

Dariusz Zarzecki

Koszty awarii energetycznych

Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania 7, 89-104

2008

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Dariusz Zarzecki

KOSZTY AWARII ENERGETYCZNYCH

Wprowadzenie

Przerwy w dostawach energii wynikające z awarii wpływają na gospodarkę i gospodarstwa domowe w sposób zarówno bezpośredni, jak i pośredni. Przykłady bezpośrednich konsekwencji obejmują zepsutą żywność, utratę danych, niesfunkcjonowanie systemów ratowania życia w szpitalach i domach. Konsekwencje pośrednie dotyczą na przykład strat z powodu celowych podpażeń i rabunków, wypłat za nadgodziny dla policjantów i strażaków, potencjalnych podwyżek stawek ubezpieczenia¹.

Innym podziałem zarówno bezpośrednich, jak i pośrednich konsekwencji awaryjnych wyłączeń prądu jest ich podział na²:

- a) konsekwencje ekonomiczne (możliwe do zmierzenia w pieniądzu straty, koszty i utracone korzyści);
- b) konsekwencje społeczne (odnoszące się do przerwanych wypoczynku i zakłóceń w działalności zawodowej);
- c) konsekwencje organizacyjne (organizacyjne, proceduralne i inne zmiany jako reakcja na awarię).

Konsekwencji bezpośrednich można uniknąć w przypadku dysponowania przez użytkowników końcowych systemami awaryjnego zasilania, te jednak oka-

¹ Zob. *Physical Vulnerability of Electric Systems to Natural Disasters and Sabotage*, OTA Project E-453, June 1990, s. 19.

² Zob. W.T. Miles, J. Corwin, P.D. Blair, *Cost of Power Outages – The 1977 New York City Black-out*, The IEEE Industrial and Commercial Power System Technical Conference, Seattle, WA, May 14-17, 1979, s. 65-66.

zują się często zawodne. Konsekwencje pośrednie można ograniczyć poprzez planowanie kryzysowe, usprawnianie komunikacji, edukację użytkowników energii, programy społeczne i inne działania planistyczne³.

Szacowanie kosztów awarii energetycznych jest trudne i nieprecyzyjne, ponieważ wartość ekonomiczna niezawodności w zakresie dostaw energii elektrycznej jest różna dla poszczególnych użytkowników. Estymacja kosztów opiera się na analizie hipotetycznych kosztów wynikających z awarii lub próbie odtworzenia poziomu aktywności gospodarczej przy założeniu, że awaria nie wystąpiła. Obie metody mają swoje słabe strony i ograniczenia. Poza tym koszty pośrednie i społeczne często nie są możliwe do skwantyfikowania i mogą być jedynie wymienione i opisane⁴.

Inny podział kosztów i strat z tytułu awarii energetycznych wyróżnia koszty krótkoterminowe i długoterminowe. Te pierwsze są ponoszone w trakcie i tuż po awarii i obejmują na przykład zepsute produkty żywnościowe, utraconą sprzedaż, niewykorzystany czas na odpoczynek i rozrywkę oraz inne koszty utraconych korzyści. Koszty długoterminowe są wynikiem dokonywanych przez klientów inwestycji zmierzających do ograniczenia negatywnych konsekwencji wyłączeń prądu. Przykładem są zakupy generatorów prądotwórczych. Koszty krótko – i długoterminowe mogą mieć zarówno charakter bezpośredni, jak i pośredni.

Jednym ze sposobów szacowania ekonomicznych kosztów awarii energetycznych jest obliczenie skłonności konsumentów do ponoszenia kosztów w celu uniknięcia przerw w dostawach energii. Jest wskaźnik znany jako WTP – *willingness to pay*. Jest to miara kosztu niezawodności dostaw elektryczności.

1. Wpływ wyłączeń prądu na poszczególne sektory

1.1. Przemysł

Procesy przemysłowe są bardzo wrażliwe na przerwy w dostawach prądu. Przerwa, nawet krótsza niż 1 sekunda, może wyłączyć urządzenia z produkcji na kilka godzin. Skutkować to może uszkodzeniem, zniszczeniem materiału, procesu produkcyjnego czy nawet gotowych produktów. Degradacja produktów jest szczególnym problemem w procesach chemicznych, produkcji wyrobów stalowych, przemyśle spożywczym oraz wielu innych. Zaciemnienia związane są także z kosztami utraconych korzyści (nie wytworzonej produkcji). Ludzkie zdrowie

³ Ibidem, s. 65-66.

⁴ Ibidem, s. 66.

i względy bezpieczeństwa są również ważnym zagadnieniem w analizowanym problemie. Nie tylko pracownicy są narażeni na możliwe urazy czy zagrożenie życia, problem zaciemnień dotyczy także okolicznych terenów i znajdujących się tam mieszkańców. Przykładowymi niebezpieczeństwami mogą być wycieki lub ulatnianie się substancji chemicznych, co może prowadzić do zanieczyszczenia środowiska oraz wielu zatruć.

