

РОЗПОДІЛЬНІ ПРИСТРОЇ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ У ПРОМИСЛОВИХ УСТАНОВКАХ: ЗАПОБІЖНИКИ ЧИ ВІДМИКАЧІ? СИСТЕМА KABELDON¹.

До комутаційних апаратів, що застосовуються у розподільних пристроях низької напруги (0,4 кВ), в англійській технічній літературі вживають назви "disconnector", "switch" та "circuit-breaker". Перші два з цих типів апаратів виконують суто комутаційні функції, а третій, поряд з комутацією електричних кіл, забезпечує також й захист мереж та обладнання від надструмів (перевантажень та коротких замикань). В усіх мовах країн, де застосовуються стандарти Міжнародної електротехнічної комісії (International Electrotechnical Commission – IEC) ці різновиди апаратів чітко розрізняють термінологічно. У даній статті ми будемо вживати до зазначених апаратів відповідно такі терміни: "роз'єднувач", "вимикач" та "відмикач". Отже, "відмикач" – це "circuit-breaker".

Крім відмикачів, захисні функції у розподільних пристроях можуть виконувати й запобіжники ("fuses"), тому перед замовником обладнання та проєктантом завжди постає проблема вибору між цими різновидами захисних апаратів. На користь відмикачів свідчить зручність експлуатації, адже вони можуть здійснювати комутаційні функції, а також надають можливість багаторазового використання після аварійного спрацювання. На користь запобіжників – їх висока надійність, адже вони не містять жодних рухомих частин, компактність, відносно низька вартість та дуже велика здатність до відмикання коротких замикань, яка набагато перевищує відповідний показник відмикачів. Крім того, слід зазначити, що сучасний ринок електротехнічної продукції пропонує різноманітні конструкції комбінацій із запобіжниками ("fuse-combination units"), зокрема запобіжники-вимикачі-роз'єднувачі ("fuse-switch-disconnectors"), у яких вставка запобіжника виконує функції рухомого контакту вимикача (рис. 1). Ці апарати, як і відмикачі, дозволяють здійснювати поточні (функціональні) комутації, але на відміну від відмикачів, мають видимий розрив кола, що надає цим апаратам суттєві переваги перед відмикачами в плані експлуатаційної безпеки. Ці апарати зазвичай монтується безпосередньо на збірних шинах, отже механічне монтування поєднується з електричним приєднанням до джерела живлення.

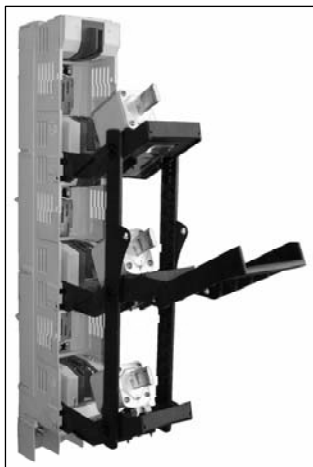


Рис.1. Сучасний триполюсний запобіжник-вимикач-роз'єднувач з вертикальним розташуванням вставок – мультіверт ("multivert")

Завдяки вертикальному розташуванню вставок цей апарат має відносно малий горизонтальний

габаритний розмір, що дає можливість зменшити відповідний габаритний розмір розподільного пристрою або збільшити кількість фідерів у тому ж самому розподільному пристрої, що в обох випадках забезпечує суттєву економію.

Проектуючи розподільний пристрій, розробник стикається з низкою проблем, розв'язання яких, розширюючи функціональні можливості пристрою, забезпечує економію коштів як при виготовленні, так і в процесі його експлуатації. Перерахуємо деякі з цих проблем.

- Як зменшити габаритні розміри пристрою (у першу чергу ширину та глибину)?
- Як забезпечити безпечну експлуатацію пристрою з точки зору унеможливлення дотиків до активних частин (live parts) електроустановок, у першу чергу до шин та терміналів апаратів?
- Як забезпечити швидке й надійне заземлення фідерного кабелю для проведення ремонтних робіт?
- Як забезпечити швидку й безпечну заміну фідерного комутаційного апарата, що вийшов з ладу, або підключення додаткових фідерів без відключення від живлення паралельних споживачів?
- Як забезпечити конструктивне поєднання в одному пристрої апаратів різних конструкцій, наприклад відмикачів та комбінацій із запобіжниками?
- Як забезпечити секціонування у розподільному пристрої та автоматичне введення резерву (АВР)?

Обираючи систему **Kabeldon** (точніше кажучи **Kabeldon IP-system**), проєктант та замовник отримують засоби розв'язання перелічених проблем. Що ж таке система **Kabeldon**?

Kabeldon IP-system – це система, яка складається з ізольованих шин, спеціальних комутаційних апаратів та аксесуарів, а також монтажних засобів, призначених для виготовлення нових та реконструкції існуючих розподільних пристроїв в мережах 0,4 кВ.

Kabeldon – це відомий в світі бренд шведської електротехнічної компанії, що входить до концерну АВВ (компанія **ABB Kabeldon**), а позначення **IP-system** трактується як **Insulated Personal safe system**, тобто ізольована персональна захисна система. Позначення **IP-system** підкреслює також, що ця система, включно із шинами, навіть без зовнішніх захисних оболонок має ступінь захисту IP20, тобто є безпечною з точки зору дотиків як до шин, так і до терміналів апаратів.

Апаратура **Kabeldon** вже понад 30 років успішно експлуатується по всьому світі у різних кліматичних умовах, у тому числі в сухому та вологому тропічному кліматі, в арктичних регіонах, а також в умовах морського туману при розподіленні електричної енергії у різних галузях застосування:

- розподілення електроенергії в мережах низької напруги;
- вуличне та дорожнє освітлення, світлофори;
- електропостачання залізниць, ліній міського електричного транспорту та метрополітену;
- розподілення електроенергії в поліклініках, супермаркетах, офісах;
- електропостачання яхт та кораблів у портах та літаків в аеропортах;

¹ Інформацію надано компанією ТОВ «АББ Лтд» Віталій Светлих, менеджер по продукції АБВ Kabeldon

- електропостачання систем центрального електричного опалення;
- освітлення стадіонів та лижних трас;
- електропостачання будівельних майданчиків;
- електропостачання вуличних ринків, пересувних виставок, цирків;
- електропостачання сільськогосподарських підприємств тощо.

