



prof. dr hab. inż. Leszek S. CZARNECKI

Life Fellow IEEE, Alfredo M. Lopez Distinguished Professor, Louisiana State University, USA,

e-mail: lsczar@cox.net

s. 26–41

Składowe Fizyczne Prądu oraz odnawialne źródła energii elektrycznej. Obserwacje i pytania

Currents' Physical Components and Renewable Energy Sources. Observations and Questions

Abstract: The development of power theory and numerous observations and questions related to renewable energy sources and the reasons behind climate warming are described in the article. It shows the contrast between results that can be obtained by empirical methods and results where these methods cannot be applied due to human opinions and decisions. It is demonstrated that, despite general opinion, where climate warming is traced to carbon dioxide emission, some climatologists think, on the basis of their own research, that these changes are caused by variations in Sun activity, while the increase in carbon dioxide content in the atmosphere results from the increase of Earth's temperature, and it is not the reason behind this increase.

Streszczenie: Esej ten przedstawia stan rozwoju teorii mocy oraz liczne obserwacje i pytania dotyczące odnawialnych źródeł energii i przyczyn ocieplania klimatu. Ukazuje on kontrast między wynikami, które można osiągnąć metodami nauk empirycznych, a wynikami, w których, ze względu na ludzkie opinie i decyzje, metody takie nie mają zastosowania. Esej ten pokazuje, że pomimo powszechnej opinii, która ocieplanie klimatu wiąże z emisją dwutlenku węgla, pewni klimatolodzy, na podstawie swoich badań, uważają, że zmiany te spowodowane są zmianami aktywności Słońca, wzrost zawartości dwutlenku węgla w atmosferze jest zaś skutkiem wzrostu temperatury Ziemi, a nie przyczyną.

Keywords: CPC, renewable energy

Słowa kluczowe: teorie mocy, energia odnawialna

1. WSTĘP

Poniższy artykuł składa się z, pozornie niespójnych, dwóch części. Pierwsza dotyczy teorii mocy i kompensacji, druga – odnawialnych źródeł energii. Jednak mają one wspólny mianownik: obie dotyczą kosztu energii elektrycznej zużywanej w ludzkiej działalności. Ich zestawienie obok siebie ilustruje kontrast między wynikami, które można uzyskać, stosując metody nauk empirycznych, jak w przypadku teorii mocy, a wynikami badań, w których tych metod nie daje się wykorzystywać, jak jest w przypadku badań nad rozwojem odnawialnych źródeł energii. Różne czynniki tego rozwoju, jak na przykład wpływ na środowisko naturalne czy ludzkie opinie lub decyzje, nie są mierzalne i nie mogą być opisane ilościowo, zatem metody empiryczne mają ograniczone zastosowanie. Dlatego w części tej autor przedstawia jedynie wiele obserwacji i pytań, na które nie ma odpowiedzi.

Pierwsza część artykułu poświęcona jest teorii mocy opartej na Składowych Fizycznych Prądu (ang. *Currents' Physical Components, CPC*). Jest ona zwięźleniem przeszło stuletnich badań w środowisku elektrotechnicznym i przedstawia wyniki rozwiązania jednego z najbardziej kontrowersyjnych problemów elektrotechniki.

Druga część artykułu poświęcona jest odnawialnym źródłom energii, transformacji energetycznej i jej motywacjom związanym z ocieplaniem Ziemi.

Transformacja energetyczna, przez zastępowanie elektrowni napędzanych paliwami kopalnymi, przez odnawialne źródła energii, jakimi są energia wiatru czy światła słonecznego, widoczna jest niestety w rachunkach za elektryczność. Energia wiatru czy światła nie kosztuje, zatem w oczekiwaniu społecznym transformacja taka powinna te rachunki obniżać, a tego nie widać. Rozwój źródeł odnawialnych jest dotowany z budżetu, konsumenci korzystają z ulg podatkowych, zatem wzrost rachunków za elektryczność może być tylko wierzchołkiem góry lodowej prawdziwych kosztów transformacji. Pytanie, ile ona kosztuje i jakie są jej motywacje i konsekwencje, wydaje się więc pytaniem zasadnym. Wzrost cen energii elektrycznej obniża bowiem konkurencyjność produkcji i może prowadzić do ubożenia kraju.

Jednym z motywów transformacji energetycznej jest walka z ocieplaniem klimatu, powodowanym, według powszechnych opinii, emisją dwutlenku węgla, tworzącym efekt cieplarniany. Są jednak klimatolodzy, którzy przedstawiają wyniki badań wskazujących na to, że zmiana klimatu nie jest powodowana efektem cieplarnianym, lecz zmianą aktywności Słońca, wzrost zawartości w atmosferze dwutlenku węgla nie jest zaś przyczyną, lecz skutkiem ocieplania Ziemi.

Część A: Składowe Fizyczne Prądu

A.1. Wprowadzenie

Poprawność powszechnie stosowanego równania mocy

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (1)$$

została zakwestionowana przez Ch. Steinmetza [1] w końcu dziewiętnastego wieku, po pomiarach wartości skutecznej napięcia i prądu oraz mocy czynnej P i biernej Q w obwodzie z lampą łukową zasilaną ze źródła napięcia zmiennego. Obserwacja Steinmetza zapoczątkowała przeszło stuletnią dyskusję naukową na temat opisu przepływu energii w obwodach z przebiegami niesinusoidalnymi oraz nad poprawą współczynnika mocy w takich warunkach. Napisano na ten temat tysiące artykułów i powstało kilka odmiennych opisów i interpretacji właściwości energetycznych obwodów elektrycznych, nazywanych Szkołami Teorii Mocy (TM). Ich twórcami w kolejnych latach byli:

(1923): M.A., Illovici, Rumunia

(1927): A.I. Budeanu, Rumunia

(1931): S. Fryze, Polska

(1970): W. Shepherd, Anglia

(1980): N. Kusters, Kanada

(1976): M. Depenbrock, Niemcy

(1983): A. Akagi, Japonia

(2010): P. Tenti, Włochy

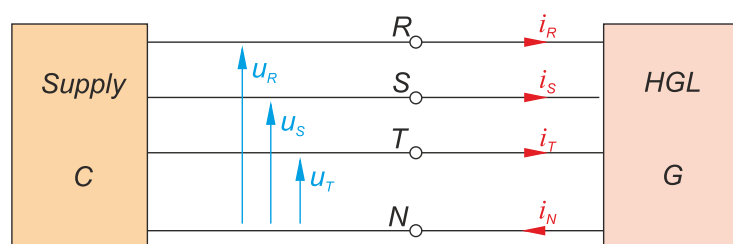
W ramach tych szkół lub ich hybryd setki naukowców i inżynierów starało się wyjaśnić i opisać przepływ energii w obwodach elektrycznych z niesinusoidalnymi przebiegami prądów i napięć oraz opracować metody kompensacji. Kilka z tych koncepcji znalazło się w standardach.

A.2. Składowe Fizyczne Prądu

Rozwój tej koncepcji rozpoczął w 1983 r. autor tego artykułu od opisu właściwości energetycznych liniowych obwodów jednofazowych. Została ona doprowadzona do możliwości opisu i interpretacji fizycznej przepływu energii w obwodach trójfazowych, czteroprzewodowych, z napięciem niesinusoidalnym i asymetrycznym, z odbiornikami nie zrównoważonymi, nieliniowymi oraz okresowo przełączanymi (energoelektronicznymi).

W takim obwodzie, pokazanym na rys. 1, przy zasilaniu napięciem

$$\mathbf{u}(t) = \begin{bmatrix} u_R(t) \\ u_S(t) \\ u_T(t) \end{bmatrix} = \sum_{n \in N} \mathbf{u}_n(t) = \sqrt{2} \operatorname{Re} \sum_{n \in N} \begin{bmatrix} U_{Rn} \\ U_{Sn} \\ U_{Tn} \end{bmatrix} e^{jn\omega_1 t}, \quad (2)$$



Rys. 1. Obwód trójfazowy, czteroprzewodowy. prąd odbiornika
Fig.1. Three-phase, four-wire circuit

$$\mathbf{i}(t) = \begin{bmatrix} i_R(t) \\ i_S(t) \\ i_T(t) \end{bmatrix} = \sum_{n \in N} \mathbf{i}_n(t) = \sqrt{2} \operatorname{Re} \sum_{n \in N} \begin{bmatrix} I_{Rn} \\ I_{Sn} \\ I_{Tn} \end{bmatrix} e^{jn\omega_1 t}, \quad (3)$$

może być rozłożony na siedem składowych

$$\mathbf{i} = \mathbf{i}_{aC} + \mathbf{i}_{sC} + \mathbf{i}_{rC} + \mathbf{i}_{uC}^z + \mathbf{i}_{uC}^p + \mathbf{i}_{uC}^n + \mathbf{i}_G, \quad (4)$$

z których każda jest stowarzyszona tylko z jednym zjawiskiem fizycznym lub cechą obwodu. Dlatego składowe te nazwano **Składowymi Fizycznymi Prądów (SFP)**. Definicje i interpretacje tych składowych można znaleźć w artykułach [2] i [4]. Wszystkie SFP są wzajemnie ortogonalne, co oznacza, że każda z nich powiększa trójfazową wartość skuteczną prądu zasilania $\|\mathbf{i}\|$

$$\|\mathbf{i}\| = \sqrt{\|i_R\|^2 + \|i_S\|^2 + \|i_T\|^2}, \quad (5)$$

niezależnie od pozostałych, mianowicie

$$\|\mathbf{i}\|^2 = \|\mathbf{i}_{aC}\|^2 + \|\mathbf{i}_{sC}\|^2 + \|\mathbf{i}_{rC}\|^2 + \|\mathbf{i}_{uC}^z\|^2 + \|\mathbf{i}_{uC}^p\|^2 + \|\mathbf{i}_{uC}^n\|^2 + \|\mathbf{i}_G\|^2. \quad (6)$$

A.3. SFP a kompensacja.