Koszty sektora przemysłowego są łatwiejsze do bezpośredniego wyliczenia, gdyż zazwyczaj wiążą się z uszkodzeniem urządzeń, zniszczeniem bądź utratą materiałów czy urazami pracowników. Utracony czas jest głównym kosztem. Jedno z podejść proponuje rozpatrzenie klasycznych ekonomicznych czynników produkcji, takich jak ziemia, praca, kapitał, zysk oraz przedsiębiorstwo i zestawienie ich z możliwymi wartościami, które te środki mogłyby wytworzyć. Wartości te mogą być oszacowane przy wykorzystaniu miar opisujących dodatkowe niewykorzystane zdolności produkcyjne każdego z czynników produkcji. Gdy czynniki produkcji nie są w pełni używane, koszty zaciemnienia szacuje się przy użyciu odpowiednich wag oddających puste przebiegi. W przypadku zasobów w pełni zatrudnionych w procesie produkcyjnym strata z tytułu wyłączeń prądu odzwierciedla utracone wartości, które zostałyby w tym czasie wytworzone. W tym przypadku uwzględnia się również koszty zepsucia czy zniszczenia materiałów, awarii sprzętu, koszty pośrednie. Brana pod uwagę jest także nadwyżka konsumenta, gdy jego popyt nie został zaspokojony.

Na przykład w 1965 roku zakład produkujący opony Dunlop w Buffalo stracił 1 700 opon wartych 50 000 USD, kiedy to przerwano proces produkcyjny, czego przyczyną była awaria prądu. Innym przykładem jest zakład produkujący silniki do samochodów marki Chevrolet w Nowym Jorku: podczas wiercenia otworów w tłokach silników zatrzymane zostały wiertarki, wskutek czego uległo zniszczeniu 350 bloków silników. Duża montownia producenta samochodów Ford musiała zatrzymać wszystkie procesy produkcyjne, ponieważ elektrownia Orange & Rockland Utilities Inc. po usunięciu części awarii podłączyła najpierw Akademię Wojskową West Point, tłumacząc, że kadeci muszą się uczyć.

1.2. Sektor komercyjny

Dla wielu przedsiębiorców zajmujących się handlem każda przerwa w dostawie prądu o długości nawet 1-2 sekund ma duże znaczenie i niesie ze sobą ogromne koszty wynikające głównie z wyłączenia sprzętu komputerowego i innych urządzeń, czy zniszczenia produktów. Dla firm z tej branży godzinne zaciemnienie nie jest bardziej kosztowne niż 10-sekundowe.

Przy wszechobecnym występowaniu komputerów oraz systemów komunikacyjnych we wszystkich obszarach biznesowych *blackout* może zakłócić funkcjonowanie tych dziedzin. Głównym czynnikiem determinującym straty w tym sektorze jest niemożliwość wykorzystania komputerów do przypisanych im zadań. Wiąże się to z utraceniem danych, możliwym zniszczeniem komputerów i urządzeń peryferyjnych. Utrata przechowywanych danych, w wersji papierowej czy elektronicznej, ma miejsce najczęściej, gdy w miejscu ich przechowywania występują niekorzystne warunki, mowa głównie o temperaturze i wilgoci. Najważniejsze, krytyczne dla społeczeństwa i firm systemy zazwyczaj posiadają zapasowe źródła zasilania, lecz większość z nich nie jest zaprojektowana na wypadek dłuższego zaciemnienia.

Wszystkie nowe gałęzie gospodarki wzrastają w przekonaniu, że należy tworzyć systemy zabezpieczające, zapewniające możliwość odzyskania straconych danych w obszarach silnie zależnych od komputerów. Firmy specjalizujące się we wsparciu czynności wykonywanych przez komputery muszą przejąć funkcje wykonywane przez te urządzenia, takie jak prowadzenie wypłat, magazynowanie, gromadzenie danych w momencie zaciemnienia, kiedy to firmowe systemy komputerowe nie działają.

Koszty branży komercyjnej, związane z zaciemnieniem są bardzo trudne do przeanalizowania. Spowodowane jest to rozległością i szerokim wachlarzem usług oraz produktów oferowanych przez ten sektor. W zależności od definicji i kraju tworzenia klasyfikacji firm mogą się tam znaleźć przedsiębiorstwa o rzeczywiście różnym profilu. Według niektórych zachodnich źródeł duże budynki mieszkalne, małe sklepiki czy firmy produkcyjne zaliczane są do grona firm komercyjnych. Przykładem innej klasyfikacji jest podział oparty na kodach SIC (*Standards of Industrial Classification*).

