

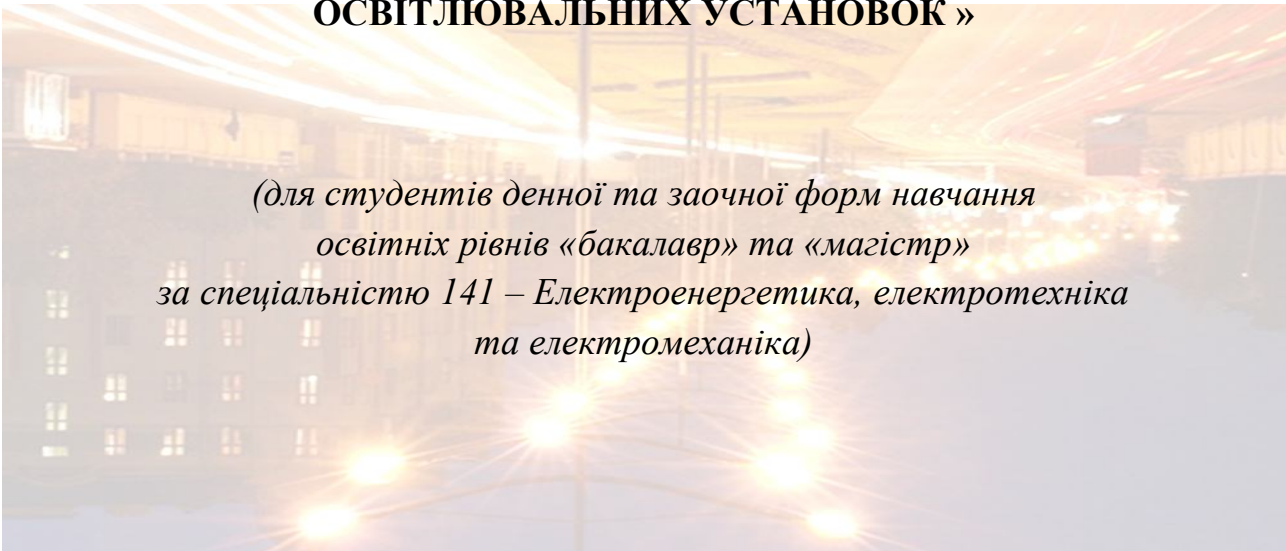
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсового проєкту
за темою: « **Розробка електротехнічної частини проєкту
освітлювальної установки** »

з навчальної дисципліни

**« ПРОЄКТУВАННЯ, МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ
ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК »**



*(для студентів денної та заочної форм навчання
освітніх рівнів «бакалавр» та «магістр»
за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021

Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту за темою «Розробка електротехнічної частини проєкту освітлювальної установки» з навчальної дисципліни «Проектування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок» (для студентів денної та заочної форм навчання освітніх рівнів «бакалавр» та «магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун - т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; улад. : В. О. Салтиков, В. М. Поліщук , О. Ю. Коляда. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 38 с.

Укладачі: канд. техн. наук, проф. В. О. Салтиков,
канд. техн. наук, доц. В. М. Поліщук,
канд. техн. наук, доц. О. Ю. Коляда

Рецензент

П. П. Говоров, доктор технічних наук, професор, професор кафедри світлотехніки та джерел світла (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Рекомендовано кафедрою світлотехніки та джерел світла, протокол № 4 від 27.12.2019.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ЗАВДАННЯ ДО КУРСОВОГО ПРОЄКТУ | 4 |
| ВСТУП..... | 5 |
| 1 ВИМОГИ ДО ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ОУ..... | 6 |
| 2 ПРОЄКТУВАННЯ ЖИВИЛЬНИХ, РОЗПОДІЛЬНИХ І ГРУПОВИХ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖ..... | 8 |
| 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖ..... | 13 |
| 3.1 Визначення розрахункових навантажень і розрахунок мережі за струмом навантаження..... | 13 |
| 3.2 Вибір та розрахунок припустимих втрат напруги мережі..... | 22 |
| 3.3 Розрахунок мереж на найменшу витрату провідникового матеріалу... | 24 |
| 3.4 Вибір апаратів захисту. Перевірка на відповідність обраних апаратів захисту струму навантаження..... | 26 |
| 4 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРОЄКТУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ЧЕТВЕРТОГО ПОВЕРХУ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ..... | 27 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 33 |
| ДОДАТОК А..... | 34 |
| ДОДАТОК Б..... | 35 |
| ДОДАТОК В..... | 36 |
| ДОДАТОК Г..... | 37 |

ЗАВДАННЯ ДО КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

1 Вимоги до електричної частини освітлювальних установок.

1.1 Надійність дії ОУ.

1.2 Постійність напруги у джерел світла.

1.3 Індустріальність виконання монтажу і зручність експлуатації.

1.4 Електробезпека ОУ.

1.5 Пожежна безпека ОУ.

2 Проектування живильних, розподільних і групових освітлювальних мереж

2.1 Вибір напруги освітлювальних мереж і схеми живлення.

2.2 Компоновка групової мережі.

2.3 Вибір роду проводки і способів прокладки проводів живильної, розподільної і групової мереж.

3 Розрахунки електричних освітлювальних мереж.

3.1 Визначення розрахункових навантажень і розрахунок мережі за струмом навантаження.

3.2 Вибір або розрахунок припустимих втрат напруги мережі.

3.3 Розрахунок мереж на найменшу витрату провідникового матеріалу.

3.4 Вибір апаратів захисту. Перевірка на відповідність обраних апаратів захисту струму навантаження.

4 Розробка заходів щодо монтажу освітлювальної установки.

5 Розробка технічних засобів і способів обслуговування ОУ.

6 Розробка системи технічних засобів безпеки при спорудженні й обслуговуванні ОУ.

Звітний матеріал

1. Пояснювальна записка з обґрунтуванням ухвалених рішень і розрахунками електричних освітлювальних мереж.

2. Поверхові плани освітлювальної установки.

3. Схема живлення освітлювальної установки.

ВСТУП

Цей курсовий проєкт є другою частиною комплексного курсового проєкту з дисциплін «Освітлювальні установки» і «Проектування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок». Під час його виконання студент має засвоїти методи світлотехнічного проектування електричного освітлення на стадії робочого проєкту, виконати креслення (плани) освітлювальної установки, скласти пояснювальну записку з описом проєктних рішень і розрахунками електричних живильних, розподільних і групових мереж.

На планах освітлювальної установки показують:

- архітектурно-будівельну частину будівлі у спрощеному вигляді з вказівкою призначення кожного приміщення;
- прийняті по кожному приміщенню значення освітленості;
- освітлювальні прилади з вказівкою типу, потужності й висоти установки (над підлогою);
- контактні роз'ємні з'єднання (розетки), вимикачі, трансформатори 12 - 42 В;
- групові мережі всіх призначень (робочого, евакуаційного освітлення й освітлення безпеки); щитки й живлячі мережі.

Окремі вимоги й рекомендації з оформлення планів освітлювальної установки наведені в [11]. Зображення на планах освітлювальної мережі є одночасно і її однолінійною схемою, для правильного читання якої, у ряді випадків, необхідно наголосити на числі провідників у лінії за допомогою зарубок (при двох провідниках у лінії зарубки не наносять).

Структура пояснювальної записки повинна відповідати завданню на курсовий проєкт і містити короткий опис прийнятих у проєкті технічних рішень, пов'язаних з вибором елементів електричних освітлювальних мереж, у тому числі: розподільних і групових щитків; марок провідникового матеріалу (кабелів і проводів), способів прокладки в цілому по освітлювальному об'єкту та в окремих приміщеннях; розрахунків мереж по струму навантаження й на найменшу витрату провідникового матеріалу; захисту мереж.

1 ВИМОГИ ДО ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Електричні мережі й пристрої повинні бути економічними, індустріальними при монтажі і забезпечувати надійну роботу та зручну експлуатацію освітлювальних установок при постійності напруги в джерел світла. Одночасно повинні бути гарантовані неможливість ураження електричним струмом і пожежна безпека при дотриманні правил експлуатації.

Надійність дії освітлювальних установок – дуже важлива як з точки зору безперебійності виробництва, так і з погляду боротьби з травматизмом - забезпечується надійними і одночасно простими схемами розподілу енергії і керування освітленням, селективністю дії захисту всіх ланок мережі й правильних конструктивних рішень, що враховують характер середовища й особливості виробництва.

Основою надійності дії освітлення є влаштування двох його видів і живлення їх роздільними електричними мережами. Видами освітлення називаються частини освітлювальної установки, що розрізняються за своїм функціональним призначенням. Принципово є тільки два види освітлення: робоче і аварійне.

Робоче освітлення забезпечує необхідні умови при нормальному режимі роботи освітлювальної установки, воно обов'язкове у всіх приміщеннях і на відкритих просторах.

Аварійне освітлення (далі АО) забезпечує мінімально необхідні освітлювальні умови при тимчасовому згасанні робочого освітлення у приміщеннях і на відкритих просторах (*освітлення безпеки*) або служить для безпечної евакуації людей з приміщень і з відкритих просторів (*евакуаційне освітлення*). Области застосування видів освітлення наведені в [10].

Постійність напруги в джерел світла. Джерела світла призначені для роботи при вказаній для них номінальній напрузі. При напругах, відмінних від номінальної, характеристики джерел світла і ПРА змінюються. Особливо помі-

тно впливає зміна напруги на термін служби ламп і ПРА, а також на світловий потік ламп розжарення.

