Рубаненко О. Є.
Мисенко С. В.

Вінницький національний технічний університет

Рубаненко О. О.

Вінницький національний аграрний університет

Rubanenko A. E.
Misenko S. V.

Vinnytsya National Technical University

Rubanenko E. A.

Vinnytsya National Agrarian University

УДК 621.316.001

ВПЛИВ ВІБРАЦІЇ КОНТАКТІВ НА ПОДАЛЬШУ РОБОТУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИМИКАЧІВ

Анотація. *Обґрунтовується необхідність вдосконалення методів та засобів технічного діагностування високовольтних вимикачів для підвищення їх надійності в умовах експлуатації. Наведені основні причини виникнення вібрацій контактів вимикачів в процесі експлуатації, головна серед яких є недостатній вжим рухомих контактів. Також досліджено вплив та наслідки вібрацій на вимикачі різних типів. Показано вплив вібрації контактів на подальшу роботу вимикача: який полягає в повторному загорянні електричної дуги, всередині якої в плазмі розвивається температура від 6000 до 10000 °С. Високовольтна дуга має характерний голубий відтінок, який підкреслюється світленням іонів міді, яка випаровується з контактів. Побічним ефектом випаровування є осідання парів металів на ізолюючі елементи, що знижує електричну міцність ізоляційного проміжку. Також при повторному загорянні електричної дуги збільшується площа шероховатості поверхні контактів, що призводить до збільшення перехідного опору постійного струму контактів та їх нагрівання. Представлена графічна інтерпретація залежності ходу від часу оливного вимикача на конкретному прикладі. Представлена графічна інтерпретація залежності швидкості розмикання контактів від відстані, яка характеризує операцію відключення вимикача з поганим центруванням дугогасильних камер полюса і жорсткою роботою буфера із-за зайвого масла, що знаходиться в ньому.*

Ключові слова: *високовольтний вимикач, діагностування, рухомий контакт, приводний механізм, швидкісні характеристики, вібрації контактів, перенапруги.*

Вступ. На цей час на об'єктах електроенергетики в експлуатації знаходиться велика кількість різних типів високовольтних вимикачів, а саме: оливні, повітряні, вакуумні та елегазові, до яких під час приймально-здавальних робіт після виконання капітальних та поточних ремонтів, технічного обслуговування та монтажу нового обладнання пред'являються різні вимоги та перевірка їх технічних характеристик з занесенням в протоколи випробувань. До таких характеристик відноситься і різночасність змикання контактів (від першого вібраційного змикання до припинення вібрації контактів) [1]. Метою роботи є дослідження впливу вібрації контактів на роботу вимикача та вдосконалення методів діагностування високовольтних вимикачів з врахуванням цього впливу.

Причини і наслідки виникнення вібрації контактів. Під час операції вмикання зменшується між контактами ізоляційний проміжок, і між ними збільшується напруженість електричного поля в контактному проміжку, що приводить до іскріння і пробою [1].

При ударі контактів друг об друга вивільняється кінетична енергія і пружини контактів починають коливатись (вібрації контактів). При вібраціях контакти розходяться на незначну відстань, при цьому в ізоляційних проміжках з'являються електричні пробої.

В процесі комутації у випадку неодночасності замикання/розмикання контактів виникають короткочасний неповнофазний режим, під час якого можуть проходити перенапруги високої кратності. З збільшенням неодночасності замикання

контактів, яка в свою чергу частково залежить від вібрації контактів, перенапруги збільшуються.

Контакти при зіткненні можуть відскакувати у випадку відсутності достатнього демпфуючого ефекту. При цьому проходить обрив струму дуги з виникненням одиничних і багатьох високочастотних пробоїв. Характеристики вібрації контактів є механічні і можуть бути оцінені на осцилограмах швидкісних характеристик, які є найбільш інформативними при представлені результатів випробувань.

Аналіз результатів випробувань високовольтних вимикачів. Найбільш інформативним представленням результатів випробувань високовольтних вимикачів, з подальшим виявленням дефектів під час руху його рухомих елементів є графічна форма представлення залежностей: швидкість в момент вмикання-вимикання, максимальна швидкість, швидкість в заданій точці, залежність швидкості від часу, залежність ходу від часу, залежність швидкості від ходу [2-5].