Популярність системи **Kabeldon** в усьому світі пояснюється не тільки її високою надійністю, а й тими унікальними можливостями, які надає ця система:

- можливість монтування розподільної системи у приміщенні безпосередньо на стіну без шафи;
- можливість монтування розподільної системи за лічені хвилини;
- можливість проведення робіт у розподільній системі під напругою;

До складу системи **Kabeldon** входять:

- унікальні, захищені ізоляційною оболонкою шини з особливою формою поперечного перерізу;
- комутаційні апарати (вимикачі-роз'єднувачі та запобіжники-вимикачі-роз'єднувачі), пристосовані для швидкого монтування їх на шинах з одночасним надійним електричним приєднанням до цих шин;
- з'єднувачі для приєднання кабелів до шин;
- різноманітні аксесуари для швидкого монтування та безпечної експлуатації системи.

Система шин, комутаційні апарати та з'єднувачі об'єднуються у модульну систему. Ширина апаратів та з'єднувачів є кратною ширині модуля, яка у системі **Kabeldon** дорівнює 12,5 мм, що полегшує проектування розподільних пристроїв.

Шини системи **Kabeldon**

В системі **Kabeldon** застосовується два види безперервно пресованих алюмінієвих шин – шини з ізоляційними оболонками для лінійних провідників – L1, L2 та L3 (рис. 2) та шини без ізоляційної оболонки для нейтрального та захисних провідників – N, PE та PEN (рис. 3). Площа і конфігурація поперечного перерізу шини залежать від значення струму, на який вони розраховані для роботи у безперервному режимі (uninterrupted duty), але у зонах механічного та електричного приєднання апаратів та з'єднувачів (рис. 4) усі шини мають однакові форми та розміри.

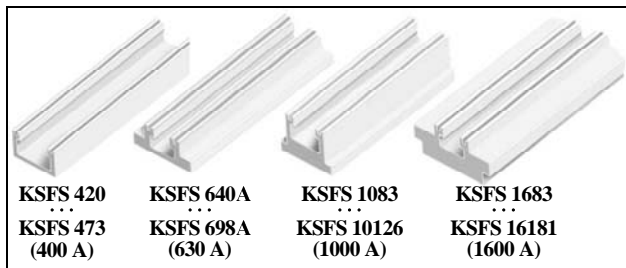


Рис. 2. Шини системи **Kabeldon** з ізоляційними оболонками



Рис. 3. Шини системи **Kabeldon** без ізоляційних оболонок
Шини без ізоляційних

оболонки, що розраховані на струм 400 А рекомендовано застосовувати у розподільних системах зі струмом лінійних шин (з ізоляційними оболонками) 400 А та 630 А, а шини без ізоляційних оболонок, що розраховані на струм 1000 А рекомендовано застосовувати у розподільних системах зі струмом лінійних шин 1000 А та 1600 А, оскільки струм у нейтральних провідниках зазвичай набагато менший за струм у лінійних провідниках.

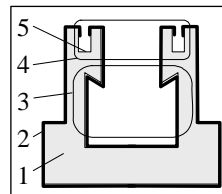


Рис. 4. Поперечний переріз ізолюваної шини системи **Kabeldon**:
1 – тіло шини (алюміній);
2 – поліамідна ізоляція;
3 – зона механічного приєднання;
4 – зона електричного приєднання;
5 – неізолювані торці пазів

Перші одна чи дві цифри у позначенні типу шини відповідають значенню робочого струму (4 – 400 А, 6 – 630 А, 10 – 1000 А, 16 – 1600 А), останні дві або три цифри дорівнюють кількості N модулів $M = 12,5$ мм, які можуть бути розташовані на даній шині, а довжина L шини у мм розраховується за формулою $L \approx M \cdot N + 34$.

Повна номенклатура шин наводиться у каталозі системи **Kabeldon**.

Шинні опори системи **Kabeldon**

Якщо довжина шин не перевищує одного метра, то монтування шинопроводу здійснюється за допомогою двох торцевих опор (рис. 5,а), а якщо довжина шин перевищує один метр, посередині шинопроводу необхідно встановити проміжну опору (рис. 5,б). Торцеві опори – це змонтовані на кутиках, виготовлених з нержавіючої сталі, ізоляційні обмежувачі, у які занурюють кінці шин, а проміжні опори – це змонтовані на швелероподібних основах, виготовлених з нержавіючої сталі плоскі ізоляційні деталі з отворами, через які пропускають шини. Позначення без навкісної риски означає, що відповідна модифікація опори забезпечує віддалення шини від поверхні, на якій монтується опора, на 9 мм, а цифри після навкісної риски означають віддалення шини від монтувальної поверхні для відповідної модифікації опори. Якщо шинна система монтується на ізоляційній панелі, закріпленій на стіні приміщення або задній стінці металеві шафи, можна застосовувати опори KSST 316 та MSB 316, при монтуванні шинної системи безпосередньо на стіні – опори KSST 316/23 та MSB 316/23, а при задньому приєднанні живлення – опори KSST 316/100 та MSB 316/100. Система **Kabeldon** пропонує ще декілька видів опор, не представлених на рис. 5.



Рис. 5. Шинні опори: а – торцева; б – прохідна

Монтування апаратів у системі **Kabeldon**

Механічне приєднання апаратів до шин здійснюється за допомогою вбудованих в апарати гвинтів з голівкою під 6 або 8 мм гайковий ключ та спеціальних

фасонних гайок (рис. 6). При монтуванні апарата фасонна гайка входить в зону механічного приєднання шини, а при загвинчуванні гвинта гайка спочатку обертається разом із гвинтом за годинниковою стрілкою на кут близько 30°, а потім притискається своїми виступами до шини з боку внутрішніх заглиблень в зоні приєднання (рис. 7).