Dla obszarów sektora komercyjnego skupionych na produkcji (piekarnie, pralnie itd.), gdzie zaciemnienie nie musi powodować dodatkowych kosztów, najwłaściwszym podejściem do oszacowania strat będzie wyznaczenie kosztu przestoju czynników produkcji. Z kolei duże obszary mieszkalne, skupiające wiele gospodarstw domowych, będą szacować straty przy wykorzystaniu jednej z metod przewidzianych do analizy kosztów zaciemnienia w sektorze mieszkaniowym.

Możliwość zniszczenia, zepsucia produktów oraz niemożność kontynuowania procesu wytwórczego jest najważniejsza dla producentów. Sklepy z żywnością czy magazyny ponoszą najczęściej koszty związane z psuciem się towarów. Podobnie jest w gastronomii. Przykładowo analizując działalność restauracji typu fast-food ponoszą

one koszty związane z zepsuciem się produktów, należy także zwrócić uwagę na fakt, że firmy te nie są w stanie w krótkim czasie odrobić poniesionych strat.

1.3. Rolnictwo

W przeprowadzonym pomiędzy 1976 a 1979 rokiem badaniu, zwanym Ontario Hydro Survey, stwierdzono, że istnieje istotne zagrożenie dla hodowli zwierząt spowodowane przez *blackout*. Wrażliwe na odcięcie prądu są zwłaszcza takie procesy, jak dojrzewanie młodych osobników czy dojenie. Szczególnie objawia się to w niemożności zapewnienia w poszczególnych procesach odpowiednich dla nich temperatur, poprzez chłodzenie, ogrzewanie czy klimatyzację. Z farm o wielkości większej niż przeciętne 26% posiadało generator zapasowy, zaś około 60% miało urządzenia umożliwiające odcięcie części procesów w razie niebezpieczeństwa. W 1965 roku rolnicy pozbawieni prądu dla dojarek podłączyli je do generatorów, które wytwarzały prąd przy użyciu silników traktorów.

1.4. Sektor mieszkaniowy (mieszkańcy)

Blackout powoduje, że ludzie zauważają, jak bardzo ich życie zależy od urządzeń wykorzystujących prąd. Brak elektryczności sprawia, iż wyłączona jest klimatyzacja, wiele osób nie ma ogrzewania czy ciepłej wody. W wielokondygnacyjnych budynkach nie działają windy i ludzie są zmuszeni do poruszania się po schodach. W takich sytuacjach najbardziej poszkodowane są osoby starsze i ludzie niepełnosprawni. Wielu użytkowników nie ma światła, nie działają lodówki, tostery, elektryczne szczoteczki do zębów, maszynki do golenia, zmywarki, kuchenki mikrofalowe, suszarki do włosów czy drzwi garażowe. W czasach nowoczesnych technologii i elektroniki wiele osób posiada urządzenia, zwłaszcza radia i telewizory, zasilane przy pomocy baterii. Jednak zazwyczaj nikt z nich nie jest przygotowany na dłuższe niż kilkugodzinne zaciemnienie.

Kiedy *blackout* występuje w zimie, jak to miało miejsce w 1965 roku, ludzie mający przydomowe ogródki czy balkony mogą trzymać jedzenie (wymagające niskich temperatur) na zewnątrz. Z kolei w 1989 roku w Waszyngtonie, gdy *blackout* nastąpił w lecie, firma PEPCO (dostawca prądu w rejonie Waszyngtonu) rozproszadzała suchy lód. Osoby posiadające kominki czy miejsca przystosowane do grillowania mogły bez problemów przyrządzać posiłki, zaś ci, którzy nie mogli tego uczynić, skazani byli na spożywanie zimnych dań bądź skorzystanie z funkcjonujących restauracji. W tym okresie wzrosło występowanie przypadków zachorowań spowodowanych spożyciem nieświeżego pożywienia.

Jednym z bardziej interesujących zjawisk socjologicznych, które wystąpiło podczas zaciemnienia w 1965 roku, był fakt, że ludzie pozbawieni ulubionych form rozrywki spędzali więcej czasu razem. Skutki tego zjawiska widoczne były 9 miesięcy później, kiedy to wskaźnik urodzeń w nowojorskich szpitalach wzrósł od 50% do nawet 200%.

