



**Міністерство освіти і науки України**

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет енергетики, робототехніки та  
комп'ютерних технологій**

**Кафедра електропостачання та енергетичного  
менеджменту**

## **ОСНОВИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

**Методичні вказівки  
з поглибленого самостійного вивчення теми  
«Розрахунок допустимих втрат напруги, перерізу про-  
водів СІП та вибору силових трансформаторів»  
для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої  
освіти денної та заочної форми навчання, спеціальності  
141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»**

**Харків  
2023**

Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних  
технологій  
Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту»

## **ОСНОВИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

Методичні вказівки  
з поглибленого самостійного вивчення теми  
«Розрахунок допустимих втрат напруги, перерізу прово-  
дів СШ та вибору силових трансформаторів»  
для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної та заочної форми навчання, спеціальності  
141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

Затверджено  
рішенням Науково-методичної  
ради факультету ЕРКТ ДБТУ  
Протокол № 3  
від 22. 02. 2023 р.

Харків  
2023

УДК 621. 311

П 32

Схвалено на засіданні кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту

Протокол № 7 від 08 лютого 2021р.

**Рецензенти:**

**С. О. Тимчук**, д-р техн. наук, проф., зав кафедри АКІТ Державного біотехнологічного університету.

**Ю. М. Хандола**, канд. техн. наук, доц., зав. каф. ЕРБМІЕ Державного біотехнологічного університету.

П32 Розрахунок допустимих втрат напруги, перерізу проводів СІП та вибору силових трансформаторів: методичні вказівки з поглибленого самостійного вивчення дисципліни «Основи електропостачання» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної, заочн. спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ Держ. біотехнол. ун-т ; уклад.: С. А. Попадченко, О. А. Савченко. - Харків: [б. в.], 2023 - 40 с.

Мета видання - В зв'язку зі змінами в ПУЕ та виконанням бакалаврських робіт в методичних вказівках були розглянуті питання для поглибленого самостійного опрацювання тем визначення допустимих втрат напруги, вибору СІП та вибору силових трансформаторів.

Методичні вказівки призначені здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної, заочної та дистанційної форм навчання спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**УДК 621. 311**

**Відповідальний за випуск О. О. Мірошник**, д-р. техн. наук.

© Попадченко С. А., Савченко О. А., 2023

© ДБТУ, 2023

## З М І С Т

Тема 1. Самоутримні ізолювані провoda (СП) та їх ви-  
бір.....5

Тема 2. Визначення відхилення напруги у споживачів та  
допустимої втрат в мережі 0,38 кВ за новими вимогами  
ДСТУ EN 50160:2014.....22

Тема 3. Визначення потужності та кількості трансформа-  
торів знижувальних підстанцій.....29

## **1. САМОУТРИМНІ ІЗОЛЬОВАНІ ПРОВОДА (СП) ТА ЇХ ВИБІР.**

**Мета: Ознайомитись з конструктивними та вартісними характеристиками ізольованих проводів, їх параметрами та навчитись вибирати СП.**

В зв'язку з перевиданням ПУЕ[1] змінились обов'язкові умови улаштування електричних мереж напругою 0,38 кВ: необхідність заміни оголених проводів на ізольовані.

На сьогоднішній день самоутримні ізольовані проводи витісняють з ужитку своїх попередників - оголені проводи. Це обумовлено безпекою їх застосування і простотою установки.

Переваги проводів СП перед неізольованими проводами:

1. На порядок більша стійкість перед можливістю к. з. і обмерзання;
2. Можливість прокладки серед зелених насаджень;
3. Більша безпека при обриві проводу;
4. Можливість підключення абонента під напругою;
5. Відсутній характерний для неізольованих проводів ризик перехрещення проводів;
6. Зменшення падіння напруги, зниження втрат електроенергії(низький індуктивний опір в порівнянні з традиційними ПЛ);
7. Зменшується ширина просіки в лісі та смуги відчуження землі в місті;
8. Застосування СП знижує експлуатаційні витрати до 80 %;
9. Наявність великого вибору фурнітури в зіставленні «ціна-якість»;

10. Ускладнюється можливість незаконних підключень для крадіжок електроенергії;

11. Спрощений та прискорений монтаж СІП .

Більшою мірою СІП використовується з метою створення ЛЕП магістралей, необхідні вони і в домашньому використанні.

### **СІП - це самоутримний ізольований провід.**

Самоутримний провід СІП не допускає можливість утворення зледеніння, має підвищену стійкість до шквалів і поривів вітру і виключає можливість короткого замикання при зхльостуванні проводів. Провода СІП використовуються в освітлювальних лініях електропередач на номінальну напругу від 0,38 кВ до 1 кВ, допускають менші струмові навантаження, ніж неізольовані дроти. Вони охолоджуються повітрям менш ефективно, оскільки мають ізоляцію і скручені в джгут.

Провід з ізоляцією із зшитого поліетилену в 1,15 - 1,2 рази дорожче проводів з ізоляцією з термопластичного поліетилену.

Однак, як видно з табл. 2 і 3, СІП з ізоляцією із зшитого поліетилену мають в 1,3 - 1,4 рази більшу пропускну здатність, ніж провoda такого ж перерізу з ізоляцією з термопластичного поліетилену. Очевидно, що вибір перерізу СІП слід проводити на основі техніко-економічного порівняння варіантів з різною ізоляцією.

### **Вибір перерізів ізольованих проводів СІП**

**Перерізи ізольованих проводів СІП до 1 кВ вибирають за економічною густиною струму і по нагріванню при числі годин використання максимуму навантаження більше 4000 - 5000, при меншій тривалості максимуму навантаження - по нагріванню.**

Якщо переріз проводу, визначений за цих умов, виходить менше перерізу, потрібного за іншими технічними умовами (механічна міцність, термічна стійкість при струмах к. з., втрати напруги), то необхідно приймати найбільший переріз, що необхідний за цими технічними умовами.

При виборі перерізів СІП по нагріву слід враховувати матеріал ізоляції проводу: термопластичний або зшитий поліетилен. Допустимі температури жил проводів з різною ізоляцією для різних режимів роботи наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Конструктивні та вартісні характеристики ізованих проводів.

Режим експлуатації	Допустимі температури, °С, для проводів	
	СІП-1, СІП-1А, СІП-4, СІПн-4 (термопластичний поліетилен)	СІП-2, СІП-2А, СІПс-4, СІП-3, ПЗВ, ПЗВГ (зшитий поліетилен)
Нормальний режим	70	90
Режим перевантаження	80	130
Коротке замикання тривалістю до 5 с	135	250

Ізоляція зі зшитого поліетилену більш термостійка, ніж з термопластичного поліетилену. У нормальних режимах роботи температура жили з ізоляцією з термопластичного поліетилену обмежена 70 ° С, а з ізоляцією із зшитого поліетилену - 90 ° С. Режим перевантаження СІП допускається до 8 год на добу, не більше 100 г на рік і не більше 1000 год за весь термін служби проводу.

