



УДК 621.311

RELIABILITY OF PROTECTION OF ELECTROTECHNICAL COMPLEXES**НАДІЙНІСТЬ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ****Fedoriv M./ Федорів М.Й.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.***Kurlyak P./ Курляк П.О.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.**Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,**15 Karpatska Str, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,**вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019*

Анотація. Стаття присвячена окремим питанням підвищення надійності складних електротехнічних комплексів засобами диференційного захисту. Надійність пристроїв захисту має велике значення, так як відмова в функціонуванні даних пристроїв може спричинити серйозні втрати. Зосереджено увагу на правильній організації процесу обслуговування захисту. Акцентовано на оцінці надійності захисту методом ланцюгів Маркова, що має ряд переваг над іншими способами.

Ключові слова: електротехнічний комплекс, надійність, диференційний захист, метод ланцюгів Маркова.

Вступ.

Проблема надійності електричних станцій, підстанцій, ліній електропередач, електричних мереж і систем – одна з першочергових проблем енергетики. В окремих енергетичних системах число аварій протягом року досягає декількох десятків, а річний обсяг електричної енергії, яку не отримав споживач в результаті аварій – декількох мільйонів кіловат-годин. Сумарна потужність генераторів, що одночасно простоюють в аварійному ремонті, становить мільйони кіловат. При такій високій аварійності в енергосистемах оцінка надійності окремих видів устаткування й установок, пошук шляхів підвищення надійності як у ході експлуатації, так і при проектуванні стають першочерговими завданнями.

Основний текст.

Надійність роботи електротехнічного комплексу (ЕТК) безпосередньо залежить від надійності роботи його захисту. Надійність – властивість об'єкта виконувати задані функції у заданому обсязі за певних умов функціонування. Щодо захисту під об'єктом розуміється шафа або панель захисту, окремо взятий елемент – пристрій захисту, реле.

Надійність системи закладається на стадії проектування, а потім відображається в закінченому виробі на стадії його виготовлення, але реалізується вона тільки при експлуатації виробів, так як саме від експлуатаційної надійності залежить народногосподарський ефект того чи іншого електричного обладнання, тої чи іншої системи. Тому найбільш повно і достовірно кількісні показники надійності можуть бути визначені в результаті статистичної обробки інформації, одержаної при експлуатації виробів серійного виробництва. Надійність пристроїв захисту має велике значення, так як відмова



в функціонуванні даних пристроїв може спричинити серйозні втрати.

Відмови системи захисту можуть виникати: в процесі перевірки його справності персоналом при виведеному з роботи захисті; в процесі автоматичної або автоматизованої перевірки справності без виведення пристрою з роботи; якщо в результаті появи несправностей відбувається неправильна робота системи захисту (відмови в функціонуванні).

Визначальною особливістю техніки надійності релейного захисту - необхідність розрізняти надійність спрацьовування і надійність неспрацьовування [1]. З обліком особливостей аналізованого централізованого диференційного захисту, розрахунки найбільш оптимально вести для двох груп відмов в функціонування:

- хибні спрацьовування (при відсутності короткого замикання (КЗ) на об'єкті, що захищається, - режим чергування);
- відмови в спрацьовуванні (при пошкодженні на об'єкті, що захищається).

Поділ на дві групи виконується в зв'язку з тим, що захист неоднаково веде себе при різних режимах. Якщо в режимі чергування (при відсутності КЗ в системі) в захисті з'явилася несправність, здатна самотійно призвести до його хибного спрацьовування, та виконуються умови прояву цієї несправності, то така несправність відразу ж призводить до відмови в функціонуванні - хибного спрацьовування захисту.

Якщо ж у захисті з'явилася несправність, здатна призвести до відмови в спрацьовуванні, то зазвичай відразу ж відмови у функціонуванні немає. Для цього потрібно, щоб пошкодження на елементі, що захищається, мало місце одночасно з наявністю в захисті відповідної несправності. Таким чином, в режимі при пошкодженні на об'єкті, що захищається, до появи відмов в функціонуванні може привести лише поєднання двох подій: наявності у захисті відповідної несправності та виникнення пошкодження на об'єкті, що захищається.

Таким чином, можна сказати, що при виникненні КЗ в електричній системі, захист веде себе як система масового обслуговування, і функціонує «по вимозі». Самі ж вимоги виникають випадковим чином.

Цей підхід також описується низкою зарубіжних науковців, зокрема [2].

На відміну від методик розрахунку, застосовуваних для пристроїв на електромеханічній елементній базі, в розрахунках не враховуються зайві спрацьовування (режим зовнішніх КЗ, при пошкодженні поза зоною захисту). Це пов'язано з тим, що зайве спрацьовування диференційного захисту може статися через похибки трансформатора струму (ТС), несправності вторинних струмових ланцюгів і неправильно вибраних уставок. З урахуванням особливостей аналізованого захисту, який представляє собою повністю готовий мікропроцесорний пристрій, має свої показники надійності, а також приймаючи, що обладнання (ТС) обрано коректно, уставки спрацьовування розраховані правильно, виходить, що розрахунки доцільно вести тільки для двох груп відмов в функціонуванні.