Żadna z zestawionych powyżej Szkół Teorii Mocy nie stworzyła niestety podstaw budowy kompensatorów odbiorników zasilanych napięciem niesinusoidalnym. Pierwsze rozwiązanie w ramach SFP dla liniowych obwodów jednofazowych znalaziono dopiero w 1983 r. Obecnie, gdy teoria mocy oparta na SFP osiągnęła pełny rozwój, tworzy ona podstawy kompensacji:

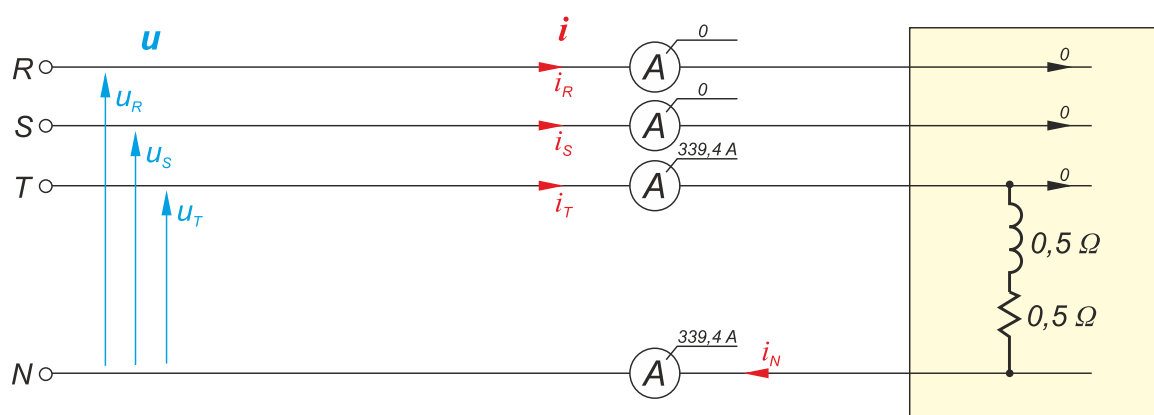
- reaktancyjnej,
- kluczującej,
- hybrydowej

w obwodach trójfazowych i czteroprzewodowych z odbiornikami liniowymi, nieliniowymi oraz o okresowo zmiennych parametrami i dowolnej konfiguracji.

Teoria mocy SFP określa, jak każda ze składowych może być redukowana kompensatorem, jak znajdować jego strukturę i jak obliczać jego parametry. Szczegóły można znaleźć w [3] i [4].

Poniższy przykład pokazuje niezrównoważony odbiornik liniowy, zasilany napięciem symetrycznym okształconym, z harmonicznymi o względnych wartościach:

$$U_3 = 2\%U_1, \quad U_5 = 3\%U_1, \quad U_7 = 1,5\%U_1$$



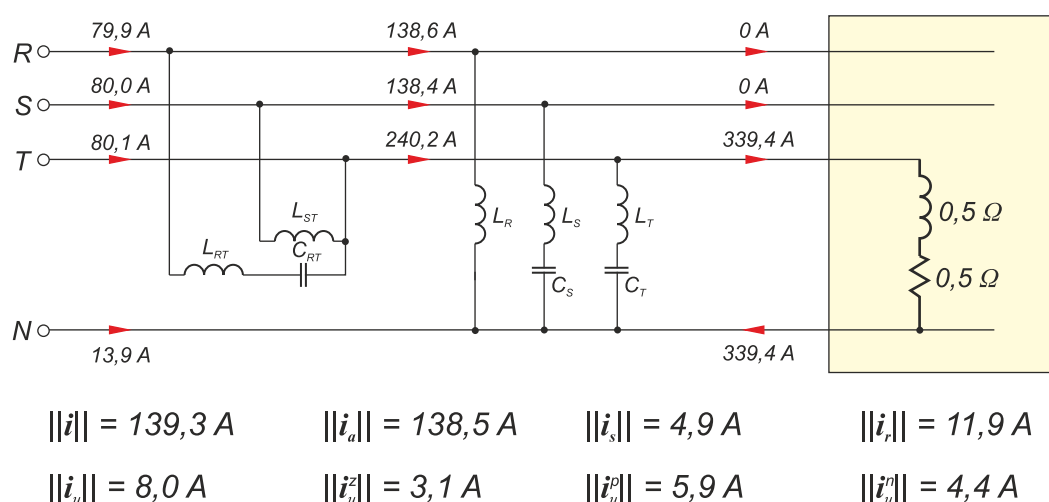
$\ \mathbf{i}\ = 339,4 \text{ A}$	$\ \mathbf{i}_a\ = 138,5 \text{ A}$	$\ \mathbf{i}_s\ = 4,9 \text{ A}$	$\ \mathbf{i}_r\ = 138,6 \text{ A}$
$\ \mathbf{i}_u\ = 277,1 \text{ A}$	$\ \mathbf{i}_u^z\ = 196,0 \text{ A}$	$\ \mathbf{i}_u^p\ = 2,4 \text{ A}$	$\ \mathbf{i}_u^n\ = 196,0 \text{ A}$

Rys. 2. Obwód z odbiornikiem niezrównoważonymi wartościami skuteczne Składowych Fizycznych Prądu zasilania

Fig. 2. Circuit with unbalanced load and RMS values of supply CPC

W prądzie tego odbiornika nie ma prądu generowanego i_G , gdyż jest to odbiornik liniowy, zatem nie ma potrzeby w rozkładzie prądu używania indeksu "C", gdyż nie ma w obwodzie innego źródła przepływu prądu niż źródło zasilania oznaczone tym symbolem na rysunku 1. Współczynnik mocy tego odbiornika wynosi $\lambda = P/S = 0,408$.

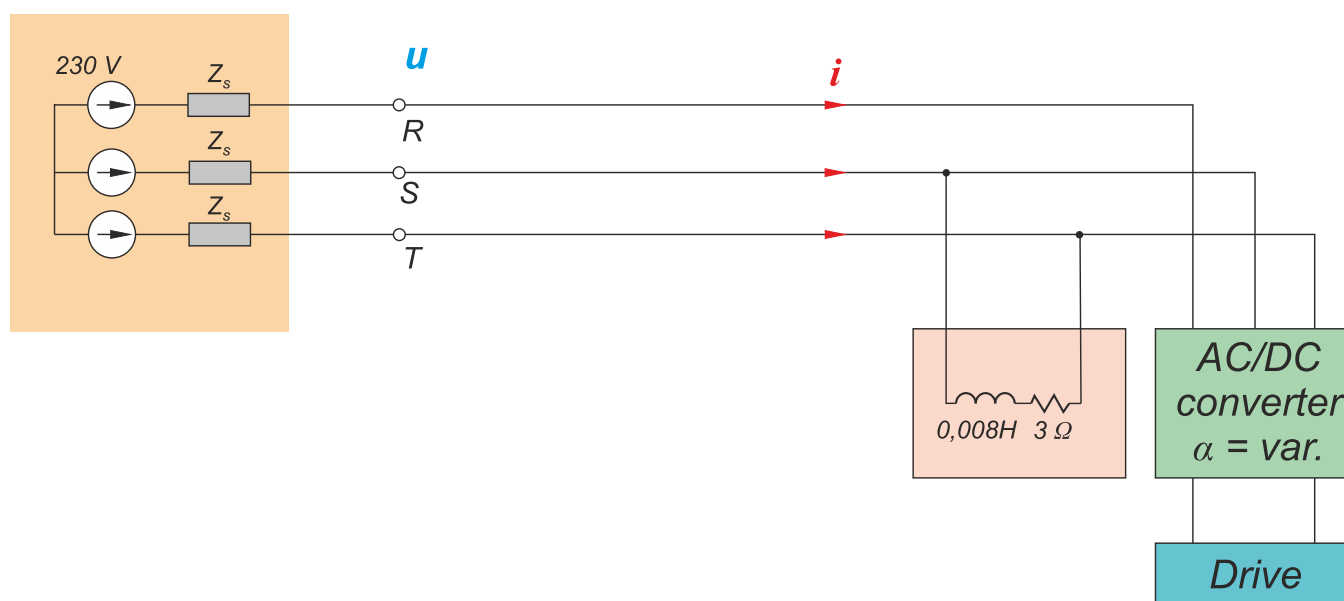
Rysunek 3 pokazuje ten sam odbiornik wraz z kompensatorem reaktancyjnym. Ogólnie każda harmoniczna w napięciu zasilania podwaja liczbę elementów kompensatora. Kompensator z rysunku 3 ma jednak zredukowaną liczbę elementów tak, że żadna z jego gałęzi nie ma ich więcej niż dwa. Taki zredukowany kompensator może tylko minimalizować wartość skuteczną prądu zasilania. Nie może go kompensować całkowicie. Prąd rozrzutu i_s nie jest prądem kompensowalnym reaktancyjnie. Kompensator taki symetryzuje odbiornik i poprawia współczynnik mocy do wartości $\lambda = 0,994$.



Rys. 3. Obwód z kompensatorem reaktancyjnym i wartości skuteczne Składowych Fizycznych Prądu zasilania po kompensacji

Fig. 3. Circuit with reactance compensator and RMS values for CPC of the supply after compensation

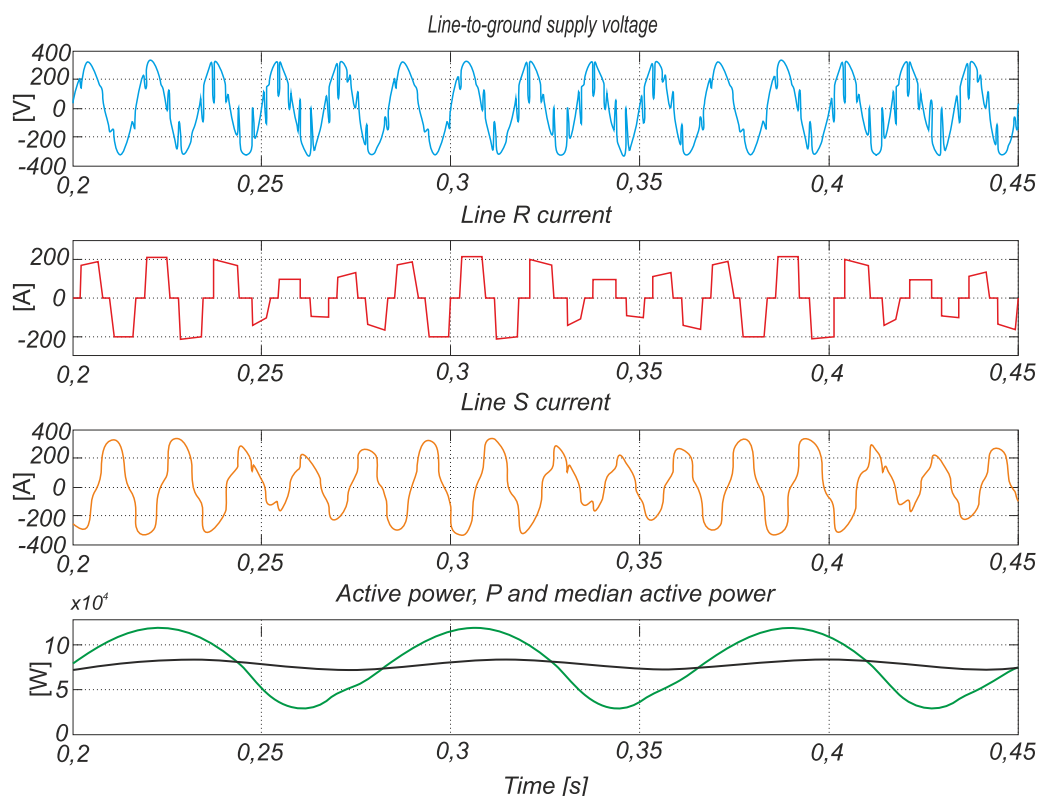
Tradycyjnie kompensacja dotyczyła tylko mocy biernej. Współczesne odbiorniki mogą być również źródłem harmonicznych, asymetrii, wahań mocy czy różnych zaburzeń; spora dyczych, niskiej lub wysokiej częstotliwości. Wszystkie takie składniki mogą być identyfikowane w ramach SFP i redukowane kompensatorami kluczującymi w różnych strukturach hybrydowych. Przykład odbiornika niezrównoważonego, włączonego równolegle do odbiornika energo-elektronicznego o zmiennej mocy czynnej, pokazany jest na rysunku 4.