На рисунку 1 представлений графік залежності ходу від часу оливного вимикача типу МКП-110 М-1000/630.

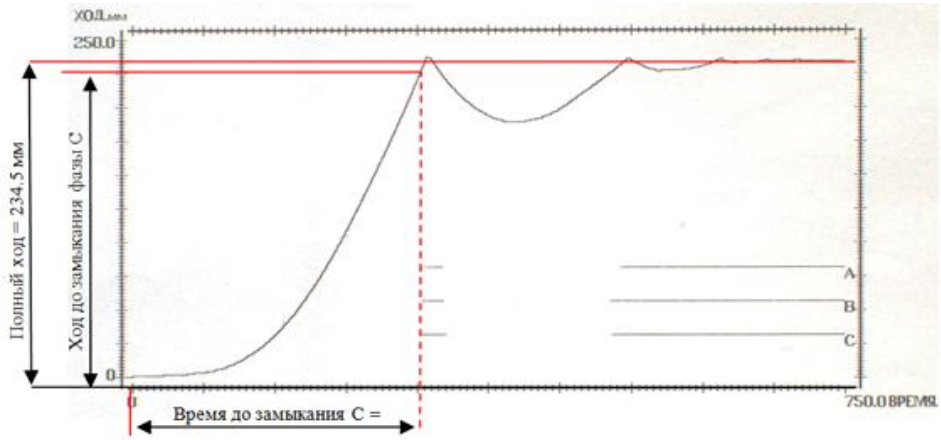

Рис. 1. Залежність ходу від часу

Скачки траверзи в кінці руху пов'язані з несправністю масляного буфера та відсутністю вжиму. Така несправність вимикача небезпечна тим, що при не працюючому масляному буфері механізм вимикача випробовує великі динамічні навантаження, які можуть привести до його поломки.

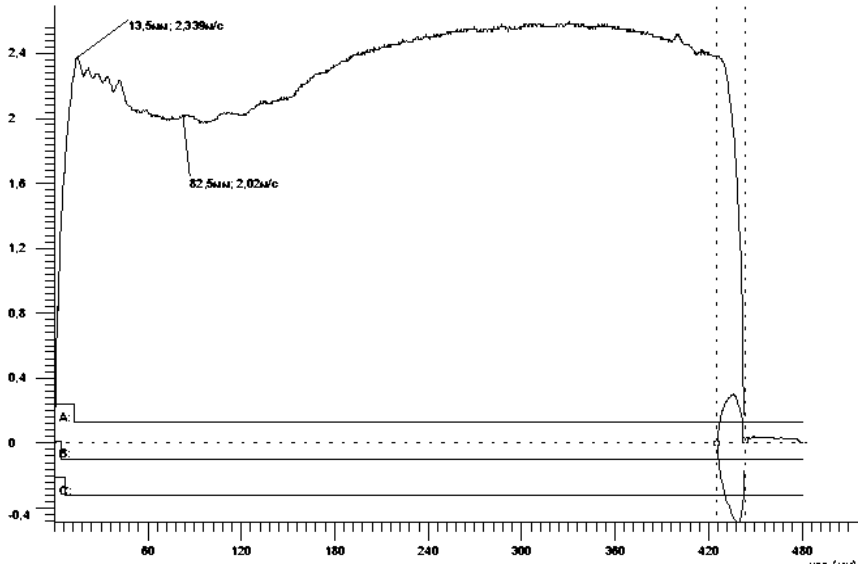

Рис. 2. Залежність швидкості від відстані

На рис. 2 представлена операція відключення вимикача з поганим центруванням дугогасильних камер полюса і жорсткою роботою буфера із-за зайвого масла, що знаходиться в ньому. Погана центровкадугогасильних камер полюса виявляється в затиранні пересувних контактів під час їх руху в дугогасильних камерах (див. маркери на ході 13,5 мм і 82,5 мм на графіку). Після припинення роботи пружин контактів, зусилля одних вимикаючих пружин виявляється вже недостатньо для подальшого розгону траверси. Така несправність небезпечна тим, що подальше погіршення центровки може привести до відмови в увімкненні полюса вимикача або в неповному увімкненні. Виявляється несправність спеціальними приладами контролю вимикачів або ретельним оглядом при розбиранні і ремонті вимикача. Жорстка робота буфера виявляється в появі відскоку траверси на початковій ділянці ходу буфера.