Таблиця 2 - Електричні параметри проводів СП-1, СП-1А (СП-2, СП-2А).

Кількість жил $n$ і їх переріз, мм <sup>2</sup> ( $n=2, 3, 4$ )	Омічний опір фазної жили, Ом/км	Омічний опір несучої жили, Ом/км	Допустимий тривалий струм фазної жили $I_{дон}, A$	Односекундний струм термічної стійкості фазної жили, Ом / км
2x16	1,91	—	75(105)	1,0
3x16	1,91	—	70(100)	1,0
4x16	1,91	—	70(100)	1,0
2x25	1,2	—	100(135)	1,6
3x25	1,2	—	95(130)	1,6
4x25	1,2	—	95(130)	1,6
5x16	1,91	—	70(100)	1,0
5x25	1,2	—	95(130)	1,6
1x16+1x25	1,91	1,38	75(105)	1,0(1,5)
3x16+1x25	1,91	1,38	70(100)	1,0(1,5)
3x25+1x35	1,2	0,72	95(130)	1,6(2,3)
3x35+1x50	0,868	0,72	115(160)	2,3(3,2)
3x50+1x70	0,641	0,49	140(195)	3,2(4,6)
3x70+1x95	0,443	0,36	180(240)	4,5(6,5)
3x50+1x95	0,32	0,49	180(240)	4,5(6,5)
3x95+1x70	0,32	0,363	220(300)	5,2(6,9)
3x95+1x95	0,25	0,363	220(300)	5,2(6,9)
3x120+1x95	1,91	0,363	250(340)	5,9(7,2)
4x16+1x25	1,20	1,38	70(100)	1,0(1,5)
4x25+1x35		0,986	95(130)	1,6(2,3)

**\*Примітка:** В дужках наведені значення для СП з ізоляцією зі зшитого поліетилену.



Відповідні допустимій температурі допустимі тривалі струми  $I_{дон}$  для різних конструкцій СПП наведені в табл. 1, 2 і 3.

Тут же зазначені омичні опори фазної і нульової жил і граничні одно секундні струми термічної стійкості.

Провід алюмінієвий самоутримний СПП-4 використовується для монтажу повітряних ліній електропередачі, а також, широко застосовується при будівництві мереж вуличного освітлення і є надійною та економічно вигідною заміною проводів без ізоляції марок А і АС.



Рисунок 1 - Самоутримний алюмінієвий чотирижильний провід з ізоляцією СПП-4, 4x25 самоутримний.

Втрати при передачі електроенергії проводом СПП-4 зменшуються в три рази в порівнянні з неізольованими проводами.



Рисунок 2 - Провід самоутримний СПП-5нг (AsXS<sub>n</sub>).

Таблиця 3 – Електричні параметри проводів СПП-4.

Кількість жил $n$ і їх переріз, $\text{мм}^2$ ( $n=2, 3, 4$ )	Омічний опір фазної і нульової жил, Ом/км	Допустимий тривалий струм фазної жили $I_{\text{доп}}, \text{А}$	Односекундний струм термічної стійкості фазної жили, $I_{\text{клс}}, \text{кА}$
$n \times 25$	1,20	95(130)	1,6(2,3)
$n \times 35$	0,89	115(160)	1,6(2,3)
$n \times 50$	0,641	140(195)	3,2(4,6)
$n \times 70$	0,44	180(240)	4,5(6,5)
$n \times 95$	0,32	220(290)	6,0(7,0)
$n \times 120$	0,25	350(340)	7,6(7,6)

**\*Примітка:** В дужках наведені значення для СПП з ізоляцією зі зшитого поліетилену.

Провід самоутримний СПП-5нг (AsXSn) з ізоляцією з полімерної композиції, що не поширює горіння.

СПП-5нг - провід самоутримний з алюмінієвими струмопровідними жилами (без несучої жили), з ізоляцією з термопластичного світло стабілізованого зшитого поліетилену. Робоча напруга: до 0,6кВ / 1 кВ з номінальною частотою 50 Гц.

Таблиця 4 - Допустимі тривалі струми ізольованих проводів.

Переріз, $\text{мм}^2$	35	50	70	95	120	150	185	240
$I_{\text{доп}}, \text{А}$	175	210	265	330	390	450	510	605

Матеріал жили: алюміній круглої форми, багато дротяна ущільнена. Провід проводиться перерізом 16-120 мм<sup>2</sup>. При цьому, якщо номінальний переріз не перевищує 25 мм<sup>2</sup>, використовується правобічна скрутка, для великих розмірів - лівостороння. Осердя: сталевий дріт. Ізоляція: світлостабілізований зшитий поліетилен, не підтримуюча горіння силано-зшивна композиція на основі співполімеру поліетилену з вінілацетатом.

Таблиця 5 - Допустимі струми навантаження проводу СП-5 та допустимі струми односекундного короткого замикання.

Номінальний переріз жили, мм <sup>2</sup> .	Допустимий струм навантаження для мереж на напругу 0,6/1 кВ, А, не більше	Допустимий струм односекундного короткого замикання, кА, не більше
16	100	1,5
25	130	2,3
35	160	3,2
50	195	4,6
70	240	6,5
95	300	8,8
120	340	10,9

Застосування: для передачі і розподілу електроенергії в повітряних лініях електропередачі і відгалужень до введів в житлові будинки та господарські споруди. Самоутримні ізольовані проводи застосовуються в мережах до 35 кВ.

Найчастіше його застосовують в магістралях повітряних ЛЕП, а також для відгалуження від повітряних ліній до вводу в будівлі. Якщо потрібно провести електрику на ділянку, то в

цьому випадку якраз знадобиться провід СПП, за допомогою якого здійснюється ввід на дачі або в приватному будинку.

Крім цього даний провідник використовують для зовнішнього освітлення. AsXSn - ізольований самоутримний провід стійкий до впливу сонячних променів (ультрафіолетового випромінювання). Допустимі струми навантаження проводу СПП-5, а також допустимі струми односекундного короткого замикання в таблиці нижче.

Для зіставлення в табл. 4 наведені допустимі тривалі струми неізольованих проводів.

### **Приклад вибору СПП № 1.**

Розглянемо конкретний приклад вибору перерізу СПП за розрахунковим струмом  $I_{розр} = 140$  А.

Відповідно до вихідних даних табл. 2 можна прийняти два варіанти СПП:

СПП-1А 3х50 + 1х70,  $I_{дон} = 140$  А; ізоляція - термопластичний поліетилен;

СПП-2А 3х35 + 1х50,  $I_{дон} = 160$  А; ізоляція - зшитий поліетилен.

Очевидно, що економічно доцільно прийняти СПП-2А 3х35 + 1х50 з ізоляцією із зшитого поліетилену.

Таким чином, фактично здійснюється заміна проводу СПП-1А на провід СПП-2А меншого перерізу і меншої вартості.

