

„Woda jest węglem przyszłości” Juliusz Verne (1874)

Andrzej Przytułski

Trudno dzisiaj odgadnąć, co miał na myśli ten znakomity dziewiętnastowieczny pisarz. Czy wypowiedziane przez niego słowa powodowane były niepokojem o stan energetycznych surowców kopalnych, których wydobycie w dziewiętnastym wieku wzrosło lawinowo? Być może współtwórca gatunku *science fiction* przewidywał już wówczas, że za pewien czas ludzkość będzie zmuszona sięgnąć po jeden z pierwiastków tworzących wodę, by zaspokoić swoje rosnące potrzeby energetyczne, a być może jego trafne powiedzenie wynikało z obserwacji, bo przecież energię przepływu wody wykorzystywano do różnych celów od wielu wieków.



Fot. 1. Pierwsza niekomercyjna elektrownia wodna na świecie w Grand Rapids wg [2]

Koła wodne znane były w Chinach i Mezopotamii już przed pięcioma tysiącami lat. Odkryto wtedy, że energia przepływu wody może być użyteczna jako siła napędowa przy pewnych pracach wymagających znacznych jej nakładów. W późniejszych czasach, w antycznym Rzymie i Grecji, energię przepływu wody wykorzystywano również do mielenia ziaren na mąkę i nawadniania pól. Początki wykorzystania energii wodnej w dzisiejszym rozumieniu datowane są na 1767 r., kiedy angielski inżynier budowlany John Smeaton¹ wykonał koło wodne odlane z żeliwa. Po stu latach od tego faktu Werner von Siemens skonstruował pierwsze dynamo elektryczne o dużej sprawności. Do wprawiania go w ruch obrotowy – oprócz silników spalinowych i maszyn parowych – nadawała się przede wszystkim energia czerpana z przepływu wody, gdyż oszczędzała ona surowce kopalne i była przecież za darmo.

Początki energetyki wodnej

Pierwsza niekomercyjna elektrownia wodna na świecie uruchomiona została 22 marca 1880 r. w miejscowości Grand Rapids² w Stanie Michigan przez firmę Electric Light and Power Co. (fot. 1). Samą „turbinę” wykonała firma Wolverine Chair Company, będąca producentem mebli. Uzyskana energia elektryczna została wykorzystana do oświetlenia teatru i wystaw sklepowych tego niewielkiego wówczas miasta [1]. Generator dostarczał napięcia stałego, a jego moc wystarczyła do zasilania szesnastu lamp łukowych.

Pierwsza komercyjna elektrownia wodna w Stanach Zjednoczonych rozpoczęła swą działalność półtora roku później, 30 września 1882 r. w Appleton, w stanie Wisconsin, na rzece Fox. W późniejszych latach zmieniła ona nazwę na Appleton Edi-

son Light Company i od początku swego istnienia dostarczała energii elektrycznej m.in. do domu Henry’ego Jamesa Rogersa (fot. 2), będącego menedżerem spółki papierniczej. Do budowy domu wyposażonego w światło elektryczne Rogers zainspirowany został przez samego Edisona. Turbina wodna elektrowni miała średnicę 107 cm, a generator posiadał imponującą jak na tamte czasy moc 25 kW. Na fotografii 3 widoczna jest tablica pamiątkowa przypominająca o wydarzeniu sprzed 130 lat.

W Europie pierwszą elektrownią wodną była „siłownia” w Godalming w Anglii, uruchomiona przy miejscowej garbarni w 1881 r. Koło wodne napędzało tam generator wyprodukowany przez Siemens.

Początki budowy hydroelektrowni przypadły na czasy dwóch „wojen”. Pierwszą z nich była wojna producentów gazu i lobbowanego przez nich sposobu oświetlenia pomieszczeń i przestrzeni otwartych, polegającego na stosowaniu lamp gazowych, z raczkującą jeszcze wtedy technologią oświetlenia elektrycznego. Jednak już w roku otwarcia elektrowni w Appleton szala zwycięstwa przechylała się wyraźnie na stronę elektryczności. Oświetlenie gazowe – „dziecko” wielkiej rewolucji przemysłowej osiemnastego wieku – miało w porównaniu z oświetleniem elektrycznym dużo poważnych wad. Główną było to, iż w pomieszczeniach zamkniętych, przy stosowaniu dużej liczby lamp, drastycznie wzrastała temperatura i zawartość dwutlenku węgla w powietrzu. Po pewnym okresie użytkowania na ścianach pomieszczeń pojawiał się czarny osad. Największą jednak wadą było niewątpliwie zagrożenie pożarowe i wybuchowe.