Stawki za elektryczność są różne w zależności od pory dnia, tygodnia czy roku. Krótkoterminowe koszty potencjalnego odcięcia prądu będą więc różne w zależności od stopnia wykorzystania energii o danej porze w gospodarstwach domowych. Niektóre czynności, takie jak np. sprzątanie, mogą być przerwane bez większych strat. W wielu przypadkach formy strat mogą być jedynie rozważane pod względem moralnym. Inne czynności mogą być wstrzymane albo przełożone, np. pranie czy jedzenie kolacji. W zależności od pory dnia czy roku, lub też grupy użytkowników, mogą występować różne utrudnienia wpływające na zdrowie i względy bezpieczeństwa. Związane jest to z brakiem ogrzewania, zasilania niezbędnych urządzeń, systemów podtrzymujących życie, dostarczających ciepło czy chłodzących. Koszty związane ze zużyciem elektryczności w poszczególnych gospodarstwach domowych zależą od poziomu ich dochodów, typu wykorzystywanych urządzeń, sposobu spędzania wolnego czasu oraz wielu innych czynników. W dodatku wstrzymanie dostaw energii może powodować występowanie dodatkowych wydatków gospodarstw domowych. Jednakże mogą one również wykonywać niektóre czynności bez wykorzystywania prądu. Przykładem mogą tu być: wykorzystywanie lodu do zabezpieczenia produktów spożywczych, kominków do przygotowania jedzenia czy ogrzewania, świeczek i baterii do oświetlenia.

Gospodarstwa domowe w zamian za przerwanie dostaw energii są w stanie zaakceptować ekwiwalent pieniężny. Część odbiorców elektryczności byłaby nawet skłonna płacić w zamian za zapewnienie ciągłości dostaw prądu.

1.5. Transport

Zaciemnienia wpływają w znacznym stopniu również na transport. Metra, windy, schody ruchome przestają działać. Także tunele i latarnie uliczne są zazwyczaj wyłączane. Podobne rzecz ma się z sygnalizacją świetlną na skrzyżowaniach. Urządzenia pompujące benzynę nie działają, co przekłada się na zmniejszenie dostępności taksówek i autobusów. Wszelkie bramy garażowe, bramki na zamkniętych parkingach uniemożliwiają wykorzystywanie samochodów. Piesi są może najmniej poszkodowani, chociaż mogą być bardziej niż zwykle narażeni na niebezpieczne sytuacje drogowe, gdyż kierowcy, nieprzyzwyczajeni do braku sygnalizacji świetlnej, powodują zagrożenie na drogach, gdzie najbardziej narażeni

są piesi. Porty lotnicze najczęściej posiadają zasilanie awaryjne, tak aby możliwe były starty i lądowania samolotów. Jednak pomimo zabezpieczenia w postaci generatorów mogą występować duże opóźnienia w ruchu powietrznym. Na obszarach o wysokiej gęstości zaludnienia, gdzie większość ludzi jest zależna od miejskiego transportu, skutki ekonomiczne z tytułu niemożliwości wykonywania pracy są szczególnie widoczne i dokuczliwe. Występują również niedogodności i problemy wynikające z niedostarczenia dóbr.

1.6. Telekomunikacja

W ostatnich latach w gospodarce amerykańskiej uwidoczniła się zależność między telekomunikacją i łącznością a wszystkimi obszarami biznesowymi. Przedsiębiorstwa prywatne i rządowe polegają na telekomunikacji przy wykonywaniu właściwie wszystkich rutynowych działań. Wykorzystywanie systemów telekomunikacyjnych oraz zgromadzonych w nich danych jest w dzisiejszych czasach niezbędne do budowania przewagi konkurencyjnej. Dlatego brak łączności może prowadzić nie tylko do strat finansowych, ale nawet do upadku niektórych firm.

Funkcjonowanie wszystkich służb miejskich, takich jak policja, straż pożarna czy pogotowie, polega głównie na systemach łączności. Badania przeprowadzone przez amerykański instytut National Research Council dowodzą, że sieci telekomunikacyjne tych służb są bezradne w przypadku pojawienia się wyłączeń prądu.

Długo trwające wyłączenia prądu wpływają w dużym stopniu na komunikację i powodują znaczne, niekorzystne skutki ekonomiczne. Rozmiary zakłóceń będą zależały od tego, czy sieci telekomunikacyjne wykorzystywane przez przedsiębiorstwa będą posiadały awaryjne zasilanie i jak długo to zasilanie może funkcjonować. Niezawodność tych systemów została przetestowana podczas nadejścia huraganu Hugo oraz trzęsienia ziemi w San Francisco. Huragan ten sprawił, że 39 głównych siedzib międzynarodowych przedsiębiorstw było zmuszonych do przejścia na zasilanie awaryjne. Według ekspertów przedsiębiorstwa te mogły funkcjonować na zapasowym zasilaniu do 10 godzin, kiedy to paliwo wykorzystywane do wytwarzania energii przez generatory wreszcie by się wyczerpało. Kiedy po trzęsieniu ziemi w San Francisco odłączono zasilanie z powodu ryzyka trwałego uszkodzenia infrastruktury energetycznej, wiele firm musiało korzystać z zasilania awaryjnego. Wykorzystywane były zazwyczaj generatory zasilane olejem napędowym, które mogły działać nieprzerwanie aż do 7 dni. Dzięki wykorzystaniu alternatywnego zasilania sieć komunikacyjna uległa niewielkim uszkodzeniom.