Допустимі відхилення напруги на освітлювальних приладах повинні відповідати вимогам. Допускаються наступні відхилення напруги: у джерел світла, незалежно від їх типу, – не нижче 97,5 % і не вище 105 % номінальної напруги на лампі. Зважаючи на важкість дотримання даної вимоги для житлових будівель і зовнішнього освітлення, виконуваного світильниками, у вказаних випадках допускається знижувати напругу в самих віддалених ламп до 95 % номінальної.

Крім тривалих відхилень напруги, в освітлювальних установках можуть виникати короточасні швидкі відхилення - так звані коливання напруги, найчастіше обумовлені пуском або режимом роботи достатньо потужних електросилових споживачів, що живляться від загальних з джерелами світла трансформаторів або мереж. Ці коливання викликають коливання освітленості, які можуть привести до стомлення зору і організму в цілому.

ПУЕ встановлюють наступні вимоги до коливань напруги:

- зміни напруги до 1,5 % допускаються без обмеження частоти,
- зміни напруги в межах 1,5 – 4 % повинні відбуватися не більше 10 разів на годину,
- зміни напруги більше 4 % – не частіше одного разу на годину.

Питання *пожежної безпеки й захисту від ураження електричним струмом*, а також питання *індустріального виконання монтажу й експлуатації освітлювальних установок* наведено в [10].

2 ПРОЄКТУВАННЯ ЖИВИЛЬНИХ, РОЗПОДІЛЬНИХ І ГРУПОВИХ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Вибір напруги освітлювальних мереж і схеми живлення. ПУЕ дозволяють застосовувати для освітлювальних установок мережі напругою не більше 380/220 В, з включенням ламп на фазну напругу 220 В. При системі напруги у виробничих приміщеннях 660/380 В при заземленні нейтралі допускається включення ламп на напругу 380 В при наявності відповідних напрузі світильників і джерел світла.

Живлення електричного освітлення, як правило, проводиться від загальних для освітлювальних і силових навантажень трансформаторів з нижчою напругою 400/230 В (напруга мережі 380/220 В). Живлення освітлювальних установок промислових підприємств допускається виконувати від силових трансформаторів з нижчою напругою 690/400 В (напруга мережі 660/380 В) при заземленій нейтралі. У [10] наведені рекомендації з вибору джерел і схем живлення освітлювальних установок виробничих і суспільних будівель.

Компоновка групової мереж

При компоновці групових ліній керуються наступними загальними вказівками: на кожен фазу групової лінії повинно включатися не більше 20 ЛР, ламп типу ДРЛ, МГЛ, НЛВД, в це число включають також штепсельні розетки. У виробничих, суспільних і житлових будівлях на однофазні групи освітлення сходів, поверхових коридорів, холів, технічних підпіль і горищ допускається приєднувати до 60 ЛР кожна потужністю до 60 Вт.

Для групових ліній, що живлять багатолампові люстри, число ламп будь-якого типу на фазу не обмежується.

У групових лініях, що живлять лампи потужністю 10 кВт і більше, кожна лампа повинна мати самостійний апарат захисту. При трифазній системі з нульовим проводом і при живленні освітлювальних приладів фазною напругою групові лінії можуть бути: двопровідними (однофазними), трипровідними (двофазними) і чотирипровідними (трифазними).

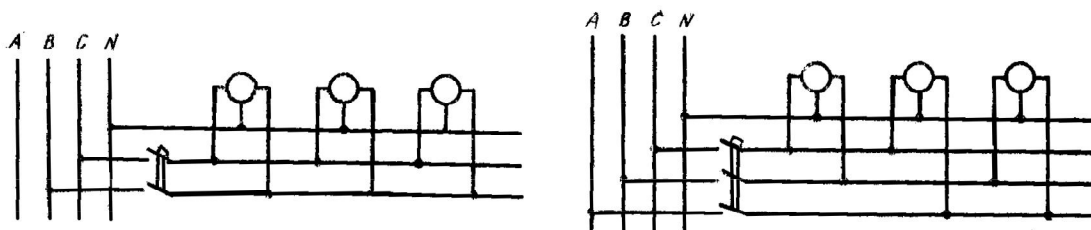


Рисунок 1 – Схеми групових ліній при трифазній системі з нульовим проводом і при живленні ОП лінійною напругою

При трифазній системі напруги 380/220 В і при живленні освітлювальних приладів напругою 380 В групові лінії можуть бути трипровідними (дві фази і нуль) і чотирипровідними (три фази і нуль).

У мережах без нейтралі, а також у трифазних мережах з нульовим проводом при живленні освітлювальних приладів лінійною напругою і за відсутності необхідності заземлення або занулення світильників застосовують двопровідні (двофазні) і трипровідні (трифазні) групові лінії, для захисту яких рекомендуються дво- і триполюсні автомати. Останні застосовують: при необхідності одночасного відключення всіх освітлювальних приладів, що живляться групою; коли до трифазної групової лінії приєднаний трифазний конденсатор для підвищення коефіцієнта потужності; для ліній, що живлять трифазні знижувальні трансформатори.

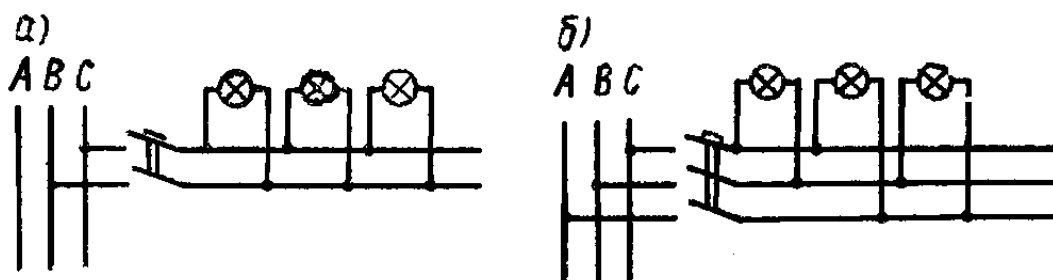


Рисунок 2 – Схеми групових ліній при трифазній системі без нульового проводу

На початку кожної групової лінії повинні бути встановлені апарати захисту на всіх фазних провідниках. Установка апаратів захисту в нульових захисних провідниках забороняється.

Трифазні групові лінії використовують у великих виробничих приміщеннях, освітлюваних світильниками з РЛВТ, а також при великій кількості світильників з ЛЛ. Одно- і двофазні лінії використовують при живленні невеликих виробничих і допоміжних приміщень, коридорів, драбин, невеликих суспільних будівель, а також в мережах АЕО.

У суспільних будівлях лінії групової мережі, що прокладаються від групових щитків до світильників загального освітлення, штепсельних розеток і стаціонарних електроприймачів, повинні виконуватися трипровідними (фазний – L, нульовий робочий – N і нульовий захисний – PE провідники).

Не допускається об'єднання нульових робочих і нульових захисних провідників різних групових ліній.

Нульовий робочий і нульовий захисний провідники не можна підключати на щитках під загальний контактний затиск.

Вибір перерізу провідників живлячих, розподільних і групових ліній здійснюється по розрахунковому струму цих ділянок мереж.

Однофазні дво- і трипровідні лінії, а також трифазні чотири- і п'ятипровідні лінії при живленні однофазних навантажень повинні мати переріз нульових робочих (N) провідників, рівний перерізу фазних провідників.

Способи виконання мережі вибирають залежно від призначення приміщення, місця прокладки, умов середовища й особливостей будівельних конструкцій.

Види проводок і області їхнього вживання

Електропроводкою називають сукупність проводів і кабелів з кріпленнями, підтримуючими і захисними конструкціями, що до них відносяться.

Залежно від місця прокладки і умов експлуатації освітлювальні електропроводки можуть бути внутрішніми й зовнішніми. Внутрішніми називають

проводки, що прокладаються у закритих опалювальних і неопалювальних будівлях і спорудах, не схильні до дії атмосферних опадів і безпосередньої дії температури зовнішнього повітря. До зовнішніх відносяться проводки, що прокладаються по зовнішніх стінах будівель і споруд і між ними, а також під навісами. Ці проводки можуть піддаватися дії опадів і працюють в умовах температури зовнішнього повітря, що змінюється.

За способом виконання проводки усередині приміщень діляться на відкриті й приховані.

До відкритих відносяться проводки, виконані по поверхнях стін, стель, по фермах та інших конструкціях.

До прихованих відносяться проводки, що прокладаються в конструктивних елементах будівель (у стінах, підлогах, перекриттях), а також в порожнинах над непрохідними підвісними стелями і в землі. Розрізняють змінювані й незмінні приховані проводки. До змінюваних відносяться електропроводки, виконані таким чином, що в процесі експлуатації проводи можуть бути замінені без руйнування будівельних конструкцій. До проводок такого типу належать проводки проводами в різного роду трубах, в каналах і пустотах будівельних конструкцій, з яких при необхідності проводи можуть бути витягнуті й затягнуті знову.

Проводки, виконані проводами, наглухо закладеними в тілі будівельних конструкцій (під шаром штукатурки, по перекриттях в конструкції підлог), називаються незмінними.

Способи виконання проводок визначаються з урахуванням наступних чинників: умов середовища в приміщенні, призначення приміщення, особливостей будівельних конструкцій і технології, зручності експлуатації, економіки. Слід враховувати, що терміни виконання електромонтажних робіт багато в чому залежать від прийнятого способу проводки.

