

ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Захисне вимкнення є ефективним способом захисту людини від ураження електричним струмом, запобіжним протипожежним заходом при пошкодженні ізоляції та вирішення деяких інших проблем .

Поштовхом до повсюдного впровадження ПЗВ в електричних мережах низької напруги став високий рівень електротравматизму та поява на ринку досконалих технічних засобів, які дозволяли суттєво знизити рівень електротравматизму.

Пристрій захисного відключення (скор. **ПЗВ** ; точніша назва: *пристрій захисного відключення, що керується диференційним (залишковим) струмом* , скор. **ПЗВ -Д**) або **вимикач диференціального струму (ВДС)** або **захисно-відключає пристрій (ЗВП)** – механічний комутаційний апарат або сукупність елементів, які при досягненні (перевищення) диференціальним струмом заданого значення за певних умов експлуатації повинні викликати розмикання контактів. Може складатися з різних окремих елементів, призначених для виявлення, вимірювання (порівняння із заданою величиною) диференціального струму і замикання і розмикання електричного кола (роз'єднувача).

Основне завдання УЗО - захист людини від ураження електричним струмом і від виникнення пожежі, викликаного витоком струму через зношену ізоляцію проводів і неякісні з'єднання.

Широке застосування також отримали комбіновані пристрої, що поєднують в собі **ПЗВ** і пристрій захисту від надструмів, такі пристрої називаються **УЗО-Д** з вбудованим захистом від надструмів, або просто **дифавтомат** . Часто дифавтомати забезпечуються спеціальною індикацією, що дозволяє визначити, з якої причини відбулося спрацювання).



Рис. 1. Пристрої захисного відключення виробництва фірми АВВ .

Призначення і функції ПЗВ. Принцип дії ПЗВ.

ПЗВ призначені для

- захисту людини від ураження електричним струмом при **непрямому дотику** (дотик людини до відкритих провідних неструмоведучих частин електроустановки, що опинилися під напругою в разі пошкодження ізоляції), а також при **безпосередньому дотику** (дотик людини до струмоведучих частин електроустановки, що знаходяться під напругою). Дану функцію забезпечують **ПЗВ** відповідної чутливості (струм відсічення не більше 30мА).

- запобігання загорянь при виникненні струмів витоку на корпус або на землю.

ПЗВ може значно поліпшити безпеку електроустановок, але воно не може повністю виключити ризик ураження електричним струмом або пожежі. **ПЗВ** не реагує на аварійні ситуації, якщо вони не супроводжуються витоком з захищається ланцюга. Зокрема, **ПЗВ** не реагує на короткі замикання між фазами і нейтраллю.

ПЗВ також не спрацює, якщо людина опинилася під напругою, але витоку при цьому не виникло, наприклад, при дотику пальцем одночасно і до фазного, і до нульового провідників. Передбачити *електричну* захист від таких дотиків неможливо, так як не можна відрізнити протікання струму через тіло людини від нормального протікання струму в навантаженні. У подібних випадках дієві тільки механічні захисні заходи (ізоляція, непровідні кожухи тощо), а також відключення електроустановки перед її обслуговуванням.

Принцип роботи ПЗВ заснований на вимірюванні балансу струмів між вхідними в нього токоведущими провідниками за допомогою диференціального трансформатора струму (рис. 2). Якщо баланс струмів порушений, то **ПЗВ** негайно розмикає всі вхідні в нього контактні групи, відключаючи таким чином несправну навантаження.

