаючи до уваги елементну базу блоків, що використовується, складаємо таблицю максимально допустимих потужностей доз гамма-випромінювання.

Таблиця 5.4 – Максимально допустимі потужні дози гамма випромінювання для елементів системи керування електроосвітленням

Блоки системи керування електроосвітленням	Елементи блоків системи керування електроосвітленням	$P_{зв}, P/год$	$P_{зв}, P/год$
Драйвер та блок вводу-виводу	Оптрон	10^5	10^4
	Транзистор	10^6	
	Транзистор	10^6	
Блок живлення	Транзистор	10^6	
	Мікросхема	10^5	
	Мікросхема	10^6	
Сенсори	Сенсор тиску	10^4	
	Сенсор швидкості	10^4	
Мікросхеми	Мікросхема	10^5	

Аналізуючи дані таблиці 6.5, визначаємо найбільш вразливі елементи системи керування електроосвітленням, в яких початок зворотних змін виникає при інтенсивності випромінювання $P_{зв} = 10^4$ P/год.

Граничне значення рівня радіації, при якому система керування електроосвітлення буде працювати, визначається по формулі:

$$P_{гр} = K \cdot P_{зв} \cdot K_{осл}, \quad (5.2)$$

де $P_{зв}$ – рівень радіації, що відповідає початку зворотних змін у найуразливішому елементі схеми;

K – коефіцієнт надійності ($K=0,9$);

$K_{осл}$ – коефіцієнт ослаблення виробничого приміщення ($K_{осл} = 2$).

$$P_{гр} = 0,9 \cdot 3,98 \cdot 2 = 7,70 (P / год).$$

Отже, система керування електроосвітлення, що розробляється буде безпечно працювати при рівні радіації, який не перевищує 7,7 P/год.

6.3.2 Дослідження безпеки роботи системи керування електроосвітленням в умовах дії електромагнітного імпульсу

Безпека роботи системи керування електроосвітленням в умовах дії електромагнітного імпульсу характеризується коефіцієнтом безпечної роботи $K_б$, який визначається за формулою:

$$K_6 = 20 \lg \frac{U_d}{U_{в(г)}} \geq 40 [\text{дБ}], \quad (5.3)$$

де U_d – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{в(г)}$ – напруга наведення за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

$$U_d = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N [\text{В}], \quad (5.4)$$

де $U_{ж} = 30$ В – напруга живлення;

N – допустимі коливання, 5%.

$$U_d = 30 + \frac{30}{100} \cdot 5 = 31,5 \text{ (В)}.$$

Визначимо напругу наведену у горизонтальних струмопровідних частинах:

$$U_1 = \frac{U_d}{10^2}, \text{ (В)}, \quad (5.5)$$

$$U_1 = \frac{31,5}{10^2} = 0,315 \text{ (В)}.$$

Визначимо вертикальну складову напруженості електричного поля:

$$E_{\text{вер}} = \frac{U_1}{l_1} \text{ (В / м)}, \quad (5.6)$$

де l_1 – довжина вертикальних струмоведучих частин ($l_1 = 2,13$ м).

$$E_{\text{вер}} = \frac{0,315}{2,13} = 0,148 \text{ (кВ / м)}.$$

Таким чином, система керування буде безпечно працювати при умові, що вертикальна складова напруженості електричного поля не буде перевищувати його граничне значення $E_{\text{вер}} = 148$ (В/м).

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи керування електроосвітленням в умовах надзвичайних ситуацій

На безпеку роботи системи керування електроосвітленням можуть впливати такі надзвичайні ситуації як повені, буревії, обледеніння. Для захисту системи від небезпечних чинників надзвичайних ситуацій необхідно проводити профілактичні ремонтні роботи по підвищенню надійності електронних блоків і сенсорів. Для підвищення безпеки роботи системи керування електроосвітленням від дії вище наведених небезпечних чинників, потрібно дотримуватись правил техніки безпеки, а для зменшення ймовірності збоїв необхідно використовувати програмну та апаратну надлишковість.

Для боротьби з впливом іонізуючого опромінення використовують алюмінієві сплави, леговані елементами з високим атомним номером (лантаноїдами і рідкоземельними елементами), сплави на основі тугоплавких і рідкоземельних елементів і багатошарові матеріали. Також для боротьби з впливом іонізуючого випромінювання можна використати метод, що полягає в захисному покритті радіоелектронної апаратури, які піддаються впливу іонізуючого випромінювання захисне покриття виконане у вигляді наноструктури, яка включає сукупність атомів рідкоземельних елементів, введених в структуру армованої атомно-молекулярної металічної матриці, або утворює її захисний шар.

З попередніх розрахунків видно що система керування може поводити себе не стійко за умов ЕМІ, або під дією іонізуючого випромінювання. В такому випадку необхідно виконати заходи по підвищенню безпеки роботи системи, зокрема провести екранування усієї системи або окремих її блоків критичних до впливу ЕМІ.

Було встановлено, що система керування електроосвітлення в умовах дії іонізуючих випромінювань буде безпечно працювати при рівні радіації, який не перевищує 7,7 Р/год. А в умовах дії електромагнітного імпульсу система керування буде надійно працювати, якщо вертикальна складова напруженості електричного поля не буде перевищувати його граничне значення $E_{\text{вер}}=148$ (В/м).

