

СТАТИСТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ОПОРУ ІЗОЛЯЦІЇ МЕРЕЖ ОПЕРАТИВНОГО ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Досліджено можливість встановлення закономірностей зміни опору ізоляції мереж оперативного постійного струму гідроелектростанцій. Встановлено, що найчастішим видом порушень в цих мережах є замикання одного полюса на землю. Проаналізовано існуючі методи і пристрої загальномережевого контролю ізоляції, та визначено обмеження області їх застосування. Визначено аналітичні залежності імовірностей зменшень опорів ізоляції мереж оперативного постійного струму гідроелектростанцій від контрольованих параметрів та побудована залежність імовірності вірного прогнозування зменшення опору полюса до 20 кОм в залежності від величини попереднього короткочасного зменшення цього опору. Запропоновано використовувати встановлені залежності при завчасному прогнозуванні зменшень опору ізоляції до уставки спрацьовування пристрою контролю ізоляції, що дозволить експлуатаційному персоналу електричних станцій, електроенергетичних систем та підприємствам електричних мереж вжити заходів, щодо ліквідації місць з потенційно-ненадійною ізоляцією, підвищить надійність роботи пристроїв релейного захисту та автоматики. Розроблено метод вибору оптимальних значень діагностичних параметрів для пристроїв загальномережевого контролю ізоляції мереж оперативного постійного струму.

Ключові слова: мережа оперативного постійного струму, опір ізоляції, гідроелектростанція.

O.E. RUBANENKO, I.A. GUK, I.O. RUBANENKO

Vinnitsia national technical university

STATISTICAL STUDY PATTERNS OF CHANGE INSULATION RESISTANCE OF THE OPERATIVE DC HYDROPOWER

The possibility of establishing patterns of change in the insulation resistance of the operative dc hydroelectric power. Established that the most common type of violations in these networks is the closure of one pole to the ground. The existing methods and of general network control isolation, and certainly restrict their use. Definitely analytical dependence probability decreases the insulation resistance of the operative dc Hydropower of controlled parameters and based dependency probability correct prediction of drag reduction Pole to 20 ohms depending on the size of the previous short-term reduction of resistance. A use established depending Stay predicting reductions in insulation resistance to actuation setpoint control device isolation, enabling operational staff to power plants, electric power systems and electrical grids businesses to take action on elimination of places with potentially unreliable insulation will increase the reliability of relay protection and automation. The method of selecting the optimal values of diagnostic parameters for devices of general network control isolation of the operative DC.

Keywords: Network Operations DC insulation resistance, hydropower.

Вступ

Складні умови експлуатації електричних мереж обумовлюють виникнення аварій, які часто стають причиною не тільки економічних втрат, але й людських жертв. Мережі оперативного постійного струму (МОПС) електричних станцій і підстанцій призначені для живлення пристроїв релейного захисту і автоматики, відповідальних механізмів власних потреб, аварійного освітлення, котушок увімкнення та вимкнення високовольтних вимикачів і т.п, приклад ізоляції яких наведено на рис.1. Відповідальність таких споживачів висуває високі вимоги до надійності до МОПС.



а)



б)



в)

Рис. 1. Види ізоляції мереж оперативного постійного струму: а) ПВХ; б) гумова; г) паперова

Дослідження пошкоджуваності МОПС електричних станцій і підстанцій свідчать про те, що найчастішим видом порушень в цих мережах є замикання одного полюса на землю. Враховуючи час експлуатації підстанцій та старіння ізоляції МОПС, варто прогнозувати зростання таких видів дефектів.

Незважаючи на велику кількість розробок, сьогодні найбільш широко експлуатуються пристрої загальномережевого контролю ізоляції «УКИ-1». Побудовані на основі мостової вимірювальної схеми, вони реагують на порушення симетрії опорів полюсів МОПС відносно землі і не можуть забезпечити чутливість

20 кОм [1, 2] при близьких до симетричних зменшеннях опорів ізоляції полюсів. У відповідності до [2] в разі спрацювання «УКИ-1» на протязі 8 годин має бути з'ясована причина та відновлена нормована величина опору полюсів відносно землі. І хоча з [3] цей пункт виключено, актуальність проблеми підвищення надійності МОПС, швидкого пошуку місць однополюсних замикань, надійності МОПС не зменшилась. На цей час припиняються регламентні роботи в МОПС. Широко використовуваним методом пошуку місця зі зменшеним опором ізоляції полюсів є метод послідовних відключень, як показано на рис. 3.