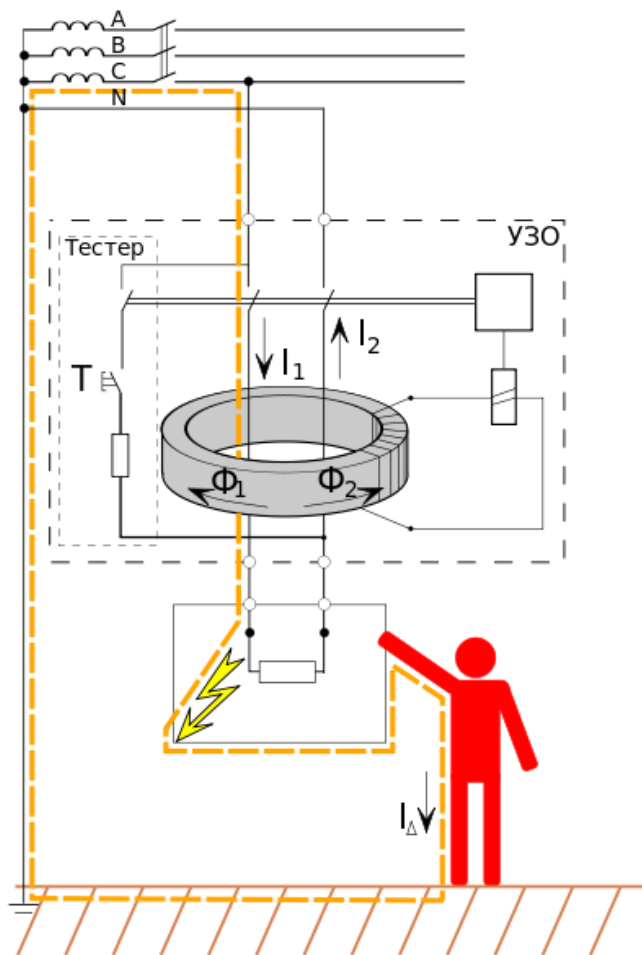


Рис. 2. Загальний вигляд принципу роботи ПЗВ

ПЗВ вимірює алгебраїчну суму струмів, що протікають по контрольованих провідникам (двом для однофазного ПЗВ, чотирьом для трифазного тощо): В нормальному стані струм, «впадає» за одними провідникам, повинен бути дорівнює струму, «випливає» з інших, то є сума струмів, що проходять через **ПЗВ** дорівнює нулю (точніше, сума не повинна перевищувати допустиме значення). Якщо ж сума перевищує допустиме значення, то це означає, що частина струму проходить крім **ПЗВ**, тобто контрольована електричний ланцюг несправна - в ній має місце витік.

З точки зору питань електробезпеки **ПЗВ** принципово відрізняються від пристроїв захисту від надструмів (запобіжників) тим, що **ПЗВ** призначені саме для захисту від ураження електричним струмом, оскільки вони спрацьовують при витіках струму значно менших, ніж запобіжники (зазвичай від 2 ампер і більше для побутових запобіжників, що у багато разів перевищує смертельну для людини значення). **ПЗВ** повинні спрацьовувати за час не більше 25-40 мс, тобто до того, як електричний струм, що проходить через організм людини, викликає фібриляцію серця - найбільш часту причину смерті при ураженнях електричним струмом.

Виявлення струмів витоку за допомогою **ПЗВ** є додатковим захисним заходом, а не заміною захисту від надструмів за допомогою запобіжників, так як **ПЗВ** ніяк не реагує на несправності, якщо вони не супроводжуються витоком струму (наприклад, коротке замикання між фазним і нульовим провідниками).

ПЗВ з відключає диференціальним струмом близько 300 мА і більше іноді застосовуються для захисту великих ділянок електричних мереж (наприклад, в комп'ютерних центрах), де низький поріг привів би до помилкових спрацьовувань. Такі низькочутливих **ПЗВ** виконують протипожежну функцію і не є ефективним захистом від ураження електричним струмом.

2. Пристрій ПЗВ.

Внутрішній устрій **ПЗВ** представлено на рис. 3.