ВИСНОВОК

В даній магістерській роботі розроблена система електропостачання Зарванецької школи Вінницької області. Сторено автоматизовані форми вибору оптимального обладнання мережі школи, а саме: трансформаторної підстанції, живлячої кабельної лінії та місця розташування ТП. Виконані задачі, які демонструють автоматизований вибір обладнання з урахуванням техніко-економічних та оптимізаційних задач.

За електронного процесора Excel, методом коефіцієнтів попиту та використання, було визначено розрахункові та середні навантаження школи та, а саме повна середня потужність школи складає 214 кВА, а повна розрахункова потужність з урахуванням коефіцієнта одночасності складає 243 кВА. Також визначена питома густина навантаження підприємства ($0,01 \text{ кВА/м}^2$), за допомогою якої були визначені оптимальну потужність ТП та переріз живлячої кабельної лінії, що забезпечують надійне живлення та економічну побудову та обслуговування СЕП.

В спеціальній частині магістерської роботи проведено аналіз застосування різних систем керування освітленням в Зарванецькій ЗОШ. Запропоновано для комутації великих груп LED світильників використання твердотільного реле, що забезпечить мінімізацію пускових струмів великих груп LED світильників.

Розглянуті питання охорони праці, прийняті технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта, гігієни праці та виробничої санітарії, а також пожежної безпеки. Дана оцінка безпеки роботи системи електропостачання Гайсинського молокозаводу в умовах дії сейсмічних коливань та електромагнітного імпульсу. Основним технічним засобом автоматизованого проектування, використаним в роботі, є ПЕОМ. Серед програмних засобів, що використані в роботі для автоматизованого проектування, найголовнішим є електронний процесор EXCEL та текстовий процесор WORD. Для визначення оптимальних проектних рішень використані математичні методи теорії прийняття рішень, реалізовані в електронному процесорі EXCEL.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: Навчальний посібник / М. Й. Бурбело. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 154 с.
2. Федоров А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий: учебник для вузов / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
3. ДСТУ 3463-96 (ГОСТ 14209-97). Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів
4. Козловський В. О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах : навчальний посібник / В. О. Козловський. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75 с.
5. Веников В. А. Экономические интервалы при выборе оптимальных вариантов энергетических объектов и их применение при технико-экономических расчетах электропередач : учебное пособие для вузов / В. А. Веников, Ю. Н. Астахов. – Энергетика и автоматика. – 1962. – №3 – С. 13-15.
6. Правила устройства электроустановок. - Х.: Из-во “Форт”, 2009. -704 с.
7. ДСТУ 3582-97 “Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові у бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила”.
8. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. –122 с.
9. Мокін Б. І. Комп'ютерне моделювання процесу пошуку оптимальних перерізів кабельних ліній / Б. І. Мокін. А. В. Камінський. – Вісник ВПІ. – 2001. – №5 – с. 49–54.
10. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. М.:ЭНАС.- 2009. – 456 с.
11. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М. : Энергоатомиздат, 2004. 358 с.

12. Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В. Современные методы улучшения качества электроэнергии (аналитический обзор)// Электротехника, 1998, №3, С.10-17.

13. Солодухо Я.Ю. Тенденции компенсации реактивной мощности. Ч.1.: Реактивная мощность при несинусоидальных режимах работы: Обзор, информ. М.: Информэлектро, 1987, вып.2, 51с.

14. Бурбело М. Й. Математичні задачі електроенергетики. Математичне моделювання електропостачальних систем [Текст] : навчальний посібник / М. Й. Бурбело. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 185 с.

15. Бурбело М. Й. Сучасні проблеми електроенергетики [Текст] : навчальний посібник / М. Й. Бурбело. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 105 с.

16. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

17. РД 153-34.0-15.501-00. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии.

18. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

19. Іоффе К. І. Конспект лекцій з дисципліни «Системи керування світлотехнічними пристроями» (для магістрів денної і заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (спеціалізація «Світлотехніка і джерела світла»)) / К. І. Іоффе, О. Л. Черкашина; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 57 с..

20. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення

21. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Світлотехнічні установки та системи” для студентів напряму підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології. / Уклад.: Я.М. Осадца. – Тернопіль: ТНТУ 2013 – 17.

22. ГКД 340.000.002-97. Определение экономической эффективности капитальных вложений в энергетику. Энергосистемы и электрические сети.

23. ГКД 340.000.001-95. Загальні методичні положення визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику.

24. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.

25. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.

26. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

27. ДБН В.1.2-10-2008. Захист від шуму.

28. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.

29. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

30. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

31. ДБН В. 2.5-23-2003. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.

Додаток А – Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ____ ” _____ 2020р.ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМд.т.н., проф. Бурбело М.Й. _____
“ ____ ” _____ 2020 р.**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Система керування електроосвітленням загальноосвітньої середньої школи села
Зарванці Вінницької області

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Шулле Ю. А. _____
(підпис)

Виконавець: студентка гр. ЕСЕ - 18м

Весельський Р. А. _____
(підпис)

Вінниця 2020 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № ____ від ____ . ____ .20.

Дата початку роботи ____ . ____ .20р.