Rys. 4. Obwód z odbiornikiem niezrównoważonym i energoelektronicznym

Fig. 4. Circuit with unbalanced load and power electronics load

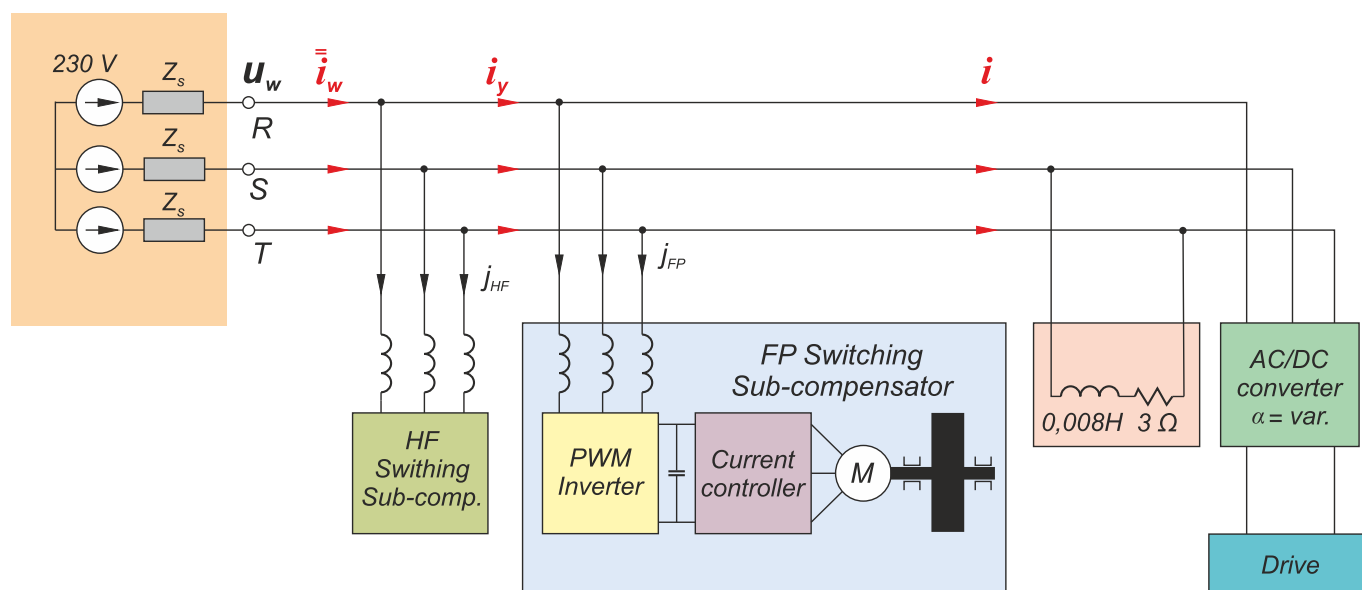
Przebiegi napięcia, prądów liniowych i mocy czynnej takiego odbiornika pokazano na rysunku 5



Rys. 5. Przebiegi napięcia u_R , prądów w liniach R i S oraz mocy czynnej odbiornika pokazanego na rysunku 4

Fig. 5. Voltage u_R , R and S line currents and active power waveforms for load shown in Fig. 4

Kompensator takiego odbiornika musi redukować prąd bierny, prąd niezrównoważenia oraz wahania mocy czynnej. Prądy te mają składowe wolnozmiennne oraz szybkozmiennne. Funkcje te może spełniać kompensator hybrydowy z kołem zamachowym służącym jako zasobnik energii do kompensacji zmian mocy czynnej odbiornika. Jego struktura pokazana jest na rysunku 6.

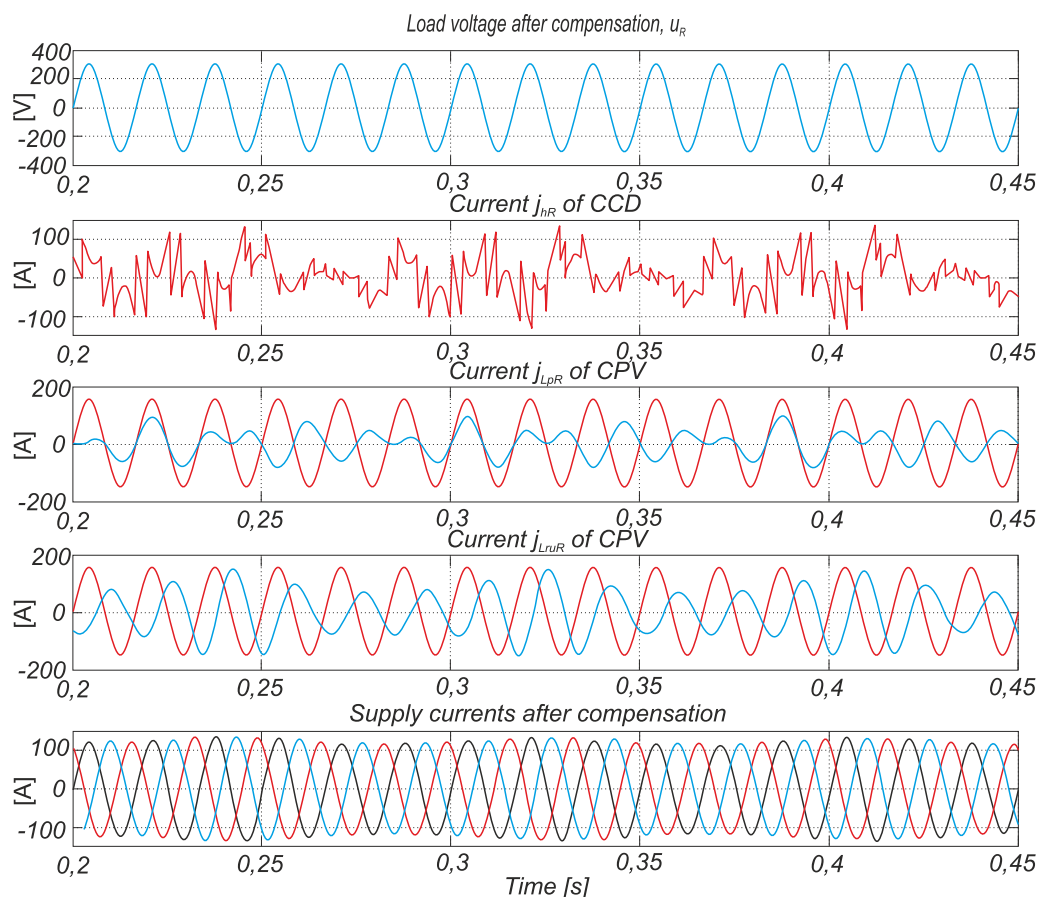


Rys. 6. Obwód z odbiornikiem i kluczującym kompensatorem hybrydowym

Fig. 6. Circuit with load and switching hybrid compensator

Prądy kompensatora i wynik kompensacji przedstawiono na rysunku 7. Pokazują one, że kompensator usunął impulsy komutacyjne z napięcia, asymetrię prądów zasilania i zredukował zmienność mocy czynnej. Jej zmienność po kompensacji pokazana jest na rysunku 7 (wykres czwarty od dołu) jako „median active power”.

Ogólnie oba przykłady prezentują skuteczność teorii mocy opartej na koncepcji SFP w rozwiązywaniu problemów kompensacji nawet w bardzo złożonych sytuacjach obwodowych. Jest to obecnie jedyna TM o takim potencjale.



Rys. 7. Przebiegi napięcia u_R , prądu kompensatora odkształceń CCD, (HF), prądu kompensatora zmienności mocy czynnej, CPV (FP) oraz prądu biernego i niezrównoważenia, a także przebiegi prądów liniowych po kompensacji

Fig. 7. Waveforms of supply voltage u_R , compensator distortion current CCD (HF), compensator current for active power variability, CPV (FP), reactive and unbalance current, line currents. All waveforms after compensation

A.4. Krytyka istniejących Szkół Teorii Mocy

Zestawione powyżej Szkoły TM wprowadziły do elektrotechniki wiele błędnych koncepcji i interpretacji, rozprzestrzenianych przez standardy, publikacje i nauczanie. Ponadto wprowadzenie przez autora tego artykułu kolejnej TM miało sens pod warunkiem wykazania, że istniejące TM nie spełniają oczekiwań odnośnie do interpretacji zjawisk towarzyszących przenoszeniu energii oraz tworzenia podstaw do konstrukcji kompensatorów. Dlatego prace nad rozwojem SFP musiały być przeplatane pracami dotyczącymi poprawności istniejących teorii. Główne wyniki tych prac zestawione są poniżej.

W artykule [5] pokazano, że nie ma w obwodach zjawisk związanych z mocą bierną i mocą odkształcenia według definicji Budeanu. W artykule [6] udowodniono, że to samo dotyczy prądu biernego według definicji Fryzego oraz to, że nie tworzy ona podstaw do kompensacji. Koncepcja Shepherd'a analizowana była w [7] i pokazano tam, że proponowana przez nią kompensacja pojemnościowa nie może być skuteczna w warunkach przemysłowych. To samo dotyczy [8] koncepcji Kustersa. TM Depenbrocka jest rozszerzeniem koncepcji Fryzego na obwody trójfazowe, lecz nie usuwa [6] ona jej wad. Błędy interpretacyjne teorii chwilowej mocy biernej pq , Akagiego pokazano w artykułach [9, 10], błędność zaś algorytmu kompensacji w obecności odkształceń lub asymetrii napięcia opisano w artykułach [11, 12]. TM Tentiego jest bardzo podobna do TM Budeanu, jest sformułowana w dziedzinie czasowej, lecz ma wszystkie jej wady [13].

