

Pionierzy elektrycznych napędów zegarów. Cz. 1

Andrzej Przytułski

W 1938 roku znany poznański zegarmistrz Bogdan Strojny – autor książki pt. „Zarys nauki o zegarze” – napisał: „Siła elektryczna znalazła szerokie zastosowanie wśród licznych gałęzi przemysłu. Nie mogła więc i branża zegarmistrzowska przejść obok niej obojętnie. Elektryczność w zegarmistrzostwie znajduje coraz szersze zastosowanie, tak że zegary mechaniczne, zwłaszcza umiejscowione, zagrożone są bardzo poważnie w swej popularności. Niebezpieczeństwo to nie dotyczy na razie zegarków noszonych. Powodem tego są stosunkowo wielkie rozmiary źródła prądu, w porównaniu do rozmiarów zegarków noszonych” [1].

Początki elektrodynamiki

Po roku 1810, w związku z brakiem postępu w badaniach dotyczących powiązań elektryczności z magnetyzmem, uczeni w Europie, jak i za Oceanem prawie zupełnie zaprzestali aktywności na tym polu. Dekadę później, pod koniec lata 1820, jak przysłowiowy grom z jasnego nieba spadła na czytelników „Annalen der Physik” – pisma wydawanego przez znakomitego niemieckiego fizyka Ludwiga Wilhelma Gilberta – wiadomość, że przez zupełny przypadek duńskiemu profesorowi Hansowi Christianowi Oerstedowi udało się odkryć wpływ prądu galwanicznego (tak wówczas określano prąd pochodzący z akumulatorów) na igłę magnetyczną. Hans Christian Oersted dokonał swojego odkrycia latem, w dniu 21 lipca. Jako pierwsi na doświadczenie Oersteda zareagowali uczeni szwajcarscy. Już niepełna miesiąc po swoim eksperymencie duński profesor mógł powtórzyć go w Genewie w obecności znanego profesora Charlesa Gasparda de la Rive, jego syna Auguste de la Rive, profesora Auguste'a Marca Picteta oraz francuskiego akademika François Arago. Uczni przyłączyli platynowy przewód do silnej baterii. Natężenie prądu musiało być duże, gdyż przewód rozgrzewał się do czerwoności. Następnie umieszczali raz pod, raz nad nim w odległości około jednego cala igłę magnetyczną. W zależności od położenia igła odchyłała się o kąt około 45° na wschód lub na zachód. Drugi października 1820 roku był wiel-

kim dniem Ampera. Oznajmił on przed członkami Paryskiej Akademii Nauk, że odkrył działanie przewodu z prądem nie tylko na igłę magnetyczną, ale również na inne przewody wiodące prąd. Równoległe przewody zachowywały się jak dwa magnesy. Jeżeli prąd w tych przewodach płynął w tym samym kierunku, to przewody się przyciągały, jeżeli płynął w różnych kierunkach, to przewody się odpychały. Było to zupełnie nowe odkrycie i dzień narodzin elektrodynamiki. Po odkryciu przez Michaela Faradaya 24 listopada 1831 roku zjawiska indukcji elektrycznej elektromagnetyzm wdarł się przebojem nie tylko do nauki, ale również do wielu dziedzin życia. Przykładami mogą być elektromagnetyczny sejsmograf skonstruowany przez Luigiego Palmieriego, elektromagnetyczny wodowskaz zaprojektowany przez Wernera von Siemens'a czy też elektromagnetyczna waga – dzieło Antoine'a Cesara Becquerela [2].