Дата закінчення роботи ____ . ____ .020.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета – Метою магістерської кваліфікаційної роботи є створення математичних моделей для системи електропостачання школи та на основі їх аналізу вибір найбільш економічного варіанту живлення. Проведено аналіз СЕП школи на основі актуальних методів, при цьому виконати розрахунки зовнішньої та внутрішньої електромережі, електричних навантажень, розрахувати потужність конденсаторної установки, здійснити вибір електрообладнання та розрахувати місце розташування трансформаторних підстанцій..

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

Генплан підприємства (рисунок А.1); відомості про особливості технологічних процесів, характеристика приміщень школи та частина АТХ проекту (таблиця А.1); відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2014.

3.3. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків».- Вінниця: ВНТУ, 2005р.

3.4 ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

3.5 Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка» / Л.Б. Терешкевич, О.Д. Демов, Ю.А. Шулле. – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження		
4.2 Проведення дослідних розрахунків		
4.3 Розробка робочих креслень		
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи		

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

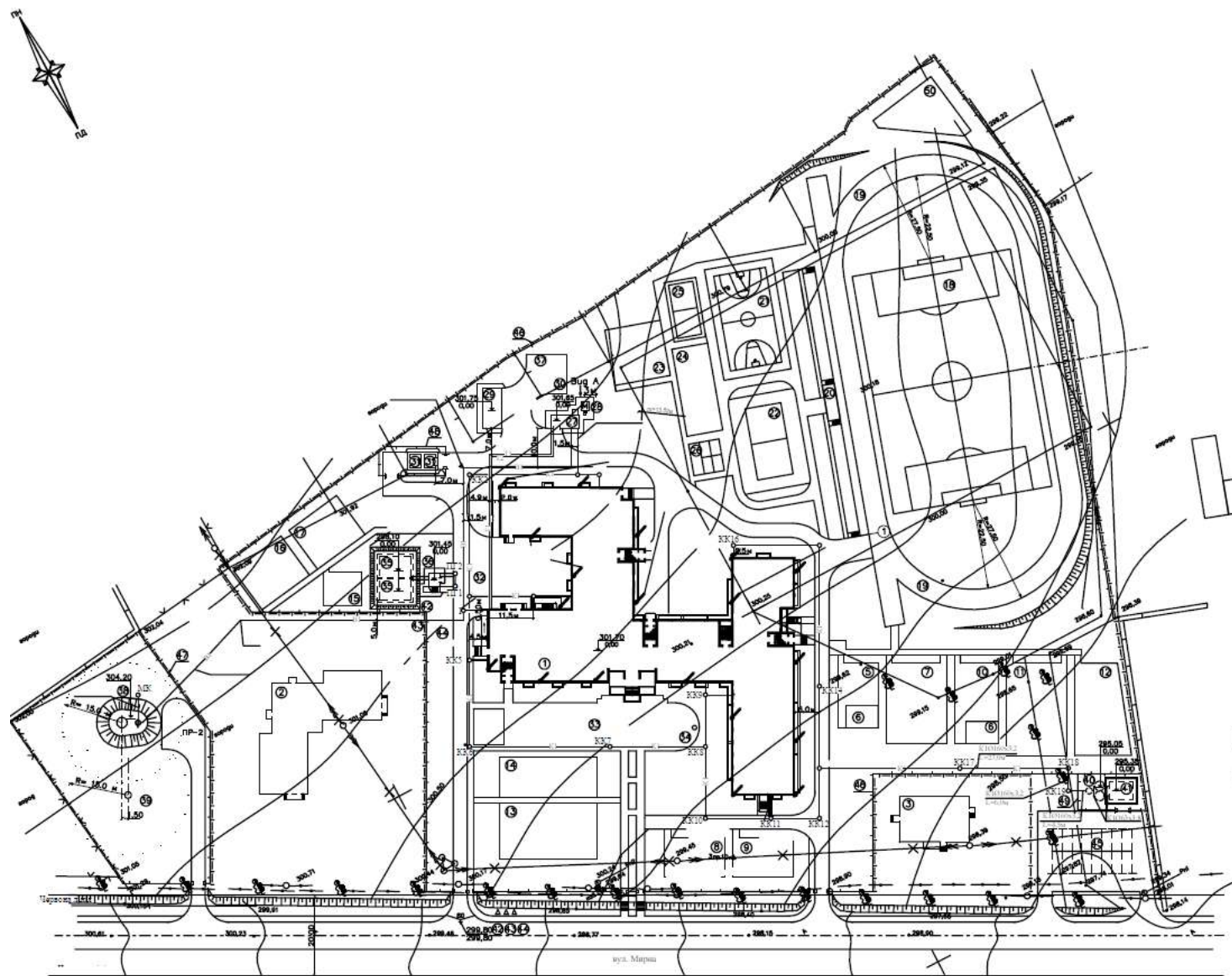
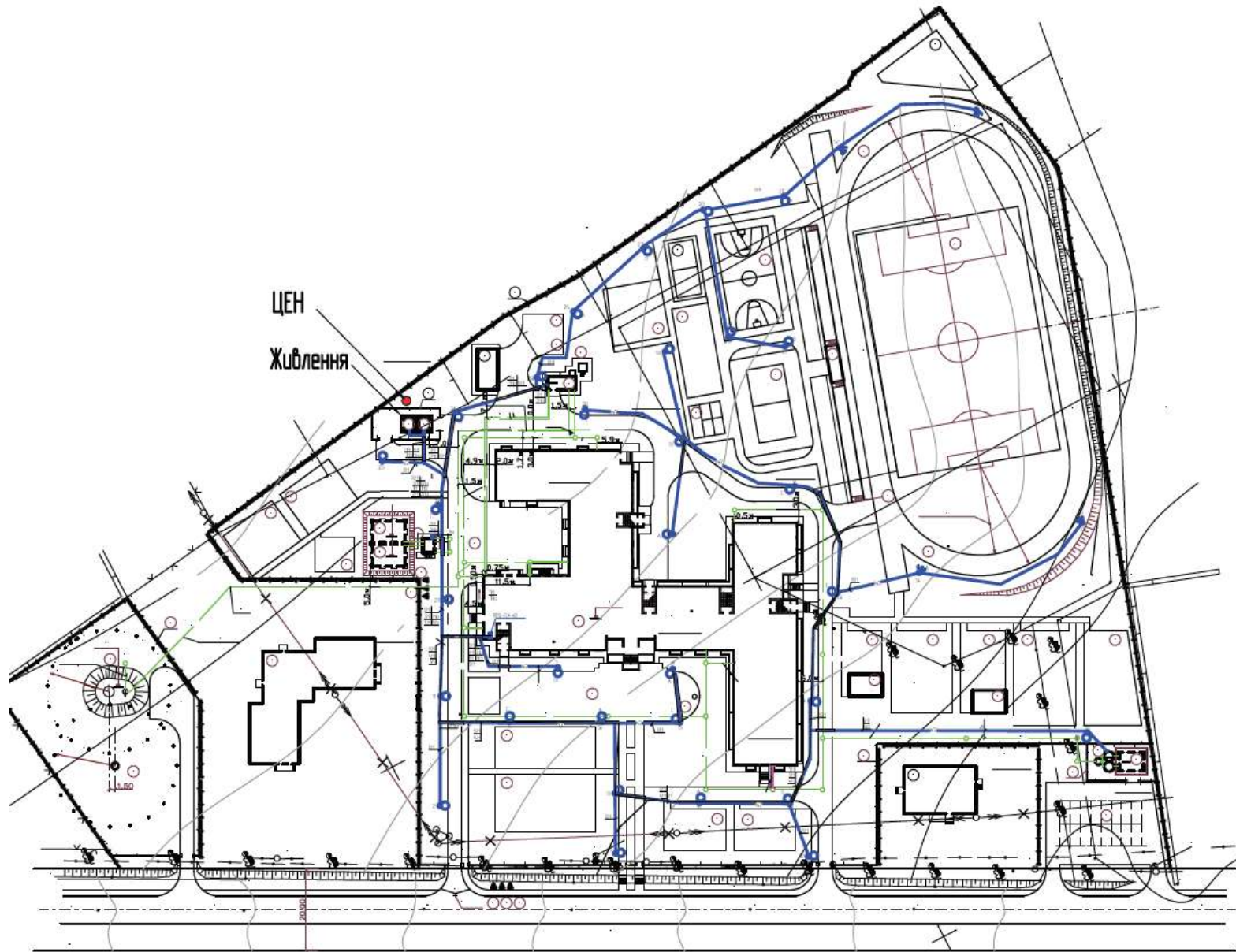


