

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни «Електричні системи і мережі»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(Електромеханіка)***

За темою № 1 - Вступ. Загальна характеристика електричних систем і мереж

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 28.08.2023 № 1.

Розробник:

Викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., доцент, викладач вищої категорії, Шокарьов Д.А.

Рецензенти:

- 1. К.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання Шмельов Ю. М.*
- 2. К.т.н., професор, завідувач кафедрою електричних станцій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Лазуренко О.П.*

План лекцій:

1. Вступ.
2. Основні поняття і визначення.
3. Вимоги до електричних мереж.
4. Питання для самоконтролю.

Література:

Основна література:

1. Матвійчук А. Я. Електротехніка: навчально-методичний посібник/ Матвійчук А. Я., В. Л. Стінянський; Вінницький державний педагогічний університет ім. М.Коцюбинського. – Вінниця, 2017. -270 с.
2. Мілих В. І. Електропостачання промислових підприємств: Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків : ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с.
3. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи / Третє видання, доповнене та перероблене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. 540 с.

Допоміжна література:

1. Шестеренко, В. Є. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування / Шестеренко В. Є., Шестеренко О. В. — Київ, 2015. — 424 с.
2. Електричні системи та мережі. Методичні вказівки до виконання курсового проектування районної електричної мережі для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». /Укл.: А.П. Свірідов, Т.В. Величко – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 80 с
3. Козлов В. Д. Електрична частина станцій та підстанцій аеропортів: підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова.— К.: НАУ, 2018. – 312 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Офіційний сайт Міністерство енергетики України <http://mpe.kmu.gov.ua/>
2. Сервер Верховної Ради України. – Режим доступу : www.rada.gov.ua.

1. Вступ.

Електрична енергія, завдяки своїм достоїнствам (відносна простота виробництва, передачі, подрібнення і перетворення) отримала широке розповсюдження в народному господарстві і побуті. Для виробництва, передачі, розподілення і перетворення електричної енергії від джерел її виробництва і споживання використовують електричні системи і мережі.

Основною задачею вивчення курсу являється засвоєння основ побудови і функціонування, аналізу сталих режимів і управління ними, а також проектування електричних систем і мереж.

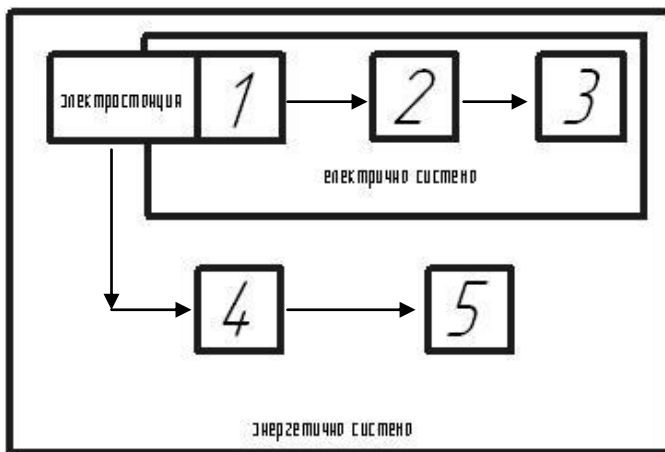
2. Основні поняття і визначення.

У СЕП споживачів можна виділити 3 види пристроїв:

