

## РОЗПОДІЛЬНІ ПРИСТРОЇ З ЕЛЕГАЗОВОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ SafeRing & SafePlus: БЕЗПЕЧНІСТЬ, НАДІЙНІСТЬ, КОМПАКТНІСТЬ

Система SafeRing, яка була розглянута у попередньому номері журналу, складається з десяти типових блоків (units), змонтованих в баках з нержавіючої сталі, заповнених елегазом. До складу блоків у різних комбінаціях входять лише чотири стандартизовані модулі (modules) – De, C, F та V, причому один блок може бути побудованим з двох, трьох або чотирьох модулів. Ця система орієнтована на застосування переважно у кільцевих мережах.

В системі SafePlus, яка розглядається у даній публікації і яка є розширенням системи SafeRing, до чотирьох зазначених вище модулів додано ще сім модулів і кожний з них може поставлятися у вигляді окремого блоку з нижнім та верхнім або боковим приєднанням, а також у комбінації з іншими модулями у спільному баку, причому в одному баку може бути розміщено до п'яти базових модулів. Така побудова системи надає їй значної гнучкості, що дає змогу на її основі будувати досить складні розподільні пристрої, зокрема пристрої із секціонуванням фідерів, обліком спожитої електроенергії тощо, а у деяких випадках – більш компактні та більш дешеві пристрої аніж у системі SafeRing. Наприклад, у тупиковій підстанції, побудованій на базі системи SafeRing, слід застосовувати один з блоків – DeF або DeV, які складаються з двох модулів і мають загальну ширину 696 мм, а у системі SafePlus ті ж функції виконує модуль F у вигляді окремого блоку з верхнім або боковим приєднанням до загальної шини. Такий блок має ширину лише 371 мм. Крім виграшу у просторі, застосування модуля F системи SafePlus (рис. 14, а<sup>2</sup>) замість блоку DeF системи SafeRing (рис. 14, б) забезпечує й суттєву економію коштів.

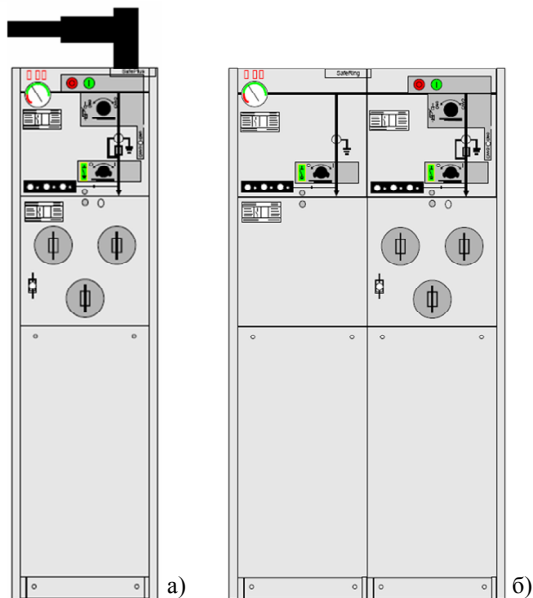


Рис. 14. Блоки F системи SafePlus (а) та DeF системи SafeRing (б)

<sup>1</sup> Інформацію надано компанією ТОВ «АББ Лтд», Олександр Єна, менеджер по продукції АBB

<sup>2</sup> Нумерація рисунків є наскрізною, починаючи з попередньої публікації (див. ЕІЕ'2010-5).

Модулі системи SafePlus, як і модулі системи SafeRing розташовують в герметичних баках, заповнених елегазом – високовольтному відсіку (див. рис. 4 у попередній публікації). В системі SafePlus застосовується 11 різновидів модулів, електричні схеми яких наведені у рис. 15.