W Europie pierwsze analizy porównawcze oświetlenia gazowego z elektrycznym zaczęto wykonywać właśnie w 1882 r., a więc w czasie powstawania elektrowni wodnych. W salo-

nie zegarmistrzowskim Palais Royal w Paryżu, oświetlanym wieczorami 24 żarówkami Swana³, temperatura utrzymywała się na poziomie 18°C, gdy przy wcześniejszym stosowaniu lamp gazowych wynosiła ona 28°C. W Théâtre des Variétés doświadczenia były podobne. Front sceny oświetlany był tam 83 żarówkami. Dwa lata później Instytut Higieny Maxa von Pettenkofera przeprowadził badania w Teatrze Rezydencyjnym („Residenztheater” zwany także „Cuvilletheater”, fot. 4) w Monachium, badając obydwa typy oświetlenia. Okazało się, że przy pustej widowni światło elektryczne podnosiło temperaturę zaledwie o 0,9°C, a oświetlenie gazowe o 9,2°C, a więc więcej niż dziesięciokrotnie. Podczas przedstawień temperatura po godzinie spektaklu osiągała na najwyższych balkonach 29°C z początkowych 21°C [4].

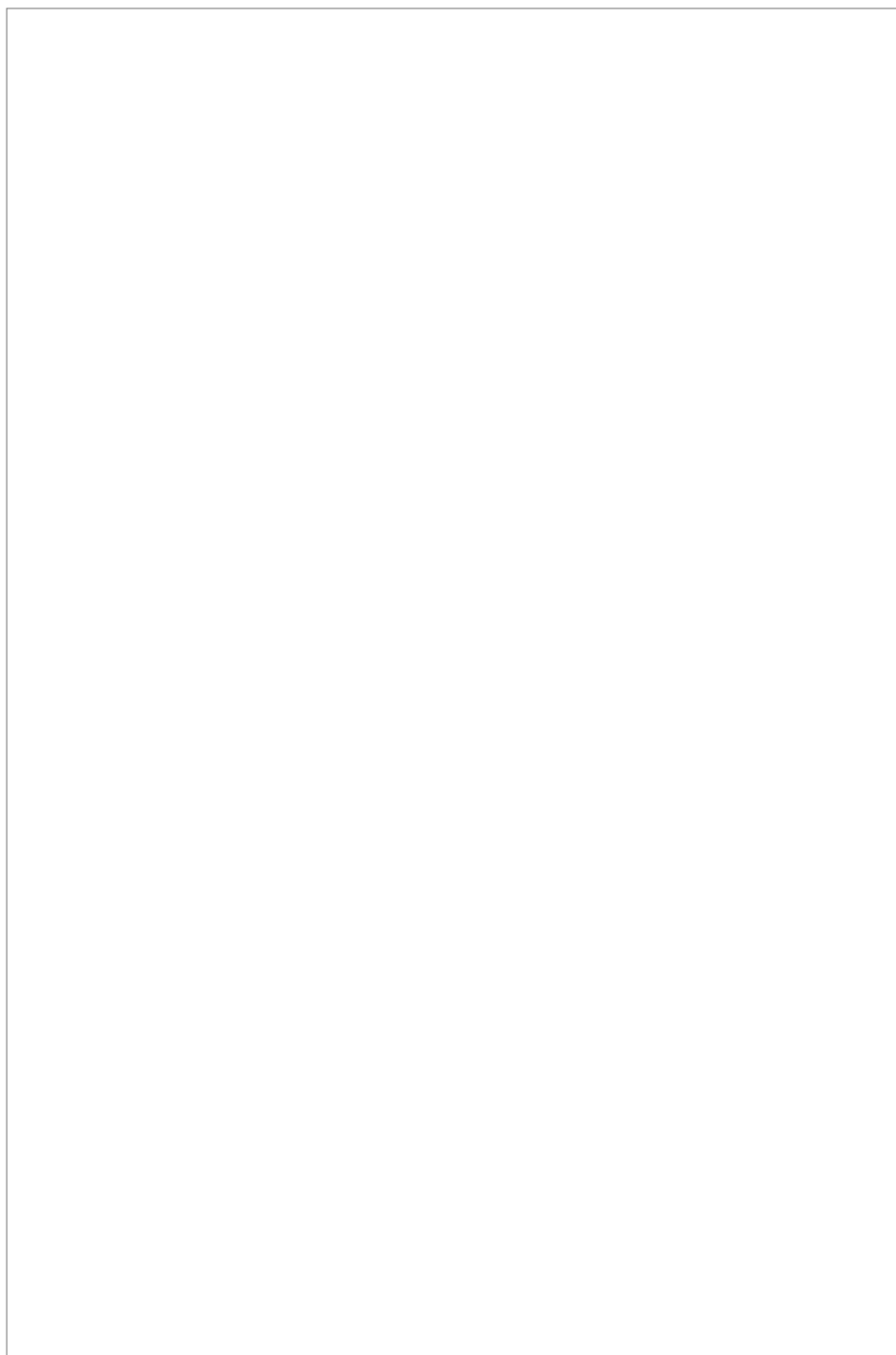
Podobne badania prowadzono na zawartość dwutlenku węgla. Okazało się, że przy stosowaniu lamp gazowych zawartość tego gazu na początku przedstawienia wynosiła 0,4%, aby po upływie godziny osiągnąć 2%. Przy stosowaniu oświetlenia elektrycznego było to odpowiednio 0,6%. Już to fragmentaryczne porównanie wskazuje na niekwestionowaną przewagę oświetlenia elektrycznego. Jeżeli dodać do tego niebezpieczeństwa powodowane pożarami i wybuchami gazu, szczególnie w miejscach, gdzie zgromadzonych było wiele osób (przytoczyć tu można jedną z wielu tragedii, która pochłonęła ok. 400 ofiar w tzw. Ringtheater w Wiedniu w 1881 r.), to zrozumieć można od razu, jak sprzyjający był klimat dla rozwoju elektrowni, a w szczególności wodnych, gdzie – jak podkreślono – prądy rzek poruszały generatory bez ponoszenia kosztów na paliwo.

