Jacek Malko
Politechnika Wrocławska

Zarządzanie katastrofami w infrastrukturach krytycznych

Disaster management in critical infrastructures

Dotychczasowe rozważania o stanach katastrofalnych w elektroenergetyce (np. [1]) skupiały się na stanach spowodowanych lub sprowokowanych bezpośrednio przez człowieka („czynnik ludzki"). Nasilające się ekstremalne zjawiska pogodowe (susze, powodzie, huragany …) i kataklizmy w rodzaju trzęsień ziemi powodują potrzebę bardziej uniwersalnego podejścia do katastrof wszelkiego rodzaju na drodze wykorzystania procedur zarządzania kryzysowego.

Literatura przedmiotu nie opisała jeszcze dostatecznie precyzyjnie trzęsienia ziemi z 11 marca 2011 r. i następczej fali tsunami, które dotknęły japońską wyspę Honsiu [2], a już pojawiają się oceny konsekwencji tego zdarzenia na sektor elektroenergetyczny, zwłaszcza w segmencie elektrowni nuklearnych [3]. Dostępne są natomiast szczegółowe analizy wydarzeń historycznych, np. trzęsienia ziemi o magnitudzie 8,8 w skali Richtera i tsunami z lutego 2010 r. w Chile [4], a także sprecyzowane są ogólne zasady działania w obszarze zarządzania katastrofami i odbudową po zdarzeniu [5].

Zarządzanie katastrofami i planowanie odbudowy [5]

Opracowanie Energy Business Report z marca br. precyzuje wytyczne odnośnie do minimalizacji skutków katastrof naturalnych na podstawie dotychczasowych doświadczeń i dobrych praktyk.

Każdego roku tornada, trzęsienia ziemi i inne katastrofy naturalne powodują śmierć i ranią tysiące ludzi i prowadzą do strat majątku liczonych w miliardach USD. Często jest niemal niemożliwe przewidzieć, a tym bardziej zapobiec wystąpieniu takich ekstremalnych zdarzeń, jednakże można ograniczyć ich skutki przez strategie zarządzania katastrofami i planowania odbudowy. Raport EBR [5] jest zbiorem szczegółowych wskazań dla przedsiębiorstw energetycznych, operatorów elektrowni, operatorów linii elektroenergetycznych i sieci rurociągów, rządów i wspólnot lokalnych oraz zespołów kryzysowych, będąc pomocą w tworzeniu struktur zarządzania i usuwania skutków katastrof.

Przedstawiono cztery fazy działań: ograniczenie rozmiaru, gotowość do działania, reakcja na nadzwyczajne sytuacje następcze i restytucja.

Dokonano analizy długo- i krótkoterminowych celów ograniczenia skutków katastrof, planowania i przywrócenia stanu wyjściowego. Szczególną uwagę zwrócono na zarządzenie kryzysowe infrastrukturą energetyczną w trakcie trwania katastrofy oraz przygotowanie listy działań (checklist) w fazie aktywnego zwalczenia skutków katastrofy i odbudowy.

Zarządzanie katastrofą jest usystematyzowanym podejściem do przeciwdziałania skutkom katastrofy zanim ona nadejdzie i gotowości do odpowiedzi na zagrożenie – awaryjną ewakuacją, kwarantanną, masowym odkażaniem, jak też działaniami wspierania i przebudowy społeczeństwa dotkniętego katastrofą naturalną. Efektywne zarządzanie katastrofą polega na pełnej integracji planów działań awaryjnych na wszystkich poziomach zarządzania z udziałem władz i organizacji pozarządowych.

Gotowość do przeciwdziałania skutkom katastrof, zarządzanie katastrofą i powrót do stanu przed katastrofą w zasadniczej mierze zależą od uwarunkowań gospodarczych i społecznych dotkniętego terenu. Jednakże podstawowe kroki zarządzania katastrofą pozostają takie same dla wszystkich scenariuszy. Pierwszym krokiem jest gotowość do przeciwdziałania, obejmująca rozwinięty plan działania łącznie ze środkami komunikacji, spójnym łańcuchem poleceń, właściwym utrzymaniem i szkoleniem służb ratowniczych oraz opracowaniem systemów ostrzegania, budową schronów i ukryć a także planów ewakuacyjnych.