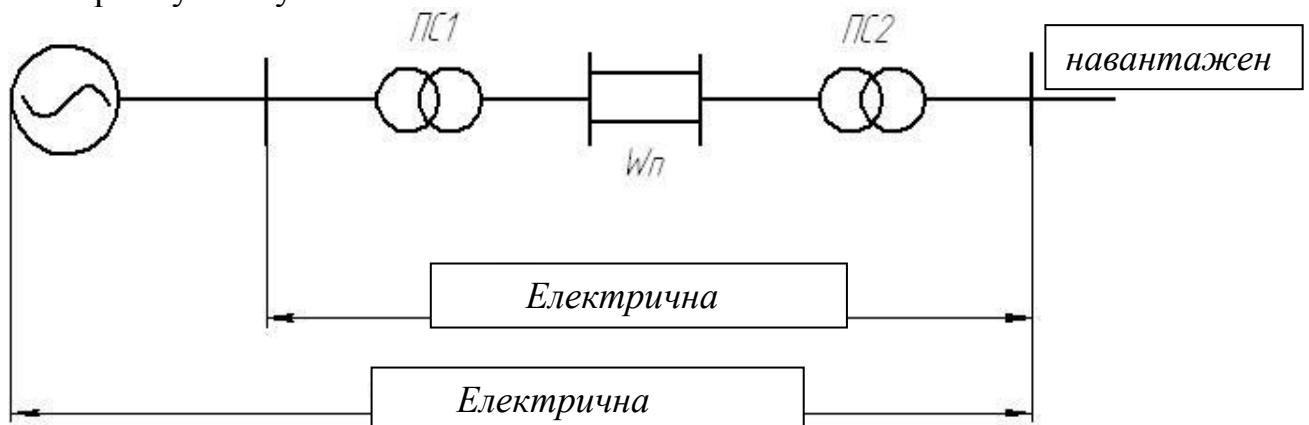
- а) для виробництва електричної енергії (електростанції);
- б) для передачі і розподілення (електричні мережі);
- в) для використання електричної енергії (приймачі);

Схематично виробництво, розподілення і використання електричної і теплової енергії можна представити:

- 1-електрична частина електростанції;
- 2-електричні мережі;
- 3-споживання електричної енергії;
- 4-теплові мережі;
- 5-споживання теплової енергії.



Відповідно вказаному малюнку можна відобразити принципову електричну схему:



Енергетичною системою називається сукупність установок і пристроїв для виробництва, передачі, розподілення, перетворення і використання електричної і теплової енергії, об'єднаних загальним процесом та режимом.

До цієї сукупності відносяться електростанції, електричні і теплові

мережі, споживачі, з'єднані між собою, а також пристрій захисту і управління системи.

Електроенергетичної (електричної) системою називається частина енергосистеми, без теплових мереж і споживачів теплової енергії.

Електрична мережа - сукупність електричних установок для передачі електричної енергії від електростанції споживачам і розподіл її між споживачами.

Вона складається із пунктів прийому електричної енергії (підстанцій), розподільних пунктів (РП) і ЛЕП (лінії електропередачі), працюючих на визначеній території.

Споживачами електричної енергії називається електричний приймач або їх група, об'єднана технологічним процесом і розташована на визначеній території.

На електростанціях для синхронізації генераторів застосовують номінальну напругу $U_{ном} = 6 \div 21 \text{ кВ}$.

У більш вузькому понятті під енергосистемою розуміють виробничі енергетичні об'єднання або великі виробничі одиниці.

Структура енергетики України включає в себе :

- електростанції як окремі підприємства;
- електричні мережі як окремі підприємства:
 - а) магістральні мережі ($U > 150 \text{ кВ}$),
 - б) електричні мережі.

У балансі виробки електроенергії України питома вага різних електростанцій:

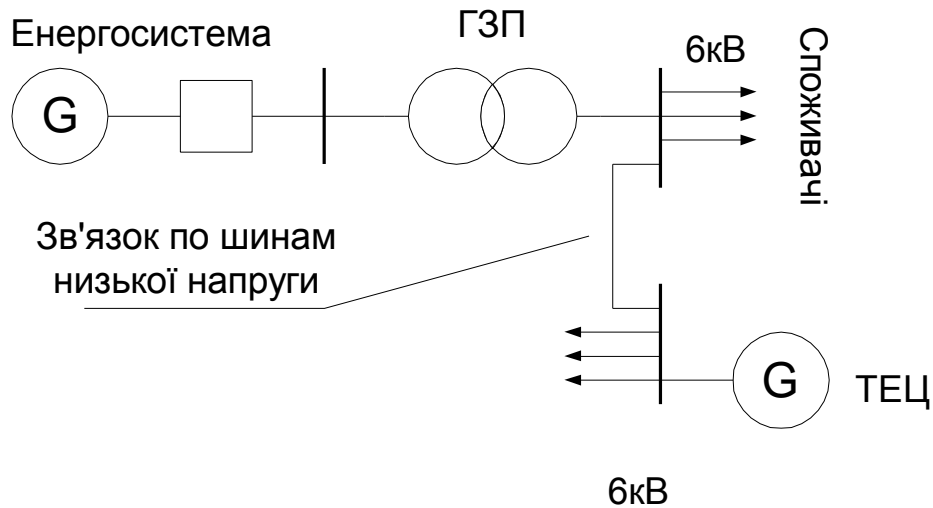
1. ГЕС 5%,
2. ТЕС 44%,
3. АЕС 51%.

