

Т.С. Вовчук, Н.В. Дейнеко, О.А. Левтеров, Р.І. Шевченко

Національний університет цивільного захисту України, Україна

АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ УМОВ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ НАДЗВИЧАЙНОЮ СИТУАЦІЄЮ В УМОВАХ ВІДСУТНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВНАСЛІДОК ПОШКОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

В роботі розглянута проблема аварійного руйнування електромереж внаслідок зовнішніх факторів, що призвело до знеструмлення великих територій протягом тривалого часу. Встановлено, що деякі аварії призвели до знеструмлення територій протягом більш однієї доби.

Проведено аналіз особливостей роботи систем аварійної протидії, які використовуються на об'єктах в умовах пошкодження електромереж. Встановлено, що резервування електроживлення таких систем за рахунок акумуляторних батарей дозволяє здійснювати їх безперебійну роботу не більше ніж 24 години.

Ключові слова: аварійне руйнування, надзвичайна ситуація, електромережа, системи аварійної протидії, резервне живлення.

Актуальність проблеми

Розвиток та ускладнення технологічних процесів призводять до зростання кількості подій, які в свою чергу можуть спричинити виникнення та розвиток надзвичайних ситуацій, що призводять до більш значних жертв та руйнувань. Таким чином існує зростаюча зацікавленість у припиненні каскадного розвитку подій, що можуть викликати значні порушення в роботі систем. Авторами роботи приділено увагу аналізу умов та часу безперебійної роботи систем аварійної протидії в умовах відсутності електропостачання внаслідок пошкодження електромереж.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

До властивостей технічної системи, які визначають її якість функціонування, найбільш часто відносять надійність, економічність і безпечність, а при певних вимогах до системи – живучість [1,2]. Основною задачею електричної мережі є забезпечення надійного постачання якісною електроенергією споживачів, які під'єднані до неї [3].

Архітектура ліній електропередач в країнах Євросоюзу була побудована більше 50 років тому для задоволення потреб споживання енергії, коли центри вироблення енергії і споживання знаходяться поблизу один від одного. Зараз такі центри знаходяться в різних країнах. Наприклад, енергія вітру виробляється в Німеччині, а споживається в Австрії. Енергія сонця вироблюється в Іспанії, а споживається в Німеччині. Атомна енергія виробляється в Бельгії, а споживається

також і за межами цієї країни. Така архітектура електромереж вимагає будівництва нових мереж протяжністю багато кілометрів [4]. На стан ліній електропередач в Європі також суттєво впливає процес старіння інфраструктури: існуючі в даний час лінії електропередач були побудовані більше 30-40 років тому, істотна частина цих ліній застаріла і не відповідає сучасних технічних стандартів. Часто саме в цій ділянці системи енергопостачання виникають перебої з подачею електроенергії, які потім поширюються на всю систему [5].

Крім того країни Євросоюзу схильні до численних загроз природних катастроф, такими, як землетруси, повені, посухи, пожежі та екстремальна спека [6]. Всі ці загрози чинять негативний вплив на лінії електропередач. Домінуючими є гідрометеорологічні загрози, серед яких шторми (35%) і повені (31%) є найбільш частими [7]. Перелік названих загроз призводить до фізичного руйнування ліній електропередач, а також зниження їх пропускної здатності. Різні країни Євросоюзу уразливі в різному ступені: у той час як одні країни більш схильні до ризиків повеней або цунамі, інші страждають від частих штормів і екстремальної спеки [8]. Наприклад, Південна Європа більш схильна до сейсмічних ризиків, де такі країни, як Греція, Румунія і Балкани, знаходяться в зоні найвищої сейсмічної активності. Країни Середземномор'я більш схильні до ризиків цунамі. Країни Південної Європи більш схильні до пожеж, найвища ймовірність яких спостерігається в таких країнах, як Португалія, Іспанія, Італія і Греція. Існує також висока ймовірність збільшення частоти та інтенсивності названих загроз [9]. В умовах

існування зазначених загроз постає питання щодо можливостей функціонування систем забезпечення безпеки на будь-яких об'єктах, які, як правило є електрозалежними. Таким чином стає актуальним аналіз можливості, часу та умов роботи систем попередження надзвичайних ситуацій в умовах обмеженого електрозабезпечення, що викликане пошкодженням ліній електропередач.