Odpowiedź na wyzwanie obejmuje mobilizację wszelkich niezbędnych służb ratowniczych: straży pożarnej, policji oraz pogotowia ratunkowego, wspieranych przez liczne służby awaryjne w rodzaju specjalistycznych ekip ratowniczych.

Odbudowa po katastrofie obejmuje przywrócenie stanu możliwie bliskiego wyjściowemu: odbudowę budynków, zapewnienie miejsc pracy i odbudowę podstawowej infrastruktury. Wysiłki są ukierunkowane na zabezpieczenie przed dalszymi skutkami katastrofy i podjęcie długoterminowych działań w celu ograniczenia lub eliminacji ryzyka powtórzenia katastrofy.

Skutki katastrof dla sektora energii elektrycznej [4]

Współczesną cywilizację cechuje zasadnicze uzależnienie od dostaw energii, a rolę szczególną odgrywa sektor zaopatrzenia w energię elektryczną, zwany zasadnie „infrastrukturą krytyczną". Nie tylko funkcjonowanie przemysłu, transportu, telekomunikacji i systemów komputerowych zależy od ciągłości zaopatrzenia w energię, ale nawet sfera życia prywatnego ulega zapaści przy przerwie w zasilaniu. Ciągłość dostaw jest zagrożona przez szereg czynników: zmienność cen nośników energii, konflikty polityczne, wojny i katastrofy naturalne. Konieczne jest, by istotną troską polityki objąć środki i metody chroniące interesy

narodowe. Ciągłość prawidłowej pracy sektora energii elektrycznej jest podstawowym warunkiem funkcjonowania innych usług od dostawy wody po Internet, a specyfika tego sektora wynika z jego planowania i eksploatacji jako wielkiego i o wysokiej złożoności systemu technicznego, rozległego geograficznie, o zróżnicowanym stopniu wewnętrznych powiązań i wymagającego złożonych operacji w czasie rzeczywistym dla bilansowania podaży i zmiennego zapotrzebowania.

Występowanie naturalnych klęsk żywiołowych oraz ich skutki dla funkcjonowania elektroenergetyki dotyczy wielu krajów świata, a poważne zakłócenia są nie tylko pokłosiem trzęsień ziemi i tsunami, ale wynikają także z ekstremalnych warunków pogodowych, powodzi, osunięć ziemi, a nawet pożarów lasów. W odpowiedzi na tego typu wyzwania przeprowadza się na całym świecie badania w zakresie bezpieczeństwa energetycznego i katastrof naturalnych; ważnym źródłem informacji może być portal internetowy [6]. Cenne dane uzyskać można w ośrodkach badawczych prowadzących prace w zakresie bezpieczeństwa, jednak niewiele jest publikacji w czasopiśmiennictwie branżowym (np. IEEE). Więcej uzyskać można z materiałów ważnych tematycznych konferencji międzynarodowych.

Złożoność systemów elektroenergetycznych czyni zadanie utrzymania jego wysoce niezawodnej pracy szczególnie trudnym, nawet w warunkach normalnych. Nawet krótkie nieoczekiwane przerwy w zasilaniu są dla współczesnych systemów wyzwaniem szczególnie trudnym: mimo podejmowanych wysiłków zdarzają się poważne awarie katastrofalne („blackouts") spowodowane nawet przez sporadyczne zakłócenia na dalekich obrzeżach systemu.

Tak więc niemożliwe jest utrzymanie normalnych warunków pracy systemu połączonego w okolicznościach wielkiej katastrofy żywiołowej. Zadaniem zatem powinno być ograniczenie skutków katastrof na system elektroenergetyczny oraz przeprowadzenie działań odbudowy dla zminimalizowania kosztów społecznych. Powstają więc ośrodki zarządzające odpornością systemu, przy czym odporność definiowana jest jako „zdolność systemu elektroenergetycznego do przeciwstawienia się dużym zakłóceniem z ograniczoną degradacją funkcjonalną oraz do odbudowy w ograniczonym przedziale czasowym i przy ograniczonych kosztach" [4].