Część B: Odnawialne źródła energii: obserwacje i pytania

B.1. Wprowadzenie

Rozwój odnawialnych źródeł energii wydaje się być w sprzeczności do takiego podejścia optymalizacyjnego, gdyż motywacje tego rozwoju wydają się rozmyte, rzadko określane w terminach ekonomicznych.

Koszt „wydobycia” (ang. *harvesting*) energii ze źródeł odnawialnych jest złożony z wielu składników. Takimi składnikami są: koszt szkodliwego oddziaływania na środowisko naturalne czy koszt użytych zasobów Ziemi, jak również koszt składników standardowych, takich jak koszt budowy, utrzymywania źródeł w ruchu, podatki i zyski, czy koszty utylizacji zużytych źródeł. Mogą też być to koszty (lub zyski) natury społecznej (opór lub poparcie społeczne), a także politycznej, na przykład uzależnienie bądź uniezależnienie gospodarki kraju od dostępności pewnych surowców.

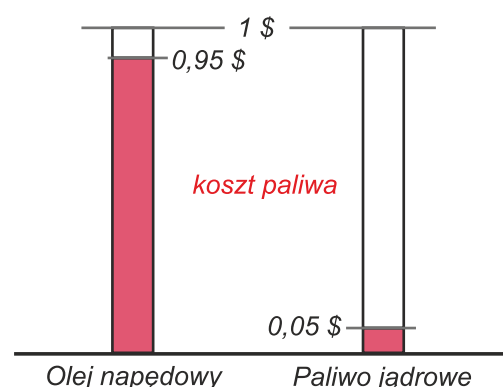
Niektóre z tych kosztów nie mogą być, oczywiście, określone w sensie ekonomicznym. Dlatego pojawia się **pytanie: w jakim stopniu rozwój odnawialnych źródeł energii oparty jest na podstawach ekonomicznych?** Obserwując dyskusje na temat tych źródeł, odnosi się wrażenie, że opinie medialne i decyzje polityczne są dominującym czynnikiem rozstrzygającym o ich rozwoju. Artykuł ten pokazuje kilka sytuacji potwierdzających to wrażenie. Wrażenie to wzmacnia obserwacja, że dotacje z budżetów rządowych do rozwoju źródeł odnawialnych oraz różne formy zachęt finansowych dla ich użytkowników zakłócają mechanizmy rynkowe. W tych warunkach optymalizacja ekonomiczna różnych decyzji dotyczących rozwoju takich źródeł może tracić sens i powodować wzrost ceny energii elektrycznej.

Dopłaty rządowe do budowy odnawialnych źródeł energii oraz zachęty finansowe dla jej konsumentów powodują, że wzrost rachunków za elektryczność może być tylko wierzchołkiem góry lodowej prawdziwych kosztów transformacji energetycznej. Zatem pytanie: **ile kosztuje „wydobycie” bezpłatnej energii z odnawialnych źródeł?**, wydaje się pytaniem i usprawiedliwionym, i pożytecznym dla ich rozwoju.

W części B autor tej prezentacji, w odróżnieniu od części A, nie jest ekspertem. Nie może na postawione powyżej pytania formułować żadnych odpowiedzi. Może jednak, jak każdy laik, podzielić się pewnymi obserwacjami i wnioskami, wyciągniętymi z danych i informacji dostępnych dla każdego w mediach czy artykułach, a także z danych, które autor tej prezentacji otrzymał, dzięki ich grzeczności, od innych naukowców. W każdym razie nic, co jest przedstawione w części B tej prezentacji, nie jest wynikiem badań jej autora. Pewne obserwacje są komentowane, czytelnik może z nich wyciągnąć wnioski odmienne.

B.2. Krucjata antynuklearna

Niedaleko od uniwersytetu, na którym autor tego artykułu pracuje, Louisiana State University (LSU), nad Mississippi, stoją dwie elektrownie: jedna napędzana ropą naftową, a druga jądrowa. W czasie wizyty ze studentami elektroenergetyki LSU w elektrowni napędzanej ropą naftową główny inżynier elektrowni narysował na tablicy wykres (rys. 8), ilustrujący udział kosztu paliwa w cenie produkowanej energii. Widać na nim, że jest współzawodnictwo, na rynku energii, elektrowni na paliwa kopalne z elektrowniami nuklearnymi. Aby elektrownie napędzane paliwami kopalnymi nie zostały z tego rynku wyeliminowane, elektrownie nuklearne musiały być zmuszone do wyrównania ceny produkowanej przez nie energii do poziomu cen rynkowych przez podwyższenie kosztów inwestycyjnych i kosztów obsługi. Wydaje się, że wymuszano to pod pretekstem, choć zapewne słusznie, konieczności redukcji ryzyka zagrożeń nuklearnych w takich elektrowniach.



Rys. 8. Koszt paliwa na 1\$ ceny energii produkowanej w elektrowni napędzanej ropą naftową i w elektrowni nuklearnej.

Fig. 8. Fuel cost per \$1 of the electricity price; oil- driven versus nuclear- driven power plants

W Stanach Zjednoczonych do lat 70. zbudowano przeszło 90 elektrowni nuklearnych. Dostarczają one obecnie do systemu energetycznego około 16% energii. Jednak już przed awarią w elektrowni Three Miles Island w 1979 r., i na długo przed katastrofami w Czarnobylu (1986) i Fukushima (2011), media były zalewane informacjami o zagrożeniach, jakie ze sobą niesie energetyka nuklearna oraz jak trudno (niemal jest to niemożliwe) bezpiecznie składować radioaktywne odpadki z takich elektrowni. Promieniotwórcze substancje miały się ostatecznie wydobywać ze wszystkiego, co można sobie było wyobrazić. Propaganda ta wyglądała jak rodzaj „antynuklearnej krucjaty”.

Krucjata ta okazała się bardzo skuteczna. Społeczeństwo amerykańskie zostało tak negatywnie nastawione do energetyki nuklearnej, że pomimo braku w całych Stanach nawet pojedynczego śmiertelnego wypadku w elektrowniach nuklearnych, według Roberta F. Gilkesona [14], prezesa Edison Electric Institute, już przed 1975 r. 130 spośród 180 elektrowni nuklearnych w trakcie konstrukcji zostało odłożonych w czasie, a 8 budów przerwano. Gilkeson ocenił to jako wielki błąd strategiczny, uzależniający Stany Zjednoczone od importu ropy i gazu. Jak stwierdził, zastąpienie jednej elektrowni nuklearnej o mocy 1000 MW elektrownią na ropę naftową wymaga spalania rocznie 10 milionów baryłek ropy o wartości rynkowej na poziomie, w przybliżeniu, jednego miliarda dolarów.

Taki zalew mediów z negatywnie względem energetyki nuklearnej nastawioną propagandą pozwala zadać pytanie: „Kto stał za tą antynuklearną krucjatą?”. Nie ma na to zapewne jednoznacznej odpowiedzi, gdyż mogli tam być różni gracze z różnymi intencjami: od cyników po naiwnych.

Pierwsza nasuwająca się odpowiedź, że to konkurencja, czyli elektrownie na paliwa kopalne ukrywały się za tą krucjatą, nie wydaje się poprawna. Wypieranie energetyki jądrowej przez klasyczną oznaczałoby wzrost popytu na ropę i gaz, a więc wzrost ceny paliw potrzebnych dla tych elektrowni. Z kolei ten wzrost cen byłby korzystny dla przemysłu wydobywczego ropy naftowej i gazu naturalnego oraz dla krajów, których budżet jest oparty na sprzedaży tych paliw. Ponieważ nie wydaje się prawdopodobne, aby w świetle wypowiedzi Gilkesona [14] amerykański przemysł wydobywczy działał na szkodę gospodarki Stanów, prawdopodobnymi graczami z tą krucjatą mogły być kraje żyjące ze sprzedaży ropy i gazu, na przykład: Arabia Saudyjska, Libia, Wenezuela, Nigeria czy Związek Radziecki.

Taka krucjata potrzebowała jednak mediów o zasięgu międzynarodowym, a wymienione kraje, poza Związkiem Radzieckim, takich mediów raczej nie miały. Dlatego właśnie Związek Radziecki, z ogromnymi złożami ropy i gazu, niemal jedynymi źródłami dochodu w handlu międzynarodowym, i potężnym aparatem propagandowym, wydaje się być bardzo prawdopodobnym graczem stojącym za tą antynuklearną krucjatą.

Wyciek radioaktywnie skażonej wody chłodzącej z reaktora elektrowni Three Miles Island w 1979 r. i reakcja społeczna na to zdarzenie spowodowały zatrzymanie rozwoju energetyki jądrowej w Stanach Zjednoczonych. Krucjata antynuklearna przeważała. Jeśli hipoteza, że za tą krucjatą stała propaganda Związku Radzieckiego, jest prawdziwa, to katastrofa w Czarnobylu w 1986 r. była dla tej krucjaty darem niebios. Przed tą katastrofą (zresztą i potem) nie było w energetyce jądrowej w Stanach Zjednoczonych nawet pojedynczego wypadku śmiertelnego.

W marcu 2011 r. 14-metrowe tsunami wywołane trzęsieniem ziemi na Pacyfiku zniszczyło wały ochronne elektrowni w Fukushima. Jednocześnie zniszczone zostało zasilanie systemu chłodzenia reaktorów. Stopiły się rdzenie trzech spośród sześciu reaktorów, pojemniki z wodorem wybuchły, niszcząc budynki i odsłaniając reaktory. Radioaktywność gwałtownie wzrosła, dziesiątki tysięcy mieszkańców ewakuowano.

Ziemię obiegło drugie tsunami, tsunami lęku przed energetyką jądrową. Niemieccy eksperci od energetyki zalecili rządowi wygaszenie wszystkich elektrowni jądrowych o mocy, w przybliżeniu, 25 000 MW. Była to znacząca rekomendacja, zważywszy na to, że koszt paliwa do zamienników na ropę może być rzędu, rocznie, 25 miliardów dolarów.

Reakcje na katastrofę w Fukushima były jednak różne. Po kilku tygodniach B. Obama, prezydent USA, oświadczył, że według jego ekspertów elektrownie jądrowe są:

- najbezpieczniejsze,
- najtańsze,
- najmniej szkodzą środowisku naturalnemu,

i w związku z tym Stany Zjednoczone rozpoczną budowę 31 elektrowni jądrowych.