У всіх випадках повинні дотримуватися вимоги пожежної і електробезпеки.

Вибір роду проводки і способу її виконання рекомендується проводити в наступній послідовності. Залежно від умов середовища в приміщенні вибирають допустимі марки проводів і способи їх прокладки. З них відбираються ті,

перевага яких визначається вимогами технології, гігієни і естетики. І, нарешті, з видів проводки, що залишилися, вибирають найменш трудомістку і економічно доцільну.

У будівлях промислових підприємств переважне розповсюдження мають відкриті способи прокладки.

Прихована прокладка проводів найбільше відповідає архітектурним і гігієнічним вимогам. Така проводка не видна, на ній не збирається пил. Тому прихована проводка знаходить переважне вживання в суспільних і адміністративних будівлях, в житлових будинках і деяких промислових підприємствах з підвищеними вимогами до чистоти. При виконанні прихованої проводки безумовна перевага повинна віддаватися змінюваним проводкам.

3 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖ

3.1 Визначення розрахункових навантажень і розрахунків мережі за струмом навантаження

Розрахункові освітлювальні навантаження

Розрахункові освітлювальні навантаження виробничих, суспільних і підсобних будівель визначають виходячи із встановленої потужності освітлювальних приладів, одержаної в результаті світлотехнічного розрахунку, вони представляють сумарну потужність усіх джерел світла даної освітлювальної установки напругою вище 42 В і знижувальних трансформаторів 12–42 В.

В установках з розрядними лампами розрахункова потужність включає втрати потужності в ПРА.

При визначенні розрахункового навантаження на введенні в будівлю або на початку розподільної лінії використовують коефіцієнт попиту K_c , рівний відношенню розрахункового тривалого навантаження до встановленої потужності освітлювальної установки.

Коефіцієнт попиту для розрахунку живлячої мережі виробничих будівель приймають рівним:

1,0 – для невеликих виробничих будівель і ліній, що живлять окремі групові щитки;

0,95 – для будівель, що складаються з окремих крупних прольотів;

0,85 – для будівель, що складаються з багатьох окремих приміщень;

0,8 – для адміністративно-побутових і лабораторних будівель промислових підприємств;

0,6 – для складських будівель, які включають багато окремих приміщень, електричних підстанцій.

Для суспільних будівель K_c приймають відповідно до ДБН В.2.5 – 23 – 2018 Проектування електроустаткування житлових і суспільних будівель і споруд залежно від встановленої потужності і призначення будівель.

Розрахункове навантаження ліній, що живлять штепсельні розетки в суспільних будівлях, визначають за формулою

$$P_{p,ш} = K_{сш} \cdot P_{уш} \cdot n,$$

де $P_{p,ш}$ – розрахункове навантаження лінії, кВт; $K_{сш}$ – розрахунковий коефіцієнт попиту, що приймається рівним 0,1–0,2 для введень в будівлю, 0,2–0,4 для живлячих мереж і 1,0 для групових мереж; $P_{уш}$ – встановлена потужність електроприймачів, зокрема споживачів оргтехніки, приєднаних до штепсельної розетки, що приймається рівною 60 Вт; n – кількість штепсельних розеток.

Вибір перерізу провідників за струмом навантаження

Струм навантаження, протікаючи по провіднику, нагріває його. ПУЕ встановлені найбільші допустимі температури нагріву жил проводів і, виходячи з цього, визначені допустимі струмові навантаження для проводів і кабелів залежно від матеріалу, їх ізоляції і умов прокладки.

Значення струму, що протікає у фазних проводах, знаходять за наступними формулами:

– для трифазних ліній з нульовим проводом і без нього:

$$I = \frac{P_3}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = 1,5 \frac{P_3}{\cos \varphi};$$

– для двофазних ліній з нульовим проводом:

$$I = \frac{P_2}{2U \cos \varphi} \approx 2,3 \frac{P_2}{\cos \varphi};$$

– для однофазних ліній:

$$I = \frac{P_1}{U_n \cos \varphi} \approx 4,5 \frac{P_1}{\cos \varphi},$$

де P_1 , P_2 , P_3 – розрахункові навантаження одної, двох і трифазної ліній; $I_{л.}$ – лінійна напруга мережі; $U \phi$ – фазна напруга мережі; $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності навантаження.

Припустимі тривалі струми для проводів з гумової або полівінілхлорідною ізоляцією, шнурів з гумовою ізоляцією й кабелів з гумовою або пластмасовою ізоляцією у свинцевій, полівінілхлоридній і гумовій оболонці наведені в таблицях 1–4.

Вони прийняті для температур: жил $+ 65^{\circ} \text{C}$, повітря $+ 25^{\circ} \text{C}$ і землі $+ 15^{\circ} \text{C}$.

При визначенні кількості проводів, що прокладають в одній трубі (або жил багатожильного провідника), нульовий робочий провідник чотирипровідної системи трифазного струму, а також заземлюючі й нульові захисні провідники в розрахунок не приймаються.

Таблиця 1 – Припустимий тривалий струм для проводів і шнурів з гумовою і полівінілхлорідною ізоляцією з мідними жилами

| Переріз струмопровідної жили, мм ² | Струм, А, для проводів, прокладених | | | | | |
|---|-------------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | відкрито | в одній трубі | | | | |
| | | двох одножильних | трьох одножильних | чотирьох одножильних | одного двожильного | одного трижильного |
| 0,5 | 11 | — | — | — | — | — |
| 0,75 | 15 | — | — | — | — | — |
| 1 | 17 | — | — | — | — | — |
| 1,2 | 20 | 16 | 15 | 14 | 15 | 14 |
| 1,5 | 23 | 18 | 16 | 15 | 16 | 14,5 |
| 2 | 26 | 19 | 17 | 16 | 18 | 15 |
| 2,5 | 30 | 24 | 22 | 20 | 23 | 19 |
| 3 | 34 | 27 | 25 | 25 | 25 | 21 |
| 4 | 41 | 32 | 28 | 26 | 28 | 24 |
| 5 | 46 | 38 | 35 | 30 | 32 | 27 |
| 6 | 50 | 42 | 39 | 34 | 37 | 31 |
| 8 | 62 | 46 | 42 | 40 | 40 | 34 |
| 10 | 80 | 54 | 51 | 46 | 48 | 43 |
| 16 | 100 | 70 | 60 | 50 | 55 | 50 |
| 25 | 140 | 85 | 80 | 75 | 80 | 70 |
| 35 | 170 | 115 | 100 | 90 | 100 | 85 |
| 50 | 215 | 135 | 125 | 115 | 125 | 100 |
| 70 | 270 | 185 | 170 | 150 | 160 | 135 |
| 95 | 330 | 225 | 210 | 185 | 195 | 175 |
| 120 | 385 | 275 | 255 | 225 | 245 | 215 |
| 150 | 440 | 315 | 290 | 260 | 295 | 250 |
| 185 | 510 | 360 | 330 | — | — | — |
| 240 | 605 | — | — | — | — | — |
| 300 | 695 | — | — | — | — | — |
| 400 | 830 | — | — | — | — | — |

Таблиця 2 – Припустимий тривалий струм для проводів з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами

| Переріз струмопровідної жили, мм ² | Струм, А, для проводів, прокладених | | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| | відкрито | в одній трубі | | | | |
| | | двох одножиль- них | трьох одножиль- них | чотирьох одножиль- них | одного двожильного | одного трижильно- го |
| 2 | 21 | 19 | 18 | 15 | 17 | 14 |
| 2,5 | 24 | 20 | 19 | 19 | 19 | 16 |
| 3 | 27 | 24 | 22 | 21 | 22 | 18 |
| 4 | 32 | 28 | 28 | 23 | 25 | 21 |
| 5 | 36 | 32 | 30 | 27 | 28 | 24 |
| 6 | 39 | 36 | 32 | 30 | 31 | 26 |
| 8 | 46 | 43 | 40 | 37 | 38 | 32 |
| 10 | 60 | 50 | 47 | 39 | 42 | 38 |
| 16 | 75 | 60 | 60 | 55 | 60 | 55 |
| 25 | 105 | 85 | 80 | 70 | 75 | 65 |
| 35 | 130 | 100 | 95 | 85 | 95 | 75 |
| 50 | 165 | 140 | 130 | 120 | 125 | 105 |
| 70 | 210 | 175 | 165 | 140 | 150 | 135 |
| 95 | 255 | 215 | 200 | 175 | 190 | 165 |
| 120 | 295 | 245 | 220 | 200 | 230 | 190 |
| 150 | 340 | 275 | 255 | – | – | – |
| 185 | 390 | – | – | – | – | – |
| 240 | 465 | – | – | – | – | – |
| 300 | 535 | – | – | – | – | – |
| 400 | 645 | – | – | – | – | – |