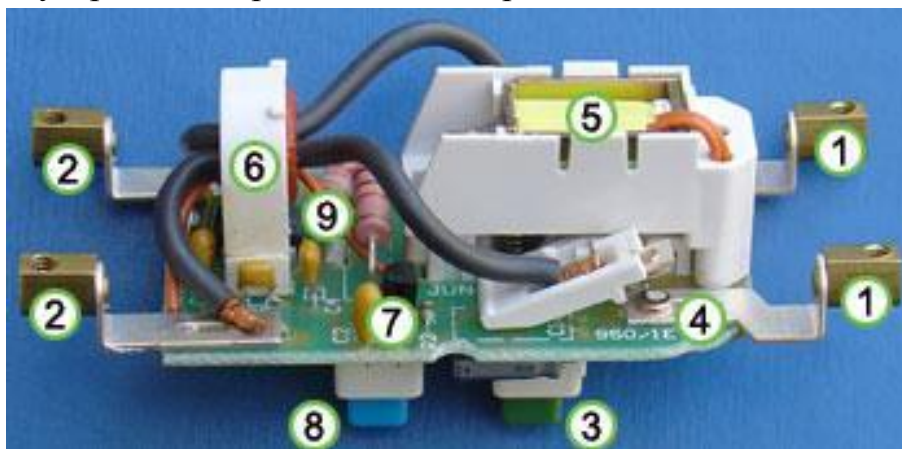


Рис 3. Пристрій **ПЗВ**

На рис. 3 показано внутрішній устрій одного з типів **ПЗВ**. Дане **ПЗВ** призначене для установки в розрив кабелю живлення, його номінальний струм 13 А, що відключає диференціальний струм 30 мА. Цей пристрій є:

- **ПЗВ** з допоміжним джерелом живлення
- які виконують автоматичне відключення при відмові допоміжне джерело

Це означає, що **ПЗВ** може бути включено тільки при наявності напруги живлення, при пропажі напруги воно автоматично відключається (така поведінка підвищує безпеку пристрої).

Фазний і нульовий провідники від джерела живлення підключаються до контактів (1), навантаження **ПЗВ** підключається до контактів (2). Провідник захисного заземлення (РЕ-провідник) до **ПЗВ** ніяк не вдається з'єднатися.

При натисканні кнопки (3) контакти (4) (а також ще один контакт, прихований за вузлом (5)) замикаються, і УЗО пропускає струм. Соленоїд (5) утримує контакти в замкнутому стані після того, як кнопка відпущена.

Котушка (6) на тороїдальним сердечнику є вторинною обмоткою диференціального трансформатора струму, який оточує фазний і нульовий провідники. Провідники проходять крізь тор, але не мають електричного контакту

з котушкою. У нормальному стані струм, поточний по фазного провідника, точно дорівнює струму, поточного по нульовому провіднику, однак ці струми протилежні за напрямком. Таким чином, струми взаємно компенсують один одного і в котушці диференціального трансформатора струму ЕРС відсутня.

Будь-який витік струму з захищається ланцюга на заземлення провідника (наприклад, дотик людини, що стоїть на мокрій підлозі, до фазного провідника) призводить до порушення балансу в трансформаторі струму: через фазний провідник «втікає більше струму», ніж повертається за нульовим (частина струму витікає через тіло людини, тобто крім трансформатора). Незбалансований струм в первинній обмотці трансформатора струму приводить до появи ЕРС у вторинній обмотці. Ця ЕРС відразу ж реєструється стежить пристроєм (7), яке відключає харчування соленоїда (5). Відключений соленоїд більше не утримує контакти (4) в замкнутому стані, і вони розмикаються під дією сили пружини, знеструмлюючи несправну навантаження.

Пристрій спроектовано таким чином, що відключення відбувається за частки секунди, що значно знижує тяжкість наслідків від ураження електричним струмом.

Кнопка перевірки (8) дозволяє перевірити працездатність пристрою шляхом пропускання невеликого струму через помаранчевий тестовий провід (9). Тестовий провід проходить через сердечник трансформатора струму, тому струм в тестовому дроті еквівалентний порушення балансу струмопровідних провідників, тобто УЗО має відключитися при натисканні на кнопку перевірки. Якщо ПЗВ не відключилася, значить воно несправне і має бути замінено.

Основні види класифікації ПЗВ.