Основні принципи побудови енергетики країни - створення об'єднаних енергетичних систем. Основні переваги об'єднаних енергосистем:

- 1 - підвищення надійності роботи (можливість резервування);
- 2 - використання більш великих агрегатів з меншими питомими затратами енергії (агрегат = турбіна - генератор);
- 3 - велика маневреність (тобто можливість перерозподілу енергії протягом доби).

В окремих випадках на виробництвах, де є необхідність у великій кількості теплової енергії, а також є споживачі особливої групи 1 категорії, споруджують комбіновані станції з виробництва електричної та теплової енергії – ТЕЦ (в особливої групи - 3 незалежні джерела, один з них – автономний).

Схема спільної роботи ТЕЦ і енергосистеми має такий вигляд:



3 Вимоги до електричних мереж.

Існує 5 вимог:

1. Надійність роботи;
2. Якість електроенергії;
3. Економічність;
4. Безпека і зручність експлуатації;
5. Можливість подальшого розвитку.

Під час розрахунку електричних навантажень в системі електропостачання, виділяють шість характерних рівнів (рис. 1.1), які відрізняються за характером електроспоживання і, відповідно, способом розрахунку.

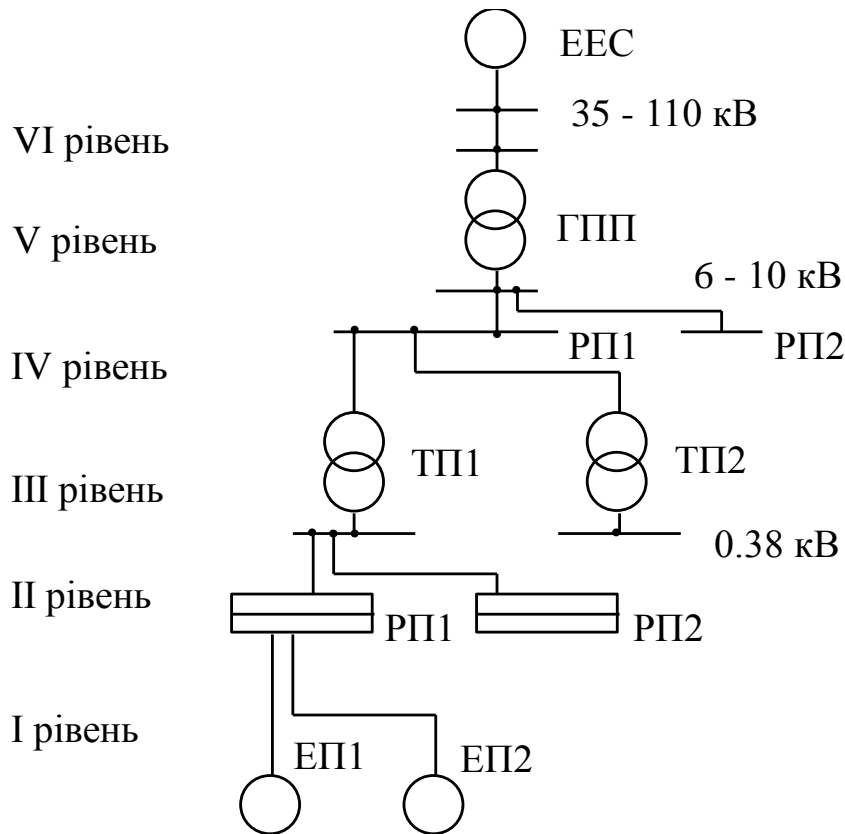


Рисунок 1.1 – Рівні електропостачання:

VI – лінії 110 (35) кВ;

V – шини ГПП 10 (6) кВ;

IV – шини РП 10 (6) кВ;

III – шини 0.38 кВ ТП;

II – розподільні щити, пункти, шинопроводи;

I – окремі електроприймачі.