Pierwsze próby wprowadzenia elektromagnetyzmu do urządzeń mierzących czas sięgają roku 1839. Wtedy to profesor Monachijskiego Uniwersytetu Carl August Steinheil (fot. 1) zbudował mechaniczny zegar, a pod jego wahadłem umieścił kołyskowy zestyk elektryczny [3]. Zegar ten, nazwany głównym (lub pierwotnym), znajdował się w uniwersyteckim Instytucie Pedagogiki i wysyłał sygnały elektryczne do oddalonego o około 2 kilometrów, podporządkowanego mu zegara wtórnego (przez Strojnego nazywanego bocznym), znajdującego



Fot. 1. Carl August Steinheil (1801–1870) – niemiecki fizyk, astronom, optyk i zegarmistrz. Profesor matematyki i fizyki na Uniwersytecie Monachijskim

Źródło: [4]

się w obserwatorium astronomicznym w dzielnicy Bogenhausen. Zegar w obserwatorium zaopatrzony był w magnes trwały i cewkę, która przyciągając ów magnes przyciągała do wychwytu, powodowała przesuwanie się jego wskazówek. Wahadło zegara głównego, przechodząc przez najniższe położenie, uderzało we wspomniany zestyk kołyskowy, powodując jego zanurzenie się w specjalnie uformowanej waniencie z rtęcią wynalezionej przez znakomitego niemieckiego matematyka i fizyka Karla Fridricha Gaußa (1777–1855). Wahadło, wracając z jednego skrajnego położenia w drugie, powodowało również zmianę kierunku przepływającego przez zestyk

prądu i wysyłanie do zegara w obserwatorium impulsów o różnych kierunkach.

Pierwszy raz w historii pomiarów czasu udało się uzyskać identyczne wskazania obydwu zegarów w miejscach oddalonych znacznie od siebie. Steinheil zaproponował również budowę rozległej pętli elektrycznej, tak aby w dużych miastach niemieckich zegary mogły pokazywać jednakową godzinę zależną tylko od zegara głównego (centralnego). Według jego pomysłu przesyłanie impulsu sterującego miało się odbywać co pół lub co minutę. W zegarach tak synchronizowanych na ich wahadłach miały się znajdować magnesy, które przemieszczając się nad nieruchomą cewką, miały w niej indukować ponownie impulsy wykorzystywane do synchronizacji mniejszych czasomierzy. Uważał też, że za pomocą zegara głównego (pierwotnego) można by synchronizować zegary o różnej długości wahadła, wysyłając impulsy co dwie minuty. Steinheil był pierwszym, który zastosował elektryczność w zegarmistrzostwie.

Bain i Wheatstone

Bardziej znanym pionierem w dziedzinie zegarów elektrycznych był Alexander Bain (fot. 2). Ten szkocki zegarmistrz i wynalazca przybył do Londynu w 1837 roku. Trzy lata później przedstawił kilka zaprojektowanych przez siebie modeli Charlesowi Wheatstone'owi, który był profesorem fizyki w królewskim college'u. Na bardziej podłego człowieka nie mógł trafić. Wheatstone zapłacił Bainowi 5 £ i obiecał więcej w przyszłości. Zalecił też kontynuację prowadzonych prac i zabronił rozmawiać o tym z kimkolwiek. W listopadzie 1840 roku Wheatstone przedstawił członkom Royal Society (Królewskiej Akademii Nauk) jeden z modeli elektrycznych zegarów Baina jako swój własny. Nie wiedział jednak, że w październiku tego samego roku Alexander Bain i jego partner – producent chronometrów John Barwise – zastrzegli w Anglii patent na takie właśnie rozwiązanie. Rok później przyznano im go oficjalnie i Wheatstone był zmuszo-



Fot. 2. Alexander Bain (1811-1877) – szkocki zegarmistrz i wynalazca. Twórca podstaw elektronicznej analizy obrazów, czyli podstaw telegrafii i telewizji

Źródło: [3]

ny do wycofania swojego zgłoszenia. Był to początek sporu między Bainem i Wheatstone, trwającego przez ich całe życie.

reklama

W swoim patencie z roku 1841 (nr 8783), dotyczącym zegara elektrycznego, Bain uwzględnił między innymi następujące rozwiązania:

- stosowanie elektromagnesów w celu zmagazynowania energii w uniesionym ciężarku lub sprężynie piórowej;
- zastosowanie elektromagnesów do napędu zegarów wtórnych (zegarów sterowanych);
- wykorzystanie wahadła do nakręcania innych zegarów;
- zastosowanie zegara pierwotnego do regulacji ruchu wahadeł zegarów wtórnych;
- zastosowanie zegara centralnego do synchronizacji innych zegarów.