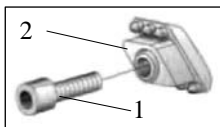


Рис. 6. Кріпильні пристрої апаратів:
1 – гвинт;
2 – фасонна гайка

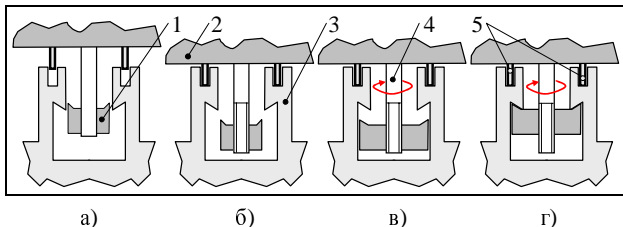
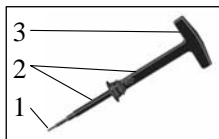


Рис. 7. Послідовність монтування апарата з одночасним електричним приєднанням до шин у системі **Kabeldon**: а – фасонні гайки 1 вводяться в пази зони механічного приєднання; б – корпус апарата притискається до шин 3; в – початок загвинчування, гайка обертається разом із гвинтом 4 аж до моменту її притиснення до бокових стінок зони механічного приєднання; г – закінчення загвинчування, гайка притискається своїми виступами до шини з боку внутрішніх заглиблень в зоні механічного приєднання, а торці виводів 5 апарата надійно притискаються до неізолюваних торців пазів в зоні електричного приєднання

Слід зазначити, що монтування апарата повинно здійснюватися за допомогою спеціального ізолюваного ручного інструмента (рис. 8). На кінці цього інструменту розташовано 6 або 8 мм торцевий шестигранний ключ, а на рукоятку цього інструменту слід насадити обмежувач обертового моменту для того, щоб забезпечити притиснення відповідно до інструкції з експлуатації (зазвичай 15 – 20 Н·м).

Рис. 8. Монтувальний інструмент системи **Kabeldon**:

1 – шестигранний торцевий ключ;
2 – ізоляція; 3 – ізолювана рукоятка



Комутаційні апарати системи **Kabeldon**

Для здійснення комутаційних функцій у системі **Kabeldon** застосовуються такі апарати:

- запобіжники-вимикачі-роз'єднувачі, які здійснюють залежні ручні операції²;
- вимикачі-роз'єднувачі-запобіжники, які здійснюють незалежні ручні операції;
- вимикачі-роз'єднувачі, які здійснюють незалежні ручні операції.

Зазначимо, що апарати, до назви яких входить специфікатор «роз'єднувач», виконують не тільки операції замикання та розмикання (в механічному сенсі – close, open) чи вмикання та вимикання (в електричному

сенсі – make, break), але й забезпечують так звану функцію роз'єднання (isolating function), яка забезпечує безпечне проведення робіт при розімкненому апараті. Апарати системи **Kabeldon** згідно з ІЕС 60664-1 відносяться до обладнання категорії III (апарати стаціонарних промислових установок). Це означає, що у розімкненому стані міжконтактні проміжки мають витримувати імпульсну напругу 4,5 кВ, а струм витоку між терміналами при напрузі $1,1 \cdot U_e$, де U_e – номінальна робоча напруга (rated operational voltage), не повинен перевищувати 0,5 мА на кожний полюс **нового** апарата та у будь-якому випадку не може перевищувати 6 мА.

Система **Kabeldon** пропонує також роз'єднувачі, які здійснюють залежні ручні операції (ці апарати застосовуються вкрай рідко і у даній публікації не розглядаються). До складу системи **Kabeldon** входять також спеціальні аксесуари, які надають можливість приєднувати до розподільної системи автоматичні відмикачі.

Запобіжники-вимикачі-роз'єднувачі із залежним ручним оперуванням типу **SLD**

У апаратах **SLD** функції рухомих контактів виконують вставки запобіжників системи **NH** типорозмірів (size) 000, 00, 1 та 2. Відповідно ці апарати мають позначення **SLD 000**, **SLD 00**, **SLD 1** та **SLD 2**.

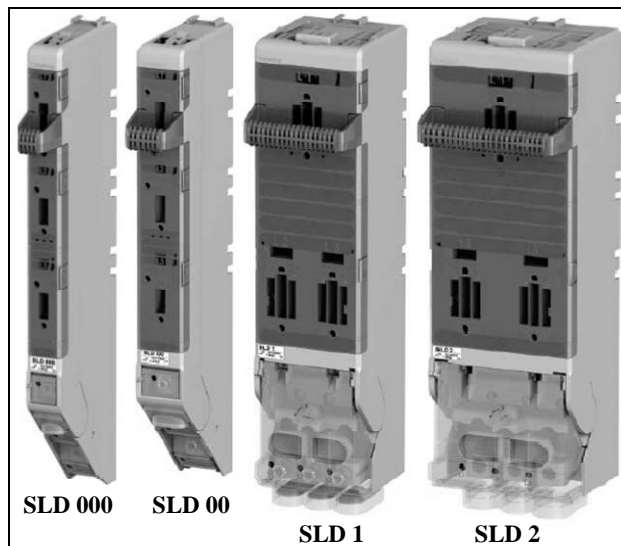


Рис. 9. Зовнішній вигляд апаратів **SLD**

Технічні дані, що є загальними для усіх апаратів **SLD**: робоча напруга $U_e = 400$ В, 50 – 60 Гц; ступінь захищеності **IP2X**, матеріал приєднаних провідників – **Al / Cu** (допускаються суцільні або багатожильні провідники), категорія застосування – **AC-23** (комутація кіл двигунів та інших високоіндуктивних навантажень). Інші дані апаратів **SLD** наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Тип	N	I , А	S , мм ²	h , мм	m , кг
SLD 000	3	100	1,5 – 25	495	1,7
SLD 00	4	160	2,5 – 95	495	1,8
SLD 1	10	250	50 – 300	517	4,3
SLD 2	12	400	50 – 300	517	4,6

Позначення: N – ширина (кількість модулів); I – найбільший робочий струм апарата (номінальний струм – rated current відповідає номінальному струму вставок, які застосовуються у конкретному апараті, отже номінальний струм апарата може бути меншим за вказане у таблиці значення); S – площа поперечного перетину приєднаних провідників; h – вертикальний габаритний розмір; m – маса апарата.