Таблиця 3 – Припустимий тривалий струм для проводів з мідними жилами та гумовою ізоляцією в металевих захисних оболонках і кабелів з мідними жилами та гумовою ізоляцією у свинцевій, полівінілхлоридній, найрїтовій або гумовій оболонках, броньованих і неброньованих

| Переріз токопроводящої жили, мм ² | Струм, А, для проводів і кабелів | | | | |
|--|----------------------------------|------------|---------|------------|---------|
| | одножильних | двожильних | | трижильних | |
| | при прокладанні | | | | |
| | у повітрі | у повітрі | у землі | у повітрі | у землі |
| 1,5 | 23 | 19 | 33 | 19 | 27 |
| 2,5 | 30 | 27 | 44 | 25 | 38 |
| 4 | 41 | 38 | 55 | 35 | 49 |
| 6 | 50 | 50 | 70 | 42 | 60 |
| 10 | 80 | 70 | 105 | 55 | 90 |
| 16 | 100 | 90 | 135 | 75 | 115 |
| 25 | 140 | 115 | 175 | 95 | 150 |
| 35 | 170 | 140 | 210 | 120 | 180 |
| 50 | 215 | 175 | 265 | 145 | 225 |
| 70 | 270 | 215 | 320 | 180 | 275 |
| 95 | 325 | 260 | 385 | 220 | 330 |
| 120 | 385 | 300 | 445 | 260 | 385 |
| 150 | 440 | 350 | 505 | 305 | 435 |
| 185 | 510 | 405 | 570 | 350 | 500 |
| 240 | 605 | – | – | – | – |

Таблиця 4 – Припустимий тривалий струм для кабелів з алюмінієвими жилами та гумовою або пластмасовою ізоляцією у свинцевій, полівінілхлоридній і гумовій оболонках, броньованих і неброньованих

| Переріз токопроводящої жили, мм ² | Струм, А, для кабелів | | | | |
|--|-----------------------|------------|---------|------------|---------|
| | одножильних | двожильних | | трижильних | |
| | при прокладанні | | | | |
| | у повітрі | у повітрі | у землі | у повітрі | у землі |
| 2,5 | 23 | 21 | 34 | 19 | 29 |
| 4 | 31 | 29 | 42 | 27 | 38 |
| 6 | 38 | 38 | 55 | 32 | 46 |
| 10 | 60 | 55 | 80 | 42 | 70 |
| 16 | 75 | 70 | 105 | 60 | 90 |
| 25 | 105 | 90 | 135 | 75 | 115 |
| 35 | 130 | 105 | 160 | 90 | 140 |
| 50 | 165 | 135 | 205 | 110 | 175 |
| 70 | 210 | 165 | 245 | 140 | 210 |
| 95 | 250 | 200 | 295 | 170 | 255 |
| 120 | 295 | 230 | 340 | 200 | 295 |
| 150 | 340 | 270 | 390 | 235 | 335 |
| 185 | 390 | 310 | 440 | 270 | 385 |
| 240 | 465 | – | – | – | – |

Таблиця 5 – Припустимий тривалий струм для проводів і шнурів з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією та мідними жилами

| Переріз струмо- провідної жили, мм ² | Струм, А, для проводів, прокладених | | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | відкрито | в одній трубі | | | | |
| | | двох одно- жильних | трьох одно- жильних | чотирьох одно- жильних | одного дво- жильного | одного три- жильного |
| 0,5 | 11 | – | – | – | – | – |
| 0,75 | 15 | – | – | – | – | – |
| 1 | 17 | 16 | 15 | 14 | 15 | 14 |
| 1,2 | 20 | 18 | 16 | 15 | 16 | 14,5 |
| 1,5 | 23 | 19 | 17 | 16 | 18 | 15 |
| 2 | 26 | 24 | 22 | 20 | 23 | 19 |
| 2,5 | 30 | 27 | 25 | 25 | 25 | 21 |
| 3 | 34 | 32 | 28 | 26 | 28 | 24 |
| 4 | 41 | 38 | 35 | 30 | 32 | 27 |
| 5 | 46 | 42 | 39 | 34 | 37 | 31 |
| 6 | 50 | 46 | 42 | 40 | 40 | 34 |
| 8 | 62 | 54 | 51 | 46 | 48 | 43 |
| 10 | 80 | 70 | 60 | 50 | 55 | 50 |
| 16 | 100 | 85 | 80 | 75 | 80 | 70 |
| 25 | 140 | 115 | 100 | 90 | 100 | 85 |
| 35 | 170 | 135 | 125 | 115 | 125 | 100 |
| 50 | 215 | 185 | 170 | 150 | 160 | 135 |
| 70 | 270 | 225 | 210 | 185 | 195 | 175 |
| 95 | 330 | 275 | 255 | 225 | 245 | 215 |
| 120 | 385 | 315 | 290 | 260 | 295 | 250 |
| 150 | 440 | 360 | 330 | – | – | – |
| 185 | 510 | – | – | – | – | – |
| 240 | 605 | – | – | – | – | – |
| 300 | 695 | – | – | – | – | – |
| 400 | 830 | – | – | – | – | – |

Примітка. Припустимі тривалі струми для чотирижильних кабелів із пластмасовою ізоляцією на напругу до 1 кВ можна вибирати за таблицею як для трижильних кабелів, але з коефіцієнтом 0,92.

Таблиця 6 – Припустимий тривалий струм для проводів з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією та алюмінієвими жилами

| Переріз струмопровідної жили, мм ² | Струм, А, для проводів, прокладених | | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | відкрито | в одній трубі | | | | |
| | | двох одно- жильних | трьох одно- жильних | чотирьох одно- жильних | одного дво- жильного | одного трижиль- ного |
| 2 | 21 | 19 | 18 | 15 | 17 | 14 |
| 2,5 | 24 | 20 | 19 | 19 | 19 | 16 |
| 3 | 27 | 24 | 22 | 21 | 22 | 18 |
| 4 | 32 | 28 | 28 | 23 | 25 | 21 |
| 5 | 36 | 32 | 30 | 27 | 28 | 24 |
| 6 | 39 | 36 | 32 | 30 | 31 | 26 |
| 8 | 46 | 43 | 40 | 37 | 38 | 32 |
| 10 | 60 | 50 | 47 | 39 | 42 | 38 |
| 16 | 75 | 60 | 60 | 55 | 60 | 55 |
| 25 | 105 | 85 | 80 | 70 | 75 | 65 |
| 35 | 130 | 100 | 95 | 85 | 95 | 75 |
| 50 | 165 | 140 | 130 | 120 | 125 | 105 |
| 70 | 210 | 175 | 165 | 140 | 150 | 135 |
| 95 | 255 | 215 | 200 | 175 | 190 | 165 |
| 120 | 295 | 245 | 220 | 200 | 230 | 190 |
| 150 | 340 | 275 | 255 | – | – | – |
| 185 | 390 | – | – | – | – | – |
| 240 | 465 | – | – | – | – | – |
| 300 | 535 | – | – | – | – | – |
| 400 | 645 | – | – | – | – | – |

Таблиця 7 – Припустимий тривалий струм для проводів з мідними жилами та гумовою ізоляцією в металевих захисних оболонках і кабелях з мідними жилами та гумовою ізоляцією у свинцевій, полівінілхлоридній, найрітовій або гумовій оболонках, броньованих і неброньованих

| Переріз струмопровідної жили, мм ² | Струм, А, для проводів і кабелів | | | | |
|---|----------------------------------|------------|---------|------------|---------|
| | одножильних | двожильних | | трижильних | |
| | при прокладці | | | | |
| | у повітрі | у повітрі | у землі | у повітрі | у землі |
| 1,5 | 23 | 19 | 33 | 19 | 27 |
| 2,5 | 30 | 27 | 44 | 25 | 38 |
| 4 | 41 | 38 | 55 | 35 | 49 |
| 6 | 50 | 50 | 70 | 42 | 60 |
| 10 | 80 | 70 | 105 | 55 | 90 |
| 16 | 100 | 90 | 135 | 75 | 115 |
| 25 | 140 | 115 | 175 | 95 | 150 |
| 35 | 170 | 140 | 210 | 120 | 180 |
| 50 | 215 | 175 | 265 | 145 | 225 |
| 70 | 270 | 215 | 320 | 180 | 275 |
| 95 | 325 | 260 | 385 | 220 | 330 |
| 120 | 385 | 300 | 445 | 260 | 385 |
| 150 | 440 | 350 | 505 | 305 | 435 |
| 185 | 510 | 405 | 570 | 350 | 500 |
| 240 | 605 | – | – | – | – |

Таблиця 8 – Припустимий тривалий струм для кабелів з алюмінієвими жилами та гумовою або пластмасовою ізоляцією у свинцевій, полівінілхлоридній і гумовій оболонках, броньованих і неброньованих

| Переріз струмопровідної жили, мм ² | Струм, А, для кабелів | | | | |
|---|-----------------------|------------|---------|------------|---------|
| | одножильних | двожильних | | трижильних | |
| | при прокладанні | | | | |
| | у повітрі | у повітрі | у землі | у повітрі | у землі |
| 2,5 | 23 | 21 | 34 | 19 | 29 |
| 4 | 31 | 29 | 42 | 27 | 38 |
| 6 | 38 | 38 | 55 | 32 | 46 |
| 10 | 60 | 55 | 80 | 42 | 70 |
| 16 | 75 | 70 | 105 | 60 | 90 |
| 25 | 105 | 90 | 135 | 75 | 115 |
| 35 | 130 | 105 | 160 | 90 | 140 |
| 50 | 165 | 135 | 205 | 110 | 175 |
| 70 | 210 | 165 | 245 | 140 | 210 |
| 95 | 250 | 200 | 295 | 170 | 255 |
| 120 | 295 | 230 | 340 | 200 | 295 |
| 150 | 340 | 270 | 390 | 235 | 335 |
| 185 | 390 | 310 | 440 | 270 | 385 |
| 240 | 465 | – | – | – | – |

Примітка: Припустимі тривалі струми для чотирижильних кабелів із пластмасовою ізоляцією на напругу до 1 кВ можуть вибиратися за таблицею, як для трижильних кабелів, але з коефіцієнтом 0,92.