За способом установки

- стаціонарні з монтажем стаціонарної електропроводкою
- переносні з монтажем гнучкими проводами з подовжувачами

За кількістю полюсів

- однополюсні двопровідні
- двополюсні
- двополюсні трипровідні
- триполюсні
- триполюсні чотирипровідні
- чотириполюсні

По виду захисту від надструмів і перевантажень по току

- без вбудованого захисту від надструмів
- з вбудованим захистом від надструмів
- з вбудованим захистом від перевантаження

- з вбудованим захистом від коротких замикань

За способом дії

- УЗО-Д без допоміжного джерела живлення
- УЗО-Д з допоміжним джерелом живлення:

По можливості регулювання відключає диференціального струму

- нерегульовані
- регульовані

За умовами функціонування

- УЗО-Д типу АС - пристрій захисного відключення, що реагує на змінний синусоїдальний диференціальний струм, що виникає раптово, або повільно зростаючий;

- УЗО-Д типу А - пристрій захисного відключення, що реагує на змінний синусоїдальний диференціальний струм і пульсуючий постійний диференціальний струм, що виникають раптово, або повільно зростаючі;

- УЗО-Д типу В. УЗО реагує на змінний, постійний і випрямлений диференціальні струми.

- УЗО-Д типу S - селективне (з витримкою за часом відключення), це може бути необхідно там, де використовується АВР.

- УЗО-Д типу G - то ж що і S, але з меншою витримкою часу.

Характеристики ПЗВ

Характеристики ПЗВ регламентуються нормативними документами: МЕК 755 - загальні положення; МЕК 1008 - вимикачі навантаження з розчеплювачем сумарного струму витоку; МЕК 1009 - силові вимикачі (автомати) з розчеплювачем сумарного струму.

Дані норми визначають:

- характеристики струмів витоку;
- межі та/або відхилення їх в залежності від умов довкілля;
- стійкість до механічних вібрацій та ударів;
- температуру та вологість середовища;
- електромеханічну та термічну стійкість;
- напругу випробування та імпульсну напругу;
- поведінку ПЗВ при постійній складовій у струмі пошкодження.

За чутливістю згідно нормативів ПЗВ поділяють на:

- високої чутливості (6, 10, 30 мА);
- середньої чутливості (100, 300, 500 мА);
- низької чутливості (1, 3, 10, 30 А і більше).

МЕК 1008 та МЕК 1009 визначають характеристичні криві вимкнення $t = f(I_c / I_n)$ — залежність часу вимкнення від кратності струму витoku (рис4): крива 0 для ПЗВ миттєвої дії; крива 5 для ПЗВ з витримкою часу (селективних).

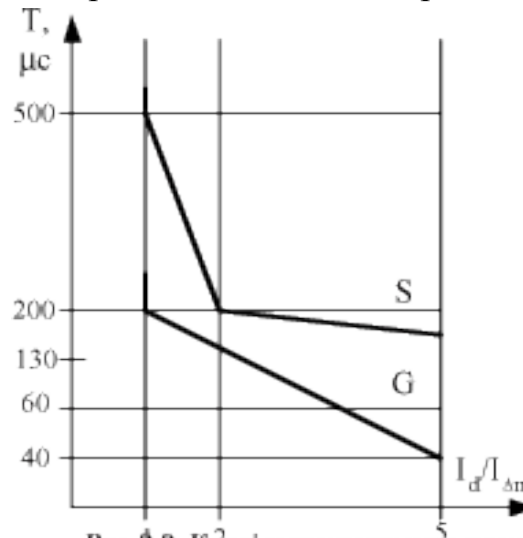


Рис.2.2. Криві максимального часу вимкнення для селективного (S) та миттєвого (G) вимикача в залежності від кратності струму витoku.

Рис. 4

Нормалізовані величини найбільшого часу спрацювання для ПЗВ миттєвої дії (типу 0) а селективних (типу 5) та найбільшого часу витримки для селективних ПЗВ (типу 5) наведено в таблиці 1.

Нормалізовані величини найбільшого часу спрацювання та найбільшого часу витримки.

Таблиця 2.1

Тип	$I_{ном}, A$	ID_n, mA	ID_n	$2ID_n$	$5ID_n$	$500 A$	Примітка
G	-	-	0,3	0,15	0,04	0,04	Максимальний час спрацювання
S	> 25	> 30	0,5	0,2	0,15	0,15	Максимальний час спрацювання
S			0,13	0,06	0,05	0,04	Найбільший час витримки

Вибір пристроїв захисного вимкнення

Пристрої захисного вимкнення призначені у першу чергу для захисту людей від ураження електричним струмом при прямому та непрямому дотику. Знати наперед, де й коли людина опиниться у зазначеній ситуації, неможливо, тому бажано охопити таким захистом усі напрямки, але у першу чергу доцільно забезпечити його для найбільш небезпечних приєднань.