² Нагадаємо, що залежною ручною операцією (dependent manual operation) називають операцію, яка здійснюється винятково за рахунок прямо прикладеної м'язової енергії таким чином, що швидкість та сила операції залежать від дії оператора, а незалежною ручною операцією (independent manual operation) називають операцію, здійснювану за рахунок накопиченої енергії, що походить від м'язової енергії, яка накопичується та вивільняється в одній безперервній дії таким чином, що швидкість та сила операції не залежать від дії оператора.

Приєднання апаратів SLD до шин (механічне та електричне) здійснюється трьома кріпильними пристроями (див. рис. 6) при знятій кришці. Виводи (terminations) полюсів, що приєднуються до шин, виготовлені із спеціального алюмінієвого стопу з насічками на торцях, що при визначеному моменті затягування гвинтів забезпечує контактування з низьким перехідним опором впродовж принаймні 30 років без підтягування в процесі експлуатації (перевірено практикою). Перед приєднанням апарата до шин фасонні гайки кріпильних пристроїв слід поставити у горизонтальне положення (рис. 10) Приєднання провідників кабелів (фідерних або увідних) виконується за допомогою затискних пристроїв, встановлених у нижніх частинах апаратів і захищених оболонками IP20.

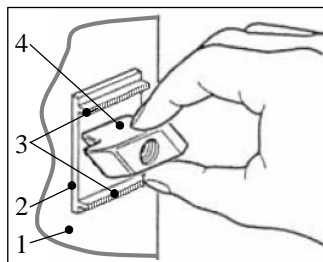


Рис. 10. Підготовка виводів перед приєднанням апарата до шин:
1 – задня стінка апарата; 2 – вивід; 3 – торці виводу з насічкою; 4 – фасонна гайка з'єднувального пристрою

Операція розмикання здійснюється шляхом зняття кришки за допомогою рукоятки у її верхній частині. Ця операція має здійснюватися швидко – про це нагадує надпис на кришці (open quickly). Насправді ж швидке розмикання здійснюється й без нагадування, оскільки спочатку оператор повинен подолати протидіючу силу витягування шести контактів вставок з шістьох контактів тримачів, а коли перший з контактів виявиться витягнутим, протидіюча сила різко спадає, оскільки перший контакт знаходиться на найбільшій відстані від осі обертання кришки, отже рука оператора по інерції почне рухатися достатньо швидко, щоб відімкнути усі три полюси, не затягуючи час горіння електричних дуг. В апаратах SLD 000 та SLD 00 дугогасні пристрої не передбачаються, оскільки два розриви на полюс при достатньо швидкому розведенні контактів забезпечують надійне гасіння дуги в колах змінного струму до 100 А при коефіцієнті потужності $\cos\phi = 0,45$ (це значення $\cos\phi$ встановлюється стандартом IEC 60947-3 для апаратів, що працюють у категорії застосування AC-23 з робочим струмом $I_e \leq 100$ А). При більших робочих струмах стандарт IEC 60947-3 встановлює менше значення коефіцієнту потужності – $\cos\phi = 0,35$, а це означає, що коло, яке розмикається, має більшу індуктивну складову, тому на апаратах SLD 1 та SLD 2 встановлюються дугогасні пристрої у вигляді сталевих дугогасних решіток (див. фото на третій сторінці обкладинки).

Вимикачі-роз'єднувачі-запобіжники із незалежним ручним оперуванням

Категорія застосування AC-23 передбачає комутацію моторних навантажень, але здійснювати керування двигунами відкриванням та закриванням кришок апаратів дуже незручно, тому апарати SLD застосовуються лише для розподілення електричної енергії, а для виконання цієї ж функції та керування двигунами система **Kabeldon** пропонує інші апарати – вимикачі-роз'єднувачі-запобіжники із незалежним ручним оперуванням SEKO 160, а також SEKOB 250 та SEKOB 400 (рис.11).

На відміну від апаратів SLD, в апаратах SEKO та SEKOB вставки запобіжників не виконують функції рухомих контактів. Привідні механізми в апаратах SEKO та SEKOB забезпечують швидке розмикання контактів по обидві сторони від запобіжників, а дугогасні системи – швидке гасіння дуг. Приєднання цих апаратів до шин та кабелів здійснюється так само, як і приєднання апаратів SLD.

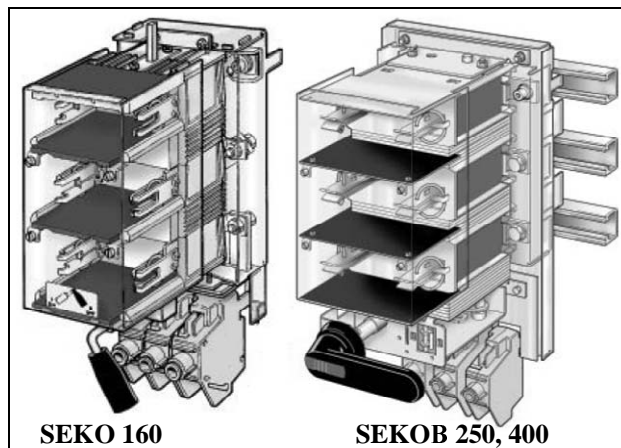
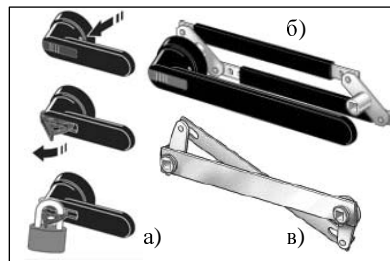


Рис. 11. Зовнішній вигляд апаратів SEKO та SEKOB

Для апаратів SEKOB в системі **Kabeldon** передбачені спеціальні аксесуари, які суттєво розширюють можливості цих апаратів. Актуатор спеціальної конструкції (рис. 12, а) надає можливість блокування приводу у розімкненому положенні апарата для убезпечення робіт на відключеній лінії. Передбачена можливість паралельного оперування двома апаратами SEKOB, розташованими поруч, за допомогою актуатора з подовженою рукояткою та спеціальним важільним пристроєм (рис. 12, б), що надає можливість підводити до шин та відводити від них більші струми. Застосування ж блокувального пристрою (рис. 12, в) для двох апаратів SEKOB, розташованих поруч, унеможливує ввімкнення одного апарата, коли є ввімкненим інший апарат, що дає можливість здійснювати, наприклад, реверс двигуна.