У повітряних вимикачів типу ВВ-330Б-31,5/2000, ВВШ-110-25/2000, ВВН-110-6-31,5/2000 вимірюється тільки час вібрації за допомогою таких приладів як АРВВН, Рекон-066, ПКВ-У3,оскільки швидкісні характеристики, враховуючи конструктивні особливості, неможливо визначити.

На рисунку 3 показана осцилограма вмикання повітряного вимикача типу ВВН-110-6-31,5/2000.

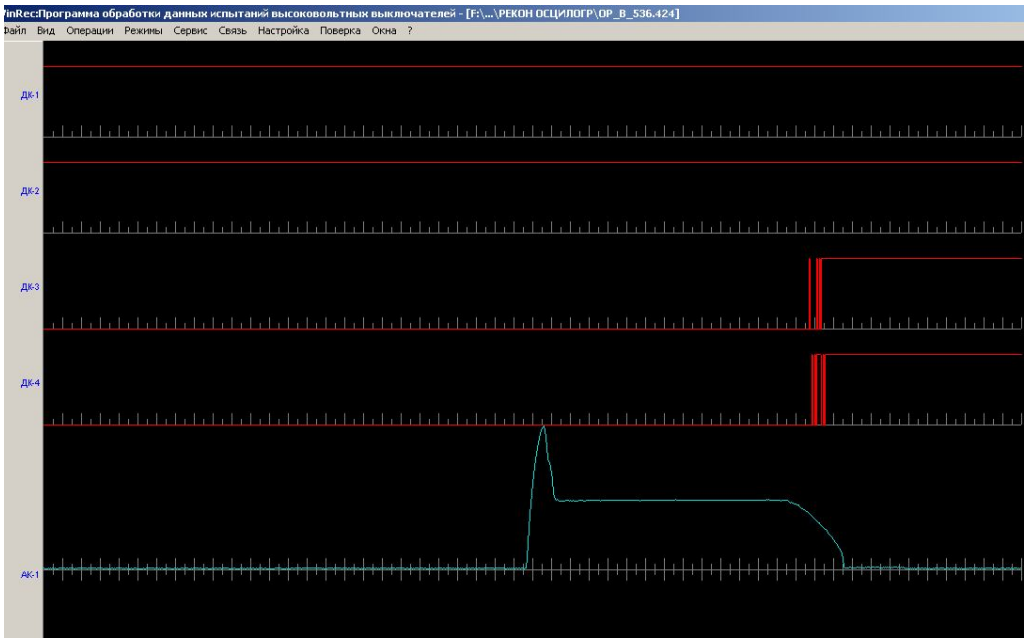

Рис 3. Осцилограма вмикання повітряного вимикача типу ВВН-110-6-31,5/2000

Як видно з рисунку 3 під час вмикання повітряного вимикача мали місце вібрації контактів. Причинами вібрації контактів таких типів вимикачів є втрата характеристик пружин рухомих та нерухомих контактів та малий вжим рухомих контактів.

На елегазових вимикачах в основному використовують пружинні привода [5]. Під час операції вмикання і вимикання в кінці руху рухомого контакту залишкова кінетична енергія пружин вмикання або вимикання витрачається на амортизатор вмикання або вимикання. Тому рівень вібрації контактів елегазових вимикачів дуже малий.

При вібрації контактів повторно загоряється електрична дуга, всередині якої в плазмі розвивається температура від 6000 до 10000 °С. Високовольтна дуга має характерний голубий відтінок, який підкреслюється світінням іонів міді, яка випаровується з контактів. Побічним ефектом випаровування є осідання парів металів на ізолюючі елементи, що знижує електричну міцність ізоляційного проміжку.