Ponieważ nie ma żadnych przesłanek do wnioskowania, że eksperci amerykańscy mogą się różnić co do swoich zawodowych kompetencji od ekspertów niemieckich, pojawia się pytanie co do wiarygodności tych wniosków, wyciągniętych z obserwacji identycznych faktów, oraz pytanie, na jakiej podstawie takie opinie po obu stronach były formułowane?

- Czy na podstawie badań?
- Czy pod wpływem polityków?
- Czy pod wpływem mediów?

Warto tu zauważyć, że kruczata antynuklearna była skierowana na zewnątrz Związku Radzieckiego. Gdy w Stanach Zjednoczonych rozwój energetyki jądrowej został całkowicie zatrzymany, w Związku Radzieckim/Federacji Rosyjskiej zbudowano około 150 elektrowni jądrowych.

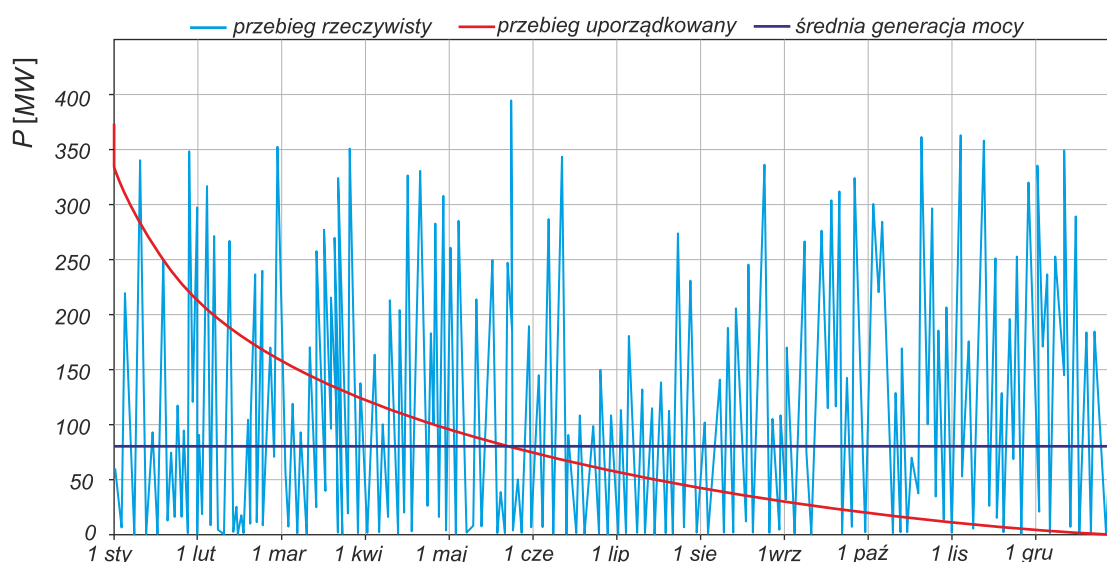
Czytelnicy tego tekstu są oczywiście świadomi tego, że jego autor nie jest kompetentny, aby na te pytania odpowiedzieć, może je jednak, jak każdy obserwator tego, co się wokół dzieje, zadawać, odpowiadać zaś może czytelnik.

B.3. Fascynacja wiatrem

Lęk przed energetyką jądrową oraz zaniepokojenie degradacją środowiska naturalnego spalaniem węgla, ropy czy gazu, powodującym emisję dwutlenku węgla, skupiły uwagę na energii wiatru. Perspektywa bezpłatnej energii wydobywanej z wiatru wiatrakami zrodziła rodzaj społecznej fascynacji wiatrem. Ulegli jej i moi studenci, i uniwersyteccy koledzy, przekonani, że wszystko, co się da, zaczynając oczywiście od elektrowni jądrowych, należałoby wymienić na elektrownie wiatrowe (EW). Ulegali jej zapewne także urzędnicy rządowi w wielu krajach, gotowi na wspieranie finansowe takich farm.

Nie wszystko jest jednak w kwestii elektrowni wiatrowych tak oczywiste. Słuchałem wywiadu telewizyjnego z właścicielem takiego obiektu. Na pytanie dziennikarza, [co by zrobił, gdyby pewnego dnia odcięto jego elektrowni dofinansowanie rządowe](#), odpowiedział, że na drugi dzień starałby się tę elektrownię.....sprzedać. Czyżby to oznaczało, że jego elektrownia wiatrowa, z bezpłatnym „paliwem”, lecz bez rządowych pieniędzy, nie była w stanie przynosić zysku? Stąd pytanie: **ile kosztuje „wydobywanie” (harvesting) energii z wiatru?**

Oczywiście nie jestem kompetentny, aby odpowiedzieć na takie pytanie, natomiast na potrzeby moich studentów przeprowadziłem „intelektualny” eksperyment, polegający na zastąpieniu pracującej w pobliżu uniwersytetu River Band Nuclear Plant, o mocy 1500 MW, elektrownią wiatrową o takiej samej mocy.



Rys. 9. Roczne zmiany mocy polskich elektrowni wiatrowych o mocy zainstalowanej 455 MW [15]

Fig. 9. Annual variation of the power in Polish wind farms (total installed power 455 MW [15])

Przyjmując, że generatory wiatraków mają moc 3 MW, farma musiałaby mieć 500 wiatraków. Dzięki uprzejmości prof. Lubońskiego z Politechniki Gdańskiej autor otrzymał wyniki [15] przeprowadzonych przez niego pomiarów mocy

polskich farm wiatrowych (rys. 9). Na wykresie tym granatowa linia określa średnią moc elektrowni wiatrowych w ciągu roku, a czerwona linia przedstawia wartości średnie uporządkowane, to znaczy, przez jaki czas farmy pracują z pewną określoną mocą, od maksymalnej do zerowej.

Z pomiarów tych wynika, że przy mocy zainstalowanej na wiatrakach równej 455 MW średnia roczna moc tych wiatraków wynosi tylko 85 MW, czyli skuteczność „wydobycia” energii z tych elektrowni to tylko 18,7%. Oznacza to, że **500 wiatraków nie wystarczy do odtworzenia przez zespół elektrowni wiatrowych mocy River Band Nuclear Plant. Liczbę tę trzeba powiększyć do 2676 wiatraków.**

Liczba potrzebnych wiatraków robi wrażenie, a także rodzi pytanie: [ile zasobów Ziemi – aluminium, żelaza, miedzi, cementu, wody, różnych chemikaliów, energii elektrycznej, nie licząc ludzkiej pracy – trzeba zużyć do zbudowania tych 2676 wiatraków i generatorów?](#)

Ale jeśli już tę elektrownię wiatrową mamy, to – jak wynika z rysunku 9 – [to generatory pracują z mocą symulowanej elektrowni, a nawet wyższą, tylko przez pięć miesięcy.](#) Przez pozostałe siedem tej mocy nie osiąga, [a przez jeden miesiąc jest nawet tak, jakby jej wcale nie było.](#)

No i co jeszcze z linią przesyłową obsługującą generator o mocy 1500 MW elektrowni jądrowej? Farma może mieć, w porywach trwających wiele godzin lub dni, moc nawet 5÷6 razy większą. Nie byłaby taka linia w stanie tej EW. obsługiwać. Wymagałaby przebudowy pod kątem zwiększenia mocy przesyłowej. To samo dotyczy transformatorów oraz aparatów elektrycznych. Musiałyby być one wymienione na urządzenia o większej mocy lub moc EW musiałaby być ograniczona.

Ponadto po zamianie elektrowni jądrowej na EW, z systemu znika energia kinetyczna wirnika generatora synchronicznego i turbiny parowej, odgrywająca ważną rolę stabilizatora częstotliwości systemu. [Ze względu na bardzo niską prędkość obrotową, rzędu kilku obrotów na minutę, oraz mały moment bezwładności wirniki generatorów wiatrakowych takiej energii nie mają.](#)

Należy też pamiętać, że przewidywany czas życia EW jest znacznie krótszy niż elektrowni jądrowej, który może być rzędu 60÷80 lat. W ciągu jednego „życia” elektrowni jądrowej EW trzeba zbudować kilka razy od nowa, ale przedtem zutylizować wielką stertę wież, śmigieł i generatorów z 2676 wiatraków, czyli wszystko to, co pozostanie po starej EW. Koszt takiej utylizacji, lecz także jej wpływ na środowisko naturalne, byłby znaczący.

W każdym razie moi studenci, po uświadomieniu sobie tego, co oznacza zastąpienie elektrowni jądrowej – EW, entuzjazm dla takiej zamiany raczej utracili. Prawdopodobnie wiedzę o pozyskiwaniu energii elektrycznej z wiatru uzyskiwali oni z mediów, a w nich raczej nie znajdzie się odpowiedzi na pytanie: Ile kosztuje pozyskiwanie energii elektrycznej z wiatru? Mówią one głównie o jasnych, a nie o ciemnych stronach takiego pozyskiwania i kosztach, manipulując w ten sposób opinią.

B.4. Zeroemisyjne samochody wodorowe.

Fascynacja „energią elektryczną z wiatru” podobna jest do fascynacji w Kalifornii „idealnie zielonymi”, czyli bezemisyjnymi samochodami wodorowymi. Fascynacja ta ilustruje skuteczność medialnej propagandy.

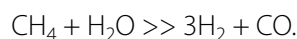
Ludzie niepokoją się ocieplaniem Ziemi, będącym skutkiem, według powszechnych opinii, efektu cieplarnianego, powodowanego dwutlenkiem węgla i innymi gazami, takimi jak metan, zwanych gazami cieplarnianymi, w atmosferze. Wodorowe ogniwa paliwowe nie wytwarzają dwutlenku węgla, w związku z czym samochody elektryczne wyposażone w takie ogniwa nazywane są w mediach „zeroemisyjnymi” lub też „idealnie zielonymi”. Według mediów przejście na takie samochody może zwolnić niebezpieczny proces ocieplania Ziemi i zmiany jej klimatu.

Opinia ta została wsparta przez California Energy Commission (CEC), która podjęła decyzję [16] [the adaptation of zero-emission hydrogen fuel cell electric cars](#) przez rozbudowę sieci stacji ładowania samochodów wodorowych w celu wprowadzenia na drogi Kalifornii 1,5 miliona zeroemisyjnych samochodów do 2025 roku.