Рис. 12. Аксесуари для апаратів SEKOB



Технічні дані, що є загальними для апаратів SEKO та SEKOB – ті ж самі, що й загальні дані для усіх апаратів SLD. Для апаратів SEKO 160 слід застосовувати вставки запобіжників системи NH типорозміру 00, для апаратів SEKOB 250 можна застосовувати вставки типорозмірів 0 або 1, а для апаратів SEKOB 400 – вставки типорозмірів 0, 1 або 2. Інші дані апаратів SEKO та SEKOB наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Тип	N	I, А	S, мм ²	h, мм	m, кг
SEKO 160	12	160	50 – 300	394	5
SEKOB 250	17	250	50 – 300	205	10
SEKOB 400	17	355	50 – 300	215	11

Примітка. Позначення у таблиці 2 ті ж самі, що й у таблиці 1.

Секційні вимикачі-роз'єднувачі-запобіжники та вимикачі-роз'єднувачі із незалежним ручним оперуванням

Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) розділяє усі електроприймачі у відношенні забезпечення надійності електропостачання на три категорії. Електроприймачі першої категорії – це електроприймачі, переривання електропостачання яких може спричинити небезпеку для життя людей, загрозу для безпеки держави, значні матеріальні втрати, розлад складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства, об'єктів зв'язку та телебачення.

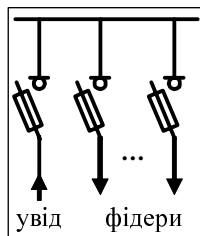
Електроприймачі другої категорії – це електроприймачі, переривання електропостачання яких спричиняє масовий недо випуск продукції, масові простой робітників, механізмів та промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських та сільських жителів.

Електроприймачі, які не підпадають під визначення першої двох категорій, відносяться до третьої категорії.

Електроприймачі першої та другої категорій у нормальних режимах повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних взаємно резервованих джерел живлення. Переривання електропостачання електроприймачів першої категорії при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення може бути допущено лише на час автоматичного відновлення живлення. Для електроприймачів другої категорії при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення може бути допущено переривання їх електропостачання на час, необхідний для вмикання резервного живлення діями чергового персоналу або виїзної оперативної бригади. Для електроприймачів третьої категорії електропостачання може здійснюватися від одного джерела живлення за умови, що час переривання електропостачання, необхідний для ремонту або заміни пошкодженого елемента електропостачання, не перевищує однієї доби.

Розподільні пристрої слід будувати, враховуючи наведені вище вимоги ПУЕ. Отже, для електроприймачів третьої категорії розподільний пристрій може бути побудований за схемою, зображеною на рис. 13. Замість запобіжника-вимикача-роз'єднувача на ввіді може бути встановлений вимикач-роз'єднувач, оскільки коротке замикання безпосередньо на шинах системи **Kabeldon** є мало ймовірним, а резервний захист за допомогою запобіжника на ввіді навряд чи потрібний, оскільки здатність до відмикання запобіжників системи NH є однаковою при будь-якому номінальному струмі і становить щонайменше 100 кА.

Рис. 13. Можлива схема побудови розподільного пристрою для електроприймачів третьої категорії



Для електроприймачів другої категорії розподільний пристрій може бути побудований за схемою, зображеною на рис. 14,а, проте для потужних розподільних пристроїв рекомендується секційна їх побудова (рис. 14,б).

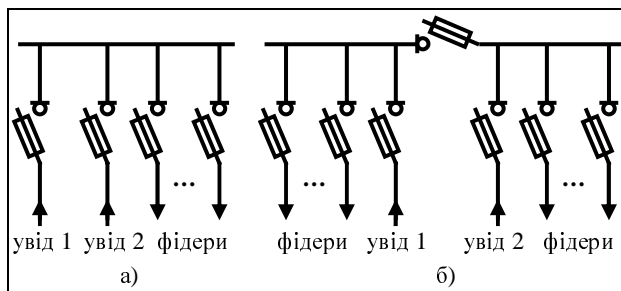


Рис. 14. Можливі схеми побудови розподільних пристроїв для електроприймачів другої категорії

При односекційній побудові розподільного пристрою (рис. 14, а) обидва вводи приєднуються до незалежних джерел живлення, одно з яких (наприклад, увід 1) вважається основним, а інше – резервним. Тому на ввіді 1 у нормальному режимі комутаційний апарат має бути ввімкненим, а на ввіді 2 – відімкненим. При перериванні електропостачання з боку основного джерела живлення необхідно відімкнути апарат на ввіді 1 та увімкнути апарат на ввіді 2, підключивши шини до резервного джерела. Застосовувати на вводах вимикачі без запобіжників не рекомендується, оскільки при відмові живлення внаслідок короткого замикання на лінії спрацює апарат, який захищає лінію, а власне коротке замикання лишається, тому, якщо включити увідний апарат на іншому ввіді, не відімкнувши апарат на знеживленому ввіді, виникне коротке замикання і на резервній лінії, де спрацює апарат захисту, і живлення не відновиться. Використання апаратів без запобіжників можна допустити лише за умови застосування вимикачів SEKOB із блокуванням.

За умови секційної побудови розподільного пристрою (рис. 14, б) при перериванні електропостачання з боку одного із джерел живлення (наприклад, на ввіді 1) необхідно відімкнути апарат на відповідному ввіді та увімкнути секційний апарат. При цьому на електроприймачах, що живляться від вводу 1, електропостачання буде перервано на час, необхідний для виконання зазначених операцій, а на електроприймачах, що живляться від вводу 2, електропостачання взагалі не буде перериватися.