Elektrownia na wodospadzie Niagara największą energetyczną inwestycją XIX wieku

Wspomniano już, że rozwój energetyki wodnej przypadł na okres dwóch „wojen”. Tą drugą była znana i opisywana bardzo często w literaturze tzw. „wojna prądów” [6]. W Stanach Zjednoczonych znakomity elektryk i wynalazca Tomas Alva Edison już na początku lat 80. XIX wieku wprowadził kompletne systemy dostarczania energii elektrycznej, w celach nie tylko oświetleniowych, ale również grzewczych i napędowych. Pierwsza konwencjonal-

na elektrownia zbudowana przez tego przemysłowca i konstruktora przy Pearl Street 255–257 w Nowym Jorku miała sześć tzw. „Jumbo” – generatorów. Każdy z nich o mocy 100 kW mógł zasilać 1200 żarówek. Edison, podobnie jak Werner von Siemens w Europie, był zagorzałym zwolennikiem prądu stałego. Powstały więc wyłączniki, bezpieczniki, liczniki, linie przesyłowe oraz inny osprzęt, specjalnie na potrzeby technologii tego rodzaju prądu. Edison posiadał dużą liczbę patentów na urządzenia wykonane właśnie w technologii *direct current* – DC. Forsowana przez niego idea była prosta i miała przynieść wynalazcy krociowe zyski. Prądu stałego nie można było jednak przysyłać na dalekie odległości. Wystarczy wspomnieć, że ta pierwsza zbudowana przez niego elektrownia działała tylko

reklama





Fot. 2. Dom Jamesa Henry'ego Rogersa w Appleton – jedno z pierwszych wiktoriańskich mieszkań na świecie z oświetleniem elektrycznym wg [3]



Fot. 3. Tablica pamiątkowa przed tzw. Hearthstone – domem J.H. Rogersa, będącym dzisiaj siedzibą muzeum [3]



Fot. 4. Residenztheater w Monachium już z oświetleniem elektrycznym, bez uciążliwego wzrostu temperatury i zawartości CO₂ w powietrzu wg [5]



Fot. 5. Generator elektrowni na wodospadzie Niagara o mocy 5000 KM wg [8]

w kwadracie 600×600 m. Elektryfikacja wymagała więc postawienia elektrowni i skojarzonych z nimi całych systemów przesyłowo-rozdziałowych niemalże w każdej dzielnicy miasta, a w obszarach wiejskich – w każdej wsi. Im więcej urządzeń trzeba było wyprodukować i wybudować, tym bardziej pęczniał portfel amerykańskiego geniusza elektrotechniki.