W końcowym fragmencie opisu patentowego była również wzmianka o jednolitym rozdziale czasu w całej Anglii. Na fotografii trzeciej widoczny jest jeden z pierwszych elektrycznych zegarów Baina. Wahadło sekundowe wprawiane było w ruch za pomocą zwykłego mechanizmu zegarowego. Mała metalowa klamerka przesuwa się wzdłuż powierzchni metalowego paska, który podzielono na dwa odcinki z izolacją pośrodku. W ten sposób klamerka, zwierając w każdej sekundzie jednokrotnie obydwie części paska, powodowała przepływ prądu i wysyłanie sygnałów do zegara wtórnego.



Fot. 3. Jeden z pierwszych zegarów pierwotnych Baina, w którym zastosowano kontakt elektryczny do przesyłania sekundowych sygnałów do zegarów wtórnych Źródło: [6]

Od prezentacji pierwszego zegara z elementami elektrycznymi minęło jeszcze kilka lat, zanim Bain zaczął budować swoje następne zegary elektromechaniczne. Było jednak w nich dużo nierozwiązanych problemów, takich jak między innymi pewność styków oraz ich duża zależność od stanu baterii.

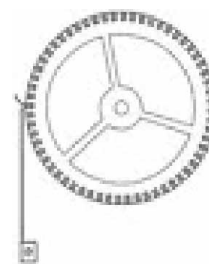
Charles Wheatstone (fot. 4) znany jest wśród elektrotechników głównie ze swojego mostka służącego do pomiaru oporności. Zanim został profesorem w królewskim college'u, był wytwórcą instrumentów muzycznych. Jego zainteresowanie zegarami elektrycznymi nastąpiło (jak już opisano) po wizycie Baina, który przyszedł do niego po radę. Model, który Wheatstone przedstawił w listopadzie 1840 roku członkom Royal Society, składał się z tradycyjnego mechanizmu, do wychwytu którego przymocowane było mosiężne koło z sześćdziesięcioma nacięciami wypełnionymi drewnem (fot. 5). Każda sekunda zamykała na krótko obwód elektryczny przez sprężynkę dociskową i impulsy elektryczne wysyłane były do zegara wtórnego. Urządzenie to było więc prototypem komutatora, tutaj tzw. zegarowego, który później zastosowano w prądnicach i silnikach prądu stałego. Wheatstone uważany jest za wynalazcę dynama elektrycznego na równi z Wernerem von Siemensem. W zegarach rozwiązanie takie nie sprawdzało się ze względu na tarcie, a co za tym idzie – hamowanie mechanizmu napędowego. Problemy z utworzeniem niezawodnego styku były już wówczas bardzo dobrze znane (zegary Baina). Do ich budowy używano złota lub srebra, ale najmniejszy nawet pyłek mógł wpłynąć na to, że niewielki nacisk wahadła na zestyk stawał się niewystarczający i cały system zawodził. W tym samym czasie Wheatstone przedstawił jeszcze jeden projekt polegający na tym, że w cewce przymocowanej do lekkiego wahadła powstawały prądy na zasadzie indukcji elektromagnetycznej. Poruszała się ona nad dwoma magnesami trwałymi.

Sam zegar nakręcany był podnoszonymi ciężarkami. W szybko przemieszczających się cewkach indukowały się prądy o zmiennych kierunkach. Wykorzystywane były one do napędu zegarów wtórnych, ale już bez użycia jakichkolwiek styków (kontaktów). Opis takiego



Fot. 4. Charles Wheatstone (1802-1875) – profesor fizyki królewskiego college'u, wynalazca mostka do precyzyjnego pomiaru rezystancji i ówczesny skandalista (ożenił się z kucharką)

Źródło: [7]