Celem „inżynierii przetrwania" jest ograniczenie prawdopodobieństwa awarii w krytycznych systemach oraz ich elementach, ograniczenie skutków awarii dla społeczeństwa oraz ograniczenie czasu odbudowy poawaryjnej. Nie można mieć wątpliwości, że własności systemu elektroenergetycznego ulegają pogorszeniu przy zdarzeniu katastrofalnym, ale adekwatne środki przeciwdziałania oraz plany reagowania mogą być pomocne w powrocie systemu do pierwotnej funkcjonalności. Odporność zależy nie tylko od wyposażenia, standardów budowy oraz technologii, ale w znacznej nawet mierze od organizacyjnej i normatywnej gotowości do stanów nadzwyczajnych, jakie istnieją w dobrze zorganizowanych przedsiębiorstwach energetycznych.

Często po wystąpieniu awarii katastrofalnej pojawiają się propozycje przyjęcia strategii zapobiegawczych i znaczniejszego inwestowania w bezpieczeństwo w rodzaju kryteriów planowania „n-2" lub nawet „n-3", prowadzących niejednokrotnie do marnotrawienia środków na przeciwdziałanie zdarzeniom względnie rzadkim, a nawet niemożliwym. Strategie odporności mogą zapewnić większe bezpieczeństwo przy niższych kosztach dla zdarzeń niepewnych. Nie powinno to odwracać uwagi producentów oraz organów standaryzujących od procedur projektowania budowy i eksploatacji obiektów wytwórczych, sieci komunikacyjnych oraz wyposażenia komputerowego, które pozwolą lepiej zapewnić odporność na zakłócenia katastrofalne w sieciach elektroenergetycznych.

Marcowo/kwietniowy numer sztandarowego czasopisma IEEE – *Power and Energy Magazine* – swą „cover story" (*Power Systems in Natural Disasters*) i większość tekstów adresuje do czytelników zainteresowanych śledzeniem specyficznych katastrof, kwantyfikując ich skutki dla elektroenergetyki. Szerokie spektrum wydarzeń daje możliwość syntezy różnych zdarzeń, opisanych w pięciu artykułach [4, 7-10].

W pierwszym z doniesień szczegółowych [7] przedstawiono działania chińskiej energetyki w trzech rodzajach klęsk żywiołowych, które dotknęły państwo w ostatnich latach: skrajnie silne sztormy, burze lodowe oraz trzęsienia ziemi. Przerwy w dostawach energii elektrycznej, powodowane tymi ekstremalnymi zjawiskami, spowodowały poważne straty w gospodarce szybko rozwijających się Chin. Opisano wnioski wynikające z uzyskanych doświadczeń oraz środki podjęte dla zminimalizowania wpływu na dalszy rozwój sektora energii elektrycznej i całego państwa.

Drugi artykuł [8] stanowi zwięzły raport o trzęsieniu ziemi i fali tsunami, które nawiedziły w lutym 2010 r. centralne obszary Chile. Autorzy dokonują oceny wpływu tych zjawisk na podsektory wytwarzania, przesyłu, dystrybucji i zarządzania systemem z wyodrębnieniem specyficznych wyzwań, przed którymi stanęła cała energetyka narodowa.

Skutki powodzi, występujących w środkowo-zachodnich stanach USA, dla stacji elektroenergetycznych oraz środki i metody zapobiegania i restytucji infrastruktury, wykorzystane przez wielkie przedsiębiorstwa energetyczne, są przedmiotem artykułu [9].