Завдяки цій заміні:

- зменшується маса проводу;
- зменшуються габарити проводу і відповідно знижуються ожеледно-вітрові навантаження на провід;
- збільшується термін служби ПЛП, так як зшитий поліетилен довговічніше термопластичного поліетилену[6].

Технічні параметри проводу СПн-4 відповідають параметрам проводу СП-4. Провід СПн-4 з ізоляцією, що не поширює горіння, слід застосовувати в умовах з підвищеними вимогами по пожежній безпеці:

- для введів до житлових будинків та промислові споруди;
- при прокладанні по стінах будинків і будівель;
- в зонах з підвищеною пожежною небезпекою.

Якщо вибір проводу СПн-4 визначається на основі вимог пожежної безпеки, то вибір між проводами марки СП-4 і СПс-4 проводиться техніко-економічним порівнянням варіантів. Для перевірки перерізів на термічну стійкість при струмах к. з. в табл. 2 і 3 наведені допустимі одно секундні струми термічної стійкості  $I_{kl}$ . При іншій тривалості к. з. допустимий струм термічної стійкості визначається множенням струму  $I_{kl}$  на поправочний коефіцієнт

$$k = 1 / \sqrt{t},$$

де  $t$  - тривалість к. з., с.

Таблиця. 6. Провід ПЛІ з мінімальними перерізами (приклад).

Нормативна стінка ожеледі, мм; район по ожеледі	Переріз несучої жили, мм <sup>2</sup> на магістралі і лінійним відгалуженням	Переріз жили, мм <sup>2</sup> , на відгалуженнях до введів
10, I район	35(25)	16
15 і більше, II район і вище	50(25)	16

**\*Примітка:** В дужках наведений переріз жили СП без несучого проводу, наприклад СП-4.

За умовами механічної міцності на магістралях ПЛЛ, лінійних відгалуженнях і відгалуженнях до вводів слід застосовувати проводи з мінімальними перерізами, вказаними в табл. 6. При перевірці перерізів СП за допустимою втратою напруги необхідно знати погонні параметри проводу.

Омічні опори СП наведені в табл. 11 і 2, індуктивні опори - в табл. 7.

Таблиця 7 - Індуктивні опори багатожильних проводів СП.

Перерізи, мм <sup>2</sup>	1x16 1x25	3x16 1x25	4x16 1x25	3x25 1x35	4x25 1x35	3x35 1x50	3x50 1x70	3x70 1x95	3x120 1x95
$x_0$ , Ом/км	0,095	0,099	0,074	0,091	0,073	0,091	0,091	0,092	0,088

**Слід зазначити, що індуктивні опори неізолюваних проводів ПЛЛ становлять  $x_0 = 0,3$  Ом / км.**

Завдяки меншим реактивним опорам втрати напруги в лінії з СП будуть менше, ніж в лінії з неізолюваними проводами при інших рівних умовах.

**Перерізи захищених ізоляцією проводів напругою вище 1 кВ вибираються за економічною густиною струму.**

**Вибрані перерізи повинні задовольняти вимогам:** допустимого нагріву, термічної стійкості при струмах к. з., механічної міцності, допустимої втрати напруги.

Допустимі тривалі струми захищених ізоляцією проводів вище, ніж неізолюваних проводів.

Це пояснюється хорошими умовами охолодження одножильних ізолюваних проводів, а також більш сприятливими

умовами роботи контактних з'єднань в порівнянні з контактними з'єднаннями неізолюваних проводів.

Таблиця 8 - Електричні параметри проводів СП-3

Переріз жили, мм <sup>2</sup>	Омічний опір, Ом/км	Допустимий тривалий струм $I_{доп}$ , А	Односекундний струм термічної стійкості жили, $I_{клс}$ , кА
35	0,99	200	3,2
50	0,72	245	4,3
70	0,49	310	6,4
95	0,36	370	8,6
120	0,29	430	11,0
150	0,26	485	13,0

Допустимі температури нагрівання захищених ізоляцією проводів (СП-3, ПЗВ, ПЗВГ) наведені в табл. 1, електричні параметри цих проводів - в табл. 8 і 9.

Таблиця 9 - Електричні параметри проводів ПЗВ і ПЗВГ.

Переріз жили, мм <sup>2</sup>	Омічний опір, Ом/км	Допустимий тривалий струм $I_{доп}$ , А	Струм термічної стійкості жили, $I_{клс}$ , кА
35	0,79	220	4,0
50	0,60	270	5,2
70	0,43	340	8,0
95	0,31	400	10,5
120	0,25	460	13,5
150	0,20	520	16,5
180	0,16	600	21,0
240	0,12	670	26,5

Термічна стійкість ізолюваних проводів напругою вище 1 кВ перевіряється так само, як ізолюваних проводів напругою до 1 кВ.

За умовами механічної міцності на ПЛ слід застосовувати провoda з мінімальними перерізами, зазначеними в табл. 10.

Таблиця 10 - Провода ПЛ 0,38 кВ з мінімальними перерізами (За ПУЕ, табл.. 2.4.1).

Район ожеледі	Переріз жили СІП на магістралі ПЛІ або лінійному відгалуженні, мм <sup>2</sup>	Переріз жили СІП на відгалуженні до вводу в будівлю (споруду), мм <sup>2</sup>
1 – 3	25 (25)*	16
25 (25)*	35 (25)*	16
* У дужках подано мінімальний переріз жил СІП з чотирма утримними жилами		

### **ПРИКЛАД вибору СІП № 2.**

Приклад вибору перерізу СІП-4.

#### **Вихідні дані:**

Лінія 0,38кВ живиться від ТП 10/0,4 кВ потужністю 160кВА, до лінії приєднано виробниче навантаження.

За умовою механічної міцності прийнятий СІП-4х50.

Лінія складається з трьох ділянок.

Довжини і розрахункові навантаження ділянок беруться з розрахункових робіт.

Допустима втрата напруги в ПЛ-0,38кВ  $\Delta U_{доп} = 6\%$ .

В кінці лінії підключений асинхронний електродвигун з коротко замкнутим ротором.

Номинальний струм електродвигуна  $I_n = 28A$ , пусковий коефіцієнт  $k_i = 7$ .



Таблиця 11 – Довжини і навантаження ділянок

Розрахункова ділянка	Довжина $l$ (км)	Розрахункове навантаження $S$ (кВА)
0-1	0,15	47
1-2	0,12	35
2-3	0,11	12

**Перевірка по тривалому допустимому струму.**

На основі умов механічної міцності, приймаємо СІП перерізом 50 мм<sup>2</sup>.

Струм на головній ділянці

$$I_{0-1} = \frac{S_{0-1}}{\sqrt{3}U_{Л}} = \frac{47}{1,732 \cdot 0,38} = 71,5 \text{ А}$$

За табл.3 знаходимо допустимий струм для СІП 4 × 50  $I_{дон} = 140\text{А}$ . Струм на головній ділянці менше допустимого, отже, провід проходить за цим показником.