Велике значення при розрахунку показників надійності має облік



відновлення – перехід з несправного стану в справний. Під відновленням справності зазвичай розуміється ремонт.

Час відновлення T_e може бути визначено наступним чином:

$$T_e = T_{\text{виявл.}} + T_{o.o.} + T_{\text{в.в.}}, \quad (1)$$

де $T_{\text{виявл.}}$ – час виявлення пошкодження; $T_{o.o.}$ – час очікування обслуговування; $T_{\text{в.в.}}$ – час відновлення працездатності.

Несправність, що з'явилася у пристрої захисту, може бути виявлена далеко не відразу, якщо вона не призвела до помилкового спрацьовування. Несправність може ніяк себе не проявити і залишитися непоміченою, наприклад, до того моменту часу, коли на силовому об'єкті з'явиться коротке замикання.

Час очікування обслуговування $T_{o.o.}$ залежить від умов експлуатації і режиму обслуговування на енергооб'єкті.

Час усунення несправності $T_{\text{усун.}}$ включає в себе пошук несправного елемента в межах системи, що обслуговується, і безпосередньо час ремонту. Якщо ж йдеться про відновлення працездатності шляхом автоматичного виведення з роботи пошкодженого блоку і введення замість нього в роботу справного блоку захисту, то час усунення несправності може бути дуже малим й наближатися до нуля.

Важливий складник потоку відновлень є потік профілактичних перевірок, періодичність та обсяг яких встановлюються відповідними інструкціями. Повні профілактичні перевірки проводять на панелях і шафах релейного захисту з періодичністю раз в 3-8 років в залежності від місця розташування і умов експлуатації. Пошкоджені блоки та модулі, а також елементи, які виробили свій ресурс, при цьому замінюють на справні.

Своєрідними перевітками працездатності захисту є КЗ на устаткуванні, що захищається або в прилеглий частині електричної системи. Якщо при пошкодженні на об'єкті, що захищається, при якому пристрій має спрацювати, він не спрацював, то зазвичай проводять повну перевірку працездатності відповідного пристрою захисту.

Для оцінки надійності захисту застосовують метод ланцюгів Маркова, що має ряд переваг над іншими способами. Процеси зміни станів системи, на які в основному впливають випадкові відмови окремих елементів, описуються з використанням пуасонівських випадкових процесів (рідкісні випадкові явища). При показниковому розподілі часу між відмовами і показниковому розподілі тривалості станів відмов створюються можливості застосування добре розробленого апарату теорії масового обслуговування - апарату так званих марківських випадкових процесів.

Процес називається марківським, якщо стан елемента або системи в майбутньому залежить тільки від стану в даний момент часу і не залежить від того, яким чином елемент прийшов в цей стан.

Більшість інших методів дозволяють розрахувати лише встановлені значення такого показника, як коефіцієнт неготовності – ймовірність того, що об'єкт виявиться в непрацездатному стані в довільний момент часу, крім



запланованих періодів, впродовж яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається.

Висновки.

Таким чином, самі КЗ на устаткуванні не є подіями, що відновлюють працездатність захисту, але неправильна поведінка захисту при таких КЗ призводить до відновлення працездатності.

При правильній організації процесу обслуговування захисту будь-яка його відмова у функціонуванні має призводити до повної перевірки справності. Наприклад, після помилкового спрацьовування має бути усунений не тільки дефект, що привів до хибного спрацьовування, але також і інші несправності і дефекти, які до моменту перевірки нагромадились в схемі захисту.

Література:

1. Надійність електропостачання. Навчальний посібник / М.Й. Федорів, М.І.Михайлів – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. –183 с.
2. Khurram A. Reliability Analysis of Protective Relays in Power Distribution Systems / A. Khurram, H. Ali, A. Tariq, O. Hasan // 18th International Workshop on. Formal Methods for Industrial Critical Systems (FMICS-2013), Springer LNCS 8187, Madrid, Spain, pp. 169-183.
3. Шалин А.И. Надежность и диагностика релейной защиты энергосистем / А.И. Шалин. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 549с. Федорів М.Й. , 4. 4. Федорів М.Й.,Галушак І.Д., Проблема підвищення надійності релейного захисту в електроенергетичних системах. Sworld – International scientific integration: Збірник матеріалів конференції , 2020 с.92-94 (9-10 листопада) (Index Copernicus).

***Abstract.** The article is devoted to some issues of increasing the reliability of complex electrical systems by means of differential protection. The reliability of protection devices is important, as failure of these devices can cause serious losses. The focus is on the proper organization of the protection service process. Emphasis is placed on assessing the reliability of protection by the Markov chain method, which has a number of advantages over other methods.*

***Key words:** electrotechnical complex, reliability, differential protection, Markov circuit method.*