Розрахунок електричних навантажень виконується знизу вгору в два етапи [1]: спочатку визначають навантаження цехів і підприємства в цілому, потім вибирають схеми електропостачання і визначають розрахункові навантаження для кожної конкретної лінії електропередач. Допускається спочатку скласти схему цехової мережі і на її основі виконати розрахунок електричних навантажень цехової мережі.

4 Розрахунок навантажень цехової мережі

Розрахункові навантаження окремих електроприймачів (ЕП) або ліній, від яких живляться два чи три ЕП (I рівень), приймаються рівними номінальним

$$P_M = P_H, \quad Q_M = P_M \operatorname{tg} \varphi_H,$$

де P_H – номінальна активна потужність ЕП;

$\operatorname{tg} \varphi_H$ – номінальний коефіцієнт реактивної потужності.

Номінальні величини визначають за паспортними даними ЕП. В разі відсутності паспортних даних, приймають $\operatorname{tg} \varphi_{\text{H}} = 0,75$ – для ЕП тривалого режиму роботи і $\operatorname{tg} \varphi_{\text{H}} = 0,87$ – для ЕП повторно-короткочасного.

Для ЕП повторно-короткочасного режиму номінальна потужність приводиться до тривалого режиму роботи

$$P_{\text{H}} = P_{\text{пасп.}} \cdot \sqrt{T_{\text{ПВ.пасп.}}},$$

де $P_{\text{пасп.}}$, $T_{\text{ПВ.пасп.}}$ – паспортні номінальна потужність і відносна тривалість повторного ввімкнення.

На II і III рівнях електропостачання використовують метод упорядкованих діаграм, розроблений Г.М. Каяловим [1,2].

ЕП кожного розподільного пункту або шинопровода поділяють на дві групи: ЕП зі змінним графіком навантаження (група А) і ЕП з практично постійним графіком навантаження (група Б).

Розрахункові навантаження визначають за формулами:
для групи А:

$$P_{\text{M}} = K_{\text{M}} \cdot \sum_{i=1}^n k_{\text{Bi}} \cdot P_{\text{Hi}}, \quad Q_{\text{M}} = \begin{cases} 1,1 \sum_{i=1}^n k_{\text{Bi}} \cdot P_{\text{Hi}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{Ci}} & \text{при } n_e \leq 10, \\ \sum_{i=1}^n k_{\text{Bi}} \cdot P_{\text{Hi}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{Ci}} & \text{при } n_e > 10; \end{cases}$$

для групи Б:

$$P_{\text{M}} = K_{\text{M}} \cdot \sum_{i=1}^n k_{\text{Bi}} \cdot P_{\text{Hi}}; \quad Q_{\text{M}} = K_{\text{M}} \cdot \sum_{i=1}^n k_{\text{Bi}} \cdot P_{\text{Hi}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{Ci}},$$

де K_{M} – коефіцієнт розрахункового максимуму активної потужності;
 n_e – ефективне число ЕП.

В табл. 1.1 та 1.2 [3] наведені значення коефіцієнта розрахункового максимуму відповідно для цехових мереж, що відповідають постійній часу нагрівання провідників $T_0 = 10$ хв. (II рівень електропостачання), та для цехових трансформаторів і магістральних шинопроводів, що відповідають постійній часу нагрівання провідників $T_0 = 2,5$ год (III рівень електропостачання). Для кабельних ліній розподільних мереж напругою 10 (6) кВ, постійна часу нагрівання яких дорівнює 30 хв., (IV рівень електропостачання) коефіцієнт розрахункового максимуму приймається рівним одиниці.

Груповий коефіцієнт використання та ефективне число ЕП визначаються за формулами

$$K_{\text{B}} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{\text{Bi}} \cdot P_{\text{Hi}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{Hi}}}; \quad n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{\text{Hi}} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{Hi}}^2}.$$

Розраховане значення n_e округляється до найближчого меншого цілого числа.