У якості секційних апаратів можна застосовувати апарати SLD, SEKO та SEKOB, а при великих струмах система **Kabeldon** пропонує інші апарати – вимикачі-роз'єднувачі-запобіжники із незалежним ручним оперуванням SLOB 400, 630, 800, а також вимикачі-роз'єднувачі LBOC 800, 1600 (рис.15).

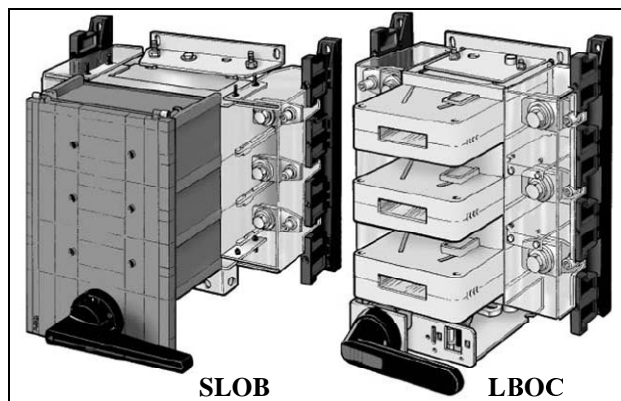


Рис. 15. Зовнішній вигляд апаратів SLOB та LBOC

При відновленні живлення на пошкодженому вводі, необхідно увімкнути відповідний увідний апарат і одразу ж вимкнути секційний апарат. Завдяки швидкому розмиканню контактів та потужним дугогасним системам апарати SLOB та LBOC забезпечують надійне гасіння електричних дуг у полюсах.

Для монтування апаратів SLOB 800, LBOC 800 та LBOC 1600 кінці шин, що приєднуються до цих апаратів мають бути механічно оброблені відповідно до інструкції з експлуатації.

Технічні дані, що є загальними для апаратів SLOB та LBOC – ті ж самі, що й загальні дані для усіх апаратів SLD. Інші дані апаратів SLOB та LBOC наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Тип	N	I, А	Типорозмір вставок	h, мм	m, кг
SLOB 400	17	400	0, 1, 2	215	8,6
SLOB 630	30	630	3	300	15
SLOB 800	27	800	3	306	15
LBOC 630	27	630	-	313	8
LBOC 800	25	800	-	272	8
LBOC 1600	34	1600	-	420	18

Примітка. Позначення у таблиці 3 ті ж самі, що й у таблиці 1.

З'єднувачі системи Kabeldon

В системі **Kabeldon** застосовується два різновиди з'єднувачів – неізолювані з'єднувачі для приєднання провідників до неізолюваних шин N, PE та PEN, а також ізолювані з'єднувачі для приєднання провідників до лінійних ізолюваних шин.

Неізолювані з'єднувачі (рис. 16) приєднуються до шин (механічно та електрично) за допомогою затискних пристроїв, подібних до тих, що застосовуються для приєднання апаратів та більш потужного монтувального інструменту (рис. 17), аніж той, що застосовується для монтування апаратів, і лише з'єднувач ADC 25 приєднується за допомогою звичайної викрутки. Провідники приєднуються до з'єднувачів з одного боку (зазвичай униз) за допомогою монтувального інструменту, а до з'єднувача ADC 25 – у два боки за допомогою викрутки. З'єднувач AD 350 дозволяє приєднати одразу три провідники.

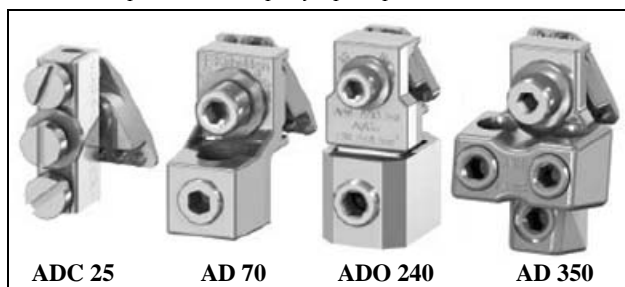


Рис. 16. Неізолювані з'єднувачі

Ізолювані з'єднувачі (рис. 18) приєднуються до шин так само, як і неізолювані. Приєднання провідників до цих з'єднувачів здійснюється тільки за допомогою монтувального інструменту (рис. 17).

Рис. 17. Монтувальний інструмент для приєднання з'єднувачів (M = 10 – 45 Н · м)

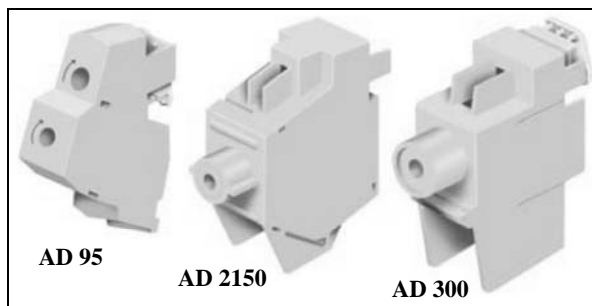
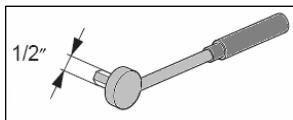


Рис. 18. Ізолювані з'єднувачі

До з'єднувачів AD 95 та AD 300 можна приєднати лише по одному провіднику, а до з'єднувача AD 2150 допускається приєднання двох провідників різної площі та форми поперечного перетину. Варіанти розташування ізолюваних з'єднувачів на шинах показані на рис. 19.

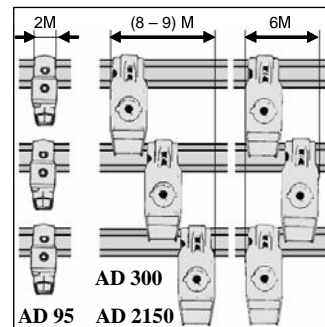


Рис. 19. Варіанти розташування ізолюваних з'єднувачів на лінійних шинах

Для зменшення місця, яке займають з'єднувачі AD 300, система **Kabeldon** пропонує спеціальний аксесуар – з'єднувач ADB 3M, який приєднується до двох верхніх шин і на якому монтується (без фасонних гайок) два з'єднувача AD 300. Третій з'єднувач AD 300 монтується на нижній шині і в результаті загальна ширина приєднання трьох з'єднувачів AD 300 становить лише 3M (рис. 20).