Мета та завдання дослідження

Виходячи з наведеного, метою дослідження є аналіз функціонування систем попередження надзвичайних ситуацій, які використовуються на об'єктах в даний час, в умовах обмеженого енергозабезпечення.

Для забезпечення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести аналіз аварій, які відбувалися в останні десятиліття та які призвели до масового пошкодження електромереж протягом тривалого часу.
2. Провести аналіз особливостей роботи систем аварійної протидії, які використовуються на об'єктах в умовах пошкодження ліній електромереж.

Виклад основного матеріалу

Внаслідок аварійних ситуацій на електрогенеруючих підстанціях частина установки стає непридатною до використання. До таких поломок можна віднести розрив проводки в системі, вибух і пошкодження в результаті різкого стрибка напруги в трансформаторних вузлах, відмова роботи системи управління і розподілу потоку енергії.

Поломки можуть бути викликані як механічними пошкодженнями, так і природними катаклізмами - повеннями і землетрусами інше. Як правило, в результаті аварійної ситуації знижується рівень забезпечення енергією значних територій. Електроенергетична система є широкомасштабною, багатокomпонентною, простороворозподіленою, багатозв'язною мережею з численними взаємозалежностями, які є відкритими до прямих впливів (локальних і масштабних). На доказ складності утворення електричних мереж можна навести декілька великих аварій, які відбулися протягом останнього двадцятиріччя (табл. 1) [6].

Таблиця 1

Перелік великих аварій, що відбулися протягом останнього двадцятиріччя та призвели до руйнування електромереж

Дата події	Місце події	Втрати (ГВт)	Тривалість (год)	Масштаб впливу	Основні причини
14.08.2003	Великі Озера	60	16	50 млн	Погане обслуговування, відмова автоматизованої системи управління
23.09.2003	Данія/Швеція	6,4	7	4,2 млн	Пошкодження двох незалежних елементів
28.09.2003	Італія	30	До 18	56 млн	Перевантаження лінії, коротке замикання на лінії
12.07.2004	Афіни	9	3	5 млн.	Колапс напруги
25.05.2005	Москва	2,5	4	4 млн	Пожежа на трансформаторі, підвищене споживання
22.06.2005	Швейцарія	0,2	3	200000 пасажирів	Неадекватна аварійна сигналізація
14.08.2006	Токіо	невідомо	5	0,8 мл. домів	Пошкодження магістральної лінії із-за будівельних робіт
10.10.2009	Бразилія, Парагвай	14	4	60 млн.	Коротке замикання на ключовій лінії електромережі внаслідок поганої погоди

Продовження табл. 1

11.03.2011	Північний Хонсю	21	дні	40 млн.	Руйнування системи в наслідок землетрусу та цунамі
22.12.2013	США/Канада	22	Від декількох часів до 7 днів	1 млн	Масове пошкодження ліній електропередач внаслідок крижаного шторму
31.03.2015	Турція	33	8	76 млн	Висока генерація на ГЕС та зниження теплової генерації та ремонт ліній електропередач

Важливим методичним аспектом під час вивчення якості функціонування електричної мережі є виділення ієрархічних рівнів розгляду. Розрізняють наступні ієрархічні рівні:

- верхній рівень – це взагалі електромережа в цілому;

- середній рівень – об'єкти електромережі до яких відносяться електромережеві об'єкти, фрагменти і вузли електричної мережі;

- нижній рівень - обладнання, апаратура та конструкції. Він включає в себе електромережеве силове обладнання, комутаційну апаратуру, елементи і конструкції ліній електропередачі і електропідстанцій, апаратуру систем автоматики, релейного захисту і управління. Все перераховане відноситься до заводських виробів, як правило, серійного випуску.

Таким чином авторами роботи розглядається саме нижній рівень функціонування електричної мережі, а саме електрозабезпечення системи аварійної протидії.