3.2 Вибір або розрахунок припустимих втрат напруги мережі

Допустимі втрати напруги в електричних мережах

Важливим завданням при влаштуванні освітлювальних мереж є забезпечення у джерел світла необхідного рівня напруги, встановленого нормативними документами. Величина напруги в ламп залежить від перерізу провідників мережі, значення яких можуть бути розраховані за величиною допустимих втрат напруги.

Величина допустимих втрат напруги в мережі не повинна перевищувати

$$\Delta U = U_{x.x} - \Delta U_{tp} - U_{уд.л},$$

де $U_{х.х}$ – напруга холостого ходу трансформатора, %; $U_{уд.л}$ – допустима напруга у джерел світла, %; $\Delta U_{тр}$ – втрати напруги в трансформаторі, залежні від його потужності, ступеня завантаження і коефіцієнта потужності навантаження.

Діючі за цією формулою значення наводяться в довідниках і, коли вважати що $U_{уд.л}$ дорівнює 97,5 %, вони зазвичай містяться в межах 4–6 %.

У разі відсутності необхідних даних у довідниках, розрахунок припустимих втрат напруги може бути зроблений безпосередньо за наведеною формулою. При цьому втрати напруги в трансформаторі:

$$\Delta U_{mp} = \beta (U_{a.m.} \cos\varphi + U_{p.m.} \sin\varphi),$$

де β – коефіцієнт завантаження трансформатора, дорівнює відношенню розрахункової потужності навантаження, до номінальної потужності трансформатора:

$$\beta = P_p / P_{mp};$$

де $U_{a.m.}$ й $U_{p.m.}$ – активна й реактивна складові напруги короткого замикання трансформатора, %; $\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності навантаження трансформатора.

Значення $U_{a.m.}$ й $U_{p.m.}$ у відсотках від номінальної напруги визначають за виразами

$$U_{a.m.} = \frac{P_{к.з.}}{P_n} 100, \quad U_{p.m.} = \sqrt{U_{к.з.}^2 - U_{a.m.}^2}$$

де $P_{к.з.}$ – трати короткого замикання трансформатора при номінальному струмі, кВт; P_n – номінальна потужність трансформатора, кВА; $U_{к.з.}$ – напруга короткого замикання трансформатора, яка дорівнюється 4,5 % для трансформаторів з напругою до 10 кВ.

Значення втрат короткого замикання трансформаторів наведені далі в таблиці 9.

Таблиця 9 – Значення втрат короткого замикання у трансформаторах

| | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Номінальна потужність трансформатора, кВА | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 |
| Втрати короткого замикання, кВт | 0,60 | 0,88 | 1,28 | 1,97 | 2,65 | 3,70 | 5,50 | 7,60 |

Наведені дані, а також характер навантаження трансформатора дозволяють визначити величину розрахункової втрати напруги.

3.3 Розрахунок мереж на найменшу витрату провідникового матеріалу

Одним з важливих завдань розрахунку мережі на втрату напруги є встановлення раціонального і найекономічнішого розподілу втрати напруги, що розташовується між окремими ділянками розгалуженої мережі. Одним з методів, вживаних на практиці, є метод розрахунку на найменшу витрату провідникового матеріалу.

У цьому разі розрахунок мережі виконують за формулою:

$$S = \frac{\sum M + \sum \alpha m}{C \Delta U},$$

де S – переріз ділянки мережі, мм²; $\sum M$ – сума моментів даного і всіх подальших (за напрямом струму) ділянок з тією ж самою кількістю проводів у лінії, що й на цій ділянці, кВт • м; $\sum \alpha m$ – сума моментів усіх відгалужень, що живиться даною ділянкою з кількістю проводів лінії іншим, ніж ця ділянка, кВт • м. Підсумовуючи всі моменти їх множать на коефіцієнт приведення моментів α , що залежить від кількості проводів на ділянці і відгалуженнях (табл. 10); ΔU – розрахункові втрати напруги у %, що допускаються від початку даної ділянки до кінця мережі; C – коефіцієнт, що залежить від напруги мережі і провідникового матеріалу (табл. 11).

Формула послідовно застосовується до всіх ділянок мережі, починаючи від ділянки, найближчої до джерела живлення. За обраним перерізом даної ділянки визначають втрати напруги в ньому. Подальші ділянки розраховують за різницею між розрахунковою втратою напруги і втратами до початку даної ділянки.

Перерізи проводів, що одержані при розрахунку по втраті напруги, округляють до стандартних значень.

Таблиця 10 – Значення коефіцієнта приведення моментів α

| Лінія | Відгалуження | Значення коефіцієнта α |
|------------------|------------------|-------------------------------|
| Трифазна з нулем | Однофазне | 1,85 |
| | Двофазне з нулем | 1,37 |
| Двофазна з нулем | Однофазне | 1,33 |
| Трифазна | Двофазне | 1,15 |

Визначення моментів навантаження.

Момент навантаження визначають за формулою:

$$M = PL$$


Рисунок 3 – До розрахунку моменту сил

Коли однакове одиничне навантаження розподілено рівномірно уздовж всієї лінії або по окремих її ділянках, то момент навантаження може визначатися, як це показано на рисунку 4.

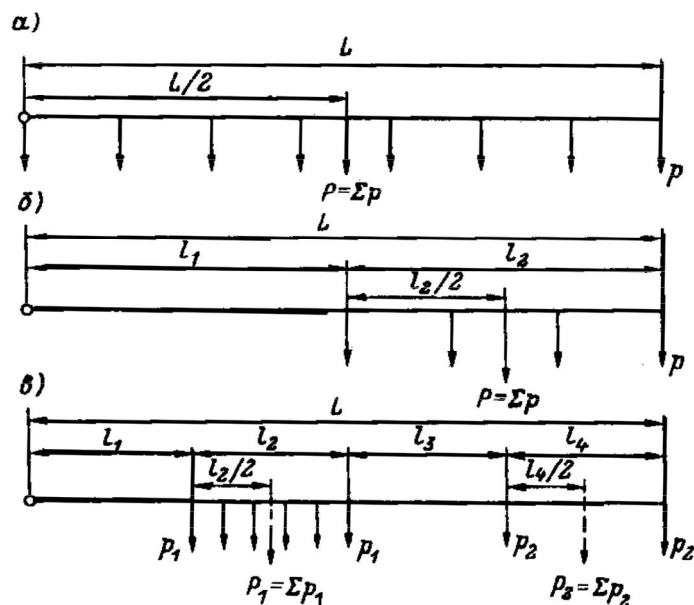


Рисунок 4 – Приклади визначення моментів навантаження

Для мережі за рисунком 4, а:

$$m = P (l/2);$$

для мережі за рисунком 4, б:

$$m = P \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right);$$

для мережі за рисунком 4, в:

$$m = P_1 \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right) + P_2 \left(l_1 + l_2 + l_3 + \frac{l_4}{2} \right).$$

Таблиця 11 – Значення коефіцієнта C , що входить у формули для розрахунку мереж за втратою напруги

| Номинальна напруга мережі, В | Система мережі і рід струму | Значення коефіцієнта C для провідників | |
|------------------------------|--|--|-------------|
| | | мідних | алюмінієвих |
| 380/220 | Трифазна з нулем | 72 | 44 |
| 380/220 | Двофазна з нулем | 32 | 19,5 |
| 220 | Двопровідна змінного або постійного струму | 12 | 7,4 |

3.4 Вибір апаратів захисту. Перевірка на відповідність обраних апаратів захисту струму навантаження

Всі освітлювальні мережі повинні мати захист від струмів короткого замикання (КЗ), а в деяких випадках також від перевантаження [10].

Захист освітлювальних мереж здійснюється апаратами захисту. Апаратом захисту називається апарат, що автоматично відключає електричний ланцюг, який захищається, при аномальних режимах. До апаратів захисту відносяться запобіжники й автоматичні вимикачі (автомати).

Вибір струмів апаратів захисту.

Номинальні струми уставок автоматів і плавких вставок запобіжників слід вибирати по можливості якнайменшими за розрахунковими струмами ділянок мережі, що захищаються.

Для забезпечення селективності захисту і, якщо це не приводить до завищення перерізу провідників, струм кожного апарату захисту рекомендується приймати не менш ніж на два ступені більше наступного апарату, рахуючи від

електроприймача, найвіддаленішого від джерела живлення. Різниця не менше ніж на один ступінь обов'язкова у всіх випадках.

Захист електричних мереж від струмів КЗ повинен забезпечувати відключення аварійної ділянки з найменшим часом. При захисті автоматами, що мають тільки електромагнітний розчіплювач, струм КЗ повинен бути не менше струму уставки, помноженого на коефіцієнт 1,4 для автоматів до 100 А і на 1,25 для інших автоматів. При установці автоматів з тепловими і комбінованими розчіплювачами в шафах або ящиках і виборі розчіплювачів за розрахунковими струмами ліній вказані в каталогах номінальні струми розчіплювачів рекомендується знижувати на 10 % унаслідок того, що температура повітря в шафі або ящику може виявитися вище 25 °С, тобто температури, на яку калібрується тепловий розчіплювач.

Номінальний струм апаратів захисту (розчіплювачі автоматів і плавкі вставки запобіжників) для групових ліній внутрішнього освітлення повинен бути не більше 25 А, а групові лінії, що живлять РЛ потужністю 125 Вт і більше й лампи розжарювання 500 Вт і більше, можуть захищатися апаратами захисту на струм до 63 А.