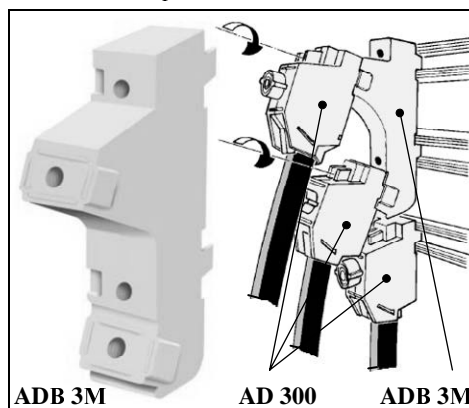


Рис. 20. Застосування з'єднувача ADB 3M

Основні технічні дані неізолюваних та ізолюваних з'єднувачів системи **Kabeldon** наведені у таблиці 4.

Таблиця 4

Тип	N	Ширина, мм	I, А	IP	S, мм ²	m, кг
ADC 25	-	14	63	00	1,5 - 25	0,1
AD 70	-	22	200	00	6 – 95	0,1
ADO 240	-	38	400	00	120 - 240	0,25
AD 350	-	38	400	00	3 × 50	0,2
AD 95	2	-	200	2X	6 – 95	0,1
AD 2150	3	-	400	2X	35; 2 × 150	0,2
AD 300	3	-	630	2X	50 – 300	0,2
ADB 3M	3	-	500	2X	-	0,7

Примітка. Позначення у таблиці 4 ті ж самі, що й у таблиці 1.

Основні аксесуари системи Kabeldon

Система **Kabeldon** пропонує велику кількість аксесуарів, застосування яких розширює функціональні можливості апаратів, сприяє безпеці проведення ремонтних робіт, підвищує продуктивність праці при монтуванні та експлуатації комплектних пристроїв. У даній публікації розглядаються лише найбільш уживані з аксесуарів системи **Kabeldon**.

Пристрої швидкого заземлення

Для заземлення фідерних провідників система **Kabeldon** пропонує пристрої швидкого заземлення сумісні з апаратами SLD – JDD 000, JDD 00, JDD 1 та JDD 2 (рис. 21). Порядок роботи з цими пристроями:

1. зняти кришку з фідерного вимикача;
2. приєднати з'єднувач пристрою швидкого заземлення до захисної шини (PE або PEN);
3. вставити пристрій швидкого заземлення у корпус фідерного вимикача; при цьому усі провідники фідерного кабелю будуть приєднані до системи заземлення, що дає можливість безпечного проведення ремонтних робіт на даному фідері.

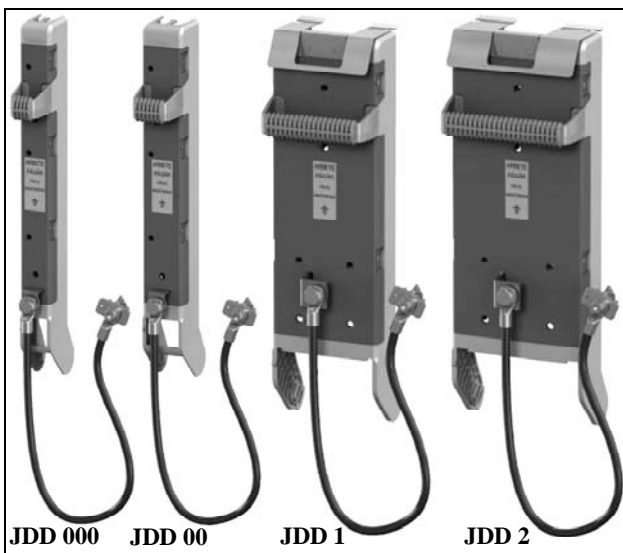


Рис. 21. Зовнішній вигляд пристроїв заземлення JDD

Пристрої блокування вмикання кіл

Пристрої KSBД (рис. 22), виготовлені з ізоляційного матеріалу червоного кольору з надписом чорними літерами на жовтому фоні, вставляються у тримачі вставок апаратів, блокуючи тим самим замикання кіл при вставленій кришці апарата. Пристрої KSBД 00 можуть бути встановлені в апарати SLD 000 та SLD 00. Пристрої KSBД 2 можуть бути встановлені в апарати SLD 1 та SLD 2. Через віконця на кришках цих апаратів добре видно, що саме вставлено у тримачі



Рис. 22. Зовнішній вигляд пристроїв блокування вмикання

Аксесуари KSBД можна застосовувати, наприклад, у секціонованих розподільних пристроях, призначених для живлення електроприймачів другої категорії, якщо

у розподільних пристроях застосовуються апарати SLD (одного габариту) на вводах та у розриві між секціями.

У нормальному режимі в увідних апаратах встановлені вставки запобіжників, а у секційний апарат – пристрої блокування. При перериванні електропостачання з боку одного з джерел живлення необхідно відключити апарат на відповідному вводі, знявши його кришку, зняти кришку з секційного апарата, встановити цю кришку на увідний апарат, встановити кришку із вставками на корпус секційного апарата і ввімкнути його.

Аксесуари для перетворення триполюсного апарата у три однополюсних

Система **Kabeldon** пропонує комплекти аксесуарів – FHD 000 та FHD 00, до складу яких входять три однополюсних тримачі запобіжників, що можуть бути встановлені на корпуси апаратів SLD замість їх кришок. В результаті утворюються апарати – SLD-FHD 000 та SLD-FHD 00, які дозволяють оперувати кожним полюсом окремо (рис. 23), що буває необхідно, коли серед електроприймачів є однофазні навантаження.