Взагалі для запобігання каскадним ефектам і відсутності синхронізації в результаті системних ризиків обумовлених пошкодженням електропостачання необхідне комплексне управління ризиками. Воно також необхідне для впровадження принципу резервування, коли у випадках настання критичної ситуації існує можливість введення резервного обладнання. В такому випадку електроживлення в разі виходу з ладу одного з компонентів системи не переривається. В системі можуть бути один або кілька резервних модулів або компонентів. Часто принцип резервування означає, що число модулів електроживлення перевищує на одиницю число модулів або компонентів, необхідних для електроживлення. У разі аварії або відключення одного з модулів навантаження перерозподіляється між іншими модулями. Кожен з модулів виконує одночасно функції основного, і резервного модуля.

Для забезпечення режимної надійності і реалізації принципу резервування повинен бути

забезпечений захист від каскадного відключення, колапсу напруги і частоти, а також втрати синхронізації. Відповідно до цього принципу відмову одного елемента в системі повинна бути забезпечена за рахунок резервного. Оцінки режимної надійності включають обчислення доступної пропускної здатності зв'язків електричних систем, виявлення вузьких місць системи до настання непередбачених ситуацій, а також визначення меж допустимих перетоків по лініях електромереж. Однією з основних проблем оцінки статистичної режимної надійності є оцінка каскадного відключення. Існує перелік загроз непередбачених ситуацій, які повинні бути прийняті до уваги при моделюванні за критерієм резервування. Ці загрози можна розділити на нормальні загрози, тобто втрату одного елемента, і особливі загрози - події, які можуть привести до каскадних аварій. Всі ці загрози можуть вплинути на критичні компоненти або сукупність компонент електричної системи або безпосередньо, вплив може здійснюватися на локальну ділянку системи, або на всю систему.

В рамках розглядаємої тематики, а саме в умовах обмеженого функціонування електромережі або у випадку повного знеструмлення, авторами розглянуто умови та час роботи систем аварійної протидії. Застосування на об'єктах господарства автоматичних систем аварійної протидії обумовлено необхідністю забезпечення безпеки будівель, споруд та приміщень з масовим перебуванням людей, а також тих, які не контролюються обслуговуючим персоналом (безлюдні виробництва) та мають потенційні джерела запалювання або вибухонебезпечну середу, постійно присутні за умовами технології виробництва.

У даній роботі розглянуті прилади аварійної протидії вітчизняного виробництва, які знайшли широке застосування на об'єктах і продовжують удосконалюватися і випускатися. Підходи до використання імпортованих приладів аварійної протидії, з точки зору експлуатації та монтажу,

практично не відрізняються, оскільки повинні які використовуються в Україні. відповідати вимогам тих нормативних документів,

Таблиця 2

Робота систем аварійної протидії в умовах відсутності електроживлення від електромережі

№ з/п	Назва системи аварійної протидії	Час автономної роботи без мережевого електроживлення (год)	
		"ЧЕРГОВИЙ РЕЖИМ"	"АКТИВНИЙ РЕЖИМ"-
1	"Алай П-4"	24	3
2	"Алай П-8"	12	8
3	"Алай П-16"	12	8
4	"Гамма-104"	12	
5	"Гамма-116"	24	
6	"Гамма-132"	4	
7	"Фотон-А"	в технічних характеристиках кількість годин не вказано	
8	ППКП 019-2/60-2 (ППС-3М)	в технічних характеристиках кількість годин не вказано	

Аналіз систем аварійної протидії, що використовуються на об'єктах та є складовою системи попередження надзвичайної ситуації показав що у випадку припинення електрозабезпечення від електромережі живлення таких систем здійснюється за рахунок резервного джерела живлення, а саме акумуляторної батареї. Ємність акумуляторних батарей, що використовується в розглянутих системах аварійної протидії дозволяє забезпечити безперебійну роботу системи протягом не більше ніж 24 години у випадку «чергового режиму» і протягом не більше ніж 8 годин у випадку «активного режиму».