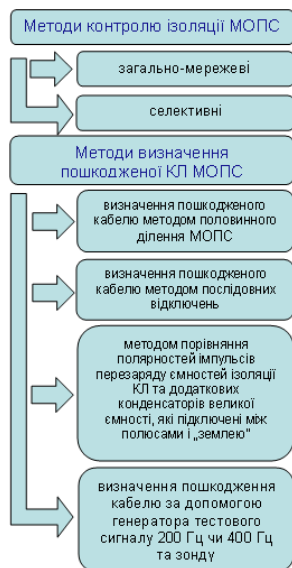


Рис. 2. Методи контролю ізоляції МОПС і визначення пошкодженої КЛ МОПС

Мета досліджень

Метою досліджень є підвищення надійності роботи пристроїв загальномережевого контролю ізоляції МОПС при симетричному та несиметричному зменшенні опорів ізоляції в умовах короточасних зменшень опорів полюсів відносно землі, при зменшеннях опорів ізоляції через перехідний опір в місці замикання не менше 100 кОм. Очікується, що вчасно надана, пристроями загальномережевого контролю ізоляції, правдива інформація про можливе аварійне зменшення опорів ізоляції полюсів в майбутньому, надасть можливість експлуатаційному персоналу електричних станцій, ЕЕС та підприємствам електричних мереж вжити заходів, щодо ліквідації місць з потенційно-ненадійною ізоляцією, підвищить надійність роботи пристроїв релейного захисту та автоматики. Для досягнення мети досліджень, в статті наведені результати спостережень за зміною зміни опорів ізоляції полюсів мережі оперативного постійного струму під час експлуатації на електричних станціях і підстанціях та запропоновано метод вибору оптимальних значень діагностичних параметрів для пристроїв загальномережевого контролю ізоляції мереж оперативного постійного струму.

Дослідження короточасних змін опорів полюсів відносно землі

З метою завчасного прогнозування зменшень опорів ізоляції до уставки спрацювання пристрою контролю ізоляції УКИ-1 (тобто до 20 кОм) потрібно дослідити статистику попередніх змін опорів [4]. Тому протягом 2005-2007рр. були проаналізовані на досліджувальній підстанції 330 кВ зміни опорів полюсів, які тривали до 1 хвилини, і шляхом обробки статистичних даних визначено: кількості короточасних зменшень опорів полюсів на протязі року в залежності від величини зменшення опорів $RI_{пол}$, які в майбутньому привели до тривалого зменшення опорів до 20 кОм і менше; кількості короточасних зменшень опорів полюсів, які в майбутньому привели до тривалого зменшення опорів до 20 кОм і менше, в залежності від проміжку часу T , за який була порохована ця кількість імпульсів, та в в залежності від величини зменшення опорів $RI_{пол}$; кількості короточасних зменшень опорів полюсів, які в майбутньому привели до тривалого зменшення опорів до 20 кОм і менше, в залежності від кількості k короточасних зменшень опорів полюсів за визначений проміжок часу спостережень, за який була порохована ця кількість імпульсів, та в в залежності від величини зменшення опорів $RI_{пол}$. Результати статистичних досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати статистичних досліджень

$RI_{пол}$	кількість	T	кількість	k	Кількість	$R2_{пол}$	кількість
1	2	3	4	5	6	7	8
30	2	1	1	2	1	30	5
40	6	1	1	2	1	40	18
80	15	1	2	2	2	80	52
100	22	1	2	2	1	100	83
200	2	1	0	2	0	200	216
300	1	1	0	2	0	300	348
30	2	2	1	4	1	30	5
40	6	2	3	4	3	40	18
80	15	2	4	4	4	80	52
100	22	2	3	4	1	100	83
200	2	2	0	4	0	200	216
300	1	2	0	4	0	300	348
30	2	4	0	5	0	30	5
40	6	4	2	5	2	40	18
80	15	4	6	5	6	80	52
100	22	4	3	5	13	100	83
200	2	4	1	5	1	200	216
300	1	4	0	5	0	300	348

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
30	2	8	0	7	0	30	5
40	6	8	3	7	3	40	18
80	15	8	4	7	4	80	52
100	22	8	1	7	1	100	83
200	2	8	0	7	0	200	216
300	1	8	0	7	0	300	348
30	2	24	0	8	0	30	5
40	6	24	0	8	0	40	18
80	15	24	8	8	3	80	52
100	22	24	0	8	0	100	83
200	2	24	0	8	0	200	216

Результати статистичних досліджень зменшення опору ізоляції полюсів МОПС, результати дослідження ймовірностей виникнення цих зменшень P (в залежності від величини зменшення опорів $R1_{пол}$, $R2_{пол}$) та дослідження кількості k (короткочасних зменшень опору полюсів за визначений проміжок часу спостережень T) наведені в таблиці 2.