**Перевірка по допустимій втраті напруги.**

Обраний провід перевіряють по допустимій втраті напруги. Для цього визначають фактичну втрату напруги на ділянці за формулою:

$$\Delta U_{0-1} = \frac{S \cdot l}{U_H} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi),$$

де  $S$  - навантаження на ділянці ПЛ, кВА;

$l$  - довжина ділянки, км;

$U_H$  - номінальна лінійна напруга, кВ;

$r_0$  - питомий активний опір проводу, Ом / км;

$\cos \varphi$  - коефіцієнт потужності,  $\cos \varphi = \frac{P}{S}$ ;

$x_0$  - питомий індуктивний опір проводу, Ом / км;

За табл. 12 знаходимо питомий індуктивний опір СПП 4 × 50.

$r_0 = 0,641 \times 1,1 = 0,705$  Ом / км;  $x_0 = 0,085$  Ом / км. [10].

Таблиця 12 – Електричні параметри проводів СПП-4

Число і номінальний переріз жил СПП-4, мм <sup>2</sup>	Активний опір проводів при 50 Гц, Ом/км $r_0$	Індуктивний опір проводів при 50 Гц, Ом/км $x_0$	Допустиме навантаження, А	Струм термічної стійкості, А
СПП-4 4×16	1,91	0,091	70	1,1
СПП-4 4×25	1,2	0,089	95	1,6
СПП-4 4×35	0,868	0,087	115	2,3
СПП-4 4×50	0,641	0,085	140	3,2
СПП-4 4×70	0,443	0,085	180	4,5
СПП-4 4×95	0,320	0,082	220	5,2

За таблицею 15 знаходимо коефіцієнт потужності для виробничих навантажень,  $\cos \varphi = 0,7$ , розраховуємо  $\sin \varphi = 0,71$ .

Знаходимо коефіцієнт потужності для виробничого навантаження  $\cos \varphi = 0,7$ ; знаючи  $\cos \varphi$ , розраховуємо  $\sin \varphi = 0,71$ .

Втрата напруги по ділянках:

$$\Delta U_{2-3} = \frac{12 \cdot 0,11}{0,38} \cdot (0,705 \cdot 0,7 + 0,085 \cdot 0,71) = 1,9 \text{ В};$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{35 \cdot 0,12}{0,38} \cdot (0,705 \cdot 0,7 + 0,085 \cdot 0,71) = 6,1 \text{ В};$$

$$U_{0-1} = \frac{47 \cdot 0,15}{0,38} \cdot (0,705 \cdot 0,7 + 0,085 \cdot 0,71) = 10,2 \text{ В.}$$

Сумарна втрата напруги в Вольтах:

$$\Delta U_{\Sigma} = 1,9 + 6,1 + 10,2 = 12,8 \text{ В.}$$

Сумарна втрата напруги у %:

$$\Delta U_{\Sigma\%} = \frac{12,8}{380} \cdot 100 = 4,8\%.$$

Розрахункове значення втрати напруги менше допустимого

$$\Delta U_{\Sigma\%} < \Delta U_{\text{дон}}$$

$$4,8\% < 6\%$$

Умова виконується.

### **Перевірка на можливість запуску асинхронного електродвигуна.**

Опір ПЛ-0,38 кВ

$$R = r_0 \cdot l = 0,705(0,15 + 0,12 + 0,11) = 0,705 \cdot 0,38 = 0,27 \text{ Ом};$$

$$X = x_0 \cdot l = 0,085 \cdot 0,38 = 0,03 \text{ Ом};$$

$$Z_{\text{л}} = \sqrt{r^2 + x^2} = \sqrt{0,27^2 + 0,03^2} = 0,272 \text{ Ом.}$$

Опір трансформатора

$$Z_{\text{ТР}} = X_{\text{ТР}} = \frac{U_{k\%} \cdot U^2}{100 \cdot S_{\text{H}} \cdot 10^{-3}} = \frac{4,5 \cdot 0,16}{100 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} = 0,045 \text{ Ом}$$

Опір мережі

$$Z_{\text{М}} = Z_{\text{л}} + Z_{\text{ТР}} = 0,272 + 0,045 = 0,317 \text{ Ом.}$$

Опір асинхронного електродвигуна

$$Z_{\text{АД}} = \frac{U_{\text{H}}}{\sqrt{3} \cdot k_i \cdot I_{\text{H}}} = \frac{380}{1,732 \cdot 7 \cdot 28} = 1,121 \text{ Ом}$$

Відхилення напруги на затисках електродвигуна

$$\delta U = \Delta U_{\%} \approx \frac{Z_C}{Z_C + Z_{AD}} \cdot 100 = \frac{0,317}{0,317 + 1,121} \cdot 100 = 22\%$$

$$22\% < 30\%$$

Відхилення напруги на затисках електродвигуна менше 30%, вибраний провід СП-4 задовольняє всім умовам і остаточно приймається.

### **ПРИКЛАД № 3. Розрахунок перерізу і вибір кабелю до місця кормоприготувальної установки.**

**Завдання.** Розрахувати переріз і вибрати кабель для живлення кормоприготувальної установки, що має встановлену потужність електрообладнання  $P_{вст}=108$  кВт. Напруга живлення  $U_{роб.} = 380$  В. Довжина гнучкого кабелю  $l = 95$  м. Коефіцієнт використання обладнання  $K_e = 0,78$ , коефіцієнт потужності  $\cos \varphi = 0,75$ , ККД  $= 0,92$ . Установка приєднана до автоматичного вимикача зі струмом розчеплювача автомата 180 А.

1. Так як машина пересувна - приймаємо кабель гнучкий, з мідними жилами, з гумовою ізоляцією жив, шланговий, підвищеної гнучкості, 3 жили струмопровідних, одна для заземлення.

2. Розрахунковий струм в кабелі з урахуванням коефіцієнта використання:

$$I_{розр} = \frac{P_{вст} \cdot k_e}{\sqrt{3} \cdot U_{роб} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{108 \cdot 10^3 \cdot 0,78}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,75 \cdot 0,92} = 170 \text{ А}$$

3. За довідковими таблицями для гнучких кабелів вибираємо переріз жил кабелю, що допускає розрахунковий струм

170 А. Для напруги до 1,2 кВ це буде переріз 50 мм<sup>2</sup>, з допустимим струмом 200 А, що більше 170 А.

4. Перевіряємо вибраний переріз жил кабелю за допустимими втратами напруги:

$$S_{\Delta U} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot \Delta U} = \frac{\sqrt{3} \cdot 170 \cdot 95 \cdot 0,75}{53 \cdot 19} = 20 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо стандартний переріз 25 мм<sup>2</sup>, що менше обраного 50 мм<sup>2</sup>, кабель підходить.