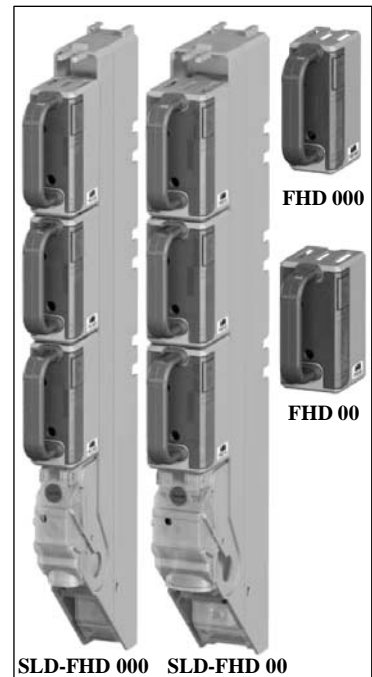


Рис. 23. Зовнішній вигляд запобіжників-вимикачів-роз'єднувачів з однополюсним розмиканням та відповідні аксесуари

Універсальний затискач для фіксації кабелів

Цей аксесуар – UKRA 90 (рис. 24) дозволяє здійснювати фіксацію кабелів діаметром 20 – 90 мм на додатковій неізолюваній шині. Монтування на шині та затиснення кабелю здійснюється за допомогою звичайного гайкового ключа.



Рис. 24. Універсальний затискач для фіксації шин UKRA 90

Однополюсна розетка

Для тимчасового приєднання обладнання з однофазним живленням (наприклад електроінструменту) до шинної системи **Kabeldon** передбачено спеціальний аксесуар (рис. 25), який монтується на лінійній шині без застосування будь-якого інструменту.



Рис. 25. Однополюсна розетка TFU 25

Насправді цей аксесуар дозволяє безпечно приєднати лише один провідник до будь-якої лінійної шини (бажано до шини L3, оскільки вона розташована нижче за інші, отже приєднаний провідник не буде торкатися інших лінійних шин). Розетка TFU 25 забезпечує захист персоналу, який користується обладнанням чи електроінструментом, від непрямих дотиків, оскільки конструкція цієї розетки передбачає встановлення у ній вставки запобіжника системи D другого габариту (D II з тепловим струмом I_{th} до 25 А). Робочий нейтральний та захисний провідники, необхідні для тимчасового приєднання обладнання електроінструменту, приєднуються за допомогою з'єднувача ADC 25 до PEN шини або двома з'єднувачами окремо до N та PE шин. Обладнання може бути безпосередньо приєднано до живлення, а електроінструмент слід приєднувати до живлення через трипровідну розетку. Послідовність приєднання обладнання або трипровідної розетки має бути такою (див. ілюстрацію на рис. 26):

1. трипровідний кабель із захисним провідником жовто-зеленого кольору, робочим нейтральним провідником синього або блакитного кольору та лінійним провідником будь-якого іншого кольору слід приєднати до відповідних терміналів обладнання або розетки;

2. відкрити (відщепнути) відкидну кришку 1 розетки TFU 25 та ввести вставку 2 запобіжника D II в отвір під кришкою (рис. 26, а);

3. викруткою приєднати N та PE провідники кабелю до терміналів з'єднувача ADC 25, а сам з'єднувач – до PEN шини; монтувальним пристроєм (див. рис. 8) приєднати лінійний провідник кабелю до стовпчикового терміналу 3 розетки TFU 25 та ввести цей термінал в отвір розетки над вставкою запобіжника (рис. 26, б);

4. закрити (защепнути) відкидну кришку розетки TFU 25; тримаючи рукою рукоятку розетки так, щоб рукоятка знаходилася праворуч відносно її стрижня, ввести кінець стрижня, на якому розташована фасонна гайка, у зону приєднання лінійної шини та легко натиснувши на рукоятку, повернути її за годинниковою стрілкою на кут 90°, завершивши процес приєднання

Від'єднання від живлення обладнання або трипровідної розетки необхідно проводити **строго в зворотному порядку**. Особливо слід звернути увагу на те, що першою операцією від'єднання має бути механічне від'єднання розетки TFU 25 від лінійної шини.

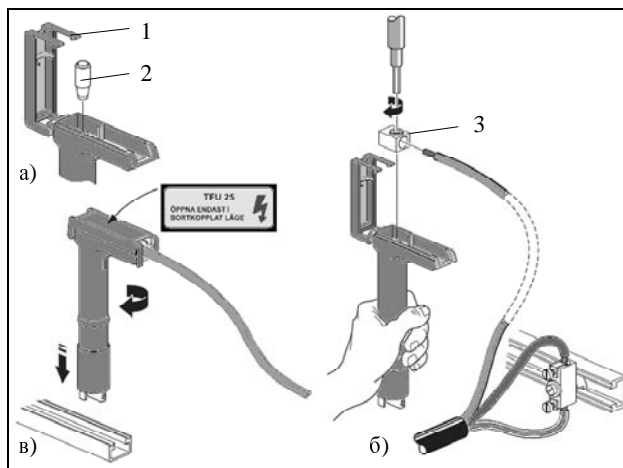


Рис. 26. Порядок монтування розетки TFU 25

Аксесуари для вбудовування автоматичних відмикачів у систему *Kabeldon*

Як вже зазначалося вище, переривання електропостачання електроприймачів першої категорії при пошкодженні в одному з джерел живлення може бути допущено лише на час автоматичного відновлення живлення. Процедура автоматичного відновлення живлення здійснюється за допомогою систем аварійного вмикання резерву (АВР), які можуть бути побудовані за різними схемами, у тому числі із застосуванням автоматичних відмикачів з електромеханічним приводом на місці увідних та секційних апаратів. Для застосування цих апаратів в системі **Kabeldon** передбачена панель AS-T3 для приєднання відмикача втичного виконання на струм 250 А (рис. 27) та панель Klap-T5 для приєднання відмикача стаціонарного виконання на струм 630 А (рис. 28).



Рис. 27. Панель AS-T3 та відмикач Tmax T3 на цій панелі



Рис. 28. Панель Klap-T5 та відмикач Tmax T5 на цій панелі

Система **Kabeldon** пропонує також комплекти аксесуарів А-S6 630, А-S6 800, А-S7 1000 та А-S7 1400 для секційних відмикачів IsoMax на відповідні струми.

Продовження у наступному номері