Ймовірності пошкоджень розраховані, як відношення кількості зменшень опору полюса (при певній величині цього опору) до загальної кількості пошкоджень, які в подальшому призвели до тривалого зменшення опору полюсів до 20 кОм і менше.

Таблиця 2

Результати розрахунків ймовірностей

$R1_{пол}$	$P(R1_{пол})$	T	$P(T)$	k	$P(k)$	$R2_{пол}$	$P(R2_{пол})$
30	0,042	1	0,5	2	0,5	30	0,4
40	0,125	1	0,166667	2	0,166667	40	0,33
80	0,313	1	0,133333	2	0,133333	80	0,288
100	0,46	1	0,090909	2	0,045455	100	0,265
200	0,042	1	0	2	0	200	0,01
300	0,02	1	0	2	0	300	0,0028
30	0,042	2	0,5	4	0,5	30	0,4
40	0,125	2	0,5	4	0,5	40	0,33
80	0,313	2	0,266667	4	0,266667	80	0,288
100	0,46	2	0,136364	4	0,045455	100	0,265
200	0,042	2	0	4	0	200	0,01
300	0,02	2	0	4	0	300	0,0028
30	0,042	4	0	5	0	30	0,4
40	0,125	4	0,333333	5	0,333333	40	0,33
80	0,313	4	0,4	5	0,4	80	0,288
100	0,46	4	0,227273	5	0,590909	100	0,265
200	0,042	4	0,5	5	0,5	200	0,01
300	0,02	4	1	5	1	300	0,0028
30	0,042	8	0	7	0	30	0,4
40	0,125	8	0	7	0	40	0,33
80	0,313	8	0,2	7	0,2	80	0,288
100	0,46	8	0,181818	7	0,181818	100	0,265
200	0,042	8	0,5	7	0,5	200	0,01
300	0,02	8	0	7	0	300	0,0028
30	0,042	24	0	8	0	30	0,4
40	0,125	24	0	8	0	40	0,33
80	0,313	24	0	8	0	80	0,288
100	0,46	24	0,363636	8	0,136364	100	0,265
200	0,042	24	0	8	0	200	0,01
300	0,02	24	0	8	0	300	0,0028

Визначення аналітичних залежностей ймовірностей зменшень опорів від контрольованих параметрів

Під час обробки результатів експериментальних досліджень часто описують отримані (експериментальним шляхом, шляхом спостережень) табличні результати, рівнянням. В більшості випадків таке рівняння згладжує експериментальні дані, тобто апроксимує їх. Тому для побудови досліджуваних закономірностей використаємо математичні методи апроксимації табличних даних, отриманих експериментальним шляхом.

Шляхом регресійного аналізу даних таблиці 2 (з використанням засобів MathCad) отримуємо ймовірності ($P1, P2, P3, P4$) зменшень опору ізоляції до 20 кОм в залежності від значень параметрів $R1, T, k,$

R2 відповідно. В результаті, наприклад, P1 визначається за виразом:

$$P1 = -4.378 \cdot 10^{-3} + 8.233 \cdot 10^{-5} \cdot R1 + 2.649 \cdot 10^{-5} \cdot R1^2 + 7.003 \cdot 10^{-7} \cdot R1^3 + 2.143 \cdot 10^{-9} \cdot R1^4 - \dots - 8.607 \cdot 10^{-11} \cdot R1^5 - 4.431 \cdot 10^{-13} \cdot R1^6 + 5.522 \cdot 10^{-15} \cdot R1^7. \quad (1)$$