Рисунок А.1 – Генплан школи

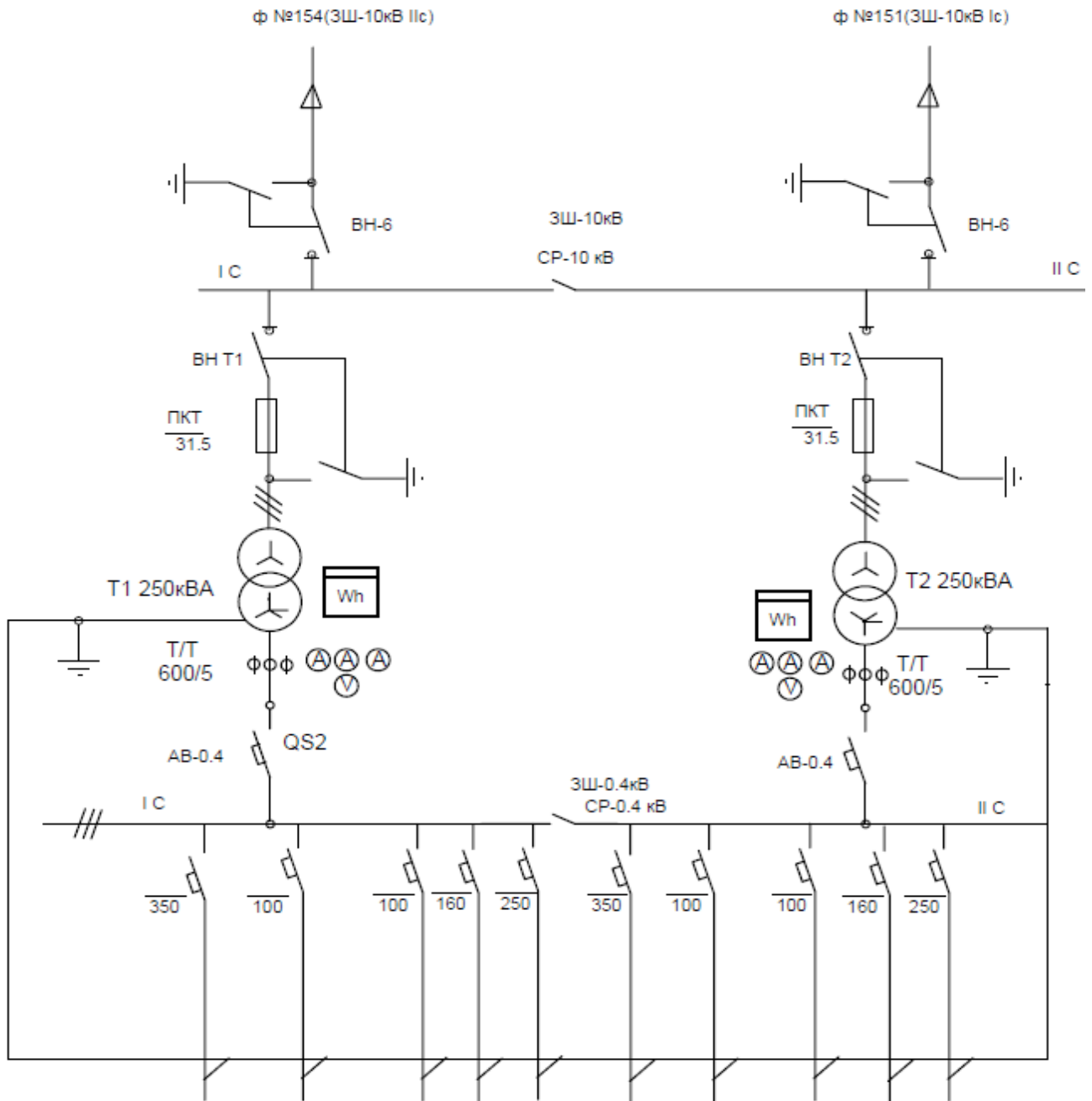
Таблиця А.1 – Відомості про електричні навантаження заводу

Номер на плані	Найменування та позначення	Поверховість	Кількість		Площа, м ²				Будівельний об'єм, м ³		
			Будівель	Квартир	Забудови		Загальна, що нормується		Будівалі	Всього	
				Будівалі	Всього	Будівалі	Всього				
1	Школа на І-Шст. (330учнів) - проект.	2-3	1			2978,15	2978,15			28386,75	28386,7
2	Дитячі ясла-сад на 65 місць - перспектива	2	1								
3	ФАП з квартирою лікаря - перспектива	2	1								
4	Кафе " Вікторія" - існ.	1	1								
Зона відпочинку											
5	Майданчик для рухомих ігр 1 класів - проект.	—	1			118,0	118,0				
6	Тіньовий навіс - проект.	1	2			44,82	89,65				
7	Майданчик для рухомих ігр 2-4 класів - проект.	—	1			306,0	306,0				
8	Майданчик для рухомих ігр 5-9 класів - проект.	—	1			153,0	153,0				
9	Майданчик для тижого відпочинку 5-9 класів - проект.	—	1			153,0	153,0				
10	Майданчик для занять на повітрі - проект.	—	1			178,0	178,0				
Навчально-дослідна зона											
11	Ділянка квітково-декоративним рослин 1-4 класів - проект.	—	1			351,0	351,0				
12	Ділянка квітково-декоративним рослин 5-9 класів - проект.	—	1			287,0	287,0				
13	Ділянка польових і овочевих культур - проект.	—	1			341,0	341,0				
14	Плодовий сад і росалиник декоративних рослин - проект.	—	1			243,0	243,0				
15	Метеорологічний і географічний майданчик - проект.	—	1			80,0	80,0				
16	Зоотваринна ділянка - проект.	—	1			176,0	176,0				
17	Теплиця із зоомайданчиком - проект.	—	1			176,0	176,0				
Фізкультурно-спортивна зона											
18	Шкільний стадіон - окреме замовл. № 5511 - проект	—	1			4172,0	4172,0				
19	Бігова доріжка 250м - окреме замовл. № 5511 - проект.	—	1			1543,0	1543,0				
20	Трибуна для глядачів - окреме замовл. № 5511 - проект.	1	1			207,0	207,0				
21	Майданчик для баскетболу - проект	—	1			476,0	476,0				
22	Майданчик комбінований для спортивних ігор - проект.	—	1			474,0	474,0				
23	Майданчик для гімнастики 1-4 класів - проект.	—	1			196,0	196,0				
24	Майданчик для гімнастики 5-9 класів - проект.	—	1			198,0	198,0				
25	Майданчик для гри в бадмінтон - проект.	—	1			120,0	120,0				