Największym konkurentem Edisona w Stanach okazał się magnat przemysłowy George Westinghouse. Zauważył on momentalnie, że wprowadzenie konkurencyjnych rozwiązań w produkcji i przesyłach energii elektrycznej przyniesie ogromne zyski. Tym konkurencyjnym rozwiązaniem miała być technologia prądu przemiennego *alternating current* – AC. W technologii tej energię elektryczną można było przysyłać na dalekie odległości, stosując linie przesyłowe wysokiego napięcia, charakteryzujące się małymi stratami. Jedna elektrownia, postawiona nawet w bardzo odległym miejscu od miejsca zużywania energii, mogła pokryć zapotrzebowanie olbrzymich obszarów w porównaniu z zasięgiem elektrowni prądu stałego. Rywal Westinghouse'a wszczął zaciętą kampanię propagandową, dyskredytującą prąd przemienny. Nie przebierając w środkach, doprowadził

nawet do powstania krzesła elektrycznego i pierwszej kosztownej egzekucji z udziałem dziennikarzy⁴. Rozdrażniony był również odejściem i przejściem na stronę przeciwnika najlepszego swojego inżyniera Nikoli Tesli. Bój o użycie w elektryfikacji odpowiedniego rodzaju prądu ciągnął się ponad dziesięć lat nie tylko za oceanem, ale również w Europie. Powoli, lecz systematycznie przewagę zaczęła uzyskiwać technologia AC. W 1893 r. Edison stracił swojego najważniejszego europejskiego poplecznika, gdyż na Światowej Wystawie Elektrotechnicznej w Chicago – w czterystulecie odkrycia Ameryki – Werner von Siemens zaprezentował prototyp trójfazowego napędu trakcyjnego [7], porzucając w ten sposób forsowaną uprzednio przez siebie technologię DC.

Decydującym ciosem w doktrynę Edisona okazała się budowa olbrzymiej elektrowni na Wodospadzie Niagara. Międzynarodowe gremium naukowców uznało, że zainstalowane generatory będą produkowały prąd przemienny, a niewykorzystywana dotąd siła olbrzymiego wodospadu dostarczać będzie darmowej energii (nie licząc kosztów inwestycji) do miejscowości odległych nawet o kilkadziesiąt kilometrów od miejsca jej pozyska-

nia. W dniu otwarcia, 25 sierpnia 1895 r. woda zaczęła szumieć w głębokich na 50 m szybach, poruszając dziesięć turbin sprzężonych z generatorami o łącznej mocy 50 000 koni mechanicznych (fot. 5). Była to największa inwestycja energetyczna dziewiętnastego wieku w Stanach Zjednoczonych i na całym ówczesnym świecie. Na przełomie XIX i XX wieku, w wielu stanach powstała niezliczona ilość elektrowni wodnych. Jednak pogoń za szybkim zyskiem i dostępność do energetycznych surowców kopalnych doprowadziły do budowy elektrowni konwencjonalnych, opalanych obydwojoma rodzajami węgla, olejem lub gazem.

Przewaga takich rozwiązań polegała na tym, że przynosiły one inwestorom profity już w krótkim czasie, gdyż koszty budowy elektrowni wodnych są zwykle bardzo wysokie i mają niebagatelny wpływ na ich rentowność. Dlatego też prąd uzyskiwany z takiego rodzaju siłowni jest na początku o wiele droższy niż pozyskany z elektrowni konwencjonalnych. Dopiero po pewnym czasie, gdy zwrócić się nakłady poniesione na budowę zapór i pozostałej infrastruktury, elektrownia taka zaczyna przynosić zyski, wykorzystując niewyczerpalne, darmowe źródło energii. Elektrownie wodne projektowane więc były na bardzo długi „czas życia”, aby można było w pełni i przez znaczny okres czerpać korzyści z ich powstania.