До першої, найбільш небезпечної групи можна віднести - приміщення з підвищеною вологою - ванні кімнати, душові, сауни, підвали, зовнішні приєднання.

Друга група - розеткова мережа, до якої можуть приєднуватись побутові прилади (праски, тостери, холодильники, переносний електроінструмент).

До третьої групи можна віднести пристрої електроопалення, електроводонагрівання, електропечі.

В деяких випадках електроприймачі різних груп можна приєднувати до загального ПЗВ. Всі вказані групи електроприймачів відносять до першого рівня захисту. Номінальний струм витоку захисного пристрою не повинен перевищувати 30 мА, а для особливо небезпечних випадків (ванна кімната, духова тощо) рекомендуються пристрої зі струмом уставки ПЗВ рівним 10 мА.

Згідно з нормативними документами спрацювання ПЗВ може відбуватися в діапазоні струмів витоку $I_p > I_b > 0,5I_n$.

Оскільки електричним установкам в нормальному режимі притаманні струми витоку, то при підборі ПЗВ їх необхідно попередньо оцінити і порівняти з 50%-ю величиною струму уставки, яку ці струми не повинні перевищувати.

ПЗВ вибирають також за номінальним струмом та узгоджують з послідовно увімкненим автоматичним вимикачем за умовами: номінальний струм диференційного вимикача навантаження повинен бути більшим від максимального робочого струму навантаження та не повинен бути меншим від номінального струму автоматичного вимикача. Автоматичний вимикач, крім вибору за робочим струмом приєднання, вибирають також за умовами захисту (вибір типу захисної кривої В, С, О тощо), та за струмом короткого замикання. Величина допустимого струму КЗ (в амперах) автоматичного вимикача для житлово-побутових приміщень вказана на панелі приладу в прямокутнику, наприклад 6000.

Вибір апаратів за захисною характеристикою виконують з врахуванням відомостей про типи характеристик та характеру струму споживання, який визначають за типом споживача. Захисна крива має вигляд показаний на (рис. 5).

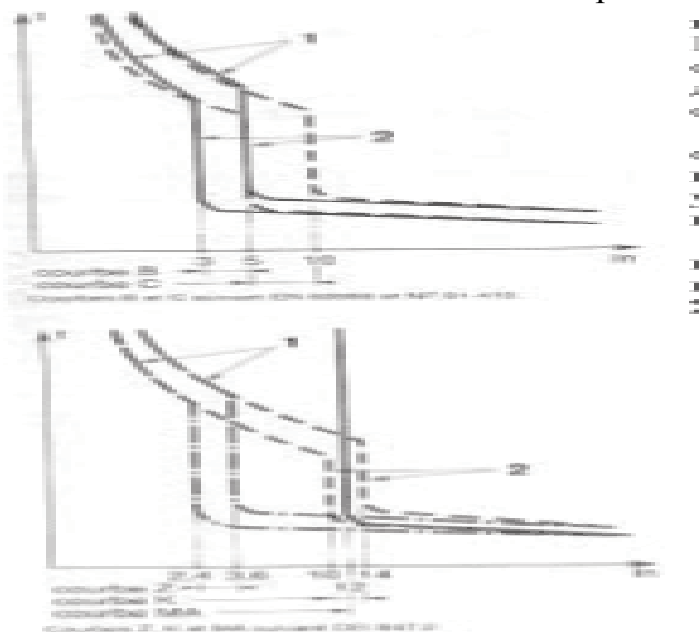


Рис. 5

Вимикачі навантаження з ПЗВ

Вимикачі навантаження з ПЗВ призначені для комутації електричних кіл вручну, а також автоматичного вимкнення у випадку появи струму витоку, який перевищує уставку. В цих апаратах відсутні тепловий та електромагнітний розчеплювачі.