Таблиця 12 – Технічні дані плавких запобіжників на 380 В

| Тип | Номінальний струм, А | | Найбільший струм відключення, кА |
|---------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| | запобіжника | плавкої вставки | |
| Е 27 | 25 | 6,3; 10; 16; 25 | 0,6 |
| Е 33 | 63 | 10; 16; 20; 25; 31,5; 63 | 1,0 |
| ПР2 (1) | 63 | 16; 20; 25; 31,5; 50; 63 | 1,8 |
| ПР2 (2) | 63 | 16; 20; 25; 31,5; 50; 63 | 4,5 |
| НПН2-63 | 63 | 6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 63 | 10 |
| ПН2-100 | 100 | 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 | 100 |

Примітка. Цифри в дужках для плавких запобіжників типу ПР-2 характеризують виконання: 1 – короткі запобіжники, 2 – довгі запобіжники.

Таблиця 13 – Технічні дані автоматичних вимикачів

| Тип | Номінальне значення | | Число полюсів | Розчіплювач | Номінальний струм розчіплювача, А |
|------------|---------------------|-----------|---------------|--------------|-----------------------------------|
| | напруги, В | струму, А | | | |
| AE1000 | 380 | 25 | 1 | Комбінований | 6,3 – 25 |
| AE2026 | 660 | 16 | 3 | | 1,6 – 16 |
| AE2044 | 660 | 63 | 1 | | 10 – 63 |
| AE2046 | 660 | 63 | 3 | | 10 – 63 |
| AE2046M | 660 | 63 | 3 | | 6,3 – 63 |
| AE2046-10Б | 380, 660 | 63 | 3 | | 10 – 63 |
| AE2056M | 660 | 100 | 3 | Тепловий | 10 – 100 |
| AE2066 | 660 | 160 | 3 | | 16 – 160 |
| A3161 | 380 | 50 | 1 | Комбінований | 16 – 50 |
| A3162 | 380 | 50 | 2 | | 16 – 50 |
| A3163 | 380 | 50 | 3 | | 16 – 50 |
| BA51-25 | 660 | 25 | 3 | | 6,3 – 25 |
| BA51-29 | 660 | 63 | 1 | | 6,3 – 63 |
| BA51-31-1 | 660 | 100 | 1 | | 6,3 – 100 |
| BA51-31 | 660 | 100 | 3 | | 6,3 – 100 |
| BA51-33 | 660 | 160 | 3 | | 80 – 160 |
| BA51-35 | 660 | 250 | 3 | | 100 – 250 |
| BA61-29 | 380 | 63 | 1, 2, 3, 4 | | 0,5 – 63 |

4 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРОЄКТУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ЧЕТВЕРТОГО ПОВЕРХУ АДМІНІСТРАТИВНОГО БУДИНКУ

Як приклад оформлення проєкту наведені аркуші 1, 6, 7, 8 комплекту робочих креслень освітлення адміністративного будинку:

Аркуш 1 – дані робочих креслень основного комплекту.

Аркуш 6 – план розміщення електричного обладнання і прокладання електричних мереж на відмітці + 9.900.

Аркуш 7 – принципова схема живлячої мережі.

Аркуш 8 – принципова схема дистанційного управління освітленням.

Адміністративний будинок являє собою чотириповерхову цегляну будівлю із залізобетонними плитами перекриття. Стіни зовні облицьовані плиткою. Внутрішня їх поверхня покрита шаром штукатурки, пофарбована у світлі кольори, а отже має високий коефіцієнт відбиття, у більшості приміщень використовуються підвісні стелі.

На четвертому поверсі знаходяться приміщення: відділи механіка (далі – ОМ), автоматизації виробництва (далі – ОАП), автоматизованих систем керування (далі – ОАС) та ін., а також конференц - зал на 75 осіб, санвузли, кімнати гігієни, підсобні й службові приміщення. У більшості приміщень проводиться зорова робота, пов'язана з розрізненням текстів, креслень і малюнків, а отже, тут повинна забезпечуватись добра освітленість. У підсобних приміщеннях, санвузлах, коридорах напружена зорова робота не виконується, вони здійснюють допоміжну функцію.

Рівень освітленості на робочій поверхні за діючими Державними будівельними нормами і правилами (ДБН) регламентується залежно від розміру об'єкта розрізнення, контрасту об'єкта з фоном і коефіцієнта відбиття фону, на якому розрізняється об'єкт.

Значення нормованої освітленості в кабінетах, де проводиться напружена зорова робота – 500 лк, у службових приміщеннях – 300 лк, у приміщенні конференцзалу – 200 лк, кулуарах – 150 лк, у санвузлах – 75 лк.

У проєкті освітлення даного поверху використовувались лампи TLRS, TL-D super потужністю 18, 20 Вт у світильниках типів BC.016.20– 4x18, AO.002.04– 4x18, SL.023 Taria– 1x20.

Для живлення світильників загального освітлення використовуються електричні мережі змінного струму з напругою при заземленій нейтралі 380/220 В.

Розподільча мережа до групових щитків виконана кабелем з мідними проводами ВВГ, який має ізоляцію з полівінілхлориду й оболонку.

Групова мережа виконана кабелем ВВГнг у підвісних стелях з гіпсокартону, на інших поверхах групова мережа виконана також проводами ПУНП з подвійною ізоляцією з полівінілхлориду і ПВС та схована під шаром штукатурки.

Розрахункові освітлювальні навантаження представляють сумарну потужність всіх джерел світла (включаючи втрати потужності в ПРА) освітлення даного поверху і потужність усіх розеток, підключених до освітлювальної мережі від щитка ЩО-5 (робоче освітлення), і дорівнюють 14,463 кВт.

Освітлювальні прилади аварійного освітлення конференц-залу підключені до групової мережі №1а щитка ЩО-2а, яка є стояком з третього поверху будівлі (з рівня +6.600). Інші світильники аварійного освітлення підключені до стояка групи №4а з рівня +6.600 від ЩО-1а (Аркуш 6 даного проєкту).

Живлення ОУ здійснюється від шафи вводу (ВРУ1А – 47 - 00УХЛ4 секція 1 – робоче освітлення, секція 2 – аварійне освітлення) (Аркуш 7 даного проєкту).

Керування освітленням приміщень, коридорів і сходів виконують за допомогою постів керування та ящика ЯОУ з магнітними пускачами. Принципова схема дистанційного керування наведена на Аркуш і 8 даного проєкту.

Величина припустимих втрат напруги від ШВ в освітлювальній розподільчій і груповій мережі дорівнює 3 %.

Розрахунок мережі на якнайменшу витрату провідникового матеріалу приведемо для схеми, представленої на Аркуші 7.

Моменти ділянок розподільчої мережі з урахуванням коефіцієнта попиту навантажень дорівнюють:

$M_{C1} = 298$ кВт·м; $M_{C1'} = 170$ кВт·м; $M_{C3} = 66$ кВт·м; $M_{C2} = 216$ кВт·м;
 $M_{C2'} = 104$ кВт·м; $M_{C4} = 688$ кВт·м; $M_{C4'} = 229$ кВт·м; $M_{C5} = 51$ кВт·м.

Значення моментів навантажень групової мережі щитка ЩО-5 та інших наведені у таблиці 14.

Визначаємо переріз проводу головної ділянки С1 за формулою:

$$S = \frac{\sum M + \sum \alpha m}{C \Delta U},$$

$$S = \frac{298 + 170 + 66 + 1,85(236,1 + 280,8)}{72 \cdot 3} = 6,9 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо значення перерізу проводу ділянки найближчим до стандартного, а саме 10 мм².

Дійсні втрати напруги на ділянці С1:

$$\Delta U_{C1} = \frac{298 + 170}{72 \cdot 10} = 0,65 \text{ \%}.$$

Таблиця 14 – Розрахунок моментів навантажень групової мережі

| номер групи | ЩО-5 | | ЩО-1 | | ЩО-3 | | ЩО-2 | | ЩО-4 | |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | $P_{гр}$ | $m_{гр}$ | $P_{гр}$ | $m_{гр}$ | $P_{гр}$ | $m_{гр}$ | $P_{гр}$ | $m_{гр}$ | $P_{гр}$ | $m_{гр}$ |
| 1 | 0,72 | 10,8 | 0,75 | 36,0 | 1,04 | 26,3 | 1,188 | 53,1 | 1,53 | 28,4 |
| 2 | 0,8 | 28,0 | 1,2 | 43,4 | 0,96 | 20,7 | 0,362 | 7,0 | 1,74 | 35,1 |
| 3 | 1,417 | 49,1 | 1,946 | 46,9 | 1,742 | 41,0 | 0,266 | 6,2 | 1,71 | 37,2 |
| 4 | 1,803 | 36,2 | 1,628 | 42,6 | 0,91 | 29,0 | 0,266 | 6,8 | 1,22 | 26,4 |
| 5 | 1,505 | 37,5 | 1,131 | 28,4 | 0,531 | 10,9 | 0,72 | 16,2 | 0,465 | 12,1 |
| 6 | 1,506 | 24,5 | 0,645 | 12,7 | 0,929 | 7,2 | 1,457 | 36,3 | 0,9 | 19,6 |
| 7 | 0,394 | 7,6 | 0,96 | 17,2 | 1,417 | 34,5 | 0,64 | 9,4 | 1,412 | 32,2 |
| 8 | 0,512 | 7,7 | 0,576 | 8,9 | 1,667 | 39,6 | 1,594 | 36,5 | 1,522 | 36,4 |
| 9 | 0,709 | 24,8 | | | 0,8 | 23,4 | 0,95 | 20,8 | 0,8 | 21,4 |
| 10 | 0,797 | 25,6 | | | 0,8 | 26,3 | 1,85 | 49,7 | 0,8 | 16,2 |
| 11 | 0,72 | 14,4 | | | 0,64 | 12,1 | 1,04 | 30,3 | 0,8 | 12,4 |
| 12 | 0,72 | 10,2 | | | 0,64 | 9,8 | 1,12 | 37,5 | 1,531 | 39,7 |
| 13 | 0,72 | 14,4 | | | | | | | | |
| 14 | 0,8 | 22,4 | | | | | | | | |
| 15 | 0,8 | 25,6 | | | | | | | | |
| Σ | 14,46 | 338,8 | 8,836 | 236,1 | 12,76 | 280,8 | 11,45 | 291,8 | 14,43 | 320,1 |

Втрати напруги в розподільчій лінії С3 і груповій мережі щитка ЩО1:

$$\Delta U = 3 - 0,65 = 2,35 \text{ \%}.$$

Знаходимо переріз лінії С3:

$$S_{C3} = \frac{66 + 1,85 \cdot 280,8}{72 \cdot 2,35} = 3,46 \text{ мм}^2$$

Стандартний переріз складає 4 мм².

