

ПРАВИЛА УЛАШТУВАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА

ГЛАВА 1.4

ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ І ПРОВІДНИКІВ ЗА УМОВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.4.1. Ця глава Правил улаштування електроустановок (далі - Правила) установлює вимоги щодо вибору і перевірки електричних апаратів і провідників за умов електродинамічної і термічної стійкості, а також комутаційної здатності при коротких замиканнях (КЗ) в електроустановках змінного струму частотою 50 Гц, напругою до і понад 1 кВ.

НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цій главі Правил є посилання на такі нормативні документи:

ГОСТ 30323-95 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания (Короткі замикання в електроустановках. Методи розрахунку електродинамічної і термічної дії струму короткого замикання)

СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-101: 2014 Норми технологічного проектування енергетичних систем та електричних мереж 35 кВ та вище

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цій главі Правил використано такі терміни та визначення позначених ними понять:

автоматичне повторне вмикання (АПВ)

Автоматичне повторне вмикання вимикача, який вимкнувся через

пошкодження частини електричної мережі після проміжку часу, необхідного для усунення наслідків перехідного пошкодження

електродинамічна стійкість

Здатність елементів електричних мереж витримувати механічні напруження заданої величини, що обумовлені струмами КЗ

електроустановка з великими струмами замикання на землю

Електроустановка напругою понад 1000 В, у якій струм однофазного замикання на землю більше 500 А

електроустановка з малими струмами замикання на землю

Електроустановка напругою понад 1000 В, у якій струм однофазного замикання на землю дорівнює або менше 500 А

комутаційна здатність (умикальна/вимикальна здатність)

Здатність комутаційного апарата (КА) витримати певну кількість вимикань/увімкнень. Розрізняють механічну комутаційну здатність, яка характеризує механічний ресурс КА, та електричну, яка характеризує електричний ресурс КА

перехідне пошкодження

Пошкодження ізоляції, яке лише тимчасово впливає на її діелектричні властивості, що відновлюються за короткий проміжок часу

повна тривалість вимкнення вимикача

Проміжок часу від подачі на вимикач команди на вимкнення від релейного захисту або ключа керування до погасання дуги в усіх його полюсах

термічна стійкість

Здатність елементів електричних мереж витримувати теплову дію струмів КЗ без пошкоджень протягом встановленого проміжку часу

ударний струм КЗ

Найбільше миттєве значення струму короткого замикання

швидкодіюче АПВ

АПВ, що діє впродовж приблизно 1 с після вимкнення пошкодження

ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ

У цій главі Правил застосовано такі скорочення:

- АПВ — автоматичне повторне ввімкнення;
- ЗПЕ — зшитий поліетилен;
- КЗ — коротке замикання;
- ПЛ — повітряна лінія;
- ПЛЗ — повітряна лінія із захищеними проводами;
- ПС — підстанція.

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

1.4.2. За режимом КЗ потрібно перевіряти (окрім винятків, зазначених у **1.4.3**):

1. В електроустановках напругою понад 1 кВ:

а) електричні апарати, струмопроводи, жили кабелів та їх екрани, фазні проводи повітряних ліній із захищених проводів (ПЛЗ) та інші провідники, а також опорні та несучі конструкції для них;

б) повітряні лінії електропередавання за ударного струму КЗ понад 50 кА для запобігання схльостуванню проводів за електродинамічної дії струму КЗ.

Крім того, для ліній з розщепленими проводами мають бути перевірені відстані між розпірками розщеплених проводів для запобігання пошкодженню розпірок і проводів у разі схльостування.

Проводи ПЛ, обладнаних пристроями швидкодіючого АПВ, слід перевіряти також на термічну стійкість.

2. В електроустановках напругою до 1 кВ — розподільчі щити, струмопроводи, ізольовані проводи і кабелі, силові шафи. Трансформатори струму за режимом КЗ не перевіряють.

Апарати, призначені для вимикання струмів КЗ або такі, що можуть за умовами своєї роботи вмикати короткозамкнене коло, повинні, крім того, мати здатність здійснювати ці операції за всіх можливих струмів КЗ.

Стійкими до струмів КЗ є ті апарати й провідники, які за розрахунковими умовами витримують дію цих струмів, не піддаючись електричним, механічним та іншим руйнуванням або деформаціям, що перешкоджають їх подальшій нормальній експлуатації.

1.4.3. За режимом КЗ за напруги понад 1 кВ, не перевіряються:

1. Апарати та провідники, захищені плавкими запобіжниками зі вставками на номінальний струм до 60 А, – щодо електродинамічної стійкості.

2. Апарати та провідники, захищені плавкими запобіжниками незалежно від їх номінального струму і типу, – щодо термічної стійкості.