Також при повторному загорянні електричної дуги збільшується площа шероховатості поверхні контактів, що призводить до збільшення перехідного опору постійного струму контактів та їх нагрівання.

Визначення рівня вібрації контактів. Максимальний приріст температури, обумовлений наявністю контакту може бути розрахований за рівнянням [2]:

$$\Delta\nu_k = \frac{\Phi_x}{\sqrt{kS\lambda F}}, \quad (1)$$

де S– периметр перерізу ділянки , F– площа поперечного перерізу струмопроводу, k – коефіцієнт тепловіддачі, λ – питома теплопровідність середовища, Φ_x – величина теплового потоку знаходиться за формулою:

$$\Phi_x = \frac{1}{2} I^2 R_k, \quad (2)$$

де I – струм, що протікає через контакт, R_k – перехідний опір контактів, який визначається:

$$R_k = c_k \rho H_B^{0.5} p_k^m, \quad (3)$$

де ρ – питомий опір, Ом·см·10^{-8}; H_B – твердість металу по Бринеллю, кгс/см^2; $P_к$ – контактний тиск, кгс.

Коефіцієнт $c_к$ – залежить від обробки контактної поверхні. При розрахунку контактів вимикача слід виходити із грубої і дуже грубої зачистки, при яких відповідно $c_к$=2÷3. Показник степеня mзалежить від контактного тиску і стану робочої поверхні контакту. У випадку явно вираженої пластичної деформації можна прийняти m=0,5.

Як видно з формули (1) максимальний приріст температури нагріву контактних з'єднань в значній мірі залежить від теплового потоку, який в свою чергу залежить від перехідного опору контактів. Перехідний опір залежить від шороховатості контактів, яка з'являється під час як горіння електричної дуги так і від вібрації контактів під час комутування номінальних струмів.

Рівень вібрації контактів найкраще визначати з швидкісних характеристик рухомих контактів високовольтних вимикачів. Проте визначення швидкісних характеристик на елегазових та повітряних вимикачах обмежено конструктивними особливостями. Тому було запропоновано контролювати струм тестового високочастотного сигналу, що проходить між контактами вимикача під час його роботи. Визначення швидкісних характеристик дасть можливість визначати як рівень вібрації контактів так роботу привідного механізму.

Висновки

Надійність роботи високовольтних вимикачів в значній мірі залежить від рівня вібрації рухомих контактів. Причинами вібрацій є втрата технічних характеристик пружин рухомих контактів, відсутність вжиму контактів, неправильній роботі оливного буфера та інші.

Всі ці дефекти в роботі можливо визначати з швидкісних характеристик. Перспективним є вдосконалення методу контролю швидкісних характеристик шляхом контролю струму тестового сигналу, що проходить між контактами вимикача під час його вмикання або вимикання.

Список використаних джерел

1. Норми випробовувань електрообладнання: СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007. – К. : ГРІФРЕ, М-во палива та енергетики України. Об'єднання енергетичних підприємств, ДП МОУ «Воєнне видавництво України «Варта», 2007. –262 с. (Нормативний документ мінпаливенергоУкраїни. Норми).

2. Кукеков Г.А. Выключатели переменного тока высокого напряжения / Л.: Энергия, 1972. 336 с.

3. Кутін В.М. Вдосконалення методів діагностування високовольтних вимикачів / Рубаненко О.Є., Мисенко С.В. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. № 1. С. 109-112.ISSN 1997-9266.

4. Кутин В.М. Диагностирование электрооборудования электрических систем: Учеб. Пособие / В.М. Кутин, В.И. Брейтбурд. – К. : УМК ВО, 1991. – 104 с.

5. Рубаненко О. Є. Вдосконалення методів і засобів діагностування високовольтних вимикачів: монографія / О.Є. Рубаненко. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 188 с.