5. Перевіряємо переріз жил кабелю за механічною міцністю. У відповідності до рекомендацій ПУЕ мінімальний переріз жил кабелю для пересувної установки 16 мм<sup>2</sup>, що менше вибраного 50 мм<sup>2</sup>, отже кабель підходить.

6. Оскільки кабель гнучкий і не призначений для стаціонарної прокладки, то він за економічною густиною струму не перевіряється.

7. Перевірка за термічною стійкістю до струмів к. з. Перевіряють шляхом порівняння допустимого струму для кабелю і струму розчеплювача автомата.

В нашому випадку  $I_{\text{трив.доп}} > I_{\text{р.а.}}$ ; 200 А > 180 А, отже кабель витримає струм к. з..

Відповідь. Остаточоно приймаємо кабель КГ або КРПТ - 0,66 - 3 х 50 + 1 х 10.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Пояснити значення скорочення СІП та область використання.

2. Які переваги проводів СІП перед неізолюваними проводами?

3. Які мінімальні перерізи проводів вибирають для по-

вітряних електричних ліній. Чому?

4. Які марки ізольованих проводів і кабелів найпоширеніші в сільському господарстві?

5. Чим відрізняється ізольований провід від кабелю?

6. Які допустимі температури нагрівання голих та ізольованих проводів і кабелів? Чим вони обмежуються?

7. Чому із збільшенням перерізу проводу допустима густина струму за нагріванням зменшується?

8. Як вибирають переріз проводів і кабелів за допустимим нагріванням?

10. У яких випадках проводи захищають під перевантажень?

11. Коли проводи захищають лише від коротких замикань?

## **2. ВИЗНАЧЕННЯ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ У СПОЖИВАЧІВ ТА ДОПУСТИМОЇ ВТРАТ В МЕРЕЖІ 0,38 КВ ЗА НОВИМИ ВИМОГАМИ ДСТУ EN 50160:2014.**

**Мета: Навчитися визначати відхилення напруги та допустиму втрату напруги в електричних мережах напругою 0,38 та 10 кВ.**

Сучасні системи електропостачання споживачів характеризуються значною протяжністю і багатоступеневою трансформацією напруги. У кожному елементі системи електропостачання - лінії, трансформаторі мають місце втрати напруги. Вони залежать від параметрів схеми заміщення даного елемента і від його навантаження. У режимах найбільших нава-

нтажень втрати напруги більше, в режимах малих навантажень величина втрат напруги відповідно зменшується.

В зв'язку зі зміною параметрів допустимого відхилення з  $\pm 5\%$  на нові значення виникла необхідність в корективах розрахунків допустимих втрат напруги. У нормальних робочих умовах, за винятком періодів, під час котрих відбувались переривання напруги, змінення напруги не повинні перевищувати  $+ 10\% / - 15\%$  від  $U_n$ . Користувачів мережею електропостачання має бути поінформовано про ці умови.

В умовах, коли електричну енергію постачають електромережі без зв'язку з об'єднаною енергосистемою чи до особливо віддалених користувачів мережею, змінення напруги не повинні перевищувати  $+ 10\%$ .

Стандартна номінальна напруга  $U_n$  для мереж низької напруги загальної призначеності має значення  $U_n = 230$  В між фазним і нульовим проводом або між фазним проводами:

— для трифазних чотирипровідних мереж:  $U_n = 230$  В між фазним та нульовим проводом;

— для трифазних три провідних мереж:  $U_n = 230$  В між фазними проводами.

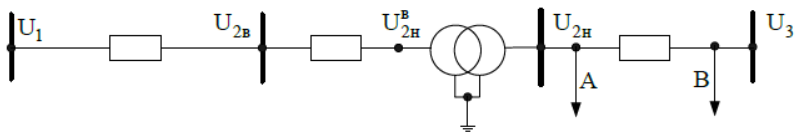
**Примітка.** У мережах низької напруги величини заявленої та номінальної напруги однакові.

**Національна примітка:** Стандартна номінальна напруга  $U_n$  для мереж низької напруги загальної призначеності в Україні тимчасово має значення  $U_n = 220$  В.

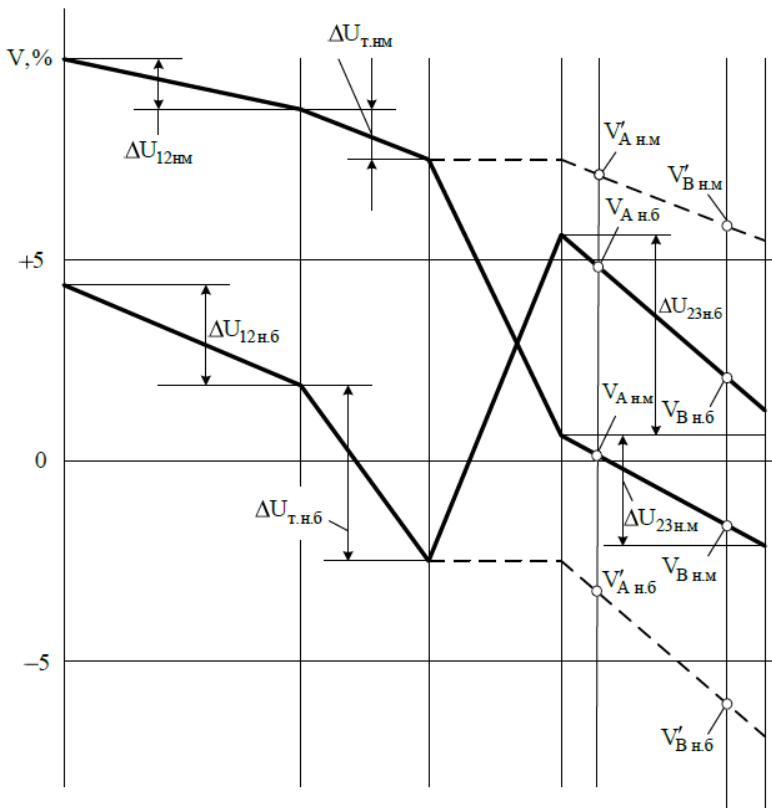
**Відхилення напруги  $\delta U$  яке установилось** - різниця між дійсним значенням напруги і її номінальним значенням.

**Втратою напруги  $\Delta U$**  називається алгебраїчна різниця між напругою на початку і в кінці лінії.

Режим напруг в електричних мережах повинен бути таким, щоб в першу чергу були виконані технічні вимоги щодо



а)



б)

Рисунок 2. 1 - Зустрічне регулювання напруги: а - схема заміщення; б - епюри напруг, де  $U_I$  - напруга на шинах цент-



ру живлення;  $U_{2B}$  - напруга на шинах первинної напруги (ВН) районної підстанції;  $U_{2H}^B$  - напруга на шинах вторинної напруги (НН) районної підстанції;  $U_3$  - напруга у споживачів. допустимих відхилень від номінальної напруги для електричних споживачів і апаратів, що приєднуються до цих мереж.