Коло вважається захищеним плавким запобіжником, якщо його здатність до вимкнення вибрано відповідно до вимог цих Правил і він здатний вимикати найменший можливий струм аварійного режиму у цьому колі.

3. Провідники в колах до індивідуальних електроприймачів, зокрема до цехових трансформаторів загальною потужністю до 2,5 МВ·А і з обмоткою високої напруги до 20 кВ, якщо дотримано одночасно таких умов:

а) в електричній або технологічній частині передбачено необхідний ступінь резервування, виконаного таким чином, що вимкнення зазначених електроприймачів не викликає порушення технологічного процесу;

б) пошкодження провідника в разі виникнення КЗ не може викликати вибуху або пожежі;

в) можлива заміна провідника без значних труднощів.

4. Провідники до індивідуальних електроприймачів, зазначені у п. 3, а також до окремих невеликих розподільчих пунктів, якщо такі електроприймачі та розподільчі пункти є невідповідальними за своїм призначенням і якщо для них виконано як мінімум умову, наведену в пункті 3,б.

5. Трансформатори струму в колах напругою до 20 кВ, які живлять трансформатори або лінії з реакторами, у разі, коли вибір трансформаторів струму за умовами КЗ потребує такого завищення коефіцієнтів трансформації, за якого не може бути забезпечено необхідного класу точності приєднаних вимірювальних приладів (наприклад, розрахункових лічильників); при цьому з боку вищої

напруги в колах силових трансформаторів рекомендовано уникати застосування трансформаторів струму, не стійких до струму КЗ, а прилади обліку рекомендовано приєднувати до трансформаторів струму з боку нижчої напруги силових трансформаторів.

6. Проводи ПЛ (див. також **1.4.2**, п. 1,б).

7. Апарати і шини кіл трансформаторів напруги в разі розташування їх в окремій камері або за додатковим резистором, вбудованим у запобіжник чи встановленим окремо.

1.4.4. Під час вибору розрахункової схеми для визначення струмів КЗ слід виходити з передбачуваних для цієї електроустановки умов тривалої її роботи (у т.ч. ремонтні та післяаварійні схеми) та не враховувати короточасні зміни схеми цієї електроустановки, які не передбачені для тривалої експлуатації (наприклад, у разі перемикачів).

Розрахункова схема для струмів КЗ повинна враховувати перспективу розвитку зовнішніх мереж та генеруючих джерел, з якими електрично зв'язана установка, яка розглядається, на період (у відповідності до СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-101):

- 15 років – для системотвірної електричної мережі;
- 10 років – для розподільної електричної мережі;
- введення в роботу (освоєння потужності) – для мережі зовнішнього електропостачання промислових підприємств, електрифікованих ділянок залізниць, перекачувальних станцій магістральних нафтопроводів, газопроводів, видавання потужності електростанцій тощо.

При цьому дозволяється розраховувати струми КЗ наближено для початкового моменту часу.

1.4.5. Як розрахунковий вид КЗ слід приймати:

1. Для визначення електродинамічної стійкості:

а) апаратів і жорстких шин з підтримувальними та опорними конструкціями, які належать до них – трифазне КЗ (див. також **1.4.14**);

б) гнучких провідників – двофазне КЗ (див. також **1.4.14**).

2. Для визначення термічної стійкості апаратів і провідників – трифазне КЗ; на генераторній напрузі електростанцій – трифазне або двофазне залежно від того, яке з них призводить до більшого нагріву.

3. Для вибору апаратів за комутаційною здатністю в електроустановках:

а) з великими струмами замикання на землю – більше із значень, які отримують для випадків трифазного і однофазного КЗ на землю. Якщо вимикач характеризується двома значеннями комутаційної здатності – трифазною і однофазною – відповідно за обома значеннями;

б) з малими струмами замикання на землю – трифазне КЗ.

4. Для перевірки жил та екранів кабелів з ізоляцією зі зшитого поліетилену (ЗПЕ) за термічною стійкістю слід дотримуватися вимог, викладених у главі 2.3 цих Правил.

1.4.6. Розрахунковий струм КЗ слід визначати виходячи з умови можливого пошкодження в такій точці електричного кола, у якій апарати й провідники цього кола в разі КЗ знаходяться у найбільш важких умовах (винятки див. у **1.4.7** і **1.4.17**, п. 3).

Випадки одночасного замикання на землю різних фаз у двох різних точках схеми необхідно враховувати для електричних мереж з малими струмами замикання на землю під час:

а) перевірки усіх видів секціонуючих комутаційних апаратів за термічною стійкістю. Розрахунковим видом КЗ слід приймати подвійне КЗ на землю, яке відбувається в двох місцях – біля ПС (у одній фазі), від якої живиться лінія електропередавання, що секціонується, та за секціонуючим комутаційним апаратом (на другій фазі);

б) перевірки екранів кабелів з ізоляцією із ЗПЕ (у відповідності з **2.3.121**).