Możliwość „ocalenia planety”, intensywnie rozpowszechniana w mediach, przez zakup „zero-emisyjnych” lub, inaczej nazywanych, „idealnie zielonych” samochodów wodorowych pozwoliła sprzedać w Kalifornii dziesiątki tysięcy takich samochodów. Wodorowe ogniwa paliwowe są rzeczywiście zeroemisyjne. Nie emitują dwutlenku węgla. Ale jak jest

z produkcją wodoru? Według Wikipedii w skali światowej 98% wodoru otrzymywano w 2021 r. w procesie reformingu metanu (CH_4). Wodór może być oczywiście uzyskiwany w procesie elektrolizy wody oraz w innych procesach, lecz w przybliżeniu tylko 2% jest otrzymywanych inaczej niż przez reforming.

Reforming metanu przebiega, jak następuje. W temperaturze około 1000°C mieszanka metanu i wody przekształca się w wodór i tlenek węgla:



Mieszanka ta, z wodą, w temperaturze 360°C przekształca się w wodór i dwutlenek węgla:



Oznacza to, że z jednego kmol metanu o masie:

$$m_{\text{CH}_4} = 12 + 4 \times 1 = 18 \text{ kg}$$

otrzymuje się wodór o masie:

$$m_{\text{H}_2} = 4 \times 2 = 8 \text{ kg}$$

i emituje się przy tym dwutlenek węgla o masie

$$m_{\text{CO}_2} = 12 + 2 \times 16 = 44 \text{ kg}.$$

Samochód jest więc „zeroemisyjny”, ale produkcja do niego wodoru tak, jak jest on obecnie otrzymywany, „zero-emisyjna” już nie jest. Z jednego mola metanu w procesie jego spalania w silniku:

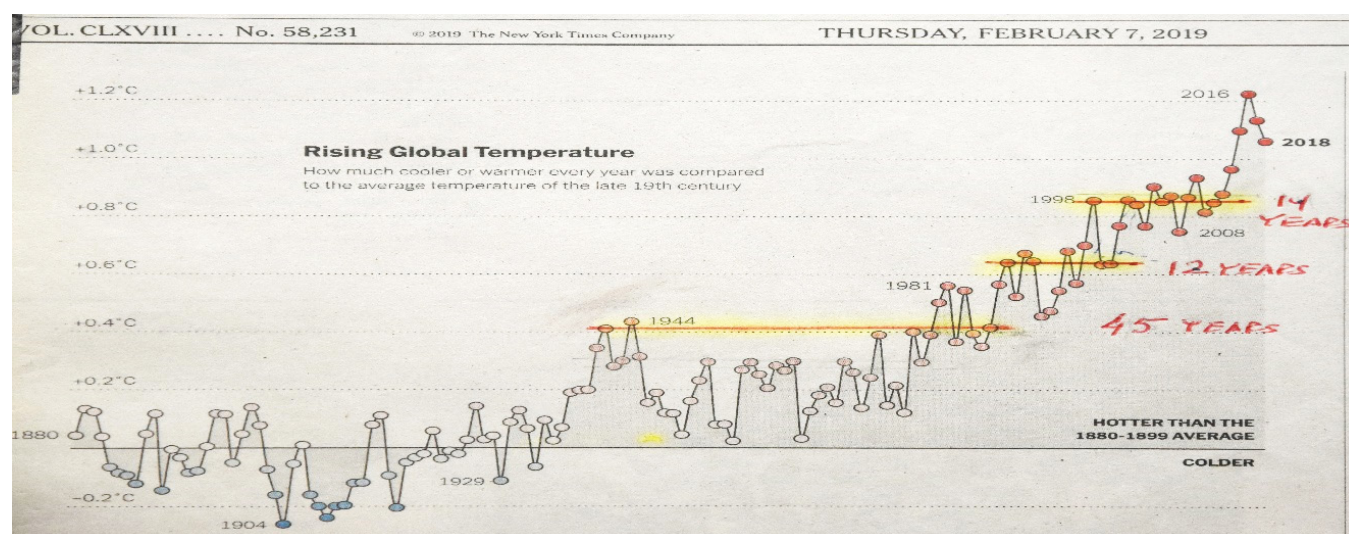


emituje się 44 kg dwutlenku węgla, to jest tyle samo co przy produkcji z niego wodoru w procesie reformingu.

Pomimo tego, dzięki wsparciu medialnemu, udało się w Kalifornii sprzedać dziesiątki tysięcy samochodów wodorowych jako „zeroemisyjnych” lub „idealnie zielonych”. Czy cel rządu Kalifornii, to jest 1,5 miliona takich samochodów na drogach Kalifornii do 2025 r., został osiągnięty, czy nie, tego autor niniejszego artykułu nie wie.

B.5. Czy to ludzie podgrzewają Ziemię? Siódmego lutego 2019 r. The New York Times (NYT) ogłosił na swojej czołowej stronie wniosek naukowców NASA, że ludzka aktywność, przez emisję dwutlenku węgla, jest odpowiedzialna za wzrost temperatury Ziemi, ilustrując to wykresem zmian, rok po roku, tej temperatury od 1880 do 2018 r., pokazanym na rysunku 10.

Każda podana na wykresie temperatura Ziemi jest uśrednioną w ciągu roku temperaturą mierzoną w dziesiątkach tysięcy punktów pomiarowych rozsianych po całym ziemskim globie.



Rys. 10. Zmiany średniej temperatury Ziemi (AGT) od 1880 r. do 2018 r

Fig. 10. Changes in average global temperature, from 1880 to 2018

Proces uśredniania wyników pomiarowych przez cały rok oraz uśrednianie ich ze względu na lokalizację miernika redukuje przypadkowe błędy pomiarowe. Dlatego otrzymana w ten sposób wartość **średniej temperatury globalnej** (ang. *average global temperature*, – AGT) jest wartością bardzo wiarygodną. Zmienia się ona tak, jak to podaje wykres na rysunku 10, i nie ma przesłanek, aby tę zmienność podważać. O ile same wartości mogą zależeć, na przykład, od gęstości pomiarów w obszarach arktycznych i tropikalnych czy na lądach i na oceanach, o tyle zmienność temperatury średniej jest mniej od tego zależna.

Wykres pokazuje, że roczne zmiany temperatury Ziemi mieściły się na ogół w granicach $\pm 0,1$ °C, niekiedy $\pm 0,2$ °C. Były też zmiany kilkuletnie, między 1900 r. a 1904 r. temperatura spadła o 0,4 °C, a w latach od 1935 do 1941 wzrosła o 0,4 °C, aby w latach od 1944 do 1950 spaść do temperatury roku 1935. Skoki temperatury o 0,2 °C w dwuletnich interwałach można zaobserwować po roku 1979, 1984, 2000 i wreszcie po roku 2013, w trzyletnim interwale, skok temperatury Ziemi wyniósł niemal 0,4 °C. Skoki te rozdzielone były wieloletnimi interwałami, w których nie zaobserwowano stałego wzrostu temperatury.

Wykres zmian AGT opublikowany przez naukowców NASA w NYT w charakterze dowodu wpływu aktywności ludzkiej na temperaturę Ziemi jako taki dowód nie może być traktowany. W naukach empirycznych, opartych na pomiarach, naukowcy mogą formułować według Poppera [19] jedynie nieudowodnialne hipotezy i mogą tylko czynić je, przez swoje badania, coraz bardziej prawdopodobnymi. Wnioski naukowców NASA mogą więc być jedynie hipotezą. Jednak wykres zmian AGT, pokazany na rysunku 10, tę hipotezę raczej podważa, niż czyni bardziej prawdopodobną z następujących powodów.

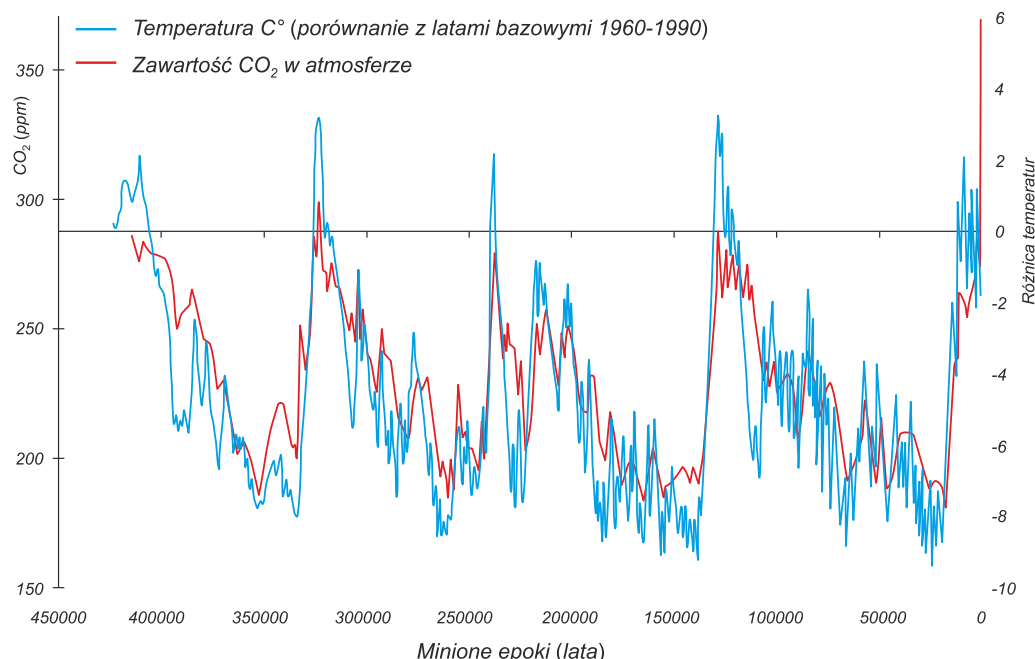
1. W końcu dziewiętnastego wieku wynaleziono synchroniczny generator trójfazowy i zaczął powstawać światowy system energetyczny. Do początku II wojny światowej zbudowano tysiące elektrowni napędzanych węglem, ropą naftową i gazem ziemnym, emitujących dwutlenek węgla bez jakichkolwiek ograniczeń. Gwałtownie wzrosło górnictwo tych kopalin na potrzeby hutnictwa i przemysłu chemicznego oraz ogrzewania. Pomimo potężnej emisji dwutlenku węgla przy spalaniu tych kopalin w elektrowniach, hutach, fabrykach chemicznych i w celach ogrzewniczych średnia temperatura Ziemi w 1936 r. była taka sama jak w roku 1890.
2. Światowa populacja w czasie II wojny światowej wynosiła około 2,5 miliarda ludzi. W roku 1986, po 45 latach, wzrosła ona, w przybliżeniu, do 5,0 miliardów. Podwojeniu liczby ludzi towarzyszyło zapewne podwojenie aktywności przemysłowej, a zatem i emisji dwutlenku węgla. Nie widać jednak tego na wykresie AGT. Średnia temperatura Ziemi w 1986 r. była taka sama jak w roku 1944.
3. Wzrost populacji i powiązany z tym wzrost generacji energii elektrycznej na całym globie oraz ludzkiej globalnej aktywności przemysłowej są procesami ciągłymi, podczas gdy zmiany średniej temperatury na rysunku 10 mają przebieg schodkowy. Z przedstawionych pomiarów wynika, że zmiany temperatury Ziemi zachodziły we względnie krótkich, kilkuletnich okresach, po których przez wiele lat wzrostu temperatury nie obserwowano. Jest więc bardzo mało prawdopodobne, aby ludzka globalna aktywność zmieniała się tak, jak pokazuje to wykres AGT na rysunku 10. Naukowcy NASA przedstawili pomiary średniej temperatury Ziemi jako dowód hipotezy, że to ludzka aktywność powoduje wzrost temperatury Ziemi. Pomiary te raczej falsyfikują przedstawioną hipotezę, niż ją wspierają.