Додаток Б – Генплан школи з розміщеними елементами СЕП

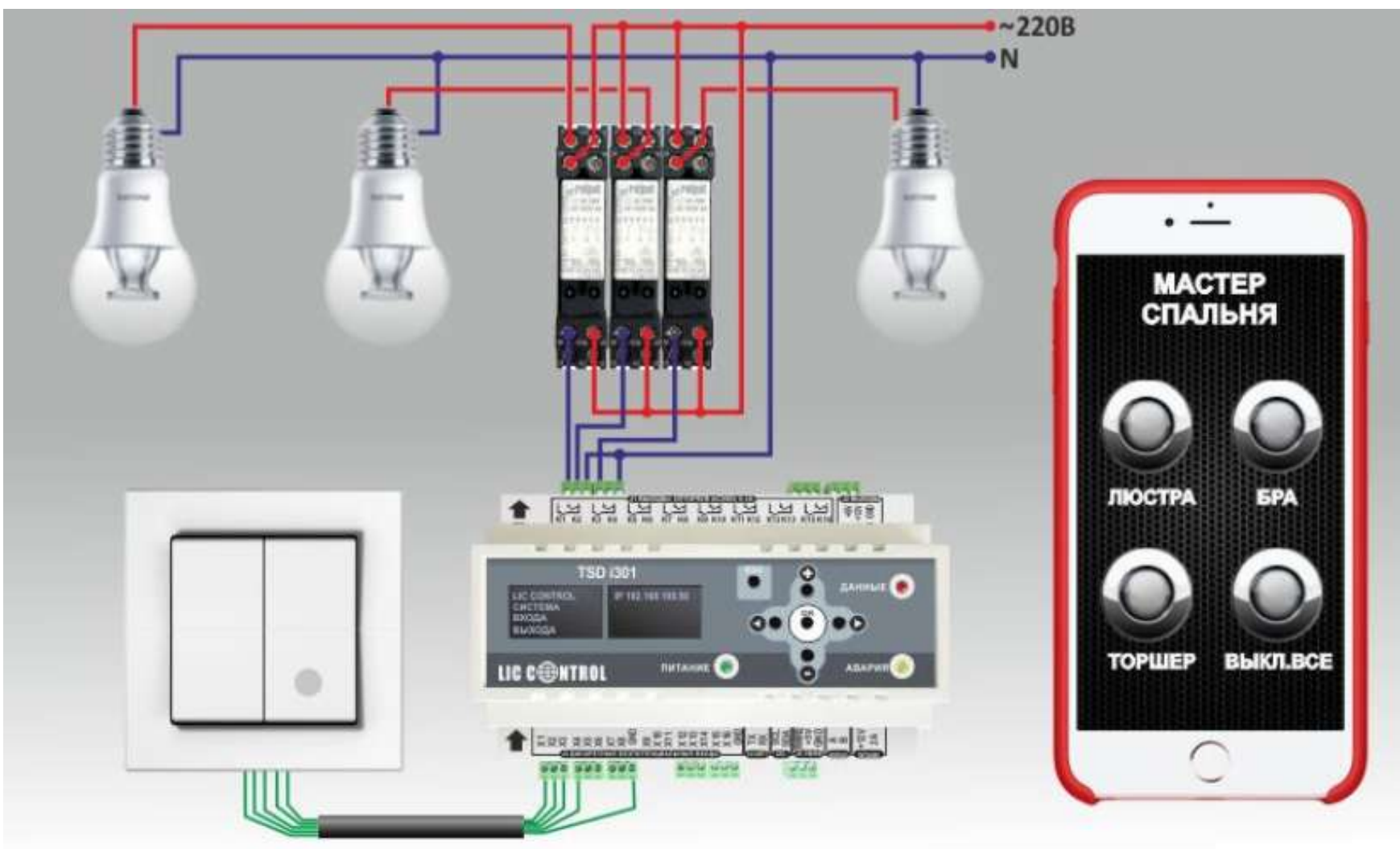


Додаток В – Однолінійна схема трансформаторної підстанції школи

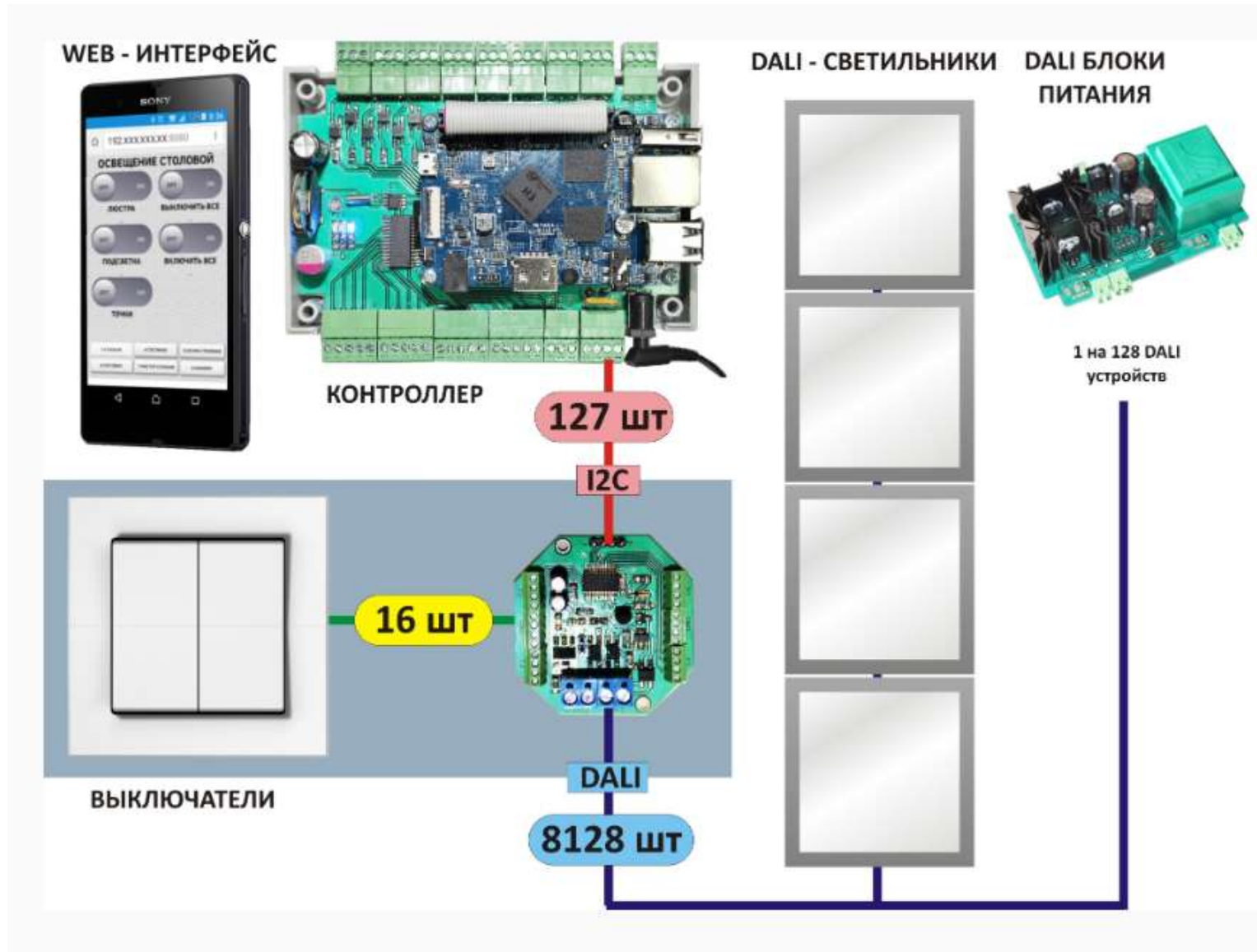


Тип щита						
Розрах. потужність, кВт	166.3	25.4			166.3	25.4