Список джерел в транслітерації

1. Normy vyprobovuvan' elektroobladnannya: SOU-N EE 20.302:2007. – K. : HRIFRE, M-vo palyva ta enerhetyky Ukrayiny. Ob"yednannya enerhetychnykh pidpryyemstv, DP MOU «Voyenne vydavnytstvo Ukrayiny «Varta», 2007. – 262 s. (Normatyvnyy dokument minpalyvenerhoUkrayiny. Normy).

2. Kukekov H.A. Vyklyuchately peremennoho toka vusokoho napryazhenyya / L.: Эnerhyya, 1972. 336 s.

3. Kutin V.M. Vdoskonalennya metodiv diahnostuvannya vysokovol'tnykh vymykachiv / Rubanenko O.Ye., Mysenko S.V. // Visnyk Vinnyts'koho politekhnich-noho instytutu. – 2012. #1. C.109-112.ISSN 1997-9266.

4. Kutyn V.M. Dyahnostyrovanye эlektrooborudovanyya эlektrycheskykh system: Ucheb. Posobye / V.M. Kutyn, V.Y. Breytburd. – K. : UMK VO, 1991. – 104 s.

5. Rubanenko O. Ye. Vdoskonalennya metodiv i zasobiv diahnostuvannya vysokovoltnykh vymykachiv: monohrafiya / O.Ye. Rubanenko. – Vinnytsya: VNTU, 2012. – 188 s.

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИИ КОНТАКТОВ НА ПОСЛЕДУЮЩУЮ РАБОТУ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Аннотация. *Обосновывается необходимость совершенствования методов и средств технического диагностирования высоковольтных выключателей для повышения их надежности в условиях эксплуатации. Приведены основные причины возникновения вибраций контактов выключателей в процессе эксплуатации, главная среди которых недостаточный вжим подвижных контактов. Также исследовано влияние и последствия вибраций на выключатели разных типов. Показано влияние вибрации контактов на последующую работу выключателя: какой заключается в повторном загорании электрической дуги, внутри которой в плазме развивается температура от 6000 до 10000 °С. Высоковольтная дуга имеет характерный голубой оттенок, который подчеркивается свечением ионов меди, которая испаряющаяся из контактов. Побочным эффектом испарения является оседание паров металлов на изолирующие элементы, что, в свою очередь, снижает электрическую прочность изоляционного промежутка. Также при повторном загорании электрической дуги увеличивается площадь шероховатости поверхности контактов, которая приводит к увеличению переходного сопротивления постоянного тока контактов и их нагревания. Представлена графическая интерпретация зависимости хода от времени масляного выключателя на конкретном примере. Представлена графическая интерпретация зависимости скорости размыкания контактов от расстояния, которое характеризует операцию отключения выключателя с плохим центрированием дугогасильных камер полюса и жесткой работой буфера из-за лишнего масла, которое находится в нем.*

Ключевые слова: *высоковольтный выключатель, диагностирование, подвижный контакт, приводной механизм, скоростные характеристики, вибрации контактов, перенапряжения.*

CONTACT BOUNCE INFLUENCE ON LATER WORK HIGH-VOLTAGE SWITCHES

Annotation. *The necessity to improve the methods and tools of technical diagnostics of high voltage switches to increase their reliability in operation. The main cause of the vibration switch contacts during the operation, the main among them is not enough vzhim moving contacts. Also investigated the effect of vibrations and impacts on different types of switches. Shows the effect of contact bounce on the subsequent work of the switch: which is to re-ignition of the arc, in which the plasma temperature is evolving from 6000 to 10000 ° C. High-arc has a distinctive blue color that highlights the glow of the copper ions, which evaporates from your contacts. A side effect of evaporation is vapor deposition of metals on the insulating elements, which in turn reduces the dielectric strength of the insulation gap. Also, when the arc is lit again increases roughness contact surface area which leads to an increase in transient DC resistance and contact heating. Represented by graphical interpretation depending on the time course of oil circuit breaker with a concrete example. Represented by graphical interpretation of the contact opening speeds depending on the distance that characterizes the operation of the circuit breaker with poor centering arcing pole cameras and hard work of the buffer due to excess oil that is in it.*

Key words: *high voltage switch, diagnosing, rolling contact, drive mechanism, high-speed performance, vibration contacts surge.*