Дійсні втрати напруги на ділянці С3 дорівнюють:

$$\Delta U_{C3} = 66 / (72 \cdot 4) = 0,23 \text{ \%}.$$

Втрати напруги в груповій мережі щитка ЩО3:

$$\Delta U = 2,35 - 0,23 = 2,12 \text{ \%}$$

Розрахунок групових ліній здійснюють за формулою

$$S = \frac{m}{C \cdot \Delta U}.$$

Наприклад, переріз групової лінії № 3 щитка ЩО1 :

$$S = \frac{46,9}{12 \cdot 2,12} = 1,86 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо стандартний переріз 2,5 мм².

Розподільчі мережі виконують п'ятижильним кабелем ВВГ з кріпленням скобами і в трубах ДКС (для стояків).

Наприклад, стояк С1 треба виконати проводом ВВГ – 1 (5 x 10) мм².

Групові мережі виконуються проводами ПУНП і ПВС сховано під штукатуркою, у пустотах плит перекриття, за перегородками з гіпсокартону (по магістралях перерізом 3 x 2,5 мм², у приміщеннях 3 x 1,5 мм²); кабелем ВВГнг за перегородками і перекриттями з гіпсокартону.

Захист освітлювальних мереж здійснюють автоматичними вимикачами АЕ2046М – 10 Б на номінальний струм 63А.

Струм розчіплювачів вибрано за розрахунковими струмами ділянок мережі, що захищаються. Ці значення струмів апаратів захисту наведені у таблицях групових щитків і в схемі живлення освітлювальної установки.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Салтиков В. О. Проектування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок : конспект лекцій / В. О. Салтиков, В. М. Поліщук, О. Ю. Коляда. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 92 с.
2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. – Изд. 3-е. – Москва : Знак, 2006. – 972 с.
3. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, Н. М. Фадин., В. Н. Сидоров. – Изд. 2-е. – Санкт-Петербург : Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
4. Сибикин Ю. Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. – Москва : Академия, 2007. – 256 с.
5. Ханников А. А. Электрик. Новый строительный справочник. – Ростов на Дону : Феникс, 2008. – 249 с.
6. Клименко Б. В. Електричні апарати. – Харків : Видавництво Точка, 2013. – 400 с.
7. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ. Розділ 6. Електричне освітлення. – Київ : Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017. – 617 с.
8. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. ДБН В.2.5-23:2010. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 165 с.
9. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. ДБН В.2.5-27: 2006. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 172 с.
10. Природне і штучне освітлення. ДБН В.2.5-28:2018.– Київ : Мінрегіон України, 2018. – 133 с.
11. Склад та зміст проектної документації на будівництво. ДБН А. 2.2 – 3 – 2014. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 32 с.

ДОДАТОК А







Відомості робочих креслень

34

| Відомості робочих креслень основного комплексу | | |
|--|---|----------|
| Арк. | Найменування | Примітка |
| 1 | Загальні данні | |
| 2 | План розміщення електричного обладнання та прокладання електричних мереж на від. -3.300 | |
| 3 | План розміщення електричного обладнання та прокладання електричних мереж на від. 0,000 | |
| 4 | План розміщення електричного обладнання та прокладання електричних мереж на від. +3.300 | |
| 5 | План розміщення електричного обладнання та прокладання електричних мереж на від. +6.600 | |
| 6 | План розміщення електричного обладнання та прокладання електричних мереж на від. +9.900 | |
| 7 | Принципціальна схема живлочої мережі | |
| 8 | Принципціальна схема дистанційного управління освітленням | |
| 9 | Принципціальна схема групової мережі ЩО - 1 | |
| 10 | Принципціальна схема групової мережі ЩО - 2 | |
| 11 | Принципціальна схема групової мережі ЩО - 3 | |
| 12 | Принципціальна схема групової мережі ЩО - 4 | |
| 13 | Принципціальна схема групової мережі ЩО - 5 | |
| 14 | Принципціальна схема групової мережі ЩО – 1а | |
| 15 | Принципціальна схема групової мережі ЩО – 2а | |

| | | | |
|--------------|--|--|--|
| Узгодження | | | |
| Взам. нив. № | | | |
| Пощ. и дата | | | |
| Инь. № пощ. | | | |

Умовні позначення, що не були включені до ГОСТ 21.614-88

-  - Світильник з компактною люмінесцентною лампою
-  - Світильник 4-х ламповий
-  - Світлові покажчики на світлодіодах
-  - Світильник для більярдного столу
-  - Світильник з галогенною лампою
-  - Світильник вмонтований з дзеркальною лампою

| Відомості робочих креслень основного комплексу | | |
|--|--|----------|
| Скорочення | Найменування | Примітка |
| | Документи, що додаються | |
| ЄО.С | Специфікація обладнання, виробів із матеріалів | |

Підсумкові данні

| | |
|---------------------------------|---------------|
| Загальна площа, що освітлюється | 1130,30 кв.м. |
| Встановлена потужність | 65,395 кВт |
| в тому числі: | |
| - робоче освітлення | 61,263 кВт |
| - аварійне освітлення | 4,132 кВт |
| Розрахункова потужність | 47,772 кВт |
| в тому числі: | |
| - робоче освітлення | 43,64 кВт |
| - аварійне освітлення | 4,132 кВт |

Кількість світлоточок, що встановлюються

| | |
|-----------------------------|--------|
| - з люмінесцентними лампами | 640 шт |
| - з лампами розжарювання | 22 шт |
| - світлових покажчиків | 32 шт |
| - штепсельні розетки | 247 шт |

