**Додаток 14**

**Розрахунок занулення однофазних споживачів**

Занулення - це навмисне електричне з′єднання з нульовим захисним провідником не струмоведучих металевих частин електроустановки, які можуть опинитися під напругою.

Занулення використовується в чотири провідних трифазових мережах із заземленою нейтраллю напругою до 1000 В.

Схема мережі до розрахунку занулення зображена на рис. 1.

Р

2

СШ 380/220 В

LС

LВ

L

R

0

l

2

2

1

R

п

нул. робочий

нул. захисний

l

1

АЗ

Р1

РЩ 220 В

Рис. 1 - Схема мережі до розрахунку занулення

Тр - масляний трансформатор, що понижує напругу з U1 = 6-10 кВ до U2 = 380 В; схема з′єднання обмоток зірка-зірка; ЗШ - збірна шина;

РЩ - розподільний щит; АЗ - апарат захисту;

1 - лінія, що живить електроустановку потужністю Р1;

2 - живильний магістральний кабель.

Мета розрахунку - визначення такого перерізу нульового захисного провідника, при якому струм короткого замикання (ІК) у задане число разів (К) перевищить номінальний струм апарату захисту (ІАЗном), що забезпечить селективне відключення споживача, тобто повинна виконуватися умова:

*ІК≥К∙ІАЗНОМ*(1)

Згідно НПАОП 0.00-1.28-10, електромережа, що живіть комп’ютер та інші однофазові електроустановки, виконується як групова три провідна лінія шляхом прокладання фазового, нульового робочого і нульового захисного провідників з міді або алюмінію. Якщо кількість ЕОМ не перевищує 5 і вони розташовані по периметру приміщення, кабель в оболонці з неспалених матеріалів прокладають по підлозі вздовж стін. Якщо кількість ЕОМ перевищує 5 або вони розташовані у центрі приміщення, кабель прокладають у металевих трубах та гнучких металевих рукавах з відводами.

**Вихідні дані для розрахунку**

1. Р1 - потужність однофазового споживача електроенергії, наприклад, електронно-обчислювальної машини ( ЕОМ), Вт;
2. Р2 - потужність усіх споживачів, які живляться від цього фазового провідника (кондиціонери, вентилятори, освітлювальні прилади, інші ЕОМ, принтери, тощо), кВт;
3. l1 - довжина ділянки 1, м (до 100 м);
4. l2 - довжина ділянки 2, м (до 500 м).
5. Uл- лінійна напруга; Uл=380 В; Uф- фазова напруга; Uф=220 В
6. Матеріал проводів (мідь або алюміній);
7. Спосіб прокладки проводів на ділянці 1-2. На ділянці 2 кабель пролягає у землі, на першій – в металевих трубах або в повітрі.

**Послідовність розрахунків**

1 **Вибір запобіжника**

* 1. Визначення струму І1, що живить електроустановку (ЕУ) потужністю *Р1*, Вт:

. (2)

1.2 Визначення пускового струму *Іпуск* ЕУ потужністю *Р1*, Вт:

, (3)

де *Кn* - коефіцієнт кратності пускового струму; *Кn*= 2…7,5;

*КТ* - коефіцієнт важкості пуску, залежить від часу пуску; *КТ* = 1,6…2,5;

*КТ* - 1,6; якщо час пуску понад 10 с - тяжкий пуск;

*КТ* - 2; якщо час пуску дорівнює 10 с - середній пуск;

*КТ* - 2,5; якщо час пуску дорівнює 5 с - легкий пуск.

Для ЕОМ : Кn =3; КТ = 2,5.

1.3 Вибір апарата захисту

Номінальний струм, при якому спрацьовує апарат захисту, повинен перевищувати Іпуск, інакше апарат захисту буде спрацьовувати при кожному вмиканні електроустановки.

Для ЕОМ можна вибрати запобіжник типу ВПШ, технічні дані яких приведені у таблиці 1

Таблиця 1 - Технічні дані запобіжників ВПШ (швидкодіючих)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ІАЗНОМ, А | 1 | 1,25 | 1,6 | 2 | 3,15 | 4 | 5 |
| ВПШ 6-х | 6-7 | 6-8 | 6-9 | 6-10 | 6-11 | 6-12 | 6-13 |

**2 Визначення струму короткого замикання фази на корпус ЕУ**

2.1Струм короткого замикання *Ік*  визначаємо за формулою (4):

  (4)

де *ZТР* - повний опір трансформатора, Ом;

*ZПФН* - повний опір петлі фаза-нуль, Ом.

2.2 Визначення повного опору трансформатора

Величина *ZТР* залежить від потужності трансформатора, конструктивного виконання, напруги і схеми з′єднання його обмоток (зіркою або трикутником).

Значення *ZПФН* приведені у таблиці 2.