Propaganda medialna jest jednak z tą hipotezą zgodna, traktując ją wręcz jako oczywistą prawdę. Innych opinii na temat zmiany klimatu niż powyższa hipoteza w mediach się raczej nie słyszy.

B.6. Jajo czy kura?

W powszechnej ocenie ocieplenie klimatu Ziemi jest skutkiem zjawiska nazywanego „efektem cieplarnianym”, to jest odbijania promieniowania ciepłego Ziemi przez tzw. gazy cieplarniane, takie jak dwutlenek węgla czy metan, zawarte w atmosferze, przy czym dominującym takim gazem jest dwutlenek węgla.

Opinię taką wyrażał [17] także W. Gardner, profesor Geoscience Dept. Uniwersytetu A&M w Teksasie, wspierając ją wykresem zmian temperatury Ziemi i zawartości dwutlenku węgla w atmosferze w ciągu ostatnich 450 tys. lat, pokazanym na rysunku 11. Wykres ten obejmuje okres czterech zlodowaceń, trwających około 120 tys. lat, i okresów międzyzlodowcowych, kończąc na obecnym, w którym żyjemy, holocenie. Jak z tego wykresu wynika, holocen rozpoczął się skokiem temperatury Ziemi, w przybliżeniu, o $8 \div 9$ °C.

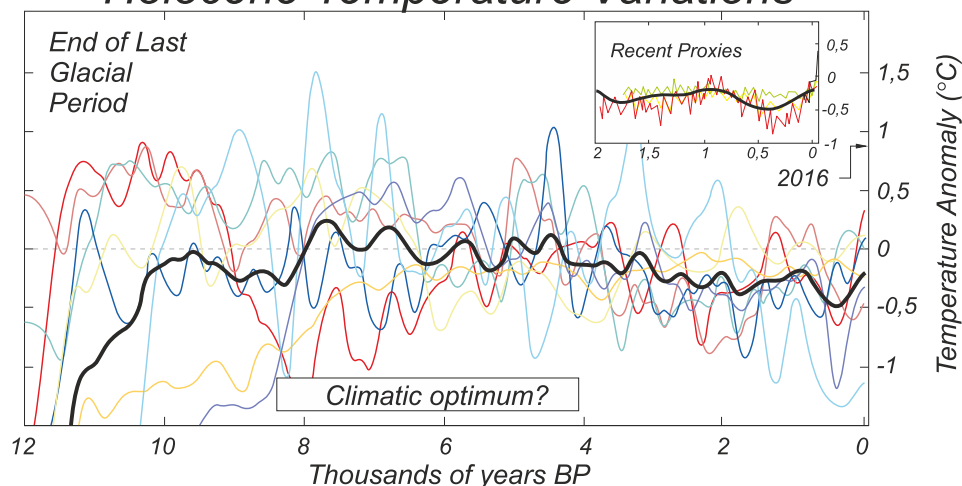


Rys. 11. Zmiany temperatury Ziemi i zawartości dwutlenku węgla w atmosferze w ciągu ostatnich 450 tys. lat

Fig. 11. Earth's average temperature and atmospheric carbon dioxide content over 450,000 years

Dla nas najważniejsza jest zapewne zmiana temperatury Ziemi w epoce, w której żyjemy, czyli w holocenie, która na rysunku 11 nie jest dobrze widoczna. Dokładniejsze informacje można znaleźć w pracach badawczych poświęconych tylko holocenowi, cytowanych w [18]. Na rysunku 12 pokazana jest zmiana temperatury Ziemi, obliczona jako średnia wartość temperatur w pięciu różnych miejscach. Niestety wartości te nie mają dokładności pomiarów AGT, podanych na rysunku 10. Wykres zmian temperatury (linia czarna) pokazuje gwałtowne ocieplenie w pierwszych dwóch tysiącleciach holocenu, gdy 10 tys. lat temu temperatura Ziemi osiągnęła temperaturę obecną, a następnie 8 tys. lat temu nawet nieco wyższą niż obecnie, aby spaść potem średnio o 0,3 °C.

Holocene Temperature Variations



Rys. 12. Zmiany temperatury Ziemi w holocenie.

Fig. 12. Changes of global temperature in Holocene era.

Wykresy na rysunku 11 wskazują na dużą korelację między zawartością dwutlenku węgla w atmosferze a temperaturą Ziemi. Nie mówią jednak, co jest przyczyną, a co skutkiem zmian. W pewnych interwałach czasowych temperatura i zawartość dwutlenku węgla w atmosferze zmieniają się jednocześnie w ten sam sposób; są interwały, w których najpierw zmienia się temperatura lub odwrotnie, oraz interwały, w których zmienia się temperatura przy względnie stałej zawartości dwutlenku węgla. Pojawia się więc standardowe pytanie: **co było pierwsze, jajo czy kura?**

Wzrost temperatury Ziemi według powszechnych opinii powodowany jest zjawiskiem cieplarnianym, to jest odbijaniem promieniowania ciepłego Ziemi od dwutlenku węgla lub metanu w jej atmosferze. Pojawia się pytanie, czy istnieje zjawisko odwrotne, to znaczy, **czy zawartość dwutlenku węgla w atmosferze może się zmieniać z temperaturą Ziemi?**

Rośliny rosną dzięki absorpcji dwutlenku węgla, który wraca następnie do atmosfery w procesie rozkładu martwych roślin przez butwienie i gnienie. Zwierzęta emitują do atmosfery dwutlenek węgla w procesie oddychania. Jednak proporcja masy zwierząt lądowych do masy roślin szacowana jest [20] na poziomie 1:1000, dlatego świat roślinny ze względu na dwutlenek węgla musi być samowystarczalny, to znaczy atmosfera Ziemi musi odzyskiwać go w procesie rozkładu martwych roślin. Ze wzrostem temperatury masa roślin może się zwiększać i proces ich rozkładu może być szybszy, zatem więcej dwutlenku węgla może wracać do atmosfery.

W oceanach proces ten przebiega odmiennie. Fotosynteza, a zatem absorpcja dwutlenku węgla przez rośliny, jest możliwa tylko w warstwie powierzchniowej oceanów. Dlatego szacuje się [20], że masa roślin w oceanach jest tylko 3÷5 razy większa od masy zwierząt morskich, a ta z kolei jest szacowana na 11-krotnie większą od masy zwierząt lądowych. Zatem emisja dwutlenku węgla przez zooplankton i zwierzęta w oceanach może być znacząca. Wzrost temperatury oceanów może zwiększać masę zarówno roślin, jak i zwierząt morskich, a zatem emisję dwutlenku węgla do atmosfery Ziemi.

Tak więc równolegle do zjawiska cieplarnianego, które podwyższa temperaturę Ziemi, mogą istnieć procesy biochemiczne, zwiększające ze wzrostem temperatury poziom dwutlenku węgla w jej atmosferze. To by tłumaczyło, dlaczego na rysunku 11 zmiany zawartości dwutlenku węgla w atmosferze Ziemi wydają się opóźnione względem zmian jej temperatury.

B.7. Co zmienia temperaturę Ziemi?

Hipoteza, że wzrost zawartości dwutlenku węgla w atmosferze Ziemi jest tylko produktem ubocznym wzrostu jej temperatury, powstaje oczywiste pytanie: **co jest przyczyną tego wzrostu temperatury?**

Opinia publiczna, przekonana, że wzrost tej temperatury spowodowany jest tą emisją, wątpliwości w tym przedmiocie nie ma. Jednak dla pewnych klimatologów efekt cieplarniany jest tylko jednym z kilku zjawisk mogących wpływać na zmianę klimatu Ziemi. Są to następujące zjawiska.

1. Pewna ilość ciepła dociera do powierzchni Ziemi z jego jądra, którego temperatura szacowana jest na 6000 °C.

W płaszczu, przy powierzchni, temperatura maleje z gradientem, w przybliżeniu, 1°C/30 m, co oznacza, że istnieje stały strumień ciepła ogrzewający powierzchnię Ziemi. Ruchy tektoniczne, aktywność wulkaniczna czy przesuwanie się biegunów magnetycznych są dowodami zmian intensywności tego strumienia ciepła.

2. Głównym źródłem ciepła dla Ziemi jest Słońce. Aktywność radiacyjna jego powierzchni, ukrytej za heliosferą, jest dostępna dla badań naukowych tylko pośrednio. Wysokoenergetyczne promieniowanie Słońca wytwarza w górnych partiach ziemskiej atmosfery izotopy węgla, ^{14}C oraz berylu ^{10}Be . Izotopy te znajdują się następnie w rdzeniach pobieranych z lodowców Antarktydy, Grenlandii i wysokich gór oraz z drzew. Ze zmian ilości tych izotopów można wyciągać wnioski, przedstawiane na przykład w artykułach [21-26], o zmianach aktywności Słońca.

3. Przestrzenna orientacja osi obrotu Ziemi zmienia się w czasie. Zmiany te mają cztery składniki, znane jako ruchy Milinkanowicza [27], mianowicie:

- precesja osi Ziemi z okresem 25,7 tys. lat,
- precesja orbity Ziemi z okresem 112 tys. lat,
- wahania osi Ziemi z okresem 41 tys. lat,
- zmiana ekscentryczności orbity Ziemi z okresem 100 tys. lat.

Lądy i oceany różnią się od siebie zdolnością absorpcji energii promieniowania słonecznego. Ze zmianą orientacji osi Ziemi i jej orbity zmienia się ustawienie lądów i oceanów, a nawet ich odległość względem Słońca, a zatem ilość absorbowanej energii ciepłej.