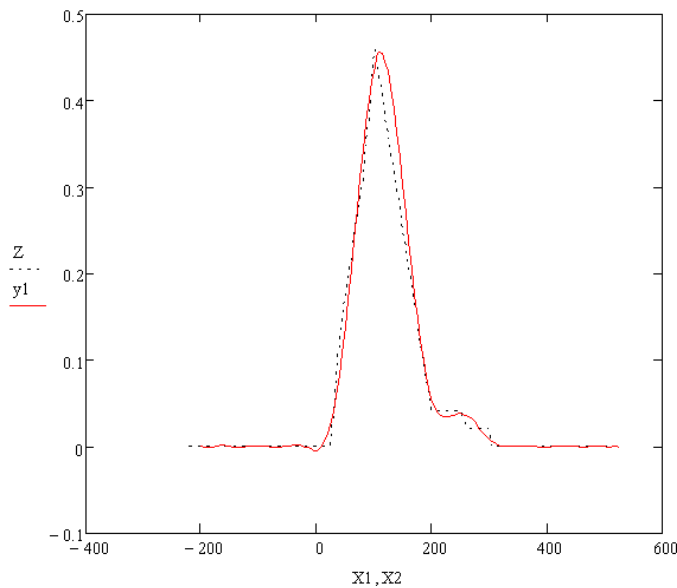


Рис. 3. Залежність ймовірності вірного прогнозування зменшення опору полюса до 20 кОм в залежності від величини попереднього короткочасного зменшення цього опору

умову максимуму функції (2):

$$R1_{пол\ опт} = R2_{пол\ опт} = 100 \text{ кОм}, T_{опт} = 6 \text{ годин}, k_{опт} = 3 \text{ рази}. \quad (3)$$

Висновки

Проведені дослідження ймовірності тривалих зменшень опору ізоляції полюсів мереж оперативного постійного струму електричних підстанцій в залежності від параметрів попередніх короткочасних зменшень цих опорів свідчать про те, що якість прогнозування майбутнього зменшення цього опору до 20 кОм і менше буде максимальною, якщо кількість короткочасних (менше 1 хвилини) зменшень опору полюса мережі відносно землі до 100 кОм і менше буде не менше 3 разів на протязі не більше 6 годин. Використання методу критеріального програмування дозволило знайти оптимальні значення контрольованих параметрів, які забезпечують максимальну ймовірність прогнозування.

Література

1. Борухман В.А. Устройство ИПИ-1 для отыскания мест повреждения изоляции в сетях оперативного постоянного тока / В.А. Борухман, А.Н. Кулдыкин // Энергетик. – 1985. – № 2. – С. 28–29.
2. Инструкция по расследованию и учету нарушений в работе электростанций, сетей и энергообъединений. – М. : СПО, 1983, – 18 с.
3. Инструкция про розслідування та облік технологічних порушень на об'єктах електроенергетики і в об'єднаній електроенергетичній системі України СОУ-Н МПЕ 40.1.08.551:2005. – К. : ОЕП «ГРІФРЕ», 2005. – 52 с.
4. Рубаненко О.Є. Вдосконалення методів контролю ізоляції мереж оперативного постійного струму електричних станцій і підстанцій / О.Є. Рубаненко, І.А. Жук. – Гідроенергетика України. – Хмельницький. – 2011. – № 3–4. – С. 30–34.
5. Рубаненко О.О. Нормування технічних втрат електроенергії в ЕЕС при оптимальному керуванні їх режимами з використанням критеріального програмування і нейронетичного моделювання / О.О. Рубаненко, І.О. Гунько. – Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький. – 2013. – № 6. – С. 249–253.

References

1. Boruhman V.A. Ustrojstvo IPI-1 dlja otyskanija mest povrezhdenija izoljicii v setjah operativnogo postojannogo toka / V.A. Boruhman, A.N. Kuldjkin // Jenergetik. – 1985. – № 2. – S. 28–29.
2. Instrukcija po rassledovaniju i uchetu narushenij v rabote jelektrostanacij, setej i jenergoob#edinenij. – M. : SPO, 1983, – 18 s.
3. Instrukcija pro rozsliduvannja ta oblik tehnologichnih porushen' na ob'ektah elektroenergetiki i v ob'ednanij elektroenergetichnij sistemi Ukraїni SOU-N MPE 40.1.08.551:2005. – K. : OEP «GRIFRE», 2005. – 52 s.
4. Rubanenko O.E. Vdoskonalennja metodiv kontrolju izoljaciji meresz operativnogo postijnogo strumu elektrichnih stancij i pidstancij / O.E. Rubanenko, I.A. Zhuk. – Gidroenergetika Ukraїni. – Hmel'nic'kij. – 2011. – № 3–4. – S. 30–34.
5. Rubanenko O.O. Normuvannja tehnicnih vtrat elektroenergії v EES pri optimal'nomu keruvanni ih rezhimami z vikoristannjam kriterial'nogo programuvannja i nejronechitkogo modeljuvannja / O.O. Rubanenko, I.O. Gun'ko. – Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu. – Hmel'nic'kij. – 2013. – № 6. – S. 249–253.

Рецензія/Peer review : 7.3.2014 р. Надрукована/Printed : 18.5.2014 р.