Для визначення відхилень і втрат напруги при проектуванні мереж використовують різні методи:

- аналітичні [2, 6, 9];
- за допомогою створення таблиць відхилення напруги [2, 6, 9];
- графоаналітичні за допомогою побудови епюри залежності[[2, 6, 9]:

$$\delta U_{0,38} = f(\Delta U_{10}), \text{ (рис. 2.1);}$$

- фізико-математичне моделювання мережі, аналогово-математичне та інші.

У ряді випадків зміна режиму напруг може привести до певного поліпшення економічних показників роботи систем електропостачання споживачів в цілому або їх окремих ланок.

**Допустиму величину втрати напруги** в мережі  $0,38 \text{ кВ}$  розраховують за формулою:

$$\Delta U_{\text{дон}} = \delta U_{0,38}^{(100)} + 5, \% \quad (2.1)$$

де  $\Delta U_{\text{дон}}$  - допустима величина втрати напруги в мережі  $0,38 \text{ кВ}$  в режимі максимальних навантажень, %;

$\delta U_{0,38}^{(100)}$  - відхилення напруги на шинах  $0,38 \text{ кВ}$  ТП в режимі максимальних навантажень, %;

5 - допустиме відхилення напруги на затискачах електроприймача, %.

Визначається відхилення напруги на шинах 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ за формулами:

$$\delta U_{0,4}^{(25)} = \delta U_{10}^{(25)} - \Delta U_T^{(25)} - \Delta U_{ПЛ}^{(25)} + \Delta E_T, \quad (2.2)$$

$$\delta U_{0,4}^{(100)} = \delta U_{10}^{(100)} - \Delta U_T^{(100)} - \Delta U_{ПЛ}^{(100)} + \Delta E_T, \quad (2.3)$$

де  $\delta U_{0,4}^{(25)}, \delta U_{0,4}^{(100)}$  - відхилення напруги на шинах 0,4 кВ ТП в режимі мінімального та максимального навантаження, %;

$\delta U_{10}^{(25)}, \delta U_{10}^{(100)}$  - відхилення напруги на шинах 10 кВ ТП в режимі мінімального та максимального навантаження, %;

$\Delta E_T$  - надбавка напруги за рахунок відгалуження обмоток силового трансформатора типу ТМ з ПБЗ (0%; 2,5%; 5%; 7,5%; 10%), яка вибирається за умови, щоб відхилення напруги на затискачах споживачів при мінімальному навантаженні були не більші  $\pm 5\%$  ;

$\Delta U_{ПЛ}^{(25)}, \Delta U_{ПЛ}^{(100)}$  - втрати напруги в повітряних лініях для ближнього споживача відповідно для режиму 25% та 100% навантаження взагалі відсутні;

$\Delta U_{ПЛ}^{(25)} = 1\%; \Delta U_{ПЛ}^{(100)} = 4\%$  - втрати напруги в повітряних лініях для віддаленого споживача відповідно для режиму 25% та 100% навантаження;

$\Delta U_T^{(25)} = 1\%; \Delta U_T^{(100)} = 4\%$  - втрати напруги в трансформаторі стандартні відповідно для режиму 25% та 100% навантаження.

### **ПРИКЛАД.**

#### **Вихідні дані:**

Визначити допустимі втрати напруги  $\Delta U_{дон}$  для ближнього і віддаленого споживача мережі 0,4 кВ, якщо задані відхилення напруги зі сторони 10 кВ при 25 % і 100% навантаженні відповідно  $\delta U_{10}^{(100)} = 10,4 \text{ кВ}$   $\delta U_{10}^{(25)} = 10,1 \text{ кВ}$ .

Втрати напруги в лінії становлять 4%.

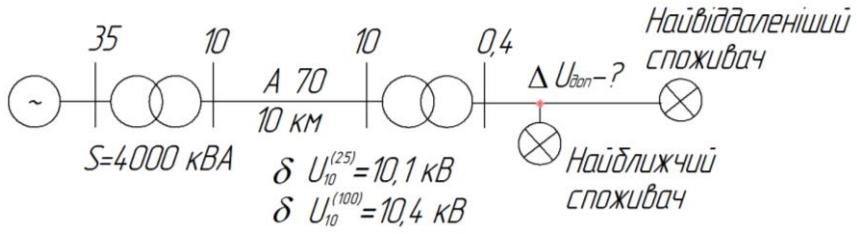


Рисунок 2. 2 – Схема мережі 10-0,38 кВ.

Для заданої напруги при мінімальному навантаженні (25 %) 10, 1 кВ у відсотках становить +1 %, для 100 % навантаження 10, 4 кВ – 4 %.

Відхилення напруги на шинах 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ **для ближнього споживача** у якого втрата напруги в лініях відсутня визначається:

$$\delta U_{0,4}^{(25)} = 1 - 1 - 0 + 10 = 10\% ;$$

$$\delta U_{0,4}^{(100)} = 4 - 4 - 0 + 10 = 10\%.$$

Допустима втрата напруги мережі 0,38 кВ для ближнього споживача визначається за формулою 2. 1:

$$\Delta U_{0,4(дон.бл)} = 10 + 5 = 15\%.$$

Відхилення напруги на шинах 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ **для найвіддаленішого споживача**, у якого втрата напруги в лі-

ніях становить 4 % при максимальному навантаженні, а при мінімальному – 1 %:

$$\delta U_{0,4}^{(25)} = 1 - 1 - 1 + 10 = 9\% ;$$

$$\delta U_{0,4}^{(100)} = 4 - 4 - 4 + 10 = 6\% .$$

Для віддаленого споживача допустима втрата напруги мережі 0,4 кВ:

$$\Delta U_{0,4(\text{доп.найвід.})} = 6 + 5 = 11\% .$$

Згідно з нормами технологічного проектування для внутрішніх мереж 0,38/0,22 кВ на ввід до будинку втрачається 1...1,5% від величини допустимої втрати напруги.

Таким чином, допустима втрата напруги при проектуванні лінії 0,4 кВ становить 14% для ближнього споживача і 10 % - для віддаленого.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке втрата та відхилення напруги?
2. Назвати нормативи якості по відхиленню напруги за старим та новим ДСТУ.
3. Які втрати напруги у трансформаторів при 25% і 100% навантаженні?
4. Як розподіляються втрати напруги в лінії при 25% і 100% навантаженні для ближніх і віддалених споживачів?
5. Як визначаються допустимі втрати напруги і де вони застосовуються?
6. Який шаг перемикаць анцапфи у силового трансформатора?
7. З якою метою здійснюють регулювання напруги у силового трансформатора?
8. Чим відрізняється регулювання напруги у силового трансформатора типу ТМН з РПН від ТМ з ПБЗ?

### 3. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ТА КІЛЬКОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЗНИЖУВАЛЬНИХ ПІДСТАНЦІЙ.

**Мета:** Навчитися визначати розрахункову потужність та виконувати вибір силових трансформаторів знижувальних підстанцій.