1.4.7. На лініях з реакторами у закритих розподільчих установках провідники та апарати, розташовані до реактора і відокремлені від збірних шин живлення (на відгалуженнях від ліній – від елементів основного кола) перегородками, перекриттями тощо, вибираються за струмом КЗ за реактором, якщо останній розташований у тій самій будівлі і з'єднання виконане шинами.

Шинні відгалуження від збірних шин до перегородок і прохідні ізолятори в перегородках повинні вибратися виходячи із сили струму КЗ до реактора.

1.4.8. Під час розрахунку термічної стійкості за розрахункову тривалість струму КЗ слід приймати суму проміжків часу:

а) дії основного захисту (з урахуванням дії АПВ), установленого біля найближчого до місця КЗ вимикача;

б) повної тривалості вимкнення вимикача (до погасання дуги в усіх полюсах).

За наявності зони нечутливості в основному захисті (за струмом, напругою, опором тощо) термічну стійкість необхідно додатково перевіряти виходячи з тривалості дії захисту, який реагує на пошкодження в цій зоні, з урахуванням повної тривалості вимкнення вимикача. При цьому у якості розрахункового струму КЗ слід приймати те його значення, яке відповідає цьому місцю пошкодження.

Трансформатори струму і струмопроводи у колах генераторів потужністю 60 МВт і більше потрібно перевіряти за термічною стійкістю виходячи з розрахункової тривалості струму КЗ, яку визначають додаванням часу дії основних захистів (у разі встановлення двох основних захистів), або основного і резервного захисту (у разі наявності останнього) та повного часу вимикання генераторного вимикача.

Комутаційні електричні апарати в колах генераторів потужністю 60 МВт і більше потрібно перевіряти на термічну стійкість по тривалості дії струму КЗ, що визначається часом спрацювання основного і резервного захистів та повним часом вимикання вимикача, яким генератор повинен відключатися під час КЗ.

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ДЛЯ ВИБОРУ АПАРАТІВ І ПРОВІДНИКІВ

1.4.9. В електроустановках напругою до 1 кВ і більше під час визначення струмів КЗ для вибору апаратів і провідників та визначення їх дії на несучі конструкції слід виходити з таких міркувань:

1. Усі джерела, які беруть участь у живленні точки КЗ, яка розглядається, працюють одночасно з номінальним навантаженням.

2. Усі синхронні машини мають автоматичні регулятори напруги та пристрої форсування збудження.

3. Коротке замикання настає в такий момент часу, за якого струм КЗ матиме найбільше значення.

4. Електрорушійні сили всіх джерел живлення збігаються за фазою.

5. Розрахункову напругу кожного класу напруги приймають на 5 % більшою за номінальну.

6. Потрібно враховувати вплив на струми КЗ приєднаних до даної мережі синхронних компенсаторів, синхронних і асинхронних електродвигунів.

Вплив асинхронних електродвигунів на струми КЗ не враховують:

а) за потужності електродвигунів до 100 кВт на один електродвигун, якщо електродвигуни відокремлені від місця КЗ одним ступенем трансформації;

б) за будь-якої потужності електродвигунів, якщо їх відокремлено від місця КЗ двома або більше ступенями трансформації або якщо струм від них може надходити до місця КЗ тільки через ті елементи, через які проходить основний струм КЗ від мережі та які мають істотний опір (лінії, трансформатори тощо).

1.4.10. В електроустановках напругою понад 1 кВ у якості розрахункових опорів слід приймати індуктивні опори електричних машин, силових трансформаторів і автотрансформаторів, реакторів, повітряних і кабельних ліній, а також струмопроводів. Активний опір слід враховувати тільки для ПЛ з алюмінієвими проводами перерізом до 95мм^2 і мідними – до 50мм^2 , а також для КЛ перерізом до 95мм^2 довжиною понад 500м.

1.4.11. В електроустановках напругою до 1 кВ в розрахункові опори слід включати індуктивні та активні опори всіх елементів кола, включаючи активні опори перехідних контактів кола. Допустимо нехтувати опорами одного типу (активними або індуктивними), якщо при цьому повний опір кола зменшується не більше ніж на 10%.

1.4.12. У разі живлення електричних мереж напругою до 1 кВ від трансформаторів під час розрахунку струмів КЗ слід виходити з умови, що підведена до трансформатора напруга незмінна і дорівнює його номінальній напрузі.

1.4.13. Елементи кола, захищеного плавким запобіжником зі струмообмежувальною дією, слід перевіряти на електродинамічну стійкість за найбільшим миттєвим значенням струму КЗ, який пропускається запобіжником.