Wielkość wpływu zakłóceń w dostawach prądu zależy od tego, jak bardzo zależne od urządzeń telekomunikacyjnych są poszczególne przedsiębiorstwa. Średnie i duże firmy korzystają ze zintegrowanych systemów informacyjnych, aby zarządzać wieloma procesami. W ich przypadku nawet krótka awaria prądu spowoduje widoczne straty. Przedsiębiorstwa korzystają z sieci zapewnianych przez różnych dostawców. Wykorzystywane są zarówno sieci lokalne, jak i publiczne. Zazwyczaj sieci lokalne czy też prywatne bazują na infrastrukturze sieci publicznych i są od nich wysoce uzależnione. Poszczególne rządy federalne wykorzystują wiele własnych sieci do komunikacji pomiędzy poszczególnymi departamentami czy agencjami, ale sieci publiczne również służą do kontaktu z innymi, zewnętrznymi podmiotami.

Z raportu przygotowanego przez Office of Technology Assessment wynika, że firmy powoli przygotowują się na wypadek zaciemnienia. Bardzo często środki zabezpieczające przed negatywnymi skutkami awarii nie są wprowadzane z powodu wysokich dodatkowych kosztów. Dopiero w momencie pojawienia się problemu zostają powzięte działania zapobiegawcze.

1.7. Sektor ratunkowy (policja, straż pożarna, pogotowie)

Działania takich służb jak policja, straż pożarna i szpitale są bardzo wrażliwe na skutki zaciemnień. Wszystkie szpitale posiadają awaryjne systemy zasilania, by mogły one wspierać krytyczne procesy (operacje, zabiegi przeprowadzane na oddziałach intensywnej terapii itp.), które mają miejsce w tych placówkach. Opierając się na zasilaniu awaryjnym, takie czynności, jak prześwietlenia, klimatyzowanie sal, nie mogą być wykonywane z powodu dużego zapotrzebowania energetycznego. W 1977 roku pojawiły się także problemy wynikające z funkcjonowania awaryjnych agregatów. W omawianym przypadku podczas zaciemnienia wystąpiły liczne przegrzania agregatów, problemy z ich uruchomieniem, podłączeniem do urządzeń, które miały być zasilane.

W razie wystąpienia awarii funkcjonowanie systemów łączności takich służb jak policja czy straż pożarna jest bardzo narażone. Alarmy przeciwpożarowe są zazwyczaj wyłączone, co utrudnia pracę strażakom. Innym utrudnieniem może być brak prądu, kiedy to jednostki gaszące pożar muszą podłączyć się do zasilania, by móc pompować wodę. Podczas zaciemnień nasilają się takie zjawiska, jak podpalenia czy szabrownictwo. Odpowiednie służby, aby przeciwdziałać skutkom tych zjawisk, muszą zaangażować dodatkowe jednostki, co poważnie ogranicza inne obszary działań tych służb. Na przykład podczas awarii w Nowym Jorku

wykonano 70 680 połączeń z numerem 911, podczas gdy normalna średnia dzienna wynosiła 17 700. Podczas zaciemnienia w 1977 roku miało miejsce 1037 pożarów (powstałych głównie w wyniku podpaień).

1.8. Sektor użyteczności publicznej

Sektor użyteczności publicznej obejmuje między innymi dostarczanie elektryczności, wody, gazu, usług związanych z kanalizacją czy wywozem śmieci.

System dostarczania wody generalnie opiera się na grawitacji, za pomocą której woda przenoszona jest z danego zbiornika wodnego poprzez sieć do odbiorców. Grawitacja utrzymuje również odpowiednie ciśnienie w sieci wodnej. Jednakże część systemów do prawidłowego działania wymaga zasilania prądem (stacje pompujące i niektóre zbiorniki). Typowy system ciśnieniowy jest w stanie zaopatrzyć budynek w wodę do piątego – szóstego piętra. W wysokich budynkach, aby uzyskać odpowiednie dostawy wody na najwyższych piętrach, niezbędne są pompy elektryczne bądź odpowiedni zbiornik zamontowany na dachu, zawierający zapas na 24 do 48 godzin. Jeżeli pompy elektryczne nie działają, mieszkańcy muszą obejść się bez bezpośrednich dostaw wody, bądź liczyć na pomoc sąsiadów mieszkających na niższych piętrach.

Energia elektryczna jest również wymagana do oczyszczania i przepompowywania ścieków. Przerwa w dopływie prądu w oczyszczalniach ścieków powoduje brak odpowiedniego ich przetworzenia, w takim przypadku ich nie oczyszczony strumień może dostać się do zbiorników wodnych. Bardzo istotnym elementem jest więc odpowiedni system zabezpieczający. Podczas zaciemnienia w Nowym Jorku w 1977 roku wiele stacji pompujących i oczyszczalni ścieków miało przygotowane systemy zasilania zapasowego, lecz były one w stanie utrzymać system jedynie przez krótki okres. Gdy dopływ prądu z systemów dodatkowych skończył się, nie oczyszczone ścieki popłynęły do ujścia systemu kanalizacji w porcie. W rezultacie wszystkie pobliskie plaże musiały zostać zamknięte.

Koszty zaciemnienia przypisane niezbędnym do egzystowania usługom oraz podstawowej infrastrukturze (światła na ulicach, transport publiczny, telekomunikacja, szpitale, porty lotnicze, oczyszczalnie ścieków, usługi zdrowotne, straż pożarna, policja itp.) są bardzo trudne do wyliczenia. W wielu zakładach użyteczności publicznej wykonujących niezbędne do życia funkcje już stworzono odpowiednie systemy zasilania zapasowego, jednakże często nie są one w stanie zaspokoić wszelkich potrzeb, ewentualnie mogą dostarczać elektryczność jedynie przez kilka godzin. Dla niektórych z usług strukturalnych poniesienie kosztu utworzenia zasilania zapasowego jest uzasadnione, ze względu na łatwe do ob-

liczenia koszty ewentualnych skutków awarii (przewyższające koszty inwestycji w system). Jednak finansowe skutki zaciemnienia dla transportu publicznego i prywatnego (np. brak światła na skrzyżowaniach) są bardzo trudne do obliczenia, a zatem inwestycje w systemy ich awaryjnego zasilania trudno uzasadnić ekonomicznie.

Podczas wyłączeń prądu wytwórcy i dostawcy energii odnotowują dodatkowe koszty m.in. z tytułu niedostarczenia energii, dodatkowego sprzętu, nadgodzin dla pracowników zaangażowanych do przywrócenia zasilania. Pojawiają się także dodatkowe inwestycje niezbędne do zabezpieczenia się przed powtórnią awarią.

Przez zaciemnienie w 1977 roku firma Consolidated Edison (Con Ed)⁵ straciła nie tylko dobrą markę. Poniosła również ogromne straty z tytułu niedostarczenia 84 000 MWh energii oraz koszty przywrócenia napięcia. Con Ed musiało wykonać wiele inwestycji (m.in. nowe programy szkoleniowe), by ich system był bezpieczniejszy i stabilniejszy. Przerwa w dostawach prądu wpłynęła również bezpośrednio na akcje spółki. 14 lipca handel na tych akcjach zdecydowanie wzrósł, zaś sama cena walorów odnotowała bardzo duży spadek.

Po awarii w 1965 roku dostawcy prądu w całych Stanach Zjednoczonych poczynili wiele zmian w swoich procedurach oraz przeprowadzili liczne inwestycje, które miały zapewnić, aby mała awaria nie była już w stanie doprowadzić do całkowitego i długotrwałego zaciemnienia⁶.

2. Metodyka szacowania kosztów wyłączeń dostaw energii elektrycznej

Poniżej zaprezentowano etapy szacowania kosztów wyłączeń dostaw energii elektrycznej.

Etap 1

Określenie specyficznych cech dla danego wyłączenia, w tym:

- czas trwania (długość) przerwy w dostawach prądu,
- sezon (pora roku),
- pora dnia,
- pozostałe specyficzne czynniki opisujące konkretną przerwę w dostawach prądu (obszar geograficzny, liczba poszkodowanych osób itp.).

⁵ Producent i dostawca energii elektrycznej w Nowym Jorku.

⁶ Zob. *Physical Vulnerability of Electric Systems to Natural Disasters and Sabotage*, OTA Project E-453, June 1990, s. 29-35.

Etap 2

Określenie grup odbiorców energii elektrycznej, dla jakich chcemy znaleźć koszty (ich określenie jest konieczne ze względu na dużą różnorodność średnich kosztów dla każdej grupy).

Zalecane podziały na grupy:

a)

- mieszkańcy,
- mały i średni biznes / przedsiębiorstwa,
- duży biznes / przedsiębiorstwa;

b)

- mieszkańcy,
- mały biznes,
- średni biznes,
- duży biznes,
- firmy specyficzne,
- organizacje rządowe i pozarządowe (non-profit),
- gospodarstwa rolne;

c)

- przemysł,
- handel i usługi,
- gospodarstwa domowe,
- rolnictwo,
- transport,
- telekomunikacja,
- służby ratownicze,
- dostawy mediów i inne usługi użyteczności publicznej.

Wybór danego podziału jest uzależniony od wymaganej dokładności badania, dostępności danych w poszczególnych przekrojach, jak również od obszaru i wielkości grupy poszkodowanych odbiorców energii.

Etap 3

Stworzenie odpowiedniej ankiety dla każdej z analizowanych grup (wymagane części w takiej ankiecie to: koszty, jakie odbiorca energii poniósł na skutek przerw w dostawach prądu oraz szacunkowa ilość zużywanego energii elektrycznej przez odbiorcę w warunkach odpowiadających wyłączeniu dostaw – długość trwania, sezon, pora dnia itp.).

Przykładowe pytania w ankiecie powinny dotyczyć kosztów:

a) dla przedsiębiorstw:

- płace pracowników podczas przerw w dostawach (najczęściej brak wtedy produktywności),
- koszty utraconych korzyści (brak sprzedaży),
- koszty nadgodzin potrzebnych do nadrobienia straconej produkcji,
- uszkodzenia materiałów oraz produktów gotowych,
- koszt ponownego uruchomienia produkcji/działalności,
- koszty uszkodzonego sprzętu,
- pozostałe koszty;

b) dla osób prywatnych:

- koszty, jakie odbiorcy byliby gotowi ponieść, by uniknąć przerw w dostawach,
- łączne koszty, jakie odbiorcy ponieśli podczas przerw w dostawach.

Warto pamiętać, że większość kosztów stanowią koszty pośrednie. Dlatego ważne jest odpowiednie sformułowanie pytań.

Etap 4

Kolejnym krokiem jest uśrednienie kosztów dla każdej z wyodrębnionych grup odbiorców (przy czym należy uwzględnić szacunkową ilość energii elektrycznej pobieranej przez każdego z ankietowanych odbiorców) oraz określenie kosztów całkowitych dla każdej grupy. Przykładowy wzór:

$$Kc = \left(\sum_{i=1}^n Ai/Bi \right) / n \cdot C$$

gdzie:

- Kc – koszt całkowity wyłączenia prądu dla danej grupy odbiorców [zł],
- Ai – całkowity koszt wyłączenia prądu, poniesiony przez i -tego ankietowanego [zł],
- Bi – szacunkowe (prognozowane) zużycie prądu przez i -tego ankietowanego w czasie odpowiadającym warunkom podczas wyłączenia prądu (czyli ile dany odbiorca zużyłby energii w danym dniu, o danej porze, gdyby wyłączenie prądu nie nastąpiło) [kWh],
- n – liczba ankietowanych odbiorców,
- C – prognozowane zużycie prądu (gdyby wyłączenie prądu nie nastąpiło) przez całą grupę [kWh].

Opis:

By obliczyć szacunkowy całkowity koszt wyłączenia prądu dla danej grupy (np. dla mieszkańców), należy:

- a) oszacować koszt poniesiony przez każdego ankietowanego z danej grupy, przypadający na jednostkę energii (jaka powinna, a nie została do niego dostarczona – jaką zużyłby w danym dniu, o danej porze, gdyby nie było wyłączenia prądu):

$$A_i/B_i$$

- b) uśrednić koszt poniesiony przez ankietowanych [zł/kWh] (przy odpowiednio dużej i dobrze dobranej grupie ankietowanych średnią tę można uznać za reprezentatywną dla całej grupy):

$$\left(\sum_{i=1}^n A_i/B_i\right)/n$$

- c) oszacowany w punkcie b) średni koszt wyłączenia prądu przypadający na 1 kWh przemnożyć przez ilość energii, jaka powinna być, a nie została dostarczona do danej grupy odbiorców:

$$Kc = \left(\sum_{i=1}^n A_i/B_i\right)/n \cdot C$$

Dodając koszty całkowite wszystkich grup, można uzyskać koszt całkowity wyłączenia prądu.

Etap 5

By uzyskać średnią dla wszystkich grup, należy przeprowadzić obliczenia według następującego wzoru:

$$K = \left(\sum_{i=1}^n K_{ci}\right)/C$$

gdzie:

K – średni koszt wyłączenia prądu dla odbiorcy energii elektrycznej [zł/kWh],

K_{ci} – koszt całkowity wyłączenia prądu dla i -tej grupy odbiorców [zł],

n – liczba grup odbiorców,

C – szacunkowe całkowite zużycie prądu przez wszystkie grupy odbiorców [kWh].

Należy podkreślić, iż ta forma podawania szkód (w jednostce zł/kWh) jest najczęściej stosowaną.

3. Prosta metoda szacowania kosztów przerw w dostawach energii elektrycznej

W artykule *The Economic Cost of the Blackout* autorzy zauważają, iż najprostszym, bardzo ogólnym sposobem na obliczenie kosztów przerw w dostawach energii elektrycznej jest skorzystanie ze wzoru⁷:

$$\text{Koszt całkowity} = 100 \cdot \text{cena 1 MWh} \cdot \text{nie dostarczona ilość energii [MWh]}$$

Przykładowo, jeżeli cena 1 MWh wynosi 170 zł, nie dostarczona ilość energii (energia, jaką by zużyto, jeżeli nie byłoby przerw w dostawach prądu) równa się 3500 MWh, to całość kosztów wyniesie:

$$100 \cdot 170 \text{ zł/MWh} \cdot 3500 \text{ MWh} = 59 \text{ mln zł}$$

Ponieważ wzór ten jest bardzo ogólny, autorzy stosują dodatkowo przedział +/-20, a więc w podanym przykładzie koszt wyniesie:

$$\text{od 47 mln zł do 71 mln zł.}$$

Wzór ten powstał na podstawie obserwacji kosztów wyłączeń dostaw energii elektrycznej z przeszłości. Nie ma on większych podstaw teoretycznych, więc nie może być przyjęty za wynik w pełni prawidłowy. Jest to swego rodzaju „reguła kciuka” (*rule of thumb*), znana m.in. w różnych zastosowaniach inżynierskich oraz w wycenie przedsiębiorstw (szczególnie małych firm).

⁷ *Economic Cost of the Blackout*, An Issue paper on the Northeastern Blackout, August 14, 2003, ICF Consulting.

4. Propozycja klasyfikacji kosztów wyłączeń dostaw energii elektrycznej występujących w przedsiębiorstwach

1. Straty i koszty bezpośrednie:

- a) koszty uszkodzonego sprzętu, instalacji, maszyn;
- b) koszty uszkodzonych materiałów (produktów, półproduktów i towarów);
- c) dodatkowe koszty poniesione przez służby techniczne w związku z usuwaniem skutków awarii (dodatkowe wynagrodzenia, koszty zużytych materiałów, paliwa, sprzętu itp.);
- d) koszty ponownego uruchomienia działalności.

2. Utracone korzyści:

- a) wynagrodzenia pracowników podczas awarii (bez dodatkowych wynagrodzeń służb technicznych wymienionych w pkt 1c i ewentualnego wynagrodzenia za nadgodziny wymienione w pkt 2b);
- b) koszty nadgodzin dla pracowników potrzebnych do ewentualnego „nadrobienia” straconej produkcji (dotyczy tylko sytuacji, gdy „nadrobienie” straconej produkcji jest możliwe i wymaga wypłaty wynagrodzenia z tytułu nadgodzin);
- c) niezrealizowana sprzedaż;
- d) utracony zysk (rozumiany jako różnica pomiędzy niezrealizowaną sprzedażą a kosztami zmiennymi).

3. Inne koszty:

- a) kary umowne;
- b) odszkodowania;
- c) utracone nowe kontrakty;
- d) opis i oszacowanie ewentualnych konsekwencji długofalowych.

Podsumowanie

Awaria energetyczna, która wydarzyła się w Szczecinie 7 i 8 kwietnia 2008 roku, wykazała, że w Polsce nie są zachowane odpowiednie standardy w zakresie dostaw energii elektrycznej.

Duża część środowiska energetyków i ekspertów jest zaniepokojona postępującym obniżaniem się krajowego wskaźnika samowystarczalności energetycznej: ze 113% w 1975 roku, poprzez 80% w 2006 roku, do zaplanowanych tylko 60%

w 2020 roku. Ta niebezpieczna strategia przeprofilowania krajowej energetyki na rosnący import nośników energii owocuje powiększającym się zadłużeniem państwa i coraz większym uzależnieniem polskiej energetyki od zagranicy, przede wszystkim Rosji⁸.

Konsekwencje z tytułu przerw w dostawach prądu są bardzo różne w zależności od kraju, zakresu i długości trwania wyłączeń oraz użytkowników. Inne są konsekwencje dla podmiotów wytwarzających np. nawozy w trybie ciągłym, a inne w firmie, która może nadrobić wstrzymaną produkcję. Jeszcze inne są konsekwencje dla rolnictwa, mieszkańców, użytkowników dróg i kolei itd.

Identyfikacja strat, kosztów i utraconych korzyści będących następstwem awarii energetycznych jest bardzo ważna, pozwala bowiem ocenić skalę zagrożeń i wskazuje na kierunki działań prewencyjnych. Szacowanie kosztów z tytułu wyłączeń prądu jest zadaniem bardzo trudnym, obarczonym dużą dozą niepewności. Jest jednak niezbędne w świetle postępującego rozwoju cywilizacji i rosnącego uzależnienia społeczeństw od nieprzerwanych dostaw energii. Stąd też konieczne jest dalsze doskonalenie metodyki estymacji tych kosztów.

COSTS OF BLACKOUTS

Summary

Blackouts have impacts that are both direct and indirect. The kinds of costs considered in value of reliability estimations include both short-term outage and long-term coping or adaptive response costs. Numerous analyses, mainly in the US, have estimated the costs of unserved electricity for various consumer sectors. This paper deals with the key methodological issues devoted to estimating the costs of blackouts.

Translated by Dariusz Zarzecki

⁸ Zob. W. Kotowski, *Jak zapewnić samowystarczalność energetyczną kraju? Pomysł lepszy niż Ignalina*, Energia Gigawat, czerwiec 2008.