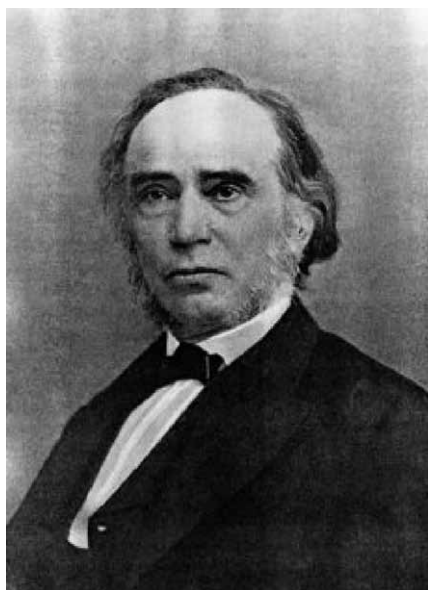
Fot. 5. Komutator zegarowy wg pomysłu Wheatstone'a – sześćdziesiąt nacięć na mosiężnym kole izolowanych między sobą drewnem

Źródło: [8]

rozwiązania pochodził z 1840 roku, ale dopiero trzydzieści lat później doczekał się praktycznego rozwiązania. Jednak indukowane podczas ruchu wahadła prądy wirowe (prądy Foucaulta) niemiłosiernie utrudniały jego swobodny ruch tak, że konieczna była jego synchronizacja raz na godzinę. System ten był na krótko uruchomiony w ramach testu na Uniwersytecie Londyńskim i przez Królewską Akademię Nauk (Royal Society), ale po niepowodzeniach nie znalazł dalszego zastosowania. Zegar ten można obecnie obejrzeć w Muzeum Nauki w Londynie.

Matthäus Hipp

Urodzony w 1813 roku, był z wykształcenia zegarmistrzem. Już od najmłodszych lat, uczęszczając do szkoły uczącej



Fot. 6. Matthäus Hipp (1813–1893) – niemiecko-szwajcarski pionier elektrycznych napędów zegarów i wynalazca ulepszono-ego chronoskopa do pomiaru krótkich czasów Źródło [9]



Fot. 7. Jedno z rozwiązań elektrycznych zegarów wtórnych (bocznych) Matthäusa Hip- pa pochodzące z roku 1890 Źródło [10]

reklama

zegarmistrzowskiego rzemiosła, interesował się zagadnieniem, czy wahadło zegara można by wprawić w ruch inaczej niż przez podnoszenie ciężarków lub nakręcanie sprężyn. W jego szkolnych czasach po nakręceniu zegara wahadło mogło się poruszać co najwyżej przez kilka lub kilkanaście godzin, zmniejszając swoje wychylenie, aż do momentu, gdy zegar stawał. Hipp postawił sobie zadanie opracowania systemu, który zapewniłby nieprzerwany chód zegara, a jednocześnie poprawił jego dokładność.

Decydującą rolę w osiągnięciu tego celu miała zapewnić, jak to wówczas mówiono „elektryczność stosowana”. Jak wspomniano, podstawą do tego miały być badania w zakresie elektrodynamiki prowadzone przez Ampera i innych uczonych skupionych w Paryskiej Akademii Nauk. Hipp był pewien, że sukces w postawionym zadaniu może zapewnić tylko i wyłącznie zastosowanie elektryczności, zarówno do długotrwałego utrzymania zegara w ruchu, jak i w poprawie jego dokładności. Nie wdając się w szczegóły samego rozwiązania technicznego, można ideę Hip- pa streścić w następujący sposób: wahadło, zmniejszając ciągle swoje wychylenia do pewnej określonej granicy, powodowało w określonym momencie zwarcie zestyków elektrycznych i przepływ prądu przez elektromagnes,

który jednokrotnym impulsem ponownie zwiększał wychylenie i tak do następnego ponownego zmniejszenia się amplitudy.

Niezwykle pozytywnym efektem ubocznym takiego rozwiązania było bardzo oszczędne pobieranie energii z baterii elektrycznej. Należy pamiętać o tym, że akumulatory i inne elektrochemiczne źródła napięcia w czasach Hip- pa miały niezwykle małą pojemność w porównaniu z dzisiejszymi. Dlatego musiały być używane niezwykle oszczędnie. Pobieranie energii tylko przez krótką chwilę (impuls powiększający wychylenie wahadła) doskonale sprawdzało się w elektrycznych napędach zegarów. Fot. 7 przedstawia wnętrze jednego z elektrycznych zegarów Hip- pa, skonstruowanych pod koniec jego życia.