Потужність трансформатора визначається за умовою:

**. (5)

Таблиця 2 − Повний опір масляних трифазових трансформаторів при схемі з′єднання обмоток зірка-зірка і напрузі на первинній обмотці 6-10 кВ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Потужність трансформатору *NТР*, кВт | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 |
| *ZТР,* Ом | 3,110 | 1,949 | 1,237 | 0,799 | 0,487 | 0,312 |

2.3 Визначення повного опору петлі фаза-нуль

Повний опір петлі фаза-нуль визначається по формулі:

*ZПФН =√(RФ + RНЗ)2 +X2, Ом* (6),

де: *RФ, RНЗ* – активні опори фазового і нульового захисного провідників, відповідно, Ом;

Х – індуктивний опір петлі фаза-нуль, який визначається за формулою:

*Х =ХФ+ ХНЗ + ХВЗ, Ом* , (7)

де: *ХФ, ХНЗ* – внутрішні індуктивні опори фазового і нульового провідників, відповідно, Ом;

*ХВЗ* –зовнішній індуктивний опір, який зумовлено взаємоіндукцією петлі фаза-нуль, Ом.

Для мідних та алюмінієвих провідників *ХФ* та *ХНЗ* порівняно малі (близько 0,0156 Ом/км), тому ними можна знехтувати.

Зовнішній індуктивний опір ХВЗ залежить від відстані між проводами Д та їхнього діаметру d. Якщо нульові захисні проводи прокладають спільно з фазовими, значення Д мале й порівняльне з діаметром d, тому опір ХВЗ незначний (не більш 0,1 Ом/км) і ним можна знехтувати. Тоді

*ZПФН = RФ+RНЗ* . (8)

Таким чином формула (4) приймає вид:



(9)

2.4 Визначення активного опору фазового провідника:

*RФ = RФ1 + RФ2,*  (10)

де *RФ1, RФ2* – опір фазового провідника на ділянках 1 та 2, відповідно, Ом.



Для провідників з кольорових металів:

*RФ1 = ρ⋅ l1/ SФ1, Ом,* (11)

*RФ2 = ρ⋅ l2/ SФ2,* *Ом* (12)



де *ρ* – питомий опір, , який дорівнює для міді 0,018; а для алюмінію 0,028;

*SФ1, SФ2* – перерізи фазового провідника для ділянок 1 та 2, відповідно, мм2.

Перерізи фазових проводів визначають при проектуванні електричної мережі струму в залежності від величини струму, який проходить по проводам, умов прокладання кабелю, матеріалу провідників і т.п. (таблиця 3).

Для ділянки 1 вибираємо переріз, який відповідає струму *I1*, для ділянки 2–струму *I2*.

Струм *І2* визначаємо за формулою:

(13)



2.5 Визначення опору нульового захисного провідника

*RНЗ = RНЗ1 + RНЗ2,* Ом*,* (14)

де *RНЗ1, RНЗ2* – опір нульового захисного провідника на ділянках 1 та 2, відповідно, Ом.

Згідно НПАОП 0.00-1.28-10, площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідників в груповій три провідній мережі повинна бути не менш площі фазового провідника, тобто:

*SНЗ1= SФ1; SНЗ2 = SФ2*.

Відповідно, *RНЗ= RФ.*

**3 Перевірка виконання умов надійності та ефективності роботи занулення**

3.1 Повинно виконуватися співвідношення (1):

,

де *К* – запас надійності; *К* = 3 – для запобіжників;

*К*=1,25…1,4 - для автоматичних вимикачів.

3.2 Утрати напруги на ділянках1 та 2 не повинні перебільшувати 22 В:

*UП1 + UП2 ≤ 22 В;* (16)

*UП1 = I1 · RФ1;* (17)

*UП2 = I2 · RФ2*(18)

Таблиця 3 − Тривалий допустимий струм для трижильних кабелів

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Переріз струмопровідної  жили, мм2 | Струм I, А при прокладанні кабелів | | | | | |
| у землі | | у повітрі | | в металевих трубах | |
| Cu | Al | Cu | Al | Cu | Al |
| 1 | – | – | – | – | 14 | – |
| 1,5 | 27 | – | 19 | – | 15 | – |
| 2,0 | – | – | – | – | 19 | 14 |
| 2,5 | 38 | 29 | 25 | 19 | 21 | 16 |
| 3 | – | – | – | – | 24 | 18 |
| 4 | 49 | 38 | 35 | 27 | 27 | 21 |
| 5 | – | – | – | – | 31 | 24 |
| 6 | 60 | 46 | 42 | 32 | 34 | 26 |
| 8 | – | – | – | – | 43 | 32 |
| 10 | 90 | 70 | 55 | 42 | 50 | 38 |
| 16 | 115 | 90 | 75 | 60 | 70 | 55 |
| 25 | 150 | 115 | 95 | 75 | 85 | 65 |
| 35 | 180 | 140 | 120 | 90 | 100 | 75 |
| 50 | 225 | 175 | 145 | 110 | 135 | 105 |
| 70 | 275 | 210 | 180 | 140 | 175 | 135 |
| 95 | 330 | 255 | 220 | 170 | 215 | 165 |
| 120 | 385 | 295 | 260 | 200 | 250 | 190 |

Якщо одна з цих умов не виконується, треба вибрати більший переріз провідників.

Розрахунок закінчується висновками щодо типу обраного запобіжника та перерізів фазового і нульового захисного провідників на ділянках 1 та 2.