ВИБІР ПРОВІДНИКІВ ТА ІЗОЛЯТОРІВ, ПЕРЕВІРКА НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА УМОВ ДИНАМІЧНОЇ ДІЇ СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

1.4.14. Зусилля, що діють на жорсткі шини і передаються ними на ізолятори і підтримувальні жорсткі конструкції, слід розраховувати за найбільшим миттєвим значенням струму трифазного КЗ i_y з урахуванням зсуву між струмами у фазах і без урахування механічних коливань шинної конструкції. В окремих випадках (наприклад, за граничного розрахункового механічного напруження) можуть бути враховані механічні коливання шин та шинних конструкцій.

Імпульси сили, які діють на гнучкі провідники та ізолятори, що їх підтримують, виводи й конструкції, розраховують за середньоквадратичним (за час проходження) струмом двофазного КЗ між сусідніми фазами. Для розщеплених провідників і гнучких струмопроводів взаємодію струмів КЗ у провідниках однієї й тієї ж фази визначають за діючим значенням струму трифазного КЗ.

Гнучкі струмопроводи мають перевірятися на схльостування відповідно до ГОСТ 30323.

1.4.15. Визначені розрахунком відповідно до **1.4.14** механічні зусилля, що передаються в разі виникнення КЗ жорсткими шинами на опорні та прохідні ізолятори, мають становити у разі застосування одиночних ізоляторів не більше 60 % відповідних гарантійних значень найменшого руйнівного зусилля; у разі

застосування спарених опорних ізоляторів – не більше ніж 100% руйнівного зусилля одного ізолятора.

У разі застосування шин, фази яких складено з окремих профілів (багатосмугові, з двох швелерів тощо), механічне напруження визначають як арифметичну суму напруження від взаємодії фаз і взаємодії елементів кожної шини між собою.

Найбільше механічне напруження в матеріалі жорстких шин не повинно перевершувати 0,7 тимчасового опору розриву, встановленого нормативним документом на шини.

ВИБІР ПРОВІДНИКІВ ЗА УМОВ НАГРІВУ ПІД ЧАС ВИНИКНЕННЯ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

1.4.16. Температура нагріву провідників під час КЗ не повинна перевищувати гранично допустимі значення, унормовані **1.3.2** цих Правил.

Перевірку **РЕ** проводів на нагрів струмами КЗ потрібно виконувати з урахуванням **1.7.138** цих Правил.

Допустимі температури проводів і кабелів у разі КЗ, які не наведено в цих главах, визначають за документами виробника провідниково-кабельної продукції.

1.4.17. Перевірку ізольованих проводів і кабелів на нагрів струмами КЗ у випадках, передбачених **1.4.2** і **1.4.3**, потрібно проводити для:

- 1) одиночних кабелів однієї монтажної довжини, виходячи з того, що КЗ виникло на початку кабелю;
- 2) одиночних кабелів зі ступінчастими перерізами по довжині, виходячи з КЗ на початку кожної ділянки нового перерізу;
- 3) пучка з двох і більше паралельно увімкнених кабелів, виходячи з того, що КЗ виникло безпосередньо за пучком.

Під час перевірки потрібно враховувати температуру оточуючого середовища, нагрів ізольованих проводів і кабелів струмом режиму, який передус КЗ, та нагрів струмовідних частин, розташованих просто неба, сонячним випромінюванням.

1.4.18. Під час перевірки на термічну стійкість апаратів і провідників ліній, обладнаних пристроями швидкодіючого АПВ, слід враховувати підвищення температури нагріву через збільшення сумарної тривалості проходження струму КЗ по таких лініях.

Розщеплені проводи ПЛ під час перевірки за термічною стійкістю потрібно розглядати як один провід сумарного перерізу.

ВИБІР АПАРАТІВ ЗА КОМУТАЦІЙНОЮ ЗДАТНІСТЮ

1.4.19. Вимикачі з номінальною напругою понад 1 кВ слід вибирати:

1) за вимикальною здатністю з урахуванням параметрів відновлювальної напруги;

2) за вмикальною здатністю. При цьому вимикачі генераторів, установлені з боку генераторної напруги, перевіряють тільки на несинхронне вмикання в умовах протифази.

1.4.20. Запобіжники слід вибирати за вимикальною здатністю. При цьому у якості розрахункового струму слід приймати діюче значення періодичної складової початкового струму КЗ без урахування струмообмежувальної здатності запобіжників.

1.4.21. Вимикачі навантаження слід вибирати за гранично допустимим струмом, який виникає в разі їх увімкнення на КЗ.

1.4.22. Роз'єднувачі не потрібно перевіряти за комутаційною здатністю у разі виникнення КЗ. У разі використання роз'єднувачів для вимкнення-увімкнення ненавантажених ліній, ненавантажених трансформаторів або зрівняльних струмів паралельних кіл роз'єднувачі слід перевіряти за режимом такого вимкнення-увімкнення.