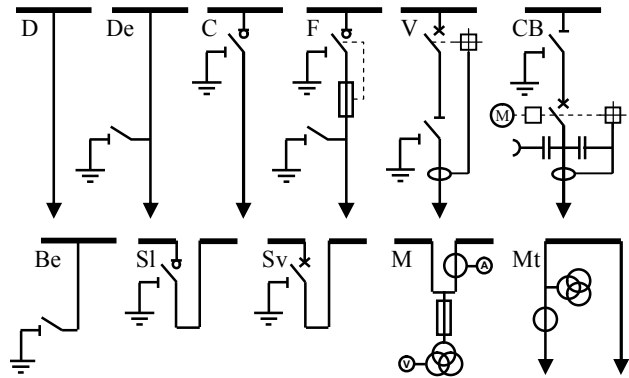


Рис. 15. Електричні схеми модулів системи SafePlus

Модулі системи SafePlus складаються з однієї або двох базових комірок, габаритні розміри яких є такими самими, як і розміри модулів системи SafeRing: ширина – 325 мм; глибина – 765 мм; висота – 1336 мм. Товщина двох бокових стінок блоку дорівнює 46 мм, тож ширина  $b$  блоку може бути розрахована за формулою:

$b = 325 \cdot n + 46$ , де  $n$  – кількість базових комірок у блоці.

Зазначимо деякі особливості модулів системи SafePlus стосовно модулів системи SafeRing.

**Модуль V.** Цей модуль має ті ж функції, що й модуль V системи SafeRing, а також аналогічну конструкцію, але вакуумний відмикач може мати номінальний струм 200 А або 630 А. У першому випадку цей модуль слід застосовувати для підключення силового трансформатора, тож відмикач буде здійснювати його захист, а у другому випадку цей модуль може бути застосований як фідерний і відмикач буде здійснювати захист увідного кабелю від можливих надструмів, спричинених перевантаженнями та короткими замиканнями. При номінальній напрузі мережі 12 кВ здатність до відмикання коротких замикань відмикача становить 16 кА (середньоквадратичне значення очікуваного струму к.з. в усталеному режимі), а здатність до вмикання коротких замикань – 52,5 кА (пікове значення очікуваного струму к.з.). Короткочасно витримуваний струм при тривалості його дії 0,5 с, 1 с та 3 с відповідно становить 16 кА, 16 кА (при застосуванні прохідних ізоляторів серії 200 – див. рис. 12 у попередній публікації) та 21 кА (при застосуванні прохідних ізоляторів серії 400).

**Модуль СВ.** Цей модуль (рис. 16) випускається у вигляді окремого блоку, його бак має ширину двох базових комірок, відтак ширина цього модуля дорівнює 696 мм. У модуль СВ вмонтовується пружинно-моторний вакуумний відмикач (Circuit-Breaker) VD-4 з номінальним струмом 630 або 1250 А, отже його слід застосовувати як фідерний. При номінальній

напрузі мережі 12 кВ здатність до відмикання коротких замикань відмикача становить 25 кА, а здатність до вмикання коротких замикань – 62,5 кА. Короткочасно витримуваний струм при тривалості його дії 1 с та 3 с відповідно становить 16 кА, 16 кА та 21 кА.

Цей модуль випускається з низьковольтною надбудовою релейного захисту. Висота високовольтної частини модуля СВ є стандартною – 1336 мм, а загальна висота – 1806 мм. Загальна шина цього модуля-блоку з'єднується з загальними шинами сусідніх блоків за допомогою аксесуарів верхнього приєднання, а фідерний кабель приєднується знизу, через кабельний відсік, причому при струмі 630 А приєднання здійснюється одним кабелем, а при струмі 1250 А – двома кабелями (рис. 17). Відповідно глибина модуля становить 765 мм (630 А) або 860 мм (1250 А).