Таблиця 1.1 – Значення коефіцієнтів розрахункового максимуму навантаження K_M для мереж живлення напругою до 1000 В ($T_0 = 10$ хв.)

n_e	Коефіцієнт використання								
	0.1		0.1		0.1		0.1		0.1
1	8.00	1	8.00	1	8.00	1	8.00	1	8.00
2	6.22	2	6.22	2	6.22	2	6.22	2	6.22
3	4.06	3	4.06	3	4.06	3	4.06	3	4.06
4	3.24	4	3.24	4	3.24	4	3.24	4	3.24
5	2.84	5	2.84	5	2.84	5	2.84	5	2.84
6	2.64	6	2.64	6	2.64	6	2.64	6	2.64
7	2.49	7	2.49	7	2.49	7	2.49	7	2.49
8	2.37	8	2.37	8	2.37	8	2.37	8	2.37
9	2.27	9	2.27	9	2.27	9	2.27	9	2.27
10	2.18	10	2.18	10	2.18	10	2.18	10	2.18
12	2.04	12	2.04	12	2.04	12	2.04	12	2.04
14	1.94	14	1.94	14	1.94	14	1.94	14	1.94
16	1.85	16	1.85	16	1.85	16	1.85	16	1.85
18	1.78	18	1.78	18	1.78	18	1.78	18	1.78
20	1.72	20	1.72	20	1.72	20	1.72	20	1.72
25	1.6	25	1.6	25	1.6	25	1.6	25	1.6
30	1.51	30	1.51	30	1.51	30	1.51	30	1.51
35	1.44	35	1.44	35	1.44	35	1.44	35	1.44
40	1.4	40	1.4	40	1.4	40	1.4	40	1.4
50	1.3	50	1.3	50	1.3	50	1.3	50	1.3
60	1.25	60	1.25	60	1.25	60	1.25	60	1.25
80	1.16	80	1.16	80	1.16	80	1.16	80	1.16
100	1	100	1	100	1	100	1	100	1

Таблиця 1.2 – Значення коефіцієнтів розрахункового максимуму навантаження K_M на шинах НН цехових трансформаторів і магістральних шинопроводів напругою до 1000 В ($T_0 = 2,5$ год.)

n_e	Коефіцієнт використання							
	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	≥ 0.7
1	8.00	5.33	4.00	2.67	2.00	1.60	1.33	1.14
2	5.01	3.44	2.69	1.9	1.52	1.24	1.11	1
3	2.4	2.17	1.8	1.42	1.23	1.14	1.08	1
4	2.28	1.73	1.46	1.19	1.06	1.04	1	0.97
5	1.31	1.12	1.02	1.0	0.98	0.96	0.94	0.93
6-8	1.2	1.0	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91
9-10	1.1	0.97	0.91	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
10-25	0.8	0.8	0.8	0.85	0.85	0.85	0.9	0.9
25-50	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.8	0.85	0.85
>50	0.65	0.65	0.65	0.7	0.7	0.75	0.8	0.8

Ефективне число ЕП можна визначити за наближеними формулами:

$$n_e \approx \begin{cases} n & \text{при } m \leq 3, \text{ або при } n_e > n; \\ \frac{2P_H}{P_{H.\text{найб}}} & \text{при } m > 3 \text{ і } K_B \geq 0,2, \end{cases}$$

де P_H – номінальна потужність всіх ЕП; m – відношення номінальних потужностей найбільшого і найменшого за потужністю ЕП.

Піковий (пусковий) струм:

$$I_{\Pi} = I_M - k_B I_{H.\text{найб}} + I_{\Pi.\text{найб}},$$

де $I_{H.\text{найб}}$, $I_{\Pi.\text{найб}}$ – номінальний і піковий струми ЕП, з найбільшим піковим струмом. У разі відсутності заводських даних пусковий струм асинхронного електродвигуна з короткозамкнутим ротором або синхронного двигуна може бути прийнятий рівним п'ятикратному номінальному; пусковий струм двигуна постійного струму або асинхронного з фазним ротором повинен прийматися не нижчим від 2,5-кратного номінального струму; піковий струм пічних і електрозварювальних трансформаторів – не меншим від 3-кратного номінального (без приведення до $T_{\text{ПВ}} = 100\%$).