Тобто якщо протягом 24 годин не буде відновлено електроживлення систем аварійної протидії від традиційної мережі електроживлення такі системи припинять свою роботи, що може призвести до переростання надзвичайної події у надзвичайну ситуацію. Таким чином подальша робота авторів буде направлення на пошук способу резервування систем аварійної протидії в умовах припинення електроживлення від традиційної електромережі на час, що перевищує можливість електроживлення від акумуляторної батареї.

Висновки

В роботі проведено аналіз аварій, які відбувалися в останні десятиліття та які призвели до масового пошкодження електромереж протягом тривалого часу. Встановлено, що деякі аварії призвели до знеструмлення великих територій протягом більш однієї доби.

Проведено аналіз особливостей роботи систем аварійної протидії, які використовуються на об'єктах в умовах пошкодження ліній електромереж. Встановлено що резервування електроживлення таких систем за рахунок акумуляторних батарей дозволяє здійснювати їх безперебійну роботу не більше ніж 24 години.

Література

1. *Надежность технических систем: справочник* / Ю. К. Беляев и др.; под ред. И. А. Ушакова. М.: Радио и связь, 1985. 608 с., *Оценка надежности работы электрической сети (Трактат)* / В. А. Скопинцев та ін. 2004. 37 с. URL: www.oaoesp.ru/file/b2b72409/pub4.doc.
2. *Учет фактора надежности электроснабжения при комплексной оценке вариантов интеграции источников распределенной генерации в распределительные сети* / В. А. Попов та ін. *Энергетика: экономика, технологии, экология*. 2015. № 4. С. 39 – 43.
3. *Варецький Ю. О., Горбань В. М., Пазина Я. С. Зміни напруги в електричній мікромережі з гібридною електростанцією. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Електроенергетичні і електромеханічні системи*. 2016. № 840. С. 17 – 23
4. *Study on the comparative merits of overhead electricity transmission lines ver-sus underground cables. Ecofys Study for the Department of Communications, Energy and Natural Resources, Ireland, May 2008.*
5. *Ten-year network development plan 2010–2020. European Network of Trans-mission System Operators for Electricity (ENTSO-E), Brussels, 2010*
6. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J.,*

Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., and White L.L. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. P.1–32. IPCC, 2014.

7. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. United Nation Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, 2013.

8. Risk assessment and mapping guidelines for disaster management. European Commission staff working paper, European Union, Brussels, 2011.

9. A Community approach on the prevention of natural and man-made disasters. 2010. Risk Assessment and Mapping Guideline for Disaster Management. Euro-pean Commission Staff Working Paper 1626, Brussels, 2010.

10. Komendantova N., Schweitzer D., Kroos D., Leroy C., Andreini E., Baltazar B., Boston T., Botbaev K., Cohen J., Eismann C., Hamm T., Garcia-Aristizabal, Keršnik M., König M., Lehmann M., Lemmens H., Moeltner K., Mumovic M., Reichl J., Sansavini G., Schmidthaler M., Steven A., Tomik L., Zobel C., Wenzel F. Protecting Electricity Networks from Natural Hazards. Organization for Security and Cooperation in Europe (OSCE). 2016.

References

1. Nadezhnost` tekhnicheskikh sistem: spravochnik / Yu. K. Belyaev i dr.; pod red. I. A. Ushakova. M.: Radio i svyaz`, 1985. 608 s., Ocenka nadezhnosti raboty` e`lektricheskoy seti (Traktat) / V. A. Skopinczev ta i`n. 2004. 37 s. URL: www.oaes.ru/file/b2b72409/pub4.doc,

2. Uchet faktora nadezhnosti e`lektrosnabzheniya pri kompleksnoj ocenke variantov integraczii istochnikov raspredelennoj generaczii v raspredelitel`ny`e seti / V. A. Popov ta i`n. Energetika: ekonomika, tekhnologiya, ekologiya. 2015. #4. S. 39–43.

3. Varecz`kij Yu. O., Gorban` V. M., Pazina Ya. S. Zmi`ni naprugi v elektrichni`j mi`kromerezhi` z gi`bridnoyu elektrostanzi`yeyu. Vi`snik Naczi`onal`nogo uni`versitetu «Lviv`ska poli`tekhnika». Elektroenergetichni` i` elektromekhani`chni` sistemi. 2016. S. 17–23

4. Study on the comparative merits of overhead electricity transmission lines ver-sus underground cables. Ecofys Study for the Department of Communications, Energy and Natural Resources, Ireland, May 2008.