Można powiedzieć, że Hipp stworzył podstawy do rozwoju zegarków elektronicznych, gdyż dokonał pewnego „odmechanizowania” ich części składowych. Wprowadzone do zegarmistrzostwa stosowane przez niego rozwiązania przetrwały do 1975 roku, co jest zadziwiająco długim okresem życia wynalazku w tak szybko zmieniającej się technologii. Należy też podkreślić, że zegary Hip- pa miały bardzo dużą dokładność.

Oprócz zegarów elektrycznych Matthäus Hipp udoskonaliał również chrono-

skop Wheatstone'a do pomiaru bardzo krótkich czasów (1847). Związana jest z tym pewna anegdota mówiąca o tym, że odwiedził on w Karlsruhe niemieckiego fizyka Eisenlohra. Ten pokazał mu przywieziony z Anglii zegar „naciągany” ciężarkami i niemający wahadła. Wychwył kotwiczny tego zegara został zastąpiony przez mały przełącznik, który podobnie jak w tradycyjnych zegarach pozwalał się obracać lub hamował koło zębate. Hipp zauważył, że pomiar bardzo krótkich czasów możliwy będzie tylko wtedy, gdy zegar od początku będzie miał swój normalny chód. Dokonał w angielskim modelu pewnych znaczących udoskonaleń, czym zyskał duże zainteresowanie współczesnych mu fizyków, potrzebujących takiego instrumentu. Profesor fizyki ze Stuttgartu Reusch i starszy nauczyciel szkoły realnej Oelschläger wielokrotnie w swoich artykułach powoływali się na wynalazek Hippa.

Najstarszy z chronoskopów znajduje się obecnie w Instytucie Fizyki Uniwersytetu w Utrechcie i datowany jest na marzec 1849 roku. Z ręcznego opisu wynika, że Oelschläger używał go do


sprawdzenia praw Newtona dotyczących swobodnego spadania ciał.

Chronoskop nie jest jedynym wynalazkiem, który zawdzięczamy Hippowi. Jako wyuczony zegarmistrz nie ograniczał się tylko do produkcji zegarów i urządzeń z mechanizmami zegarowymi. Należał do dziewiętnastowiecznych potentatów w dziedzinie telegrafii. W latach 1852-1860 zajmował kierowniczą pozycję w państwowej firmie telegraficznej w Szwajcarii. Całe swoje życie pracował jako niezależny wynalazca. Jego dziełem są między innymi telegraficzny sygnalizator zmian czasu, sygnalizacje używane w kolejnictwie, elektryczny fortepian i telegraficzny dalekopis. Zdziwiająco jest, że nazwisko Hippa dzisiaj bardzo rzadko wymieniane jest w leksykonach i encyklopediach techniki.

Literatura

- [1] STROJNY B.: *Zarys nauki o zegarze*. Poznań 1938.
- [2] KLOSS A.: *Geschichte des Magnetismus* VDE-Verlag Berlin. Offenbach 1994.
- [3] <http://electric-clocks.nl/clocks/de/Index.htm> (20.10.2015)

- [4] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/39/Carl_August_Steinheil.jpg/800px-Carl_August_Steinheil.jpg (20.10.2015)
- [5] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1c/Alexander_Bain.jpg (20.10.2015)
- [6] <http://www.electric-clocks.nl/clocks/jpgs/klok-Bain.jpg>
- [7] <http://www.ssplprints.com/image/82340/sir-charles-wheatstone-english-physicist-c-1850> (20.10.2015)
- [8] <http://www.electric-clocks.nl/clocks/pics/commutator.gif> (20.10.2015)
- [9] <http://www.twigsdigs.com/horology/heroes/portraits/hipp.jpg>
- [10] https://watch-wiki.org/images/0/05/Matth%C3%A4us_Hipp_Neuch%C3%A2tel%2C_Werk_Nr._5649%2C_circa_1890_%282%29.jpg (20.10.2015)

 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