Для того, щоб правильно вибрати потужність силового трансформатора для комплектної одно-, або двотрансформаторної підстанції 6...10/0,4 кВ необхідно здійснити визначення активного і реактивного навантаження шляхом підсумовування методом коефіцієнта одночасності для однорідних споживачів або методом підсумовування навантаження з урахуванням приросту навантаження методом надбавок за формулами:

- активне 
$$P_{\text{дiл. в. д.}} = P_{\text{бiл. в. д.}} + \Delta P_M, \text{ кВт};$$

- реактивне 
$$Q_{\text{дiл. в. д.}} = Q_{\text{бiл. в. д.}} + \Delta Q_M, \text{ кВАр};$$

- повне 
$$S_{\text{дiл. в. д.}} = \sqrt{P_{\text{дiл. в. д.}}^2 + Q_{\text{дiл. в. д.}}^2}, \text{ кВА},$$

де,  $P_{\text{бiл. в. д.}}$ ,  $Q_{\text{бiл. в. д.}}$  – розрахункове більше активне і реактивне навантаження денного або вечірнього максимуму.

$\Delta P_M$ ,  $\Delta Q_M$  – приріст до більшого навантаження від меншого навантаження [3, 8].

Підсумовування ведеться окремо для вечірнього і денного максимумів з кінця лінії, рухаючись до початку першої ділянки (0-1).

Підсумкове навантаження на ділянках ліній можна виконати і за допомогою коефіцієнта підсумку [3, табл. 3.5.] або [8, табл. Д.2] за формулами:

$$P_{\text{дїл}} = P_{\text{ден.бїльше}} + K_n \cdot P_{\text{менше}},$$

$$Q_{\text{дїл}} = Q_{\text{ден.бїльше}} + K_n \cdot Q_{\text{менше}}.$$

Повна розрахункова потужність трансформаторної підстанції (денна або вечїрня)  $S_{p.\text{д.ТП}}$  та  $S_{p.\text{в.ТП}}$ , кВА, визначається через відповідний коефіцієнт потужності (табл.. 14) за виразами:

$$S_{p.\text{д.ТП}} = \frac{P_{p.\text{д.ТП}}}{\cos \varphi_{\text{в}}}, \quad S_{p.\text{в.ТП}} = \frac{P_{p.\text{в.ТП}}}{\cos \varphi_{\text{в}}}.$$

За розрахункову  $S_{\text{розр.ТП}}$ , кВА, приймається бїльша повна розрахункова потужність трансформатора – денна або вечїрня ( $S_{\text{розр.ден.ТП}}$  або  $S_{\text{розр.вечїрняТП}}$ ).

Вибїр номїнальної потужності силових трансформаторів  $S_{n.\text{тр}}$ , кВА, одно- та двотрансформаторних підстанцій виконується за економічними інтервалами навантажень з умови їхньої роботи в нормальному режимі:

$$S_{\text{екон.мін}} \leq \frac{S_{p.\text{ТП}}}{n} \leq S_{\text{екон.макс}},$$

де  $S_{p.\text{ТП}}$  – повна розрахункова потужність підстанції 10/0,4 кВ, кВА;

$n$  – кїлькїсть трансформаторів на підстанції, шт.;

$S_{\text{екон.мін}}$ ,  $S_{\text{екон.макс}}$  – мїнімальна і максимальна межа економічного інтервалу навантаження трансформатора прийнятої номїнальної потужності [7 с.136; 8 с.309] (табл. 13), кВА.

Таблиця 13 – Економічні інтервали навантаження силових трансформаторів ТП 10/0,4 кВ

Вид навантаження	Номінальна потужність трансформатора, кВА							
	25	40	63	100	160	250	400	630
Виробниче	до 45	46-85	86-125	126-160	161-320	321-355	356-620	621-630
Комунально-побутове	до 45	46-75	76-120	121-150	151-315	316-345	346-630	631-840
Змішане	до 50	51-85	86-115	116-150	151-295	296-330	331-565	566-755

Для забезпечення нормального режиму експлуатації підстанції вибрані номінальні потужності трансформаторів перевіряють за умовою:

$$\frac{S_{p.ТП}}{n \cdot S_{н.тр}} \leq k_c,$$

де  $S_{p.ТП}$  - розрахункова потужність трансформаторної підстанції, кВА;

$S_{н.тр}$  - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$n$  - кількість трансформаторів на підстанції, шт.;

$k_c$  - коефіцієнт допустимого систематичного навантаження трансформатора.

$$k_c = k_{c.m} - \alpha(t_n - t_{н.м.}),$$

$k_{c.m}$  - табличне значення коефіцієнта допустимого систематичного навантаження, при табличній середньодобовій температурі повітря  $t_{н.м.}$  [9] (табл.14);

Таблиця 14 – Коефіцієнт допустимих систематичних навантажень трансформаторів 10/0,4 кВ.

Вид навантаження	$S_{н.тр}$ , кВА	$t_{н.м.}$ , °C	$k_{с.м}$	$\alpha \cdot 10^{-2}$ , 1/°C
Виробниче	до 63	-10	1,65	0,92
	100 і більше		1,59	
Комунальне	до 63	-10	1,68	0,90
	100 і більше		1,65	
Житлові будинки	до 63	-10	1,70	0,98
	100 і більше		1,68	
Змішане	до 63	-10	1,58	1,0
	100 і більше		1,77	

$\alpha$  – розрахунковий температурний градієнт [9] (табл.13), 1/°C;

$t_{н.}$  – середньодобова температура повітря, 0C;

$t_{н.м.}$  – таблична середньодобова температура повітря [9] (табл.13), °C.

Якщо умова  $\frac{S_{р.ТП}}{n \cdot S_{н.тр}} \leq k_c$  не виконується, необхідно вибрати до встановлення на підстанції 10/0,4 кВ трансформатор більшої потужності.

Річне споживання електричної енергії на шинах підстанції приблизно можна визначити за значенням розрахункового активного навантаження та за часом використання максимального навантаження:

$$W_{річне} = P_{р.макс} \cdot T, \quad (2.7)$$



де  $P_{p.макс}$  – максимальне активне розрахункове навантаження ТП, кВт;

$T$  – час використання максимального навантаження [2, 9], год.