Номінальний струм, А	253.3	48.3			253.3	48.3
№ панелі						
№ лінії						
	Школа	Насосна	Резерв		Школа	Насосна
	ВРЩ	протилож.			ВРЩ	протилож.
	Робочі вводи				Резервні вводи	

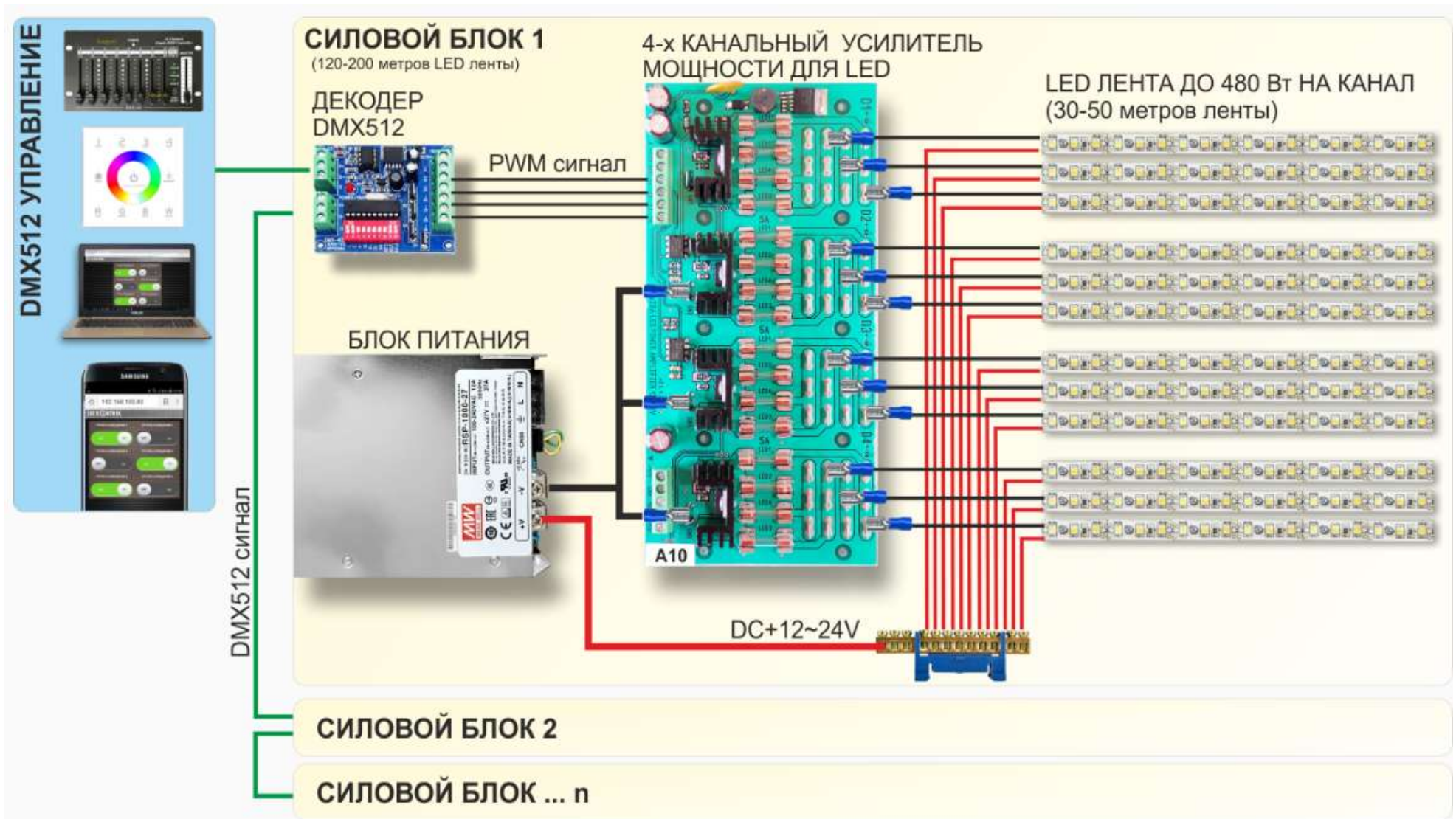
Додаток Д - Приклад керування освітленням з контролерами LIC CONTROL