Рис. 16. Модуль СВ системи SafePlus

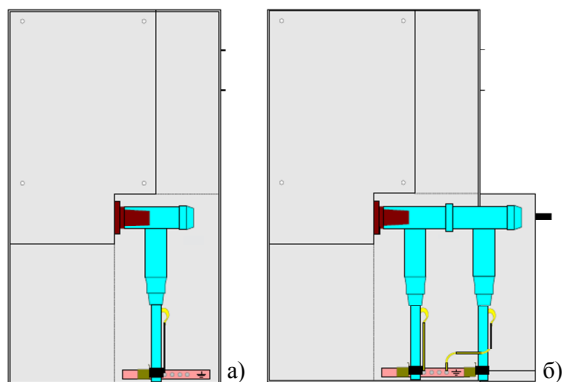


Рис. 17. Приєднання фідерних кабелів до модуля СВ при номінальному струмі відмикача 630 А (а) та 1250 А (б). Останній спосіб може застосовуватися і в інших випадках, коли приєднання має здійснюватися двома кабелями

**Модуль Sl.** Цей модуль дозволяє здійснити секціонування (Sectionalization) розподільного пристрою з викиачем-роз'єднувачем у якості секційного комутаційного апарата і складається з однієї або двох модульних комірок – шириною 325 мм та 650 мм відповідно (рис. 18).

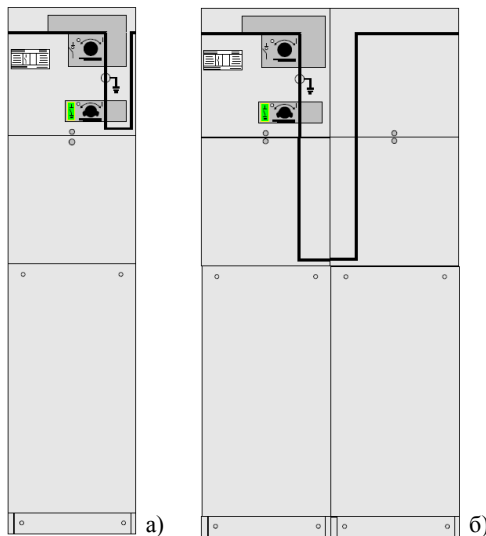


Рис. 18. Модулі для секціонування розподільних пристроїв з секційним викиачем-роз'єднувачем

Більш економічний модуль Sl шириною 325 мм (рис. 18, а) може бути застосований, якщо він розташований у блоці між іншими модулями або зліва. Якщо ж модуль Sl має бути розташований у блоці справа, то слід застосовувати модуль шириною 650 мм (рис. 18, б). Цей модуль може бути виготовлений у вигляді окремого блоку.

**Модуль Sv.** Цей модуль, як і модуль Sl, дозволяє здійснити секціонування розподільного пристрою, але в ньому у якості секційного комутаційного апарата застосовується вакуумний відмикач (circuit-breaker). Модуль Sv міститься у двох базових комірках (рис. 19) і може застосовуватися в одному блоці з іншими модулями, а також у вигляді окремого блоку.

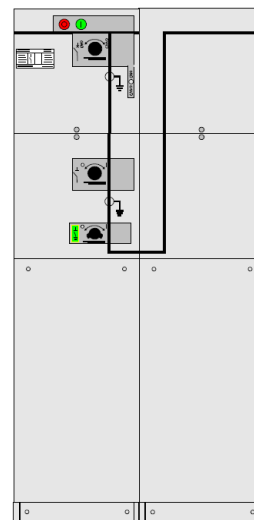


Рис. 19. Модуль для секціонування розподільних пристроїв з секційним вакуумним відмикачем

**Модуль M та Mt.** Ці модулі на відміну від усіх інших модулів системи SafePlus мають повітряну ізоляцію і випускаються у вигляді окремих блоків. У них розміщують вимірювальні трансформатори для забезпечення обліку спожитої електроенергії.

Модуль M має низьковольтну надбудову (рис. 20) і, завдяки застосуванню спеціальних вузьких трансформаторів струму та напруги (CTs and VTs with dimensions according to DIN 42600 Narrow type), має стандартні розміри для блоків, які складаються з двох базових комірок: глибину – 765 мм, ширину – 696 мм та загальну висоту – 1806 мм (1336 мм – без надбудови).