Pracę największej wodnej elektrowni Europy XIX w. zaplanowano na 90 lat

Jeszcze do niedawna elektrownia wodna w Rheinfelden w Badenii, na granicy ze szwajcarskim kantonem Aargau, była najstarszą tego rodzaju elektrownią, działającą na naszym kontynencie. Jej budowniczym był inżynier Conradin Zschokke⁵ [9]. Była ona również pierwszą elektrownią przepływową (nisko-spadową) na świecie. Jej budowę rozpoczęto w listopadzie 1895 r. i ukończono w czerwcu 1899 r. Siedmiuset robotników zbudowało 800-metrowej długości kanał, biegnący równoległe do Renu, a w poprzek rzeki utworzono 360-metrowy jaz.

Hala maszyn (fot. 6) mieściła 20 komór, każda z nich miała pięć i pół metra szerokości. Zamontowano w nich taką samą



Fot. 6. Hala maszyn starej elektrowni w Rheinfelden ok. 1900 r. wg [10]

liczbę pionowych turbin Francisa o mocy 800–1200 KM. Bezpośrednio z nimi sprzęgnięto generatory, z których osiem było generatorami trójfazowymi o napięciu 6800 V i częstotliwości 50 Hz, natomiast dwanaście było generatorami prądu stałego o napięciach od 100 do 1800 V. W 1894 r. władze kantonu Aargau, a w 1898 r. władze Wielkiego Księstwa Badenii wydały koncesje na użytkowanie przez firmę Kraftübertragungswerke Rheinfelden (KWR) elektrowni przez okres 90 lat. Elektrownia podczas swej nieprzerwanej pracy była wielokrotnie modernizowana i produkowała energię elektryczną do 27 lipca 2010 r.

W grudniu 1989 r. Szwajcarska Rada Związkowa i Rejencja Fryburga (niem. Freiburg) miały zdecydować o przedłużeniu koncesji na następne 80 lat. Zgoda dla KWR została wydana z zastrzeżeniem, że elektrownia powinna dostarczać większą ilość energii. Ponieważ postulat taki nie był możliwy do spełnienia przy starym parku maszynowym, zdecydowano się na budowę nowej siłowni przesuniętej o 130 m w górę rzeki względem wysłużonej, ale ciągle sprawnej i działającej starej elektrowni.

reklama



Fot. 7. Ostatnie dni pracy starej elektrowni Rheinfelden wg [11]



Fot. 8. Pozostałości z najstarszej ekologicznej elektrowni naszego kontynentu sfotografowane w marcu 2011 r. wg [12]

Gdy pogodzone się już z faktem jej „naturalnej śmierci”, rozpoczęła się walka o pozostawienie historycznych budynków i urządzeń. Sama elektrownia była przecież świadkiem rozwoju elektrotechniki i prekursorem odnawialnych źródeł energii już w XIX wieku. Była też najstarszą działającą elektrownią wodną w Europie i na świecie, gdyż pierwsza największa elektrownia wodna z XIX w. – Adams Powerhoese Nr. 1 na wodospadzie Niagara – zdemontowana została w 1961 r. Dwie turbiny i generatory elektrowni Rheinfelden były jeszcze oryginalne i przepracowały ponad sto lat. Warto było ją ocalić również ze względu na to, iż była pionierem produkcji energii elektrycznej z zastosowaniem prądu trójfazowego o częstotliwości 50 Hz, będącej dzisiaj niemalże światowym standardem, a montaż generatorów tego typu nadzorował osobiście Michał Doliwo-Dobrowolski. Stara elektrownia Rheinfelden była prekursorem wspólnego, europejskiego systemu energetycznego, gdyż jako pierwsza dostarczyła energię do obszaru niebędącego w rejonie jej działania, gdy w 1905 r. awarii uległa elektrownia Wangen na rzece Arze. Rok później elektrownia Wangen dostarczała prąd dla elektrowni Rheinfelden. Mimo licznych protestów i petycji do różnych stowarzyszeń i organizacji o zachowanie tego zabytku techniki, 3 listopada 2010 r. rozpoczęto prace rozbiórkowe. Na fotografii 7 przedstawiona jest jeszcze pracująca elektrownia. Fotografia 8 dokumentuje stan z marca 2011 r.