Таблиця 15 - Коефіцієнти потужності сільськогосподарських споживачів та трансформаторних пунктів напруги

Споживачі, трансформаторні підстанції	Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ і коефіцієнт реактивної потужності $tg \varphi$ в максимум навантаження			
	денний		вечірній	
Тваринницькі та птахівницькі приміщення	0,75	0,88	0,85	0,62
Те ж, з електрообігрівом	0,92	0,43	0,96	0,29
Опалення та вентиляція тваринницьких приміщень	0,99	0,15	0,99	0,15
Кормоцехи	0,75	0,88	0,78	0,80
Зерноочисні токи, зерносховища	0,70	1,02	0,75	0,88
Установки зрошення і дренажу ґрунту	0,80	0,75	0,80	0,75
Парники і теплиці на електрообігрівання	0,92	0,43	0,96	0,29
Майстерні, тракторні стани, гаражі	0,70	1,02	0,75	0,88
Млини, олійниці	0,80	0,75	0,85	0,62
Цехи з переробки с / г продукції	0,75	0,88	0,80	0,75
Громадські установи та комунальні підприємства	0,85	0,62	0,90	0,48
Житлові будинки без електроплит	0,90	0,48	0,93	0,40

Житлові будинки з електроплитами та водонагрівачами	0,92	0,43	0,96	0,29
Трансформаторні пункти напругою 10/0,38 кВ з навантаженням:				
виробничим	0,70	1,02	0,75	0,88
комунально-побутовим	0,90	0,48	0,92	0,43
змішаним	0,80	0,75	0,83	0,67

### Приклад 3.1

Визначити потужність силового трансформатора ТП.

Вихідні дані:

Споживча ТП 10/0,4 кВ живить три повітряні лінії напругою 0,38 кВ. Характер навантаження – змішане.

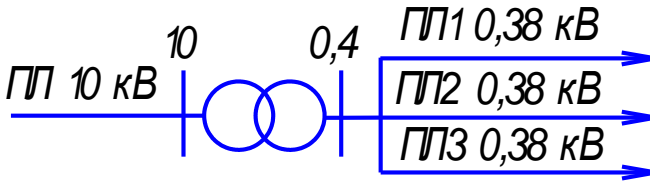


Рисунок 3.1 – Схема підстанції 10/0,4 кВ.

$$ПЛ1 - P_{\partial} = 32 \text{ кВт}; P_{\epsilon} = 43 \text{ кВт};$$

$$ПЛ2 - P_{\partial} = 36 \text{ кВт}; P_{\epsilon} = 52 \text{ кВт};$$

$$ПЛ3 - P_{\partial} = 40 \text{ кВт}; P_{\epsilon} = 46 \text{ кВт}.$$

1. Розрахункове активне навантаження (денне та вечірнє) на шинах ТП:

$$P_{p,\partial} = 32 + 36 + 40 = 138 \text{ кВт};$$

$$P_{p,\epsilon} = 43 + 52 + 46 = 141 \text{ кВт}.$$

2. За літературою [2, 6, 9], (табл.15) визначаємо коефіцієнти потужності для споживчої ТП 10/0,4 кВ із змішаним навантаженням:

$$\cos \varphi_{\delta} = 0,8; \cos \varphi_{\epsilon} = 0,83.$$

3. Повна розрахункова потужність трансформатора (денна та вечірня):

$$S_{p.\delta.mp} = \frac{138}{0,8} = 172,5 \text{ кВА}; S_{p.\epsilon.mp} = \frac{141}{0,83} = 169,88 \text{ кВА}.$$

Так як розрахункова денна потужність більше вечірньої,  $S_{p.\delta.mp} = 172,5 \text{ кВА} > S_{p.\epsilon.mp} = 169,88 \text{ кВА}$ , то за розрахункову приймаємо денну потужність 172, 5 кВА.

4. Номінальна потужність трансформатора при  $n = 1$ , за шкалою економічних інтервалів [2, 6, 9] (табл.13):

$$151 \leq \frac{172,5}{1} \leq 295,$$

приймаємо до установки трансформатор потужністю  $S_n = 160 \text{ кВА}$ .

5. Коефіцієнт допустимого систематичного перевантаження трансформатора (табл.14):

$$k_c = k_{c.m} - \alpha(t_n - t_{n.m.}) = 1,77 - 0,9 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - (-10)) = 1,671.$$

6. Прийняту номінальну потужність трансформатора перевіряємо за умови його роботи у нормальному режимі експлуатації із допустимим систематичним перевантаженням:

$$\frac{S_{p.ТП}}{n \cdot S_{n.mp}} \leq k_c, \frac{169,88}{1 \cdot 160} = 1,062 \leq 1,671.$$

7. Річне споживання електричної енергії на шинах підстанції при  $T=3200$  [2, 6, 9]:

$$W_{річне} = 169,88 \cdot 3200 = 543616 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке економічний інтервал навантаження підстанції?
2. Які параметри та характеристики впливають на вибір номінальної потужності трансформатора?
3. Як виконується вибір номінальної потужності силового трансформатора?
4. Як визначається розрахункове активне навантаження на шинах ТП 10/0,4 кВ?
5. За якими умовами перевіряють вибрану номінальну потужність трансформатора?
6. Що таке коефіцієнт систематичного навантаження і від чого він залежить?
9. Як визначається час використання максимального навантаження?
10. Як визначається річне споживання енергії на шинах споживчих ТП 10/0,4 кВ?
11. Яка потужність приймається за розрахунку при виборі номінальної потужності трансформатора?

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х.: Видавництво «Форт», 2017. - 760 с.
2. Будзко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Н. М. Зуль – М.: Агропромиздат, 1990 – 495 с.
3. Гончар М. І. Методичні вказівки до виконання курсового проекту "Розробка системи електропостачання споживачів АПК сільськогосподарського адміністративного району". Харків. ХНТУСГ, 2005. – 114с.
4. Железко Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
5. Железко Ю.С. Методы расчета технических потерь электроэнергии в сетях 380/220 В // Электрические станции. – №1. – 2002. – С.14-20.
6. Козирський В. В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч. / Козирський В. В., Каплун В. В., Волошин С. М. – К.: Аграрна освіта , 2011. – 448 с.
7. Лежнюк П. Д., Кулик В.В., Кравцов К.І. Визначення та аналіз втрат електроенергії в розподільних мережах. Навчальний посібник. / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, К. І. Кравцов – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 89 с.
8. Попадченко С. А. Методичні вказівки до виконання комплексного курсового тестового завдання з дисципліни «Основи електропостачання» – Х.: ХНТУСГ імені Петра Василенка, 2017. – 64 с.
9. Притока І. П. Електропостачання сільського господарства. – К.: Вища школа. 1983. – 343с.

10. Трушкин В.А. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Электроснабжение» / В. А. Трушкин, С. В. Шлюпиков - ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2019: – 48 с., ил.

11. <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/1257-meroprijatija-po-povysheniju.html> Дата звертання 20.08.2020.

Навчальне видання

РОЗРАХУНОК ДОПУСТИМИХ ВТРАТ НАПРУГИ,  
ПЕРЕРІЗУ ПРОВОДІВ СІП ТА ВИБОРУ СИЛОВИХ  
ТРАНСФОРМАТОРІВ  
З ДИСЦИПЛІНИ  
«ОСНОВИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ»

Методичні вказівки  
з поглибленого самостійного вивчення дисципліни

Автори - укладачі:  
**ПОПАДЧЕНКО** Світлана Анатоліївна.  
**САВЧЕНКО** Олександр Анатолійович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman  
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. \_ .

Наклад \_\_\_ пр.

Державний біотехнологічний університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44