4. Przezroczystość atmosfery, która może być obniżona pyłem wulkanicznym, może wpływać na ilość energii docierającej ze Słońca do powierzchni Ziemi. Aktywność wulkaniczna może być szacowana na podstawie ilości pyłu wulkanicznego w osadach. Przykłady zależności zasięgu lodowców od aktywności wulkanicznej można znaleźć w [28].

5. Odbijanie promieniowania ciepłego Ziemi przez dwutlenek węgla, metan i inne węglowodory, odkryte w 1824 r. przez Josepha Fouriera [29], znane pod nazwą *efektu cieplarnianego*, jest najczęściej wymienianym czynnikiem wpływającym na temperaturę Ziemi.

Wszystkie te zjawiska współuczestniczą oczywiście w zmianach temperatury Ziemi. Jaki jest udział poszczególnych z nich, jest przedmiotem badań klimatologów.

Wydaje się, że o ile opinia publiczna nie ma co do tego wątpliwości, o tyle są klimatolodzy, dla których jest to ciągle przedmiot badań, i to bardzo złożonych. Badania mające ustalić przyczyny zmian temperatury Ziemi przed tysiącami lat są wyjątkowo trudne. Wymagają bardzo zaawansowanej znajomości fizyki, geologii, geomorfologii, biologii, a nawet astronomii. Wyniki badań i wnioski mogą być bardzo kontrowersyjne i wymagają ciągłej naukowej weryfikacji. Dla opinii publicznej przyczyna ocieplania Ziemi jest znana, powoduje ją efekt cieplarniany, wywołany emisją dwutlenku węgla. Każda próba zakwestionowania poprawności takiego wniosku napotyka argument niepodważalny: *przecież wszyscy to wiedzą*.

Na tym tle pewni klimatolodzy są raczej ostrożni. Na przykład 15 autorów artykułu „Holocene climate variability” [26] z kilkunastu ośrodków badawczych Europy i Stanów Zjednoczonych stwierdza (w polskim tłumaczeniu): *Ze wszystkich potencjalnych mechanizmów zmiany klimatu, zmienność Słońca, nałożona na długotrwałe zmiany w naswietleniu...wydaje się być najbardziej prawdopodobnym mechanizmem. Do tego wniosku dodają: CH₄ (metan) oraz CO₂ (dwutlenek węgla) były w holocenie mechanizmem pomijalnym, a także: Zmiany w koncentracji CO₂ oraz CH₄ wydają się być rezultatem raczej niż przyczyną gwałtownej zmiany klimatu.*

Niestety opinie w mediach społecznościowych rozprzestrzeniają się odmiennie niż wyniki badań naukowych, które w takich mediach publikowane raczej nie są. Pewna intelektualna aktywność i ścisłość jest potrzebna do ich odnalezienia i oceny prawdziwości. Dlatego ich zasięg jest nieporównywalnie mniejszy niż opinii w mediach społecznościowych, upowszechniających się bez żadnych weryfikacji. Zauważmy ponadto, że źródła opinii naukowych mogą być odnalezione, gdyż taka jest struktura nauki, w odróżnieniu od opinii medialnych, dla których źródła i wiarygodność są zwykle rozmyte. Nawet gorzej – zwykle nie wiadomo, kto za nimi stoi: korporacje, partie, rządy czy tylko nawiedzeni naiwni (np. Ostatnie Pokolenie), ogarnięci szlachetną ideą ratowania planety. W każdym razie opinia, że to ludzie, przez emisję dwutlenku węgla, powodują ocieplenie Ziemi, jest dla pewnych instytucji, jak to pokazuje historia z samochodami wodorowymi, źródłem konkretnych dochodów.

B.8. Wnioski.

Jesteśmy obecnie świadkami dwóch procesów: szybkiej dewastacji środowiska naturalnego Ziemi z wymieraniem gatunków oraz z ocieplaniem klimatu. Dewastacja jest wynikiem eksploatacji zasobów Ziemi oraz ocieplania klimatu. Ocieplenie może mieć różne przyczyny, badane przez klimatologów, jakkolwiek opinia publiczna wiąże je z emisją dwutlenku węgla. Walka z tą emisją kosztuje, co się obserwuje w rachunkach za elektryczność i we wzroście wydatków budżetowych. Wzrost cen energii elektrycznej stawia producentów różnych produktów w gorszej sytuacji konkurencyjnej. Kraje z drogą energią stają się uboższe. Mają mniej zasobów finansowych do walki z degeneracją środowiska naturalnego.

Może to jednak ci klimatolodzy, którzy za ocieplenie Ziemi winią wzrost radiacyjnej aktywności Słońca, mają rację, z czego by wynikało, że bardzo kosztowna walka z emisją dwutlenku węgla nie zmniejsza tempa ocieplania.

Znamienne jest, że pomimo potężnych inwestycji w źródła energii, które dwutlenku węgla nie emitują, i zamykania kopalni węgla raporty o wzroście szybkości ocieplania Ziemi, i zanikania w związku z tym lodowców, są coraz bardziej dramatyczne. Wydaje się, że jest ich więcej niż informacji o wpływie redukcji tej emisji na spowolnianie tempa ocieplania.

Jednakże jeśli nawet redukcja ta nie spowalnia ocieplania, to wymiana tradycyjnych źródeł energii na odnawialne może mieć bardzo pozytywny wpływ na redukcję tempa degradacji środowiska naturalnego. Jednak decyzje o ich rozwoju mogłyby być w mniejszym stopniu oparte na ideologii w formie, na przykład, ocalania planety, a bardziej na motywacjach ekonomicznych. *Więcej powinno się wiedzieć o tym, ile kosztuje „wydobycie” (harvesting) bezpłatnej energii odnawialnej.*

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ch.P. Steinmetz: "Is a phaseshift in the current of an electric arc?", (in German), *Elektrotechnische Zeitschrift*, Heft 42, 567-568, 1892.
- [2] L.S. Czarnecki: "Currents' Physical Components (CPC)-based Power Theory. A Review, Part I: Power Properties of Electrical Circuits and Systems", *Przegląd Elektrotechniczny*, R95, No. 10, 1-11, 2019.
- [3] L.S. Czarnecki: "Currents' Physical Components (CPC)-based Power Theory. A Review, Part II: Filters and reactive, switching, and hybrid compensators", *Przegląd Elektrotechniczny*, R96, No. 4, 1-10, 2020.
- [4] L.S. Czarnecki: "Powers and Compensation in Circuits with Nonsinusoidal Currents", *Oxford University Press*, 2025.
- [5] L.S. Czarnecki: "What is wrong with the Budeanu concept of reactive and distortion powers and why it should be abandoned", *IEEE Trans. IM*, Vol. IM-36, No. 3, 1987.
- [6] L.S. Czarnecki: "Budeanu and Fryze: Two frameworks for interpreting power properties of circuits with nonsinusoidal voltages and currents", *Archiv für Elektr.*, (81), No. 2, 1997.
- [7] L.S. Czarnecki: "Power theories of periodic nonsinusoidal systems", *Rozprawy Elektrotechniczne*, 31, z. 3-4, 1985.
- [8] L.S. Czarnecki: "Additional discussion to "Reactive power under nonsinusoidal conditions", *IEEE Trans. on Power and Systems*, Vol. PAS-102, No. 4, 1983
- [9] L.S. Czarnecki: "On some misinterpretations of the Instantaneous Reactive Power p-q Theory", *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol. 19, No. 3, 2004.
- [10] L.S. Czarnecki: "Comparison of the instantaneous reactive power, p-q, theory with the theory of current's physical components", *Archiv für Elektrotechnik*, Vol. 85, No. 1, 2004.
- [11] L.S. Czarnecki: "Effect of supply voltage harmonics on IRP-based switching compensator control", *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol. 24, No. 2, Feb. 2009.
- [12] L.S. Czarnecki: "Effect of supply voltage asymmetry on IRP p-q - based switching compensator control", *IET Proc. on Power Electronics*, 2009
- [13] L.S. Czarnecki: "Comparison of the Conservative Power Theory (CPT) with Budeanu's power theory", *Annales of the University of Craiova*, 2016'
- [14] R.F. Gilkeson: "Facing the energy challenge of the 1980", *Proc. of the American Power Conference*, Vol. 37, 1-8, 1975.
- [15] Z. Lubośny: "Wind farms", *Proc. of Conf. on Automatic, Control and Disturbances*, Jurata, Poland, 2017.
- [16] California Energy Commission, www.energy.ca.gov, 2020.
- [17] W. Gardner: "Greenhouse phenomenon", *Texas A&M University*, The Climate Change Seminar, 2019.
- [18] Wikipedia (Polish): "Holocen".
- [19] K. Popper: "The Logic of Scientific Discovery Routledge Classics", 2002.
- [20] Y.M. Bar-On, et al.: "The biomass distribution on Earth". *Proc. of the Nat. Academy of Sciences of the US of America*. 115 (25): 6506–6511, 2018.
- [21] A. Nilsson, et al.: "Holocene solar activity inferred from global and hemispherical cosmicray proxy records", *Nature Geoscience*, V. 17, 654-659, 2024.
- [22] W. Karlen, J. Kylenstierna: "On solar forcing of Holocene climate: evidence from Scandinavia", *The Holocene* 6, 3, 359-365, 1996.
- [23] V. Masson, et al.: "Holocene climate variability in Antarctica based on 11 ice-core isotopic records", *Quaternary Research*, 54, 348-358, 2000.
- [24] E. Bard et al.: "Solar irradiation during the last 1200 years based on cosmogenic nuclides", *Tellus*, 52(B), 985-992, 2000.
- [25] M. Vonmoos, et al.: "Large variation in Holocene solar activity: constraints from ¹⁰Be in the Greenland ice core project", *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Wiley Online Library, 2006.
- [26] P.A. Mayewski, et al.: "Holocene climate variability", *Quaternary Research*, 62, 243-255, 2004.
- [27] NASA Science Editorial Team: "Milankovitch (orbital) cycles and their role in Earth's climate", 2000.
- [28] J.R. Bray: "Volcanism and glaciacion during the past 40 millenia", *Nature*, Vol. 252, 679-680, 1974.
- [29] J. Fourier: "Remarques generales sur les temperatures du globe terrestre et des espaces planetaires". *Annales de Chimie et de Physique*, V. 27, 136–167, 1824.

otrzymano / received: 23.06.2025 przyjęto do publikacji / accepted: 18.07.2025

Artykuł recenzowany / peer-reviewed article