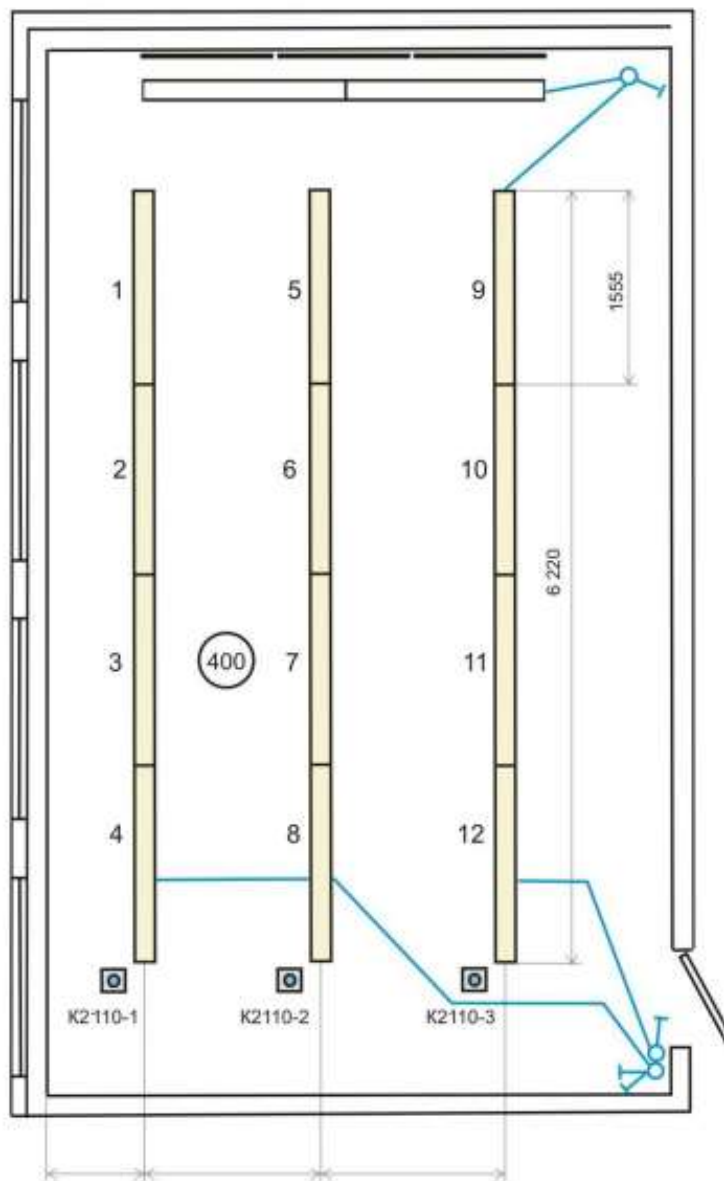
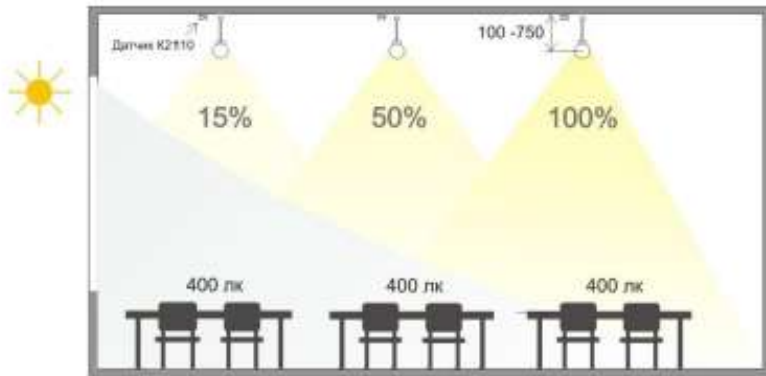
Додаток Е – Приклад керування освітленням по протоколу DALI



Додаток Ж – Структурна схема системи на протоколі DMX512



Додаток 3 – Приклад використання керування навчальним приміщенням з комбінуванням штучного та природного освітлення



Додаток 3 – Система управління освітленням в комплексі з системою подачі дзвінків з використанням контролерів K2000T та датчиків K2010