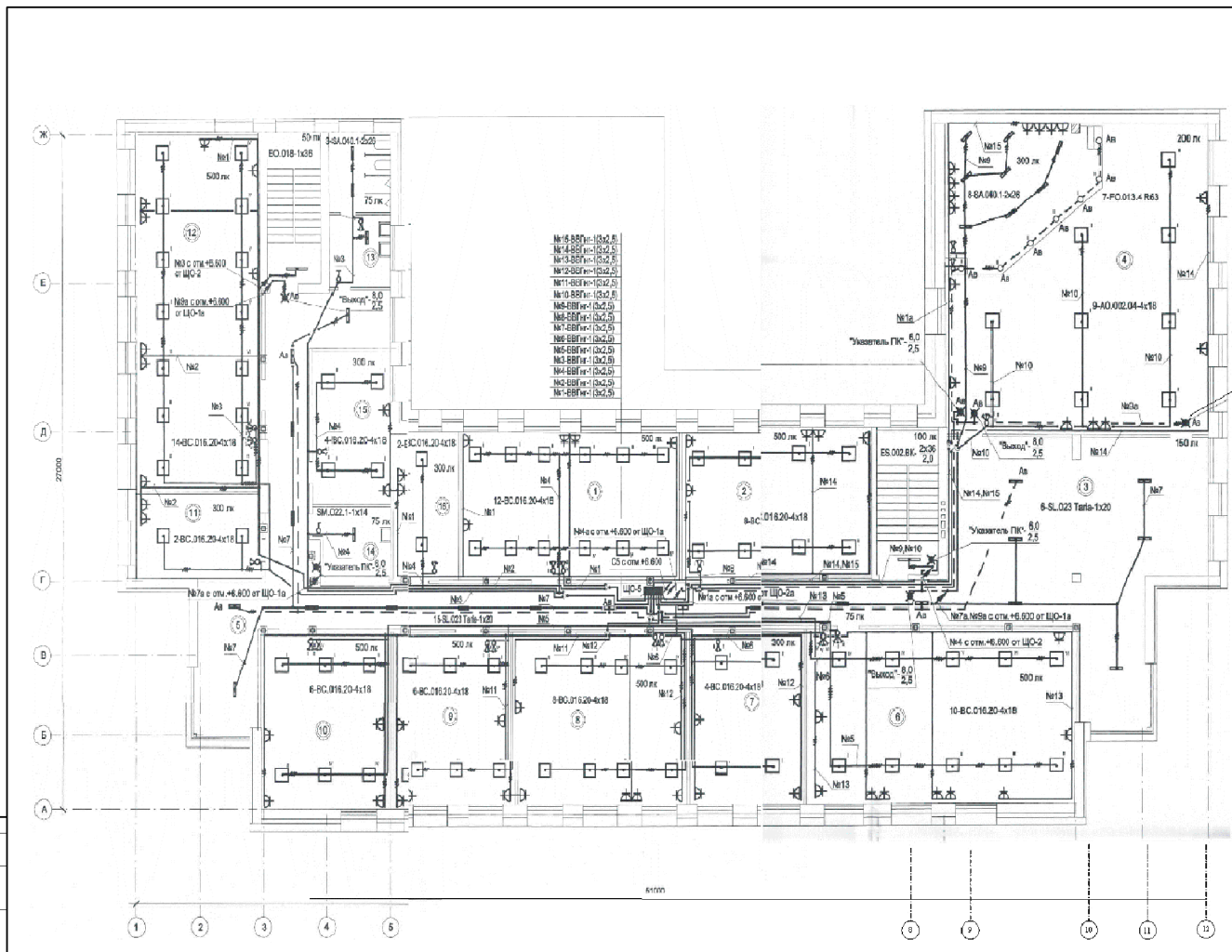
Загальні вказівки

- Робоча документація розроблена на основі завдання на проектування.
- Робочі креслення розроблені в відповідності з діючими нормами, правилами і стандартами.
- Відомості основних комплектів робочих креслень наведені на листі 1 комплексу 2-1-АР.
- Проектом передбачено чотири види освітлення: робоче, аварійне (безпека та евакуаційне), охоронне та чергове. В якості системи освітлення прийнято загальне рівномірне і комбіноване.
- Напряга мережі робочого та аварійного освітлення ~380/220 В, ремонтного ~36 В. Напряга у лампах ~220 В, ~12 В.
- Світловий дизайн будівлі виконаний з урахуванням показників освітленості та розрахункових даних по встановленій потужності згідно даного проекту.

| Зм. | № уч. | Арк. | № док. | Підпис | Дата | | | | |
|-------------|-------|------|--------|--------|------|-----------------------------------|--------|-------|---------|
| Розробив | | | | | | - БО | | | |
| Перевірив | | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | | |
| Пров. спец. | | | | | | | | | |
| Нач. від. | | | | | | | | | |
| Годн. під. | | | | | | | | | |
| | | | | | | Адміністративна будівля | Сталія | Аркуш | Аркушів |
| | | | | | | Електричне освітлення (внутрішнє) | Р | 1 | 17 |
| | | | | | | Загальні дані | | | |

ДОДАТОК Б

Поверховий план групової мережі



Дані про групові щитки

| Номер щитку | Тип | Встановлена потужність, кВт | номера автоматичних вимикачів | | ном. струм розщеплювач | |
|-------------|---|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------|
| | | | Однополосні зайвний резерв | Трьохполосні зайвний резерв | На ввід | На ливнях |
| ЩО-5 | Щиток індивідуальний зборки по літву 13 | 14,463 | - | - | - | 25 |
| | | 0,72 | 1(УЗО) | | | 16,0 |
| | | 0,8 | 2(УЗО) | | | 16,0 |
| | | 1,417 | 3 | | | 16,0 |
| | | 1,803 | 4 | | | 16,0 |
| | | 1,505 | 5 | | | 16,0 |
| | | 1,506 | 6 | | | 16,0 |
| | | 0,394 | 7 | | | 10,0 |
| | | 0,512 | 8 | | | 10,0 |
| | | 0,709 | 9 | | | 10,0 |
| | | 0,797 | 10 | | | 10,0 |
| | | 0,72 | 11(УЗО) | | | 16,0 |
| | | 0,72 | 12(УЗО) | | | 16,0 |
| | | 0,72 | 13(УЗО) | | | 16,0 |
| | | 0,8 | 14(УЗО) | | | 16,0 |
| | | 0,8 | 15(УЗО) | | | 16,0 |

Експлікація приміщень

| Номер приміщення | Найменування |
|------------------|--------------------------------------|
| 1 | Кімната ОМ |
| 2 | Кімната ОАП |
| 3 | Кулуари |
| 4 | Конференц-зал на 75 посадочних місць |
| 5 | Коридор |
| 6 | Кімната ОС |
| 7 | Службові приміщення |
| 8 | Кімната ОАС №1 |
| 9 | Кімната ОАС №2 |
| 10 | Кімната ОАС №3 |
| 11 | Службові приміщення |
| 12 | Кімната ОБТ |
| 13 | Чоловічий санузел |
| 14 | Ковпра прибрально-огосподарюв. |
| 15 | Службові приміщення |
| 16 | Службові приміщення |

Привітка

1. Загальні примітки наведені на листі 2.
2. Групові електричні мережі виконуються дротами ПУНП-1 ПВС скрито під штукатуркою, кабелем ВВГнг-пс

ВВГнг у гіпсокартонних стелях

| | |
|---------------|-----|
| Укладений | |
| Перевірив | |
| Затвердив | |
| Дата | |
| Масштаб | |
| Лист | з 1 |
| Всього листів | 3 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|------|---------|---------|------|---|---|---|---|--------|
| № | № | № | № | № | № | № | № | № | № | № |
| Зам. | Проек. | Арх. | М. док. | Підпис. | Дата | | | | | -ВО |
| Розробив | | | | | | | | | | |
| Перевірив | | | | | | | | | | Стадія |
| Н. Кооп. | | | | | | | | | | Архив |
| Пров. спец. | | | | | | | | | | Архив |
| Нач. кал. | | | | | | | | | | Р |
| Голов. під. | | | | | | | | | | 1 |
| Загальні дані | | | | | | | | | | 17 |

ДОДАТОК В

Принципова схема живильної мережі



ДОДАТОК Г

Принципова схема управління освітленням

37

Схема електрична принципіальна управління

~380/220 В
від шафи ШВ
(по комплекту ЕМ листи 2, 3)

Таблиця застосувань

| Зазначення за планом | | | Потужність кВт | Тип пускача | Маркировка кабелю | |
|----------------------|--------|----------|----------------|--------------|-------------------|------------------------|
| щиток | пускач | пост ПДУ | | | Зазначення | Номер кабелю за планом |
| ЩО-1, ЩО-3 | КМ1 | ПДУ1 | 20,93 | ПМЛ-4160М А | III | К1 |
| ЩО-2 | КМ2 | ПДУ2 | 11,45 | ПМЛ-1161ДМ А | III | К2 |
| ЩО-4, ЩО-5 | КМ3 | ПДУ3 | 28,89 | ПМЛ-4160М А | III | К3 |
| ЩО-1а | КМ1а | ПДУ1а | 2,19 | ПМЛ-1160М А | III | К1а |
| ЩО-2а | КМ2а | ПДУ2а | 1,56 | ПМЛ-1160М А | III | К2а |

Найменування елементів

| Позиція позначення | Найменування | Кіл. | Примітка |
|--------------------|---|------|----------|
| КМ2 | Пускач ПМЛ (див. табл. застосування) | 1 | |
| | Пост керування ПДУ2 (ПКУ15-21.131-40УЗ) | | |
| HL | Арматура світлової АЕ121121У2 | 1 | |
| SB1 | Кнопка керування КЕ011, „ісп.2“ | 1 | |
| SB2 | Кнопка керування КЕ011, „ісп.4“ | 1 | |

Специфікація

| Марка, позиція | Позначення | Найменування | Кіл. | Маса од. кт | Примітка |
|----------------|------------|--|------|-------------|----------|
| | | Кабель КВВГ переріз 7x1,5мм ² | | 1 | |

Примітка

- Схема електрична принципіальна керування складена для щитка ЩО-2. Для щитків ЩО-1, ЩО-3, ЩО-5, ЩО-1а, ЩО-2а схема аналогічна з змінення позначень обладнання у відповідності з таблицею застосування.
- Специфікація дана для щитків ЩО-1, ЩО-2, ЩО-3, ЩО-4, ЩО-5, ЩО-1а, ЩО-2а.
- Пускач КМ-1-КМ3, КМ1а, КМ-2а, встановлюються в ящику ЯЧО на DIN - рейку ТС-35

Схема електрична підключення

* - ураховано листом 7

| | | | | | | |
|---|-------|------|--------|-------|------|--|
| | | | | | | - ЕО |
| Зм. | № уч. | Арк. | № док. | Тіжнє | Дата | |
| Розробив | | | | | | Адміністративна будівля Електричне освітлення (внутрішнє) |
| Перевірив | | | | | | |
| Н. Кофр. | | | | | | Стадія |
| Пров. степ. | | | | | | Р |
| Нач. в.д. | | | | | | Аркуш |
| Головн. г.д. | | | | | | 8 |
| Принципіальна схема дистанційного керування освітленням | | | | | | Аркушів |

Виробничо-практичне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсового проєкту
за темою: « **Розробка електротехнічної частини проєкту
освітлювальної установки** »

з навчальної дисципліни
**«ПРОЄКТУВАННЯ, МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ
ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК»**

*(для студентів денної та заочної форм навчання
освітніх рівнів «бакалавр» та «магістр»
за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка)*

Укладачі: **САЛТИКОВ Віктор Олександрович,**
ПОЛІЩУК Валентина Миколаївна,
КОЛЯДА Оксана Юріївна

Відповідальний за випуск *Ю. О. Васильєва*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *В. М. Поліщук*

План 2018, поз. 269 М

Підп.до друку 27.05.2020. Формат 60 x 84/16.

Друк на ризографі. Ум.друк.арк. 2,2.

Тираж прим. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О.М.Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.