Розрахунок навантажень виконується в таблиці форми Ф636-92 (табл. 1.3).

5. Розрахунок освітлювальних навантажень

Визначення освітлювальних навантажень виконується після повного світлотехнічного розрахунку, вибору типу та числа світильників. Це предмет спеціального розгляду.

Разом з тим, з метою спрощення на всіх етапах проектування дозволяється замість повного розрахунку користуватися таблицями питомої потужності. При цьому враховується площа приміщення, його висота, точність виконуваної роботи, характер відбивання поверхонь.

Послідовність визначення розрахункового навантаження освітлення за питомою потужністю така:

- а) визначають розряд роботи за точністю; вибирають систему освітлення; вибирають тип джерела світла; вибирають освітлювальну арматуру; визначають необхідну освітленість [4];
- б) визначають питому потужність освітлення [5];
- в) визначають розрахункову потужність за методом коефіцієнта попиту з урахуванням втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі.

Примітки:

1. Розряд роботи за точністю залежить від мінімального розміру об'єкта, який необхідно розрізняти. Роботи найвищої точності (коли необхідно розрізняти об'єкти розміром до 0,15 мм) відносять до I розряду;

2. При проектуванні електричного освітлення приміщень використовують: систему загального освітлення з рівномірним або локалізованим розміщенням світильників; систему комбінованого освітлення, яка складається з загального і місцевого освітлення. Вибір системи освітлення залежить від характеру виробництва;

3. При виборі джерела світла перевагу краще віддавати люмінісцентним лампам або газорозрядним лампам високого тиску ДРЛ, НЛВД, ДРИ, які мають високу світлову віддачу, більш правильну кольоропередачу, великий термін служіння. Недоліки люмінісцентних ламп: працюють при плюсовій температурі; пульсації світлового потоку, стробоскопічний ефект, підвищена зона зорового комфорту (150-200 лк – для ЛБ і 300 – 500 лк – для ЛД), тоді як для ламп розжарювання – 30–50 лк. Лампи високого тиску доцільно застосовувати у виробничих приміщеннях VI, VIII і IX розрядів, в приміщеннях з високою стелею для зовнішнього освітлення;

4. При виборі освітлювальної арматури треба враховувати характер середовища (вологість, запиленість і т. п.);

5. Необхідну освітленість визначають за розрядом роботи, в залежності від вибраної системи освітлення і типу світильників з таблиць і з врахуванням коефіцієнта запасу для випадку запилених, задимлених та ін приміщень. Аварійне освітлення нормується 0,5 лк;

6. Після цього, за таблицями знаходять питому потужність освітлення, P_O ;

7. Розрахункову потужність освітлення визначають за формулою

$$P_{M.O} = K_{П.О} \cdot K_{ПРА} \cdot P_O \cdot F,$$

де $K_{П.О}$ – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;
 $K_{ПРА}$ – коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі;
 F – площа приміщення.

Коефіцієнти:

$$K_{ПРА} = \begin{cases} 1,1 - \text{ДРЛ}; \\ 1,2 - \text{люмінесцентні} - \text{стартерні}; \\ 1,3 - 1,35 - \text{люмінесцентні} - \text{безстартерні}; \end{cases}$$

$$K_{П} = \begin{cases} 0,95 - \text{великі виробничі приміщення}; \\ 0,8 - \text{порівняно невеликі виробничі приміщення}; \\ 0,6 - \text{склади, підстанції}; \\ 1,0 - \text{аварійне освітлення}. \end{cases}$$

6. Питання для самоконтролю

- 1 Класифікація електричних мереж.
- 2 Переваги об'єднання енергосистем у Єдину енергосистему.
- 3 Особливості енергосистем.
- 4 Вимоги до роботи енергосистем.
- 5 Номінальні напруги електричних мереж.
- 6 Основні положення «Теоретичних основ електротехніки» в розрахунках електричних систем і мереж.
- 7 Провод та грозозахисні троси повітряних ліній.
- 8 Опори повітряних ліній.
- 9 Ізолятори й лінійна арматури.