За кількістю полюсів розрізняють 2 - полюсні вимикачі навантаження для однофазних відгалужень з номінальною напругою 220(240)В та 4 - полюсні для трифазних відгалужень з напругою 220/380В (240/415В).

Згідно вимог стандартів ПЗВ захищене від дії хвиль перенапруг, які виникають внаслідок удару блискавки, чи комутації потужного обладнання. Рівень захисту ПЗВ обмежений стандартною хвилею струму 250А з фронтом 8/20мс.

Для електричних кіл змінного струму випускаються ПЗВ класу АС, а при наявності чи можливості появи постійної складової в колі, яке захищається, випускають ПЗВ класу А.

Час спрацювання селективного ПЗВ (з позначкою 5) повинен бути більшим від часу спрацювання ПЗВ миттєвої дії (типу О) і відповідати вимогам нормативів, наведеним у (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Тип	Іном, А	IDn, mA	IDn	2IDn	5IDn	500 А	Примітка
G	-	-	0,3	0,15	0,04	0,04	Максимальний час спрацювання
S	>25	>30	0,5	0,2	0,15	0,15	Максимальний час спрацювання
S			0,13	0,06	0,05	0,04	Найбільший час витримки

Механічна стійкість (кількість циклів вимкнено/увімкнено) дещо відрізняється для апаратів різних фірм, але може сягати величини 20000 циклів.

Автоматичні вимикачі з ПЗВ

Автоматичні вимикачі з ПЗВ призначені для комутації електричних кіл (вручну або дистанційно при наявності відповідних пристроїв керування) та автоматичного вимкнення при перевантаженні, короткому замиканні та появі струму витоку, якщо відповідні струми перевищують уставки.

Автоматичні двополюсні вимикачі з ПЗВ відрізняються від вимикачів навантаження наявністю теплового та електромагнітного розчеплювачів максимального струму, які встановлені тільки у фазному полюсі (в нейтральному полюсі вони відсутні). Тому необхідно приймати до уваги відповідне приєднання апарату.

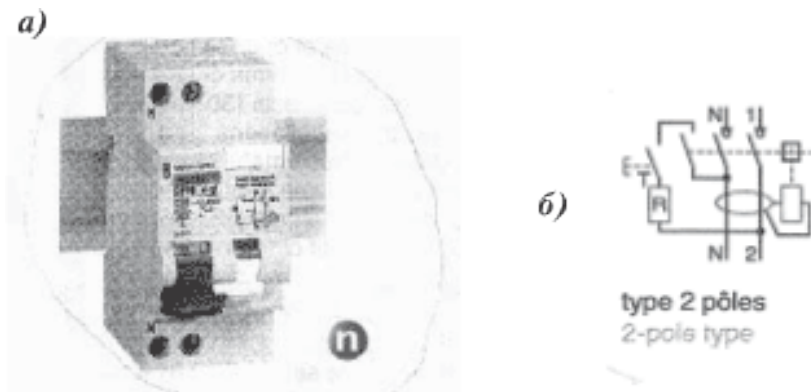
Спектр номінальних струмів цих апаратів сягає до 63А, а для окремих типів і більше. Номінальні струми спрацювання розчеплювача струму витоку відповідають стандартизованим величинам (10), 30, 100, 300, (500) mA.

На відміну від вимикачів навантаження, автомати характеризуються також комутаційною здатністю до вимикання струмів короткого замикання.

Суміщення в одному апараті функцій захисту від надструмів та від струмів витоку з дією на загальний механізм розчеплення є значною перевагою перед схемою послідовного включення автоматичного вимикача з максимальнострумівими захистами та вимикача навантаження з ПЗВ.

Основною проблемою у даному випадку є необхідність забезпечення селективності захистів. При однофазному КЗ автомат повинен спрацювати раніше ніж вимикач навантаження, контакти якого не призначені для вимкнення значних струмів КЗ. У випадку неселективної роботи чи відмові автомату вимикач навантаження може не забезпечити вимкнення таких струмів.

Зовнішній вигляд та схема двополюсного автомата з ПЗВ показані на (рис. б).



*Рис.2.8. Автоматичний вимикач з ПЗВ
а) зовнішній вигляд; б) схема.*