5. Ten-year network development plan 2010–2020. European Network of Trans-mission System Operators for Electricity (ENTSO-E), Brussels, 2010

6. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J., Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., and White L.L. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. P.1–32. IPCC, 2014.

7. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. United Nation Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, 2013.

8. Risk assessment and mapping guidelines for disaster management. European Commission staff working paper, European Union, Brussels, 2011.

9. A Community approach on the prevention of natural and man-made disasters. 2010. Risk Assessment and Mapping Guideline for Disaster Management. Euro-pean Commission Staff Working Paper 1626, Brussels, 2010.

10. Komendantova N., Schweitzer D., Kroos D., Leroy C., Andreini E., Baltazar B., Boston T., Botbaev K., Cohen J., Eismann C., Hamm T., Garcia-Aristizabal, Keršnik M., König M., Lehmann M., Lemmens H., Moeltner K., Mumovic M., Reichl J., Sansavini G., Schmidthaler M., Steven A., Tomik L., Zobel C., Wenzel F. Protecting Electricity Networks from Natural Hazards. Organization for Security and Cooperation in Europe (OSCE). 2016.

Рецензент: д.т.н., професор, головний науковий співробітник наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру О.С. Басманов, Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна.

Автор: ВОВЧУК Таїсія Сергіївна

аспірантка наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки Національний університет цивільного захисту України

E mail – vov4yk_taya@ukr.net

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7962-1077>

Автор: ДЕЙНЕКО Наталя Вікторівна

кандидат технічних наук, доцент, докторант кафедри спеціальної хімії та хімічної технології Національний університет цивільного захисту України

E mail – natalyadeyneko@gmail.com

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8438-0618>

Автор: ЛЄВТЄРОВ Олександр Антонович

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри управління та діяльності в сфері громадянської захисту Національний університет цивільного захисту України

E mail – alionterra@gmail.com

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1475-1281>

Автор: ШЕВЧЕНКО Роман Іванович

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, начальник наукового відділу проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки

Національний університет цивільного захисту України

E mail – shevchenko605@i.ua

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9634-6943>

ANALYSIS OF INFORMATION CONDITIONS OF FORMATION OF STRUCTURAL-LOGICAL MODEL OF EMERGENCY MANAGEMENT IN THE CONDITIONS OF ABSENCE

T. Vovchak, N. Deyneko, O. Levterov, R. Shevchenko

National University of Civil Defence of Ukraine, Ukraine

The paper considers the problem of accidental destruction of power lines due to external factors, which led to the de-energization of large areas for a long time. Breakdowns can be caused by both mechanical damage and natural disasters - floods and earthquakes and more. As a rule, as a result of an emergency situation, the level of energy supply of large areas decreases.

An important methodological aspect in studying the quality of the electrical network is the allocation of hierarchical levels of consideration. Thus, the authors consider the lowest level of functioning of the electrical network, namely the power supply of the emergency response system.

Such circumstances, in turn, can lead to the emergence and development of emergencies that lead to significant casualties and destruction. It has been established that some accidents have led to power outages for more than one day.

The analysis of features of work of emergency counteraction systems which are used on objects in the conditions of damage of electric networks is carried out. Devices of emergency counteraction of domestic production which have found wide application on objects and continue to be improved and let out are considered in work. Approaches to the use of imported emergency response devices, in terms of operation and installation, are almost the same, as they must meet the requirements of those regulations that are used in Ukraine. It is established that redundancy of power supply of such systems at the expense of rechargeable batteries allows to carry out their uninterrupted work no more than 24 hours. That is, if the power supply of emergency response systems from the traditional power supply network is not restored within 24 hours, such systems will stop working, which may lead to an emergency becoming an emergency. Thus, the further work of the authors will be aimed at finding a way to back up emergency response systems in the event of a power outage from the traditional power grid for a time exceeding the possibility of power supply from the battery.

Keywords: *emergency destruction, emergency, power grid, emergency response systems, backup power supply.*