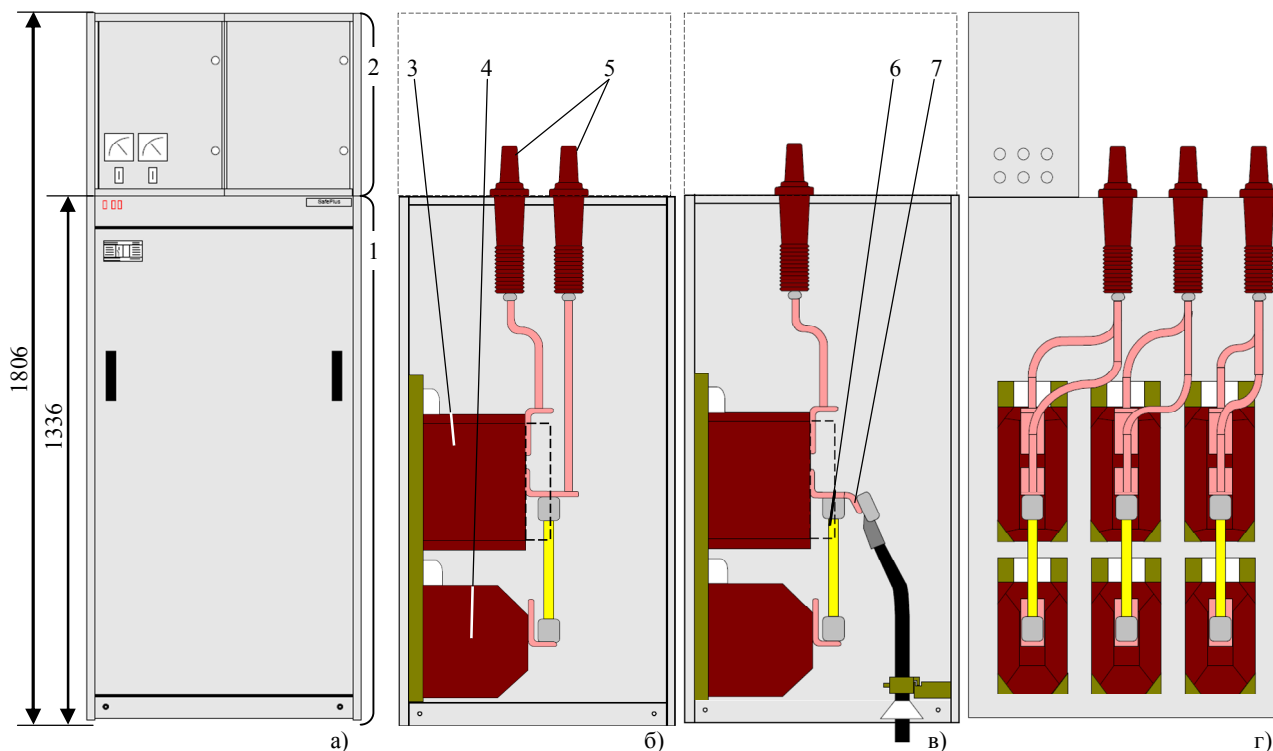


Рис. 20. Модуль М: а – загальний вигляд спереду; б – вміст трансформаторного (високовольтного) відсіку при верхньому приєднанні кабелів; в – вміст трансформаторного відсіку при верхньому увідному та нижньому вивідному приєднанні; г – вміст трансформаторного відсіку (вид збоку). 1 – трансформаторний (високовольтний) відсік; 2 – низьковольтний відсік (надбудова) для вимірювальних приладів; 3 – трансформатор струму; 4 – трансформатор напруги; 5 – прохідні ізолятори (bushings) для верхнього приєднання; 6 – запобіжник для захисту трансформатора напруги; 7 – вивід для нижнього приєднання кабелю.

На відміну від модулів М, модулі М<sub>т</sub> передбачають можливість встановлення вимірювальних трансформаторів іншої конструкції (й інших виробників), а відтак мають й більші габаритні розміри: глибину – 1047 мм, ширину – 800 мм та висоту – 1806 мм.