Ostatni z tego cyklu artykułów [10] traktuje o zagrożeniach wynikających z działań terrorystycznych, skierowanych przeciwko infrastrukturze elektroenergetycznej. Czynnik ten, wraz z zagrożeniem powodowanym działaniami hakerów, stanowi ważny w skali globalnej problem, stwarzając nową kategorię katastrof – w tym przypadku wygenerowanych z pełną świadomością przez człowieka. Działania te często koncentrują się na procesach dostarczania energii, stanowiąc niebezpieczne narzędzie wymierzone w społeczeństwa i ich podstawy bytu materialnego. Przykładem może służyć Kolumbia, historycznie doświadczana przez akty sabotażu w dwóch ostatnich dziesięcioleciach. Sieć przesyłowa tego kraju była częstym przedmiotem działań dywersyjnych ze strony lewackich ugrupowań zbrojnych. Artykuł [10] opisuje ataki na infrastrukturę elektroenergetyki, wynikające stąd przerwy w dostarczaniu energii, procedury odbudowy poawaryjnej, skutki ekonomiczne oraz koszty strat, poniesione przez podmioty biznesowe. Przedstawiono również doświadczenia w postępowaniach w sytuacjach awaryjnych. O podsumowanie w dziale „In My View" poproszono przewodniczących dwóch zainteresowanych komitetów IEEE („Zalecane praktyki antysejsmicznej konstrukcji stacji elektroenergetycznych" – Komitet 693 IEEE oraz „Zalecane praktyki konstruowania podatnych przewodów ……." – Komitet 1527) – pp. E.Fujisaki i J.B.Dastonsa. Poszukiwano argumentów dla opracowania najpilniejszej

i najkorzystniejszej ścieżki ograniczenia skutków naturalnych katastrof i podstawowym zaleceniem okazało się opracowanie odnośnych standardów międzynarodowych [11].

Oczywiście nie istnieje tylko jedna odpowiedź na pytanie o ochronę naszej infrastruktury elektroenergetycznej przed skutkami katastrof żywiołowych lub spowodowanych przez człowieka. Rozważając zaistniałe przypadki i wyciągając z nich wnioski musimy nauczyć się, jak uczynić nasze systemy bardziej odpornymi i wytrzymałymi w obliczu przyszłych krytycznych warunków ryzyka i niepewności. Elementem takiej strategii są działania krajowego operatora przesyłu (*PSE Operator*), zmierzające do doskonalenia i uaktualniania procedur obrony i odbudowy Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, łącznie z unikatowymi eksperymentami systemowymi weryfikującymi przyjęte założenia. Wnioskiem podstawowym jest, że „niezawodność przywrócenia zasilania po katastrofach jest zbyt ważnym czynnikiem, by opierać się nadal na tych samych co w przeszłości podejściach" [11].

Problem ten staje się narastająco ważny dla przyszłości, która nieodłącznie wiąże się ze wzrostem niepewności i zagrożeniem zmianami klimatycznymi. Ocieplenie w skali globalnej (aczkolwiek jego rozmiary są nadal przedmiotem polemik) zwiększy wyzwania, wynikające z katastrof pochodzących od czynników pogodowych.

LITERATURA

[1] Malko J: Bezpieczeństwo energetyczne w niebezpiecznych czasach. Energetyka 2006, nr 11

[2] Mohrbach L: Tohoku – Kanto Earthquake and Tsunami and Consequences for Northeast Honshu…

[3] Patel P.: Fukushimas's Impact on Nuclear Power IEEE Spectrum, March 2011

[4] Rudnick H. et al: Disaster Management, IEEE Power&Energy Mag., March/Apr. 2011

[5] Energy Business Report. Disaster Management and Recovery Planning. EBR, March 2011

[6] www.obsnews.com/digitaldan/disaster

[7] Xie O., Zhu R.: Earth. Wind and Ice. IEEE Power&Energy Mag., March/April 2011

[8] Shiff A.: Ready or Not. IEEE Power&Energyy Mag. March/April 2011

[9] Abi-Samra N., Henry W.: Actions Before … and After a Flood. IEEE Power&Energy Mag., March/Apr. 2011

[10] Corredor P.H., Ruiz M.E.: Against All Ods, Power&Energy Mag. March/Apr. 20011

[11] Fujisaki E., Dastons J.-B.: Earthquake preparadness – international standards needed. IEEE Power&Energy, March /Apr. 2011