„Trzy razy dwadzieścia”

Pod koniec XIX wieku, mimo że brakowało jeszcze przepisów prawnych, niektórzy konstruktorzy i inżynierowie traktowali zagadnienia ochrony środowiska naturalnego w bardzo poważny sposób. Przykładem może być amerykański inżynier Lewis Stillwell⁶ – jeden z budowniczych elektrowni na wodospadzie Niagara. Występował on między innymi przeciwko amerykańskiej mentalności szybkiego bogacenia się poprzez niepomiarowane wydobywanie surowców naturalnych, przede wszystkim tych energetycznych. Proponował też szybkie powtórne zalesianie obszarów pozbawionych już drzew, celem powiększenia rezerw wody. W 1910 r. podczas swej prezydentury w American Institute of Electrical Engineers (AIEE) założył komitet zajmujący się etyką inżynierów elektryków.

Świadomość ekologiczna inżynierów europejskich co do potrzeby oszczędzania surowców naturalnych nie pozostawała również w tyle, a nawet posunęła się o jeden krok do przodu, je-

żeli chodzi o ochronę przyrody i naturalnego środowiska. Można przytoczyć tu fakt, że przy pierwszej modernizacji elektrowni w Rheinfelden już w 1900 r. utworzono specjalny kanał przepustowy dla ryb, aby mogły one bez przeszkód pływać w obydwu kierunkach rzeki.

W obecnych czasach, gdy poszukiwanie odnawialnych źródeł energii stało się w działalności człowieka priorytetem, zielona energia pozyskiwana z wody odgrywa w wielu krajach niebagatelną rolę. W ogólnym bilansie energii uzyskiwanej ze źródeł odnawialnych na świecie udział wody wynosi aż 88%. Odpowiada to ok. 20% globalnej produkcji energii elektrycznej. Istnieją kraje, w których energia pozyskiwana z przepływu wody pokrywa zapotrzebowanie niemalże w 100%. Tak jest np. w Norwegii – 98–99% i Brazylii – 80%. W wielu krajach stanowi to większą część zapotrzebowania, np. w Austrii 55% i Szwajcarii 60%.

W grudniu 2008 r. Polska podpisała tzw. pakiet klimatyczno-energetyczny, celem którego jest zmuszenie wielu krajów do odchodzenia od budowy elektrowni konwencjonalnych, opalanych wysokoemisyjnym węglem kamiennym i brunatnym. Następstwem tego ma być budowa siłowni wykorzystujących odnawialne źródła energii (OZE), takie jak biomasa, wiatr, woda czy Słońce. Pakiet ten nosi również nazwę „Trzy razy dwadzieścia”, a to z powodu 20% obniżenia zużycia energii w krajach Unii Europejskiej, redukcji o taki sam procent emisji gazów cieplarnianych do atmosfery i 20% wykorzystaniu w bilansie energetycznym energii ze źródeł odnawialnych. Cel ten ma zostać osiągnięty w 2020 r. Tak więc można by rozszerzyć nazwę o dodatkowe dwie dwudziestki.

Mimo niemalże lawinowego wzrostu nowo instalowanych turbin wiatrowych, nawet tych o mocach 2 MW, pierwsze miejsce w Polsce w produkcji energii elektrycznej, pochodzącej ze źródeł odnawialnych ma nadal woda, gdyż jeszcze obecnie jest to ok. 45% [14]. Ciekawostką związaną z energią pozyskiwaną



Fot. 9. Herb Korei Północnej – symbolem industrializacji jest elektrownia wodna, mająca być przyszłościowym ekologicznym źródłem energii

z przepływu rzek jest herb Korei Północnej, na którym oprócz elementów o różnej symbolice widnieje tama zapory elektrowni wodnej i słup energetyczny.