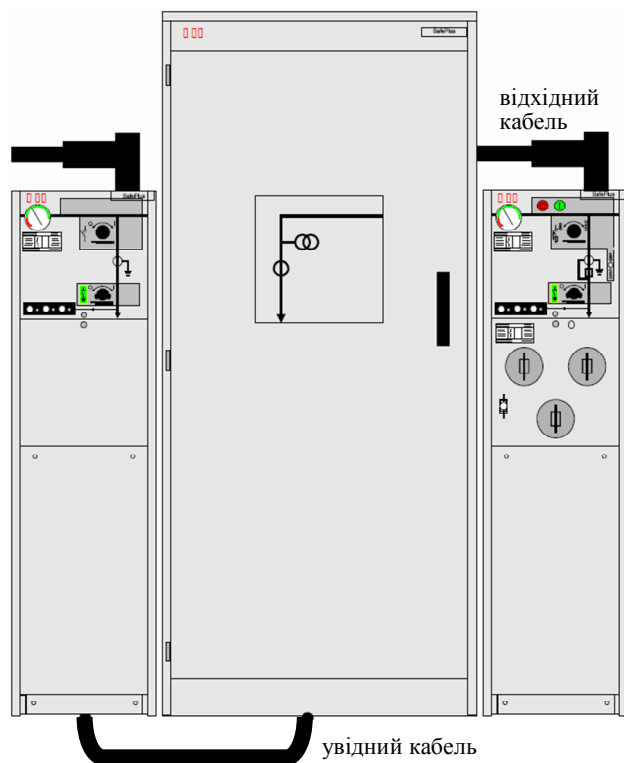


Рис. 21. Приєднання до модуля М<sub>т</sub>: увідний кабель – знизу, відхідний кабель – зверху справа

Увідний кабель завжди підводиться до модуля М<sub>т</sub> знизу, а відхідний кабель може підводитися як знизу – для нижнього приєднання до сусідніх модулів, так і збоку (зліва або справа) – для верхнього приєднання до сусідніх модулів (рис. 21).

**Модуль D** (Direct cable connection) на відміну від модуля De (див. попередню публікацію) здійснює пряме з'єднання загальної шини з кабельним виводом, не містить у своєму складі перемикача уземлення, отже не здійснює уземлення загальної шини та кабельного виводу. Застосування цього модуля дозволяє, наприклад, приєднати загальну шину безпосередньо до живильного кабелю. Такий спосіб приєднання є цілком допустимим, оскільки кабель обов'язково захищається на його вході, а вірогідність короткого замикання на загальній шині всередині блоку SafeRing/SafePlus близька до нуля. Як варіант, цей модуль можна застосувати для забезпечення розширення (у майбутньому) розподільного пристрою, не використовуючи верхнього або бокового приєднань.

**Модуль В<sub>е</sub>** (Busbar earthing) здійснює уземлення загальної шини. Така необхідність може виникнути, наприклад, при виведенні у ремонт однієї секції секціонованого розподільного пристрою. Його слід застосовувати також, коли у майбутньому передбачається розширення розподільного пристрою, оскільки при проведенні розширення уземлення загальної шини має здійснюватися обов'язково, щоб убезпечити обслуговуючий персонал від можливих дотиків до небезпечних частин.

**Цоколі.** Якщо блоки системи SafeRing/SafePlus монтуються безпосередньо на підлозі, відстань між центром кабельного з'єднувача та підлогою (595 мм) може виявитися недостатньою для належного укладання кабелю, коли у приміщенні нема кабельної траншеї. У цьому випадку слід застосовувати спеціальні цоколі (base frame) заввишки 450 мм (високий цоколь) та 290 мм (низький цоколь), які можуть бути встановлені під модулями С, F, V, Sl, Sv, D, De, Ve, CB та М.

Цоколі монтують безпосередньо під блоком, отже вони виготовляються різної ширини у залежності від кількості  $n$  базових комірок у блоці. Ширина  $w$  цоколя дорівнює ширині блоку без бокових стінок баку:  $w = 325 \cdot n$ . Цоколі не мають піддонів та кришок, отже не створюють перешкод для кабелів, що підводяться знизу до кабельного відсіку. Крім того, у бокових стінках цоколів зроблені пази для введення кабелів збоку (справа та зліва).

У цоколях є достатньо місця для розміщення трансформаторів струму (датчики струму для релейного захисту або вимірювальні трансформатори) а також диференційних трансформаторів у якості датчиків струмів витoku, що виникають при замиканнях на землю. У низькому цоколі можуть бути розміщені три трансформатори струму або один диференційний трансформатор, а у високому цоколі – три трансформатори струму та диференційний трансформатор разом (рис. 22).

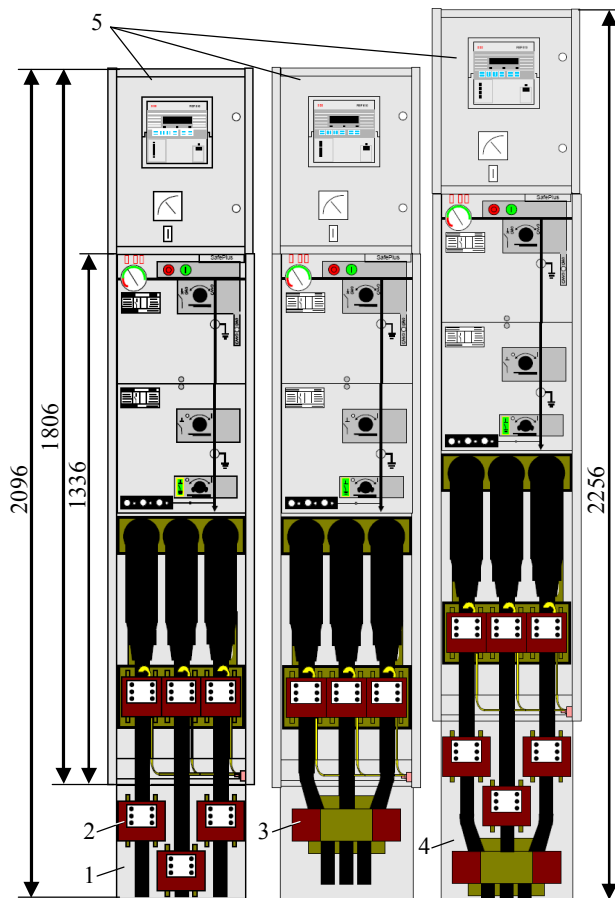


Рис. 22. Блоки системи SafePlus з цоколями, всередині яких змонтовані вимірювальні трансформатори, та низьковольтними відсіками для релейного захисту: 1 – низький цоколь; 2 – трансформатор струму; 3 – диференційний трансформатор; 4 – високий цоколь; 5 – низьковольтний відсік для релейного захисту

**Бокове розширення** (Side extension). Блоки системи SafeRing/SafePlus мають обмежену ширину – чотири модулі в системі SafeRing та п'ять модулів в системі SafePlus. Якщо розподільний пристрій має складатися з більшої кількості модулів, він повинен бути побудованим з декількох блоків, належним чином з'єднаних, зокрема за допомогою аксесуарів бокового розширення (при струмі загальних шин до 400 А), які замовляються опційно, при цьому блоки поставляються у двох варіантах – з пластиковими (рис. 23, а) або металевими (рис. 23, б) кришками на рознімачах, розташованих вверху бокових стінок (лівої або правої).

Після зняття захисних кришок в рознімчі вставляють підпружинені контактні трубки (рис. 23, в) та ізолювальні трубки з попередньо змащеними конічними поверхнями (рис. 23, г). Далі блоки зсувають (рис. 23, д) та стягують за допомогою спеціальних шпильок (рис. 23, е), в результаті чого утворюється розширений розподільний пристрій (рис. 24).



Рис. 23. Етапи з'єднання блоків за допомогою аксесуарів бокового розширення

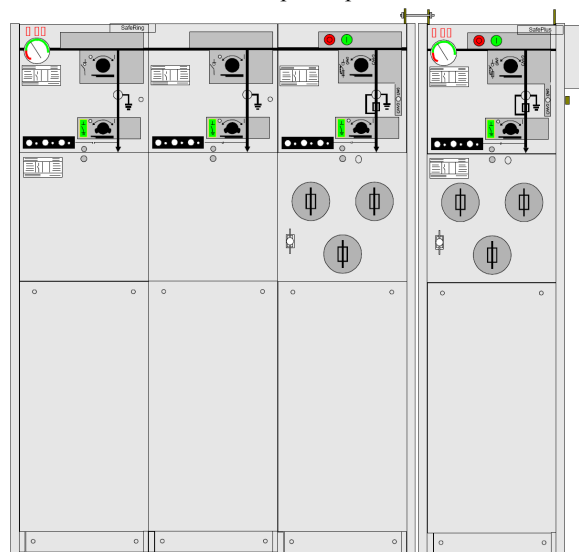


Рис. 24. Два блоки, з'єднані за допомогою аксесуарів бокового розширення

**Система зовнішніх шин або розширення зверху** (External busbars on top) може бути реалізована в блоках системи SafePlus з робочими струмами у загальних шинах до 1250 А. Зовнішні шини з'єднують окремі блоки (рис. 25) і створюються за допомогою прохідних ізоляторів (bushings), які опційно розміщуються у кришках блоків. До прохідних ізоляторів приєднують кінцеві адаптери (end adapters) або прохідні адаптери (cross adapters), між якими розміщують зовнішні шини, довжина яких залежить від з'єднуваних модулів. Адаптери та шини повністю екрановані (екрани заземлюються) та вкриті надійною гумовою ізоляцією.

Якщо у майбутньому передбачається розширення розподільного пристрою, його крайній блок, до якого будуть приєднуватися додаткові блоки, споряджається кінцевим рознімачем (end receptacle) – прохідним ізолятором, вкритим екранованою (із заземленим екраном) та ізольованою кришкою.



Рис. 25. Прохідні ізолятори (1), адаптери (2) та зовнішні шини (3) на кришках блоків SafePlus

Варіанти розміщення адаптерів, зовнішніх шин та кінцевих з'єднувальних розеток зображено на рис. 26 та рис. 27.

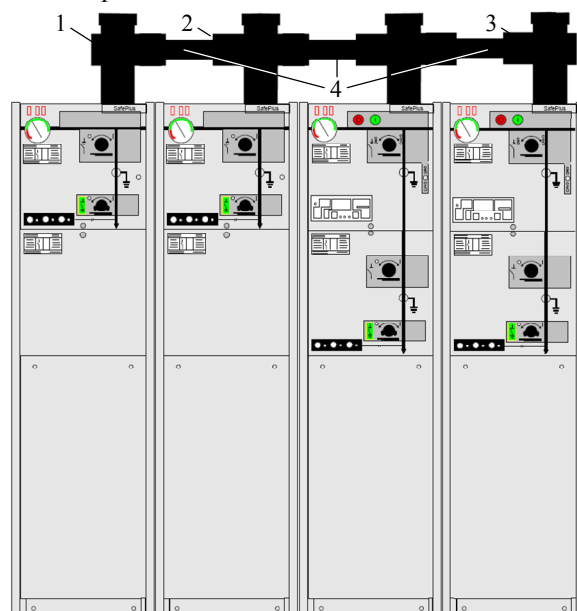


Рис. 26. Чотири блоки SafePlus, з'єднані зовнішніми шинами: 1 – кінцевий (лівий) адаптер; 2 – прохідні адаптери; 3 – кінцевий (правий) адаптер; 4 – зовнішні шини

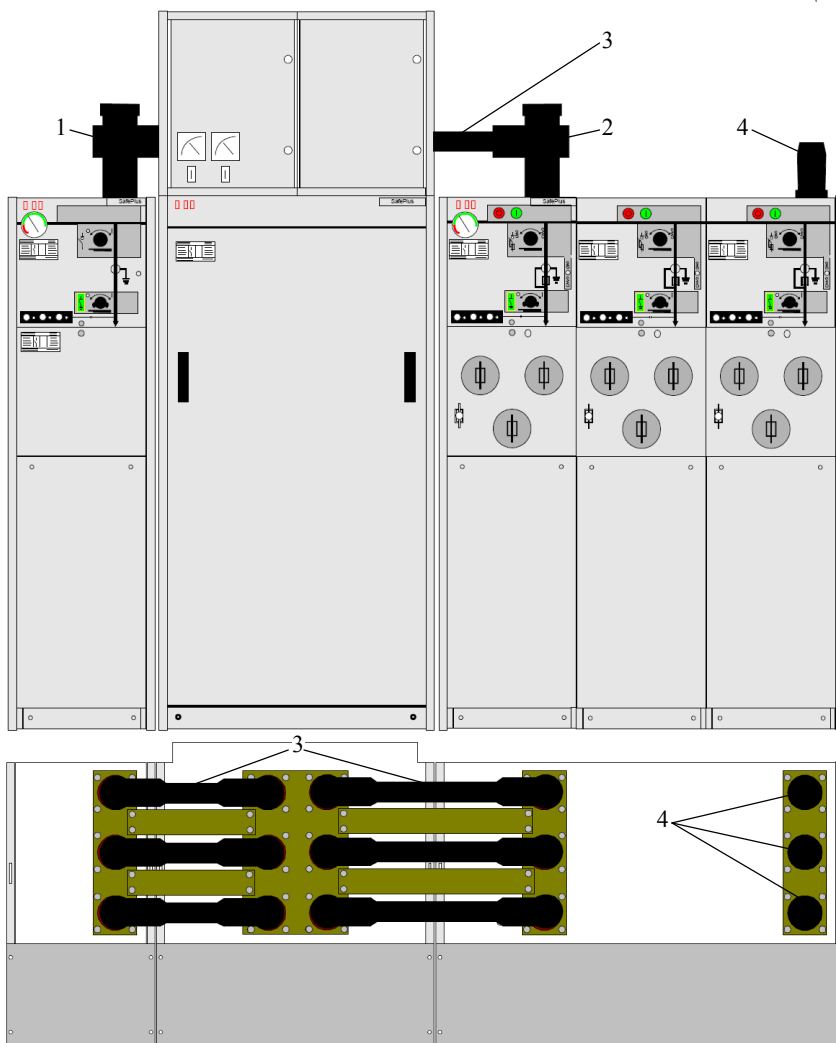


Рис. 27. Блоки С, М та 3F системи SafePlus, з'єднані зовнішніми шинами: 1 – лівий кінцевий адаптер; 2 – правий кінцевий адаптер; 3 – зовнішні шини; 4 – кінцеві рознімачі (прохідні ізолятори) з ізольованими та екранованими кришками

Обмежений обсяг даної публікації не дозволяє детально розглянути усі додаткові можливості розподільних систем SafeRing та SafePlus. Перерахуємо лише основні з них:

- широкий діапазон пристроїв релейного захисту – надійних та зручних в експлуатації; ці пристрої живляться від трансформаторів струму й не потребують зовнішніх джерел живлення;
- широкий набір допоміжних пристроїв – електродвигуновий привід для комутаційних апаратів, низьковольтні відсіки у надбудовах, індикатори коротких замикань, блокувальні ключі Ronis, котушки розчеплення, комбіновані датчики (combisensors) тощо.

Всі ці пристрої є високонадійними й забезпечують тривалу безвідмовну експлуатацію, про що свідчить більш ніж 30-річний досвід експлуатації систем SafeRing та SafePlus. До цього слід додати легке монтування системи та зручність її експлуатації й фактичну відсутність необхідності технічного обслуговування, у тому числі будь-якої роботи з електрикою, відсутність доступу до частин, що знаходяться під високою напругою, оскільки блоки систем SafeRing та SafePlus є повністю герметизованими й екранованими.

Системи SafeRing та SafePlus дуже популярні в Європі та, завдяки своїм суттєвим достоїнствам, набувають популярності і в Україні – за останні три роки ці системи впроваджені майже на 20 об'єктах нашої країни.



**SafeRing & SafePlus**