Literatura

- [1] <http://www.energyprofi.com/jo/Laufwasserkraftwerk.html> (04.01.2012)
- [2] http://www.xtimeline.com/_UserPic_Large/131250/evt110915083400162.JPG (04.01.2012)
- [3] <http://www.triviaasylum.com/parks/hearth/hearth01md.jpg> (04.01.2012)
- [4] JASZENSZY S.: *Die elektrische Beleuchtung 1882*, [w] *Geschichte der Elektrotechnik 24*. VDE Verlag GmbH Berlin Offenbach 2011.
- [5] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/33/Muenchen_Cuvilliestheater.jpg/800px-Muenchen_Cuvilliestheater.jpg (04.01.2012)
- [6] PRZYTUŁSKI A.: *Standaryzacja napięć i częstotliwości – cz. 1. Historia za oceanem*. „Napędy i Sterowanie” nr 7–8/2010, s. 70–74.
- [7] Przytułski A.: Początki zastosowań trójfazowych silników asynchronicznych w trakecji elektrycznej. „Napędy i Sterowanie” 6/2009, s. 13–15.
- [8] http://www.teslasociety.ch/info/niagara_power/niagara_poer_tesla.jpg (04.01.2012)
- [9] http://de.wikipedia.org/wiki/Altes_Wasserkraftwerk_Rheinfelden (04.01.2012)
- [10] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/9/9c/Maschinenhaus_des_alten_Wasserkraftwerks_Rheinfelden%2C_Innenansicht_um_1900%2C_im_Vordergrund_die_Drehstromgeneratoren.jpg (04.01.2012)
- [11] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/Wasserkraftwerk_Rheinfelden_%28seitlich%29.jpg (04.01.2012)
- [12] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/Rheinfelden_-_Altes_Kraftwerk_nach_dem_Abbruch.jpg (04.01.2012)
- [13] JÄGER K., HEILBRONNER F.: *Lexikon der Elektrotechniker 2., überarbeitete und ergänzte Auflage*. VDE Verlag GmbH Berlin und Offenbach 2010.
- [14] EkoEnergiA: Świat – Europa – Polska – Opole, broszura z materiałami konferencyjnymi pod redakcją Piotra Wójcika i Ewy Kübler. Opole 2010.
- [15] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Coat_of_Arms_of_North_Korea.svg&file_timestamp=20111220205710 (04.01.2012)

Przypisy

1. John Smeaton (1724–1792) – był inżynierem budownictwa i często bywa określany „ojcem inżynierii lądowej”. Zaprojektował wiele mostów,

kanałów i latarni morskich. Był także inżynierem mechanikiem i fizykiem. Te umiejętności pozwoliły mu skonstruować nowoczesne koło wodne. Członek the Royal Society w Londynie (Brytyjska Akademia Nauk).

2. Grand Rapids – Miasto w Stanach Zjednoczonych w stanie Michigan z ok. 190 tys. mieszkańców, z których dużą część stanowią emigranci z Holandii i Polski. Prawa miejskie uzyskało 1 maja 1850 r. Zamieszkiwało je wtedy niespełna 3 tys. ludności. W chwili uruchomienia elektrowni populacja przekroczyła liczbę 30 tysięcy. Obecnie odnotowuje się tam jeden z najwyższych wskaźników wyludniania.
3. Żarówka Swana. Joseph Wilson Swan (1828–1914) – angielski fizyk, chemik i wynalazca. Pierwsze doświadczenia nad żarówką prowadził już w 1850 r. Dziesięć lat później udało mu się skonstruować jej prototyp, do którego użył zwęglonego włókna otrzymanego z papieru, umieszczając go w bańce szklanej z niedoskonałą jeszcze próżnią. Żarówka taka nie wykazywała jednak zadowalającej trwałości. Po serii sporów o prawa patentowe Swan i Edison utworzyli w Londynie wspólną firmę. W początkowym okresie żarówki nazywano też lampami Swana, szczególnie w Europie.
4. Szczegóły na temat „wojny prądów” można znaleźć w pozycji [6] literatury.
5. Friedrich Victor Conradin Zschokke (1842–1918) – szwajcarski inżynier i przedsiębiorca budowlany, specjalizujący się w budowach wodnych. Założyciel firmy pod nazwą Zschokke-Gruppe, później Zschokke Holding. Jego największym dziełem było zaplanowanie starej elektrowni Rheinfelden. Był też konstruktorem wielu mostów w Niemczech, szczególnie na Dunaju. Od 1890 r. wykładowca, a od 1892 r. profesor w ETH Zürich. Późniejszy *doctor honoris causa* tej uczelni.
6. Lewis Stillwell (1863–1941) – amerykański inżynier elektryk. Współkonstruktor i współbudowniczy pierwszej elektrowni na wodospadzie Niagara. Pracował przy tworzeniu amerykańskich rozwiązań systemów trójfazowych. Wynalazca zwłocznego wyłącznika zwarciowego i regulatora zwanego jego imieniem. Pionier działań w zakresie ochrony środowiska. Odznaczony medalami Lammego i Edisona.

dr inż. Andrzej Przytułski – adiunkt na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej oraz nauczyciel mianowany w Zespole Szkół Elektrycznych im. T